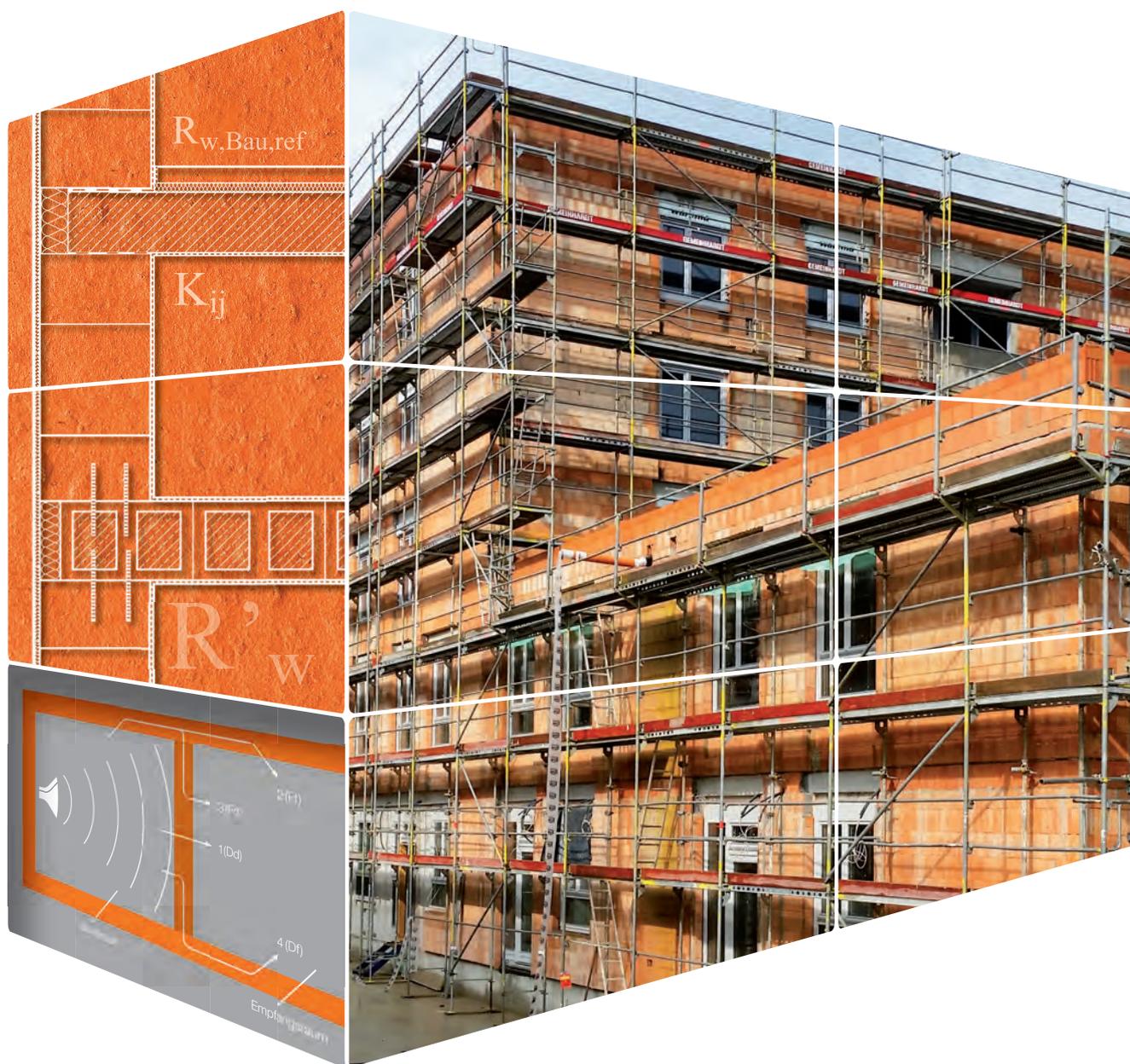


BAULICHER SCHALLSCHUTZ

NACH DIN 4109

→ Schallschutz mit Ziegeln



Ziegel Bauphysiksoftware

Im Bereich des bauordnungsrechtlichen Schallschutzes sowie des baulichen Wärmeschutzes sind geeignete Planungswerkzeuge mittlerweile unerlässlich und dienen dem Architekten und Fachplaner als Arbeitsgrundlage. Mit bauaufsichtlicher Einführung der neuen Schallschutznorm DIN 4109 sowie den geänderten Anforderungen der EnEV 2016 in Verbindung mit neuen förderungsfähigen Effizienzhausstandards bietet die Ziegelindustrie neue Softwaremodule für diese Bereiche an.

Software für Nachweisführung im Mauerwerksbau



MODUL ENERGIE 20.20

- Bedarfs- und Verbrauchsausweise nach EnEV 2016 inklusive DIBt-Schnittstelle
- KfW-Nachweisverfahren inklusive KfW-Schnittstelle
- Wärmebrückenkatalog der Ziegelindustrie mit Gleichwertigkeitsnachweisen
- Auslegung von PV-Anlagen
- Solarthermische Berechnungen
- Kostenloser Testzeitraum 30 Tage

Modul Energie 20.20 zum Nachweis von Wohngebäuden.

Paket Modul Energie 20.20 + Energie Desktop zum Nachweis von Wohn- und Nichtwohngebäuden (gem. DIN V 18599)



MODUL SCHALL 4.0

- Nachweis des Luftschallschutzes
- Nachweis des Trittschallschutzes
- Zweischalige Haustrennwände
- Schutz gegen Außenlärm
- Kostenloser Testzeitraum 30 Tage

Die Bauphysiksoftware Modul Schall 4.0 ermöglicht die Anwendung der überarbeiteten Normenreihe DIN 4109 mithilfe einer akustischen Raumbilanz und prognostiziert die Schalldämmung in Gebäuden mit hoher Zuverlässigkeit.

Das Modul Schall 4.0 wird angeboten für 2 Jahre inklusive aller Updates.

Link: <https://ziegel-bauphysiksoftware.ax3000-group.de/lrz/>



1 Einleitung	3	4.7 Sicherheitskonzept	27
1.1 Was bringt die neue Norm?	4	4.7.1 Rechnerische Prognose	27
1.2 Akustisches Bilanzverfahren	4	4.7.2 Nachweis durch Messung am Bau	27
1.3 Hinweise zur Planung und Ausführung	5		
2 Begriffe und Definitionen	6	5 Schalldämmung von Bauteilen	28
3 Anforderungen an den Schallschutz	11	5.1 Bauteilkennwerte für die Luftschalldämmung	28
3.1 Vorbemerkungen	11	5.1.2 Massive Wände	28
3.2 Mindestschallschutz	11	5.1.2.1 Bestimmung der flächenbezogenen Masse einschaliger massiver Wände	28
3.3 Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz	12	5.1.2.2 Bewertetes Schalldämm-Maß einschaliger, homogener Bauteile	29
3.4 Zahlenwerte zur Luft- und Trittschalldämmung in Geschosswohnbauten	13	5.1.2.3 Bewertetes Schalldämm-Maß von Mauerwerk aus wärmedämmenden Hochlochziegeln	30
3.5 Zahlenwerte zur Luft- und Trittschalldämmung zwischen Einfamilien-, Reihen und Doppelhäusern	13	4.1.2.4 Entkoppelte einschalige, massive Wände	31
3.6 Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen	14	5.1.2.5 Wärmedämm-Verbundsysteme auf Wänden aus Hochlochziegeln	32
3.7 Haustechnische Anlagen	15	5.1.2.6 Zweischalige Außenwände mit Verblendmauerwerk	33
4 Berechnungsverfahren und Randbedingungen	16	5.1.3 Massive Decken	34
4.1 Verfahren zur Berechnung der Luftschallübertragung in Massivgebäuden	16	5.1.3.1 Bestimmung der flächenbezogenen Masse von Massivdecken	34
4.2 Bauteilkennwerte für die Berechnung	18	5.1.3.2 Bewertetes Schalldämm-Maß von Massivdecken	34
4.3 Hinweise zur Modellierung der Raumsituation	19	5.2 Vorsatzkonstruktionen	35
4.3.1 Handhabung versetzter Grundrisse	19	5.2.1 Direktschalldämmung einseitig angebrachter Vorsatzkonstruktionen	36
4.3.2 Hinweise zur Handhabung von Bauteilen mit unterschiedlichen flächenbezogenen Massen	19	5.2.2 Flankenschalldämmung von Bauteilen mit Vorsatzkonstruktionen	36
4.4 Haustrennwände mit zwei massiven, biegesteifen Schalen	20	5.3 Bauteilkennwerte für die Stoßstellendämmung	37
4.4.1 Funktionsprinzip	20	5.3.1 Stoßstellen massiver Bauteile	38
4.4.2 Berücksichtigung der flankierenden Übertragung	21	5.3.2 Stumpfstoß bei wärmedämmenden Hochlochziegeln	39
4.5 Trittschallübertragung	22	5.3.3 Stoßstellen massiver Innenwände mit elastischen Zwischenschichten/Entkopplungen	39
4.5.1 Massive Geschossdecken	22	5.4 Zweischalige Haustrennwände aus Mauerwerk	40
4.5.2 Ermittlung des bewerteten Normtrittschallpegels von Massivdecken	22	5.4.1 Konstruktionsrandbedingungen	40
4.5.3 Ermittlung des bewerteten Normtrittschallpegels von Massivtreppen	23	5.4.2 Fundamentausbildung	40
4.6 Schallschutz gegen Außenlärm	24	5.4.3 Ermittlung des Schalldämm-Maßes $R'_{w,2}$ zweischaliger Haustrennwände	40
4.6.1 Rechenverfahren	24	5.5 Fenster und Türen	41
4.6.2 Resultierende Schalldämmung zusammengesetzter Bauteile nach dem vereinfachten Verfahren	24	5.5.1 Fenster mit Mehrscheiben-Isolierverglasung	41
4.6.3 Resultierende Schalldämmung zusammengesetzter Bauteile nach dem ausführlichen Verfahren	26	5.5.2 Türen	43
4.6.4 Lärmquellen	26	5.6 Elemente	44
		5.6.1 Rollladen-/Jalousiekästen	44
		5.6.2 Schalldämmlüfter	45

5.7	Trittschalldämmung	45
5.7.1	Allgemeines	45
5.7.2	Schwimmende Estriche auf Massivdecken	45
5.7.2.1	Bewertete Trittschallminderung ΔL_w schwimmender Mörtelantriche	46
5.7.2.2	Bewertete Trittschallminderung ΔL_w schwimmender Gussasphalt- oder Fertigteilestriche	46
5.7.3	Weichfedernde Bodenbeläge	47
5.8	Massivtreppen	48
6	Anschlussdetails	49
6.1	Bauteilanschlüsse mit hohem Einfluss auf die Stoßstellendämmung	49
6.1.1	Massive Bauteilanschlüsse	50
6.1.1.1	Außenwand – Deckenknoten	50
6.1.1.2	Außenwand – Trennwandknoten	50
6.1.1.3	Entkoppelte Bauteilanschlüsse	52
6.1.1.4	Trennwand – Dachanschlüsse	53
6.2	Anschlussdetails mit hohem Einfluss auf die Trittschalldämmung	54
6.2.1	Schwimmende Estriche	54
6.2.2	Treppen	55
6.3	Ausführungshinweise zu Innendämmungen	56
6.4	Ausführungshinweise zu zweischaligen Haus- trennwänden	56
7	Beispiele	57
7.1	Vorbemerkungen	57
7.2	Mehrfamilienhaus aus wärmedämmendem Hochlochziegelmauerwerk	58
7.2.1	Vertikale Übertragungssituation	58
7.2.2	Horizontale Übertragungssituation	61
7.2.3	Trittschalldämmung der Geschossdecke	64
7.3	Schalldämmung einer zweischaligen Haus- trennwand	65
7.4	Schutz gegen Außenlärm	68
8	Literatur	68
9	Checkliste zum erhöhten Schallschutz	70
10	Stichwortverzeichnis	71
	Beratungsstellen der Ziegelindustrie	72
	Impressum	72

1 Einleitung

Der bauliche Schallschutz gehört zu den wichtigsten Schutzzielen im Hochbau. Während die Tragfähigkeit von Mauerwerk im Regelfall als gegeben vorausgesetzt wird, der Brand- und Wärmeschutz wichtige Funktionen, die nicht unvermittelt quantitativ überprüft werden darstellen, wird der Schallschutz dagegen jederzeit vom Bewohner in Anspruch genommen, in dem er die Umgebungsgeräusche aus der Nachbarwohnung oder von Außen mehr oder weniger gedämmt wahrnimmt. 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 von zahlreichen Faktoren ab. Zunächst gilt es, in der Planungsphase vor Baubeginn das gewünschte Schutzziel festzulegen. Als Basis gelten die bauordnungsrechtlichen Schallschutz-Anforderungen von DIN 4109 – Teil 1: Mindestanforderungen [1], die nicht unterschritten werden dürfen. Darüber hinaus können zwischen Bauherr und Bauträger höhere Standards z. B. nach dem weiterhin verfügbaren nicht zurückgezogenen Beiblatt 2 zu DIN 4109:1989 [6] vereinbart werden. Heute übliche Qualitäts- und Komfortstandards machen unter Umständen erhöhte Aufwendungen zum Schallschutz erforderlich. Die Rechtsprechung des Bundesgerichts-

hofs (BGH) hat gefordert, den Schallschutz im gehobenen Wohnungsbau so zu gestalten, dass er den Erwartungen des Gebäudenutzers und vor allem der Leistungsfähigkeit der ausgeführten Konstruktion entspricht. Daher ist unter Umständen ein Mehraufwand einzuplanen, das gewünschte Schallschutzniveau transparent darzustellen und vertraglich zu vereinbaren.

Ein erhöhter Schallschutz ist für Architekten und Statiker bereits in der Entwurfsphase eine anspruchsvolle Aufgabe. Die Überarbeitung der seit über 25 Jahre geltenden DIN 4109 von 1989 ist in einem langwierigen Beratungs- und Abstimmungsprozess mit den betroffenen Interessengruppen mit dem Ziel vollendet worden, die Anforderungen an den Schallschutz im Wesentlichen nicht zu verschärfen,

Tabelle 1.1: Übersicht der wichtigsten Änderungen im Bemessungsverfahren

Thema	Bisher: Beiblatt 1 zu DIN 4109	Zukünftig: DIN 4109:2016
Luftschalldämmung zwischen zwei Räumen	Bewertetes Schalldämm-Maß R'_{w} als korrigiertes Schalldämm-Maß des Rechenwertes des Trennbauteils	Bau-Schalldämm-Maß R'_{w} aus akustischer Raumbilanz
Trittschalldämmung zwischen zwei Räumen	Bewerteter Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ als korrigierter Rechenwert einer Geschossdecke	Bewerteter Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ als Resultat von Rohdecke und Vorsatzschalen (schwimmender Estrich etc.)
Schalldämm-Maß eines Bauteils	Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes $R'_{w,R}$ ermittelt aus der flächenbezogenen Bauteilmasse	Direkt-Schalldämm-Maß R_w ermittelt aus der flächenbezogenen Bauteilmasse oder aus Prüfzeugnis
Berücksichtigung der flankierenden Übertragung	Korrektur $K_{L,1}$ aus dem Mittelwert der Flankengewichte und $K_{L,2}$ aus der Anzahl von Leichtbauflanken auf $R'_{w,R}$ des Trennbauteils	Direkt-Schalldämm-Maß R_w eines jeden flankierenden Bauteils und dem Stoßstellen-dämm-Maß des jeweiligen Bauteilanschlusses
Berücksichtigung schwimmender Estriche und Vorsatzschalen	Im Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes $R'_{w,R}$ enthalten	Korrektur durch Zuschlag ΔR_w auf dem entsprechenden Übertragungsweg
Entkopplung von Massivbauteilen	Eine quantitative Berücksichtigung ist nicht möglich	Berücksichtigung der reduzierten Flankenübertragung in der akustischen Raumbilanz möglich
Schalldämmung zweischaliger Haustrennwände	Zuschlag von 12 dB auf $R'_{w,R}$ einer gleich schweren, einschaligen Wand ¹⁾	Zuschläge zwischen 3 und 14 dB auf R'_{w} einer gleich schweren, einschaligen Wand – abhängig von der Trennwandausführung
Berücksichtigung von Unsicherheiten der Berechnung	Vorhaltemaß von 2 dB im Rechenwert $R'_{w,R}$ enthalten ²⁾	Gesamtunsicherheit $u_{\text{Prognose}} = 2$ dB (pauschal) vom Bau-Schalldämm-Maß R'_{w} abzuziehen

¹⁾ nur gültig für unterkellerte Gebäude ²⁾ bei Türen abweichend

aber an den Stand der Technik anzupassen und vor allem die rechnerische Nachweisführung mit den europäisch geltenden Normen abzugleichen. Ziel dieser Broschüre ist es, eine Einführung in die wichtigsten Begriffe des baulichen Schallschutzes zu geben, die Anforderungen und das Nachweisverfahren der neuen DIN 4109 zu erläutern und für den Wohnungsbau Konstruktionsempfehlungen abzugeben.

1.1 Was bringt die neue Norm?

Die Umsetzung der europäisch genormten Rechenverfahren ermöglicht mithilfe einer akustischen Energiebilanz, die Schalldämmung in Gebäuden sehr viel besser als bisher zu prognostizieren. Daher fand eine Übertragung der DIN EN 12354-Normreihe im Rahmen der DIN 4109-Überarbeitung statt. Als Folge dieser Arbeiten sind erhebliche Defizite des bisherigen Verfahrens nach Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989 [5] aufgedeckt und beseitigt worden. So kann z. B. die flankierende Übertragung massiver, leichter Flankenbauteile nun viel genauer als in der Vergangenheit rechnerisch bewertet werden. Dieser Vorteil macht die Flankeneinflüsse transparent und ermöglicht zudem die sachgerechte Dimensionierung aller Bauteile. In der Vergangenheit ist auch von Bauakustikern die Situation der häufig maßgeblichen Flankenübertragung auf den resultierenden Luft- und Trittschallschutz im Massivbau unterschätzt worden.

Entscheidend geändert hat sich die Bezeichnung der Bauteilkennwerte. Das bisherige bewertete Schalldämm-Maß R'_w wird zwar weiterhin die Schalldämmung zwischen zwei Räumen beschreiben, nicht aber als Kennwert der Schalldämmung eines Bauteils gelten. Die Schalldämmeigenschaften der Luftschalldämmung eines einzelnen Bauteils werden zukünftig durch dessen bewertetes Direkt-Schalldämm-Maß R_w charakterisiert,

die Trittschalldämmung einer Rohdecke durch den äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,eq,0,w}$. Somit hat sich die Fachwelt auf neue Definitionen und Begrifflichkeiten einzustellen. Tabelle 1.1 gibt einen ersten Überblick über die wesentlichen Änderungen der Bemessungsansätze des Massivbaus der neuen DIN 4109 im Gegensatz zur bisherigen Vorgehensweise.

1.2 Akustisches Bilanzverfahren

Ein besseres Verständnis der Zusammenhänge in der Bauakustik ist für den Planer heute bereits wichtig und sollte diesem bekannt sein. Die Umsetzung der europäischen Norm DIN EN 12354-1 [2] beinhaltet ein Bilanzverfahren auf Basis von Einzalangaben der Schalldämmung der einzelnen Bauteile. Zukünftig erfolgt 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 in Bild 1.1 beispielhaft skizziert.

Für die Anwendung des Verfahrens ist diese Broschüre sowie ein einfach zu handhabendes Computerprogramm zur Berechnung der Luftschalldämmung erstellt worden. 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. Damit wird auch offensichtlich, dass der Schallschutz zwischen zwei Räumen keine – wie in der Vergangenheit häufig falsch angenommen – Bauteileigenschaft ist, sondern durch eine Mehrzahl von Einflüssen bestimmt wird. Schallschutz ist daher eine Planungsaufgabe und wird bei entsprechender handwerklicher Umsetzung zielsicher erreicht.

Die Schalldämm-Maße der Bauteile sowie die zur Schallschutzprognose im Massivbau erforderlichen Stoßstellendämm-Maße als Eingangsgrößen für das Bemessungsverfahren sind im Rahmen von öffentlich geförderten AIF-Vorhaben durch die Hochschule für Technik, Stuttgart erarbeitet und an zahlreichen Bauvorhaben validiert worden [4]. Weiterhin hat die Ziegelindustrie messtechnisch abgesicherte Eingangswerte der für diesen Ein-

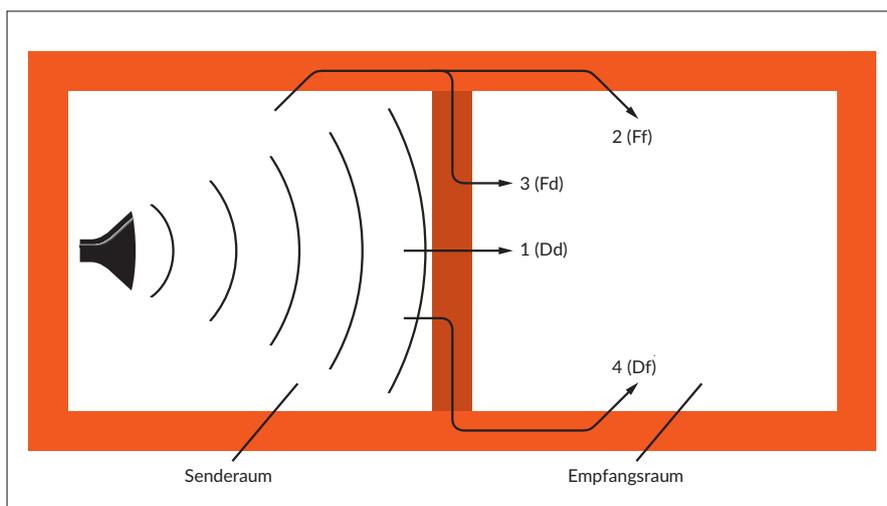


Bild 1.1: Beispielhafte Kennzeichnung der Schallübertragungswege zwischen zwei Räumen mit den Übertragungswegen (D/d) für das trennende Bauteil und (F/f) für die flankierenden Bauteile.

satzzweck optimierten Ziegelprodukte sowie Ausführungsvorschläge entwickelt und in die Normung eingebracht.

Die Rechenalgorithmen der Norm sowie der derzeitige Stand der Technik werden bereits seit dem Jahr 2010 durch die von der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel erwirkte allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-23.22-1787 des Deutschen Instituts für Bautechnik [3] für den bauordnungsrechtlichen Schallschutznachweis angewendet und sind in der Praxis somit seit über 5 Jahren erprobt.

Mit dieser Möglichkeit wurde der bislang in Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989 [5] nur unpräzise formulierte Anwendungsausschluss zum Einfluss flankierender Lochsteinwände aufgehoben und durch eine klare, dem Stand der Technik entsprechenden Neuregelung ersetzt. Die Planer haben somit seit dieser Zeit ein Werkzeug zur Verfügung, das Handlungsfähigkeit in der Bemessung des Schallschutzes herstellt und bei Erscheinen der neuen DIN 4109 bereits für das Planen mit Hochlochziegelmauerwerk validiert ist.

1.3 Hinweise zur Planung und Ausführung

Im Rahmen der Festlegung des Anforderungsniveaus spielt die Raumzonierung des Gebäudes in horizontaler und vertikaler Richtung in ruhige und laute Bereiche eine wichtige Rolle. Mit einer geschickten Planung kann mit Bauteilen, die die Standardanforderungen der DIN 4109 erfüllen, der Schallschutz in besonders schützenswerten Räumen wie Schlafzimmern ohne erheblichen baulichen Aufwand den erhöhten Schutzbedürfnissen genügen. Dieser Aspekt wird oftmals in der Praxis nicht erkannt, da es vor allem gilt, das geforderte Raumprogramm umzusetzen. Da vor allem in kleinen Räumen ein hoher Schallschutz schwieriger zu realisieren ist als in großen Räumen, kommt gerade hier der Anordnung schutzbedürfti-

ger Räume zueinander eine große Bedeutung zu (siehe Bild 1.2).

Sind Küche oder Bad an der Wohnungstrennwand zu leisen, fremden Räumen angeordnet, bietet sich u.U. eine biegeeweiche Vorsatzschale im lauten Raum bzw. die Entkopplung leichter Bauteile oder Einbauten an (siehe Bild 1.3). 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 1.4).

Von ausschlaggebender Bedeutung ist jedoch neben der gezielten Planung eine sorgfältige Bauausführung. Der Schallschutz eines Bauteils hängt nicht unerheblich von dessen Verarbeitung ab. So kann eine Trennwand auch bei ausreichendem flächenbezogenen Wandgewicht eine unzureichende Luftschalldämmung aufweisen, wenn die Anschlüsse an die angrenzenden Bauteile falsch hergestellt sind (Fugenabriss). Ausführungsmängel bei schwimmenden Estrichen sind wohl bekannt und stellen mit Abstand die häufigste Ursache für schalltechnische Beschwerden dar. Nicht selten führen derartige den Trittschallschutz betreffende Mängel auch zur Beeinträchtigung der Luftschalldämmung. Sachgerechte Lösungen enthält Kapitel 6.

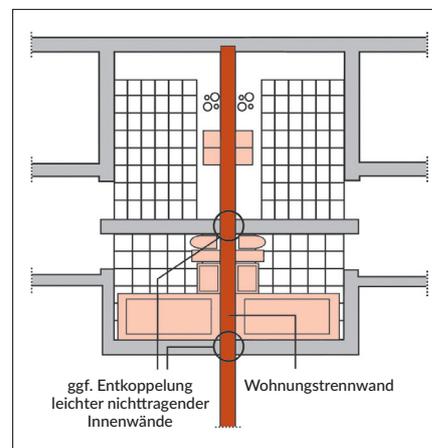


Bild 1.2: Günstige Raumanordnung von Bad und Küche an einer Wohnungstrennwand.

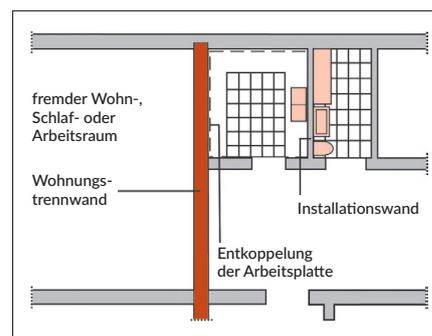


Bild 1.3: Entkopplung einer Küchen-Arbeitsplatte und günstige Position von Installationen abseits der Wohnungstrennwand.

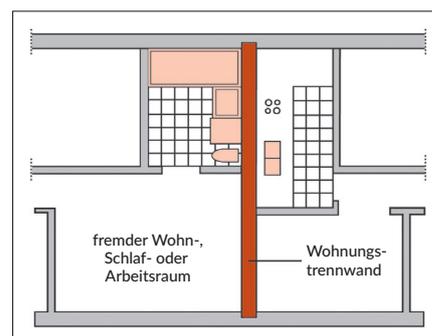


Bild 1.4: Ungünstige Diagonalposition lauter zu leisen Räumen an einer Wohnungstrennwand.

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 ingenieurmäßige quantitative Abschätzung von Maßnahmen und ihrer Wirkungen 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. Weitergehende Grundlagen sind der Fachliteratur und der DIN 4109 zu entnehmen (siehe Kapitel 8).

Schall:

Als Schall bezeichnet man mechanische Schwingungen eines elastischen Mediums, deren Frequenzen im Hörbereich des menschlichen Ohres zwischen etwa 16 bis 20.000 Hertz liegen. In der Bauakustik wird zwischen Luftschall, Körperschall und Trittschall unterschieden.

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.

Amplitude:

Die Amplitude **a** ist die Auslenkung der schwingenden Teilchen aus ihrer Ruhelage.

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 3150 Hz. Als erweiterten Frequenzbereich bezeichnet man den zwischen 50 Hz und 5000 Hz.

Schallgeschwindigkeit:

Die Schallgeschwindigkeit **c** in m/s ist die Geschwindigkeit, mit der sich Schallwellen in einem beliebigen Medium ausbreiten. Die Schallgeschwindigkeit in Luft wird in der Regel mit $c = 343 \text{ m/s}$ für 20°C bei Normaldruck (1013 hPa) angegeben. Die Schallgeschwindigkeit kann berechnet werden, wenn die Werte für **l** und **f** gemessen 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.

$$c = \lambda \cdot f \quad [\text{m/s}] \quad (1)$$

mit:

λ Wellenlänge

f Frequenz der Schallwelle

Schalldruck:

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

Tabelle 2.1: Schallgeschwindigkeit in unterschiedlichen Stoffen.

Medium	Schallgeschwindigkeit in m/s
Luft	343
Helium	980
Wasser	1450
Gummi	150
Ziegelscherben	3000 - 3500
Hartholz	3300
Beton	3600 - 4500
Glas	5500
Stahl	5900

Schallschnelle:

Die Schallschnelle **v** ist die Geschwindigkeit, mit der die einzelnen Luftteilchen um ihre Ruhelage schwingen. Sie ist nicht zu verwechseln mit der Schallgeschwindigkeit **c**.

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

Schallintensität:

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

$$I = p \cdot v = p^2 / (\rho \cdot c) \quad [\text{W/m}^2] \quad (3)$$

mit:

v Schallschnelle in m/s

ρ Dichte des Mediums in kg/m^3

Schalleistung:

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

$$P = I \cdot S = p \cdot v \cdot S = p^2 \cdot S / (\rho \cdot c) \quad [\text{W}] \quad (4)$$

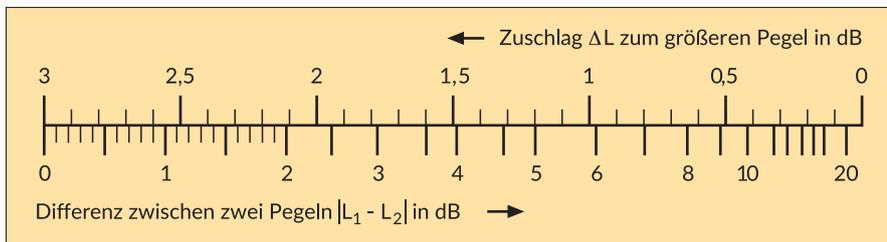


Bild 2.1: Nomogramm zur Addition zweier Schallpegel [7].

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.

$$L = 10 \lg(p^2/p_0^2) \quad [\text{dB}] \quad (5)$$

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

A-bewerteter Schalldruckpegel:

Der bewertete Schalldruckpegel L_A in dB(A) wird messtechnisch ermittelt und mit der Frequenzbewertung A versehen. Er ist das Maß für die Stärke eines Geräusches z. B. haustechnischer Anlagen oder von Außenlärm $L_{a,A}$.

Maximaler Norm-Schalldruckpegel:

Der bewertete maximale Norm-Schalldruckpegel $L_{AF,max,n}$ in dB kennzeichnet die Störgeräusche aus Wasserinstallationen und sonstigen gebäudetechnischen Anlagen, bezogen auf eine Bezugsabsorptionsfläche $A_0 = 10 \text{ m}^2$ und wird mit der Frequenzbewertung A sowie der Zeitbewertung F (Fast) bewertet.

Gesamtschallpegel:

Der resultierende Schallpegel 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 in Bild 2.1 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.

Lautstärkepegel:

Der Lautstärkepegel (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 1000 Hz mit dem Schallpegel N dB.

Frequenzbereich (Bild 2.2):

Der vom menschlichen Ohr gerade noch wahrnehmbare Schalldruck ist abhängig von der Frequenz und beträgt bei 1000 Hz etwa $2 \cdot 10^{-5}$ Pa. Die Schmerzgrenze liegt bei diesem Ton 6 Zehnerpotenzen höher bei etwa 20 Pa.

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 beliebigem Zusammenhang) bezeichnet.

Oktavfilter-Analyse:

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

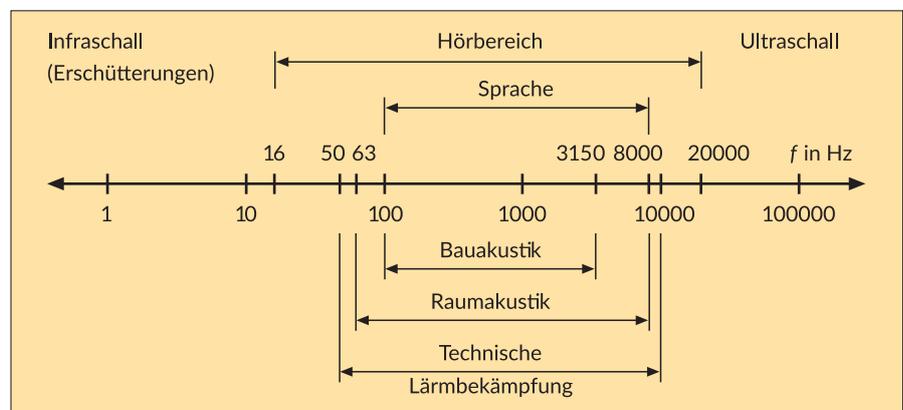


Bild 2.2: Akustischer Frequenzbereich.

Terzfilter-Analyse:

Eine Terz 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.

Luftschall:

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

Luftschallanregung:

Als Luftschallanregung wird der Vorgang bezeichnet, bei dem ein trennendes Bauteil zwischen zwei Räumen durch Luftschall im Senderraum zum Schwingen angeregt wird und dadurch im Empfangsraum wiederum Luftschall erzeugt wird. Der Widerstand, den das trennende Bauteil der Schallübertragung entgegensetzt, wird als Luftschalldämmung bezeichnet (Bild 2.3).

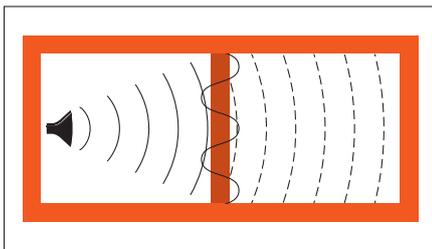


Bild 2.3: Luftschallanregung über ein Trennbauteil.

Körperschall:

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

Körperschallanregung:

Als Körperschallanregung wird der Vorgang bezeichnet, bei dem durch Körperschall z. B. infolge von Schließgeräuschen von Türen, von Trittschall usw. das trennende Bauteil in Schwingung versetzt wird und diese Biegeschwingungen im Empfangsraum Luftschall erzeugen (Bild 2.4).

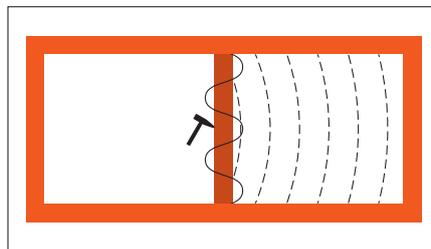


Bild 2.4: Körperschallanregung über ein Trennbauteil.

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.

$$A = 0,163 \cdot V/T \quad [m^2] \quad (6)$$

mit:
V Raumvolumen in m^3
T Nachhallzeit in s

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.

Schalldämm-Maß:

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):

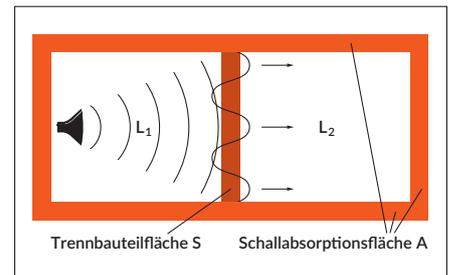


Bild 2.5: Luftschalldämmung eines Trennbauteils.

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg (S/A) \quad (7)$$

Bewertetes Schalldämm-Maß:

Das bewertete Schalldämm-Maß **R_w** ist die Einzahlangabe des Schalldämm-Maßes zur einfachen Kennzeichnung von Bauteilen. Es wird auch als Direktschalldämm-Maß bezeichnet und beinhaltet keinerlei Einfluss aus Flankenbauteilen. Die üblicherweise in Prüfständen ohne Nebenwege teilweise gemessenen Schalldämm-Maße **R** werden mit einer Bezugskurve verglichen. Dabei wird die Bezugskurve so lange in Schritten von 1 dB verschoben, bis die mittlere **Unterschreitung** der verschobenen Kurve gegen die Messkurve so groß wie möglich, jedoch nicht mehr als 2 dB beträgt.

Als Einzahlangabe wird das Schalldämm-Maß der verschobenen Bezugs-kurve bei 500 Hz angegeben und mit dem Index **w** versehen.

Hinweis:

Es sind derzeit Normänderungen beantragt, die eine Verschiebung der Bezugs-kurve in 1/10-dB-Schritten vorsehen. Dadurch können Schalldämm-Maße auch mit einer Nachkommastelle angegeben werden.

Bewertetes Direktschalldämm-Maß:

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

Bewertetes flächenbezogenes Schalldämm-Maß von Elementen:

In der rechnerischen Prognose verwendetes Schalldämm-Maß $R_{e,i,w}$, bezogen auf die übertragende Gesamtfläche S_s des Elementes z. B. eines Lüftungselementes oder eines Rollladenkastens.

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.

Bau-Schalldämm-Maß:

Das aus der bisher üblichen Praxis bekannte 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 messtechnische Ermittlung der

bewerteten Einzahlangabe dieses R'_w erfolgt nach dem gleichen Verfahren gemäß Bild 2.6.

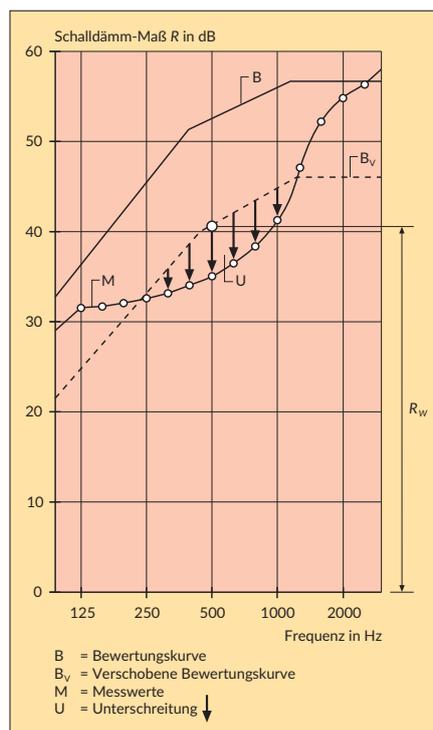


Bild 2.6: Ermittlung des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w .

Flankenübertragung:

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

Flankendämm-Maß:

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

Bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz:

Die bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ beschreibt die Schalldämmung eines flankierenden Leichtbauteils, das die Schallenergie im Wesentlichen auf dem Übertragungsweg F_f weiterleitet. Die Norm-Flankenpegeldifferenz wird auf eine bestimmte Anschlusslänge des Flankenbauteils bezogen. Bei leichten Dächern beträgt diese Anschlusslänge 4,5 m.

Bewertete Norm-Schallpegeldifferenz:

Die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ ist die Einzahlangabe einer Schallpegeldifferenz zwischen zwei Räumen bezogen auf eine Bezugsabsorptionsfläche von $A_0 = 10 \text{ m}^2$.

Bewertete Standard-Schallpegeldifferenz:

Die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ 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 Außen- und Innenraum. Die Standard-Schallpegeldifferenz lässt sich aus dem bewerteten Schalldämm-Maß und den Raumabmessungen des Empfangsraumes wie folgt berechnen:

$$D_{nT,w} = R'_w - 10 \lg(3,1 S/V_E) \text{ [dB]} \quad (8)$$

mit:

S = Fläche des Trennbauteils in m^2
 V_E = Raumbolumen des Empfangsraumes in m^3

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 Steifigkeit des Verbundes der Bauteile und von deren Massenverhältnissen. Sie steigt mit differierendem Massenverhältnis der Bauteile an und wird durch das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} in dB gekennzeichnet.

Mittlerer Bauverlustfaktor:

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

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 $\eta_{\text{Bau,ref}}$ berücksichtigt. Die für eine Berechnung von R'_w aus Prüfstandsmessungen gewonnenen Eingangswerte werden daher auch als $R_{w,\text{Bau,ref}}$ -Werte bezeichnet [8,9].

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:

$$f_G = (6,4 \cdot 10^7 / d) \cdot \sqrt{\rho / E} \quad [\text{Hz}] \quad (9)$$

mit:

- d Dicke des Bauteils in mm
- ρ 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 2000 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/m^2 .

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 Abschnitt 5.2.

Spektrum-Anpassungswerte:

Wenn die Störquellen besonders auffällige Lärmspektren aufweisen wie z. B. tieffrequente Geräusche bei Verkehrslärm können bei der Planung und Berechnung der erforderlichen Schalldämmung 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. C_{tr} steht für tieffrequente Lärmanteile z. B. beim Schutz gegen innerstädtischen Verkehrslärm. Der Wert C ohne Index steht für ein Spektrum typischer Wohngeräusche innerhalb von Gebäu-

den, für schnellen Autobahnverkehr und Schienenverkehr.

Trittschall:

Trittschall ist durch Begehen oder ähnliche Anregung von Böden, Decken, Treppen usw. erzeugter Körperschall, der teilweise direkt als Luftschall in den darunterliegenden Raum abgestrahlt wird oder sich in Form von Körperschallwellen fortpflanzt.

Trittschallpegel:

Der Trittschallpegel L'_T in dB ist der Schallpegel, der in einem Empfangsraum entsteht, wenn das zu prüfende Bauteil, in der Regel eine Decke oder Treppe, mit einem Norm-Hammerwerk angeregt wird.

Bewerteter Norm-Trittschallpegel:

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

$$L'_n = L'_T + 10 \lg (A/A_0) \quad [\text{dB}] \quad (10)$$

mit:

- 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.

3 Anforderungen an den Schallschutz im Wohnungsbau

3.1 Vorbemerkungen

Der Schallschutz von Aufenthaltsräumen des Wohn- und Nichtwohnungsbaus wird in der Neuausgabe der DIN 4109 Teil 1 geregelt. Die Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz im Wohnungsbau können bis auf weiteres dem Beiblatt 2 zu DIN 4109 in der Fassung von 1989 entnommen werden.

Die Kenngrößen der Schalldämmung von trennenden Bauteilen ergeben sich der bisherigen Größen:

- für die Luftschalldämmung das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w in dB
- für die Trittschalldämmung der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ 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 haustechnischen Anlagen auf zu schützende Aufenthaltsräume ist der Schalldruckpegel. Dabei handelt es sich um den mit der Frequenzbewertung A und der Zeitbewertung FAST gemessenen maximalen Schalldruckpegel $L_{AF,max,n}$ in dB, bezogen auf eine Bezugsabsorptionsfläche von $A_0 = 10 \text{ m}^2$.

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 Einzahlwert $L'_{n,w}$ wird auf der Bezugskurve bei 500 Hz abgelesen.

Bewerteter Standard-Trittschallpegel:

Der bewertete Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ ergibt sich analog der bewerteten Standard-Schallpegeldifferenz zur Kennzeichnung des Trittschallschutzes zwischen Räumen in Gebäuden. Die Räume im Gebäude können beliebig (vertikal, horizontal, diagonal) zu einander liegen.

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.

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 ein negatives Vorzeichen erhalten.

Zweischaligkeitszuschlag:

$\Delta R_{w,TR}$ in dB beschreibt die Differenz der höheren Schalldämmung von massiven zweischaligen Trennwänden gegenüber einer gleich schweren einschaligen Konstruktion.

Außenlärmpegel:

Der Außenlärmpegel in L_a in dB(A), auch als maßgeblicher Außenlärmpegel bezeichnet, ist derjenige Pegelwert, der für die akustische Bemessung von Außenbauteilen angesetzt wird. Er soll die Geräuschbelastung von außen vor dem Gebäude repräsentativ – unter Berücksichtigung der zu erwartenden Verkehrsentwicklung in den nächsten 5 bis 10 Jahren beschreiben.

Vorhaltemaß / Sicherheitszuschlag:

Berechnungen zur Schalldämmung in Gebäuden können die tatsächlichen Verhältnisse nur modellhaft abbilden und sind deshalb mit Unsicherheiten behaftet. In der Vergangenheit wurden sie unter Berücksichtigung eines Vorhaltemaßes der Massivbauteile von 2 dB durchgeführt. Zukünftig werden bei der Bilanzierung der Luftschalldämmung in Gebäuden alle Eingangsgrößen einer Berechnung ohne Sicherheitsabschläge verwendet. Erst auf das rechnerisch ermittelte Bauschalldämm-Maß R'_w wird ein pauschaler Sicherheitszuschlag von 2 dB im Falle des bauordnungsrechtlichen Schallschutznachweises erforderlich. Dieser beinhaltet sämtliche Teilunsicherheiten. Weitere Hinweise enthält Kapitel 4.

3.2 Mindestschallschutz

Das Ziel der Anforderungen der DIN 4109 ist es, Menschen in Aufenthaltsräumen gegen Geräusche aus Nachbarwohnungen, aus Anlagen der Technischen Gebäudeausrüstung sowie aus Gewerbebetrieben, die im selben Gebäude angesiedelt sind und gegen Außenlärm zu schützen. 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 25 dB(A) 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 haustechnischen Anlagen und 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 ausführbar und auch selten bezahlbar. Entsprechend dieser Definition des Schutzziels der DIN 4109 ergibt sich die Notwendigkeit der Lärmvermeidung und gegenseitigen Rücksichtnahme, beispielsweise der Vermeidung des Außenlärms im Straßenverkehr und auch der Vermeidung von Lärmemissionen in Wohnräumen.

Die bauordnungsrechtlichen Anforderungen an die Schalldämmung können mit allen derzeit gängigen Bauarten nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik beschrieben und ausgeführt 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.

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,
- Küchen
- Schlafräume
- Arbeitsräume

Diese Aufzählung ist allerdings nur beispielhaft und als nicht abschließend zu verstehen, da sie als Anmerkung im Normteil 1 der DIN 4109 aufgeführt ist.

3.3 Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz

Besonders wichtig ist der Schallschutz im Wohnungsbau, da die Wohnung dem Menschen zur Entspannung und zum Ausruhen dienen und die Privatsphäre gegenüber den Nachbarn und umgekehrt schützen soll. Qualitätsanforderungen an einen erhöhten Schallschutz ergeben sich nicht nur aus einem Vertragstext, sondern auch aus erläuternden und präzisierenden Erklärungen der Vertragsparteien, dem qualitativen Zuschnitt und dem architektonischen Anspruch des Gebäudes. Es ist daher unabdingbar, das Niveau

eines erhöhten Schallschutzes im Interesse von Investoren, Eigentümern, Planern und Ausführenden rechtsicher vertraglich zu vereinbaren.

Da im Normungsprozess der Überarbeitung der DIN 4109 keine Einigkeit über eine normative Festschreibung eines erhöhten Schallschutzes erzielt werden konnte, verständigte man sich vorerst darauf, das Beiblatt 2 zu DIN 4109 aus dem Jahre 1989 mit den dort enthaltenen Vorschlägen für einen erhöhten Schallschutz im Wohnungsbau beizubehalten. Daher sind in dieser Broschüre die für den Wohnungsbau wichtigen Vorschläge in modifizierter Form aufgeführt. 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 verminderten Lautstärkeempfindung führen.

Diese erhöhten Schallschutz-Standards können jedoch zu Baukostensteigerungen führen, so dass gleichzeitig auch die Mehrkosten vor einer verbindlichen Vereinbarung bekannt sein sollten. Dabei handelt es sich in der Regel nicht nur um baustoffgebundene Mehrkosten, sondern um Mehraufwand in der Ausführungsqualität, der Bauplanung, der Bauausführung und der Bauüberwachung.

Im Folgenden sind die für den Wohnungsbau wichtigen Vorschläge in modifizierter Form aufgenommen. Die in diesem Abschnitt aufgeführten Schalldämm-Maße basieren auf Erkenntnissen aus konkreten Bauvorhaben und sind im Massivbau auch insbesondere in kleinen Räumen mit hohen Anteilen flankierender Übertragung ohne Zusatzmaßnahmen zu erreichen. Die Zusammenstellung ist unter den besonderen Gesichtspunkt der Praxisrelevanz, üblicher Gebäudeausstattung und der Würdigung mit geltender Normen und Regeln z.B. der Statik, des Brand- und Wärmeschutzes, der

Bauwerksabdichtung und auch der Reihenhausbauweise z. B. ohne Unterkellerung erfolgt.

Die in den nachstehenden Tabellen aufgeführten Standards setzen voraus, dass ein in ruhigen Wohnlagen für die Abend- und Nachtstunden üblicher Grundgeräuschpegel innerhalb der Wohnung von etwa 20 dB(A) vorliegt und die Aufenthaltsräume typische Raumvolumina mit Nachhallzeiten von etwa 0,5 s aufweisen. Wird ein erhöhter Schallschutz gewünscht, ist dieser bei Vertragsabschluss zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer ausdrücklich zu vereinbaren. 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 (vgl. Abschnitt 1.3).

Sollte ein darüber hinaus gehender, individuell festzulegender Komfort-Schallschutz gewünscht sein, weil z. B. ein besonders lautes oder auch leises Wohnumfeld oder besondere Nutzungsanforderungen vorliegen, muss eine entsprechende Fachplanung durch einen Bauakustiker erfolgen. Die dann notwendigen Maßnahmen erfordern in der Regel eine Änderung der üblichen Konstruktionen und gehen mit baulichen Mehrkosten einher, die im Vertrag angesprochen werden müssen. Die in den Tabellen aufgeführten Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz gelten zum Luft- und Trittschallschutz von Aufenthaltsräumen und Wohnküchen gegen Geräusche aus fremden Räumen z. B. Nachbarwohnungen und gegen Geräusche aus Wasserinstallationen und haustechnischen Anlagen. Sie gelten nicht für den Luft- und Trittschallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich sowie für den Luft- und Trittschallschutz in Bädern.

3.4 Zahlenwerte zur Luft- und Trittschalldämmung in Geschosswohnbauten

In den Tabellen sind sowohl die bauordnungsrechtlichen Anforderungen als auch die Vorschläge eines erhöhten Schallschutzes auszugsweise nebeneinander gestellt. Tabelle 3.1 enthält die Kennwerte zur Luftschalldämmung R'_w zwischen fremden Räumen nach DIN 4109-1:2016 und Beiblatt 2 zu DIN 4109:1989. Tabelle 3.2 enthält die entsprechenden Kennwerte des Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$.

3.5 Zahlenwerte zur Luft- und Trittschalldämmung zwischen Einfamilien-, Reihen- und Doppelhäusern

Als Haustrennwände zwischen Doppel- und Reihenhäusern stellen zweischalige Konstruktionen den Stand der Technik dar. Die bauordnungsrechtlichen Anforderungen an die Luftschalldämmung sind gegenüber der alten

Tabelle 3.1: Kennwerte der Luftschalldämmung von Bauteilen zum Schutz gegen Schallübertragung aus einem fremden Wohn- und Arbeitsbereich, deren Schalldämm-Maß nicht unterschritten werden soll.

Luftschalldämmung über		Bauordnungsrechtlicher Schallschutz R'_w	Erhöhter Schallschutz R'_w
Decken	(Wohnungs)trenndecken zwischen fremden Räumen	≥ 54 dB	≥ 55 dB
	Kellerdecken, Decken zu Hausfluren und Treppenräumen	≥ 52 dB	
	Decken unter allgemein nutzbaren Dachräumen, z. B. Trockenböden, Abstellräumen	≥ 53 dB	
	Decken über Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen und ähnliches unter Aufenthaltsräumen	≥ 55 dB	-
Wände	Wohnungstrennwände zwischen fremden Räumen	≥ 53 dB	≥ 55 dB
	Treppenraumtrennwände und Wände neben Hausfluren ¹⁾	≥ 53 dB	
Türen	Türen, die von Hausfluren oder Treppenräumen in Flure und Dielen von Wohnungen oder Arbeitsräumen führen.	≥ 27 dB	≥ 37 dB
	Türen, die von Hausfluren oder Treppenräumen unmittelbar in Aufenthaltsräume – außer über Flure und Dielen – von Wohnungen führen.	≥ 37 dB	- ²⁾

¹⁾ Für Wände mit Türen gilt R'_w (Wand) = $R_{w,P}$ (Tür) + 15 dB.

²⁾ Von Türen, die direkt in Wohnbereiche führen, muss wegen höher einzuplanender Schalldämm-Maße abgeraten werden.

Tabelle 3.2: Kennwerte der Trittschalldämmung von Bauteilen zum Schutz gegen Schallübertragung aus einem fremden Wohn- und Arbeitsbereich, deren bewertete Norm-Trittschallpegel nicht überschritten werden soll.

Trittschalldämmung über		Bauordnungsrechtlicher Schallschutz $L'_{n,w}$	Erhöhter Schallschutz $L'_{n,w}$
Decken	(Wohnungs)trenndecken zwischen fremden Aufenthaltsräumen	≤ 50 dB	≤ 46 dB
	Kellerdecken, Decken zu Hausfluren und Treppenräumen ²⁾	≤ 50 dB	
	Decken unter allgemein nutzbaren Dachräumen, z. B. Trockenböden, Abstellräumen.	≤ 52 dB	
	Decken über Durchfahrten, Sammelgaragen ²⁾	≤ 50 dB	
	Decken unter Terrassen, Loggien und Laubengängen zu Aufenthaltsräumen, Balkone ²⁾	≤ 50 dB	
	Decken und Treppen innerhalb von Wohnungen, die sich über mehrere Geschosse erstrecken ^{1) 2)}	≤ 50 dB	
Treppen	Treppenläufe und Treppenpodeste	≤ 53 dB	

¹⁾ Weichfedernde Bodenbeläge dürfen für den Nachweis der Trittschalldämmung angerechnet werden.

²⁾ Die Kennwerte für die Trittschalldämmung gelten nur für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume ungeachtet der waagerechten, schrägen oder senkrechten Übertragungsrichtung.

Norm aus dem Jahr 1989 deutlich angehoben und somit der Leistungsfähigkeit der Konstruktion angepasst worden. 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.

Sobald eine zweischalige Haustrennwand errichtet wird, gelten nach den Regeln der Technik die üblicherweise mit einer solchen Konstruktion und den verwendeten Baustoffen zu erzielenden Kennwerte. In den folgenden Tabellen sind die in Abhängigkeit der Trennwandausbildung nach dem Stand der Technik [11,12] zu erwartenden Schalldämm-Maße angegeben.

Hinweis:

Die Berechnung der Luftschalldämmung zweischaliger Haustrennwände wird in Abschnitt 4.4 beschrieben.

3.6 Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen

Der erforderliche Lärmschutz von Außenwänden orientiert sich an der Lärmbelastung, der die Fassade einschließlich Fenstern und Türen ausgesetzt ist, sowie an der Nutzungsart der zu schützenden Räume. 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 sehr 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 hohen Schalldämm-Maßen der massiven Fassadenanteile wie z. B. der Außenwände muss die flankierende Übertragung über die angeschlossenen massiven Innenbauteile zukünftig detailliert berücksichtigt werden. Eine vereinfachte Berechnung ist immer dann möglich, wenn das resultierende Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ einen Wert von 40 dB nicht überschreitet. Dies ist bis zu einem maßgeblichen Außenlärmpegel in Höhe von 65 dB(A) der Regelfall. Sind Fassadenanteile eines Raumes zu unterschiedlichen Lärmquellen ausgerichtet, erhält der Fassadenanteil mit der geringeren Außenlärmbelastung einen rechnerischen Bonus auf das vorhandene Schalldämm-Maß der Teilfläche.

Hinweis:

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

Tabelle 3.3: Kennwerte der Luftschalldämmung bei Ausführung zweischaliger Haustrennwände zwischen Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäusern.

Luftschalldämmung über	Bauordnungsrechtlicher Schallschutz R'_w	Erhöhter Schallschutz R'_w
Haustrennwände zu Aufenthaltsräumen, die im untersten Geschoss (erdberührt oder nicht) eines Gebäudes gelegen sind	≥ 59 dB	≥ 62 dB
Haustrennwände zu Aufenthaltsräumen, unter denen mindestens 1 Geschoss (erdberührt oder nicht) des Gebäudes vorhanden ist	≥ 62 dB	≥ 67 dB

Tabelle 3.4: Kennwerte der Trittschalldämmung bei Ausführung zweischaliger Haustrennwände zwischen Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäusern.

Trittschalldämmung über	Bauordnungsrechtlicher Schallschutz $L'_{n,w}$	Erhöhter Schallschutz $L'_{n,w}$
Decken	≥ 41 dB	≥ 38 dB
Bodenplatte auf Erdreich bzw. Decke über Kellergeschoss	≥ 46 dB	≥ 46 dB
Treppenläufe und -podeste	≥ 46 dB	≥ 46 dB

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

Die Anforderung an den Lärmschutz für die Nutzungsarten Bettenräume in Krankenanstalten, allgemeine Aufenthaltsräume sowie Büroräume und ähnliches wird durch den maßgeblichen Außenlärmpegel bestimmt. Für die verschiedenen Lärmquellen wie Straßen-, Schienen-, Luft- und Wasserverkehr sowie für Industrie und Gewerbe gibt DIN 4109-2 die jeweils angepassten Mess- und Beurteilungsverfahren an, die den unterschiedlichen akustischen und wirkungsmäßigen Eigenschaften der Lärmarten Rechnung tragen.

Tabelle 3.5: Anforderungen an das erforderliche Schalldämm-Maß $R'_{w,res}$ von Fassaden und Dächern in Abhängigkeit vom Lärmpegelbereich und der Nutzung.

Lärmpegelbereich	Maßgeblicher Außenlärmpegel in dB(A)	Erforderliches resultierendes Luftschalldämm-Maß $R'_{w,res}$ des Außenbauteils verschiedener Raumarten in dB		
		Bettenräume in Krankenanstalten	Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume, Unterrichtsräume	Bürräume ¹⁾ und ähnliches
I	bis 55	35	30	-
II	56 bis 60	35	30	30
III	61 bis 65	40	35	30
IV	66 bis 70	45	40	35
V	71 bis 75	50	45	40
VI	76 bis 80	2)	50	45
VII	> 80	2)	2)	50

¹⁾ An Außenbauteile von Räumen, bei denen der eindringende Lärm aufgrund der in den Räumen ausgeübten Tätigkeiten nur einen untergeordneten Beitrag zum Innenraumpegel hat, werden keine Anforderungen gestellt.

²⁾ Die Anforderungen sind nach den örtlichen Gegebenheiten festzulegen.

Tabelle 3.5 enthält die Zuordnung der bauordnungsrechtlich erforderlichen Luftschalldämm-Maße zu den verschiedenen Lärmpegelbereichen für verschiedene Nutzungsarten. Die überwiegende Zahl der Wohnungsbauten wird in den Lärmpegelbereichen I - IV errichtet. Die Anforderungen an den Schallschutz gegen Außenlärm werden nicht an ein Gebäude insgesamt, sondern an einzelne Räume gestellt. Weitere Hinweise zu den verschiedenen Lärmarten sind in Abschnitt 4.6.2 enthalten.

3.7 Haustechnische Anlagen

Kennzeichnende Größe für die Einwirkung von Störgeräuschen aus Wasserinstallationen auf zu schützende fremde Aufenthaltsräume sowie von haustechnischen Anlagen ist der maximale Norm-Schalldruckpegel $L_{AF,max,n}$. Zusätzlich gelten künftig auch Anforderungen an die Norm-Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen der eigenen Wohnung, die von raum-

Tabelle 3.6: Maximal zulässige A-bewertete Norm-Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen, erzeugt von gebäudetechnischen Anlagen bzw. baulich verbundenen Betrieben.

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

lufttechnischen Anlagen im eigenen Wohnbereich ausgehen. Diese Anforderungen wurden aufgenommen, da die Benutzer bei bestimmungsgemäßen Betrieb der Anlagen keinen Einfluss auf den Anlagenbetrieb nehmen können und den Anlagengeräuschen ständig ausgesetzt sind.

Die maximalen Schalldruckpegel der von Wasserinstallationen und haustechnischen Anlagen emittierten und auf schutzbedürftige Räume einwirkenden Geräusche sind auszugewise der Tabelle 3.6 zu entnehmen. Bei den Armaturen und Geräten der Wasserinstallationen wird vorausgesetzt, dass sie den Anforderungen der DIN 4109-1 für die maßgeblichen Armaturengruppen entsprechen.

Hinweis:

Nutzergeräusche wie z. B. das Abstellen eines Zahnputzbechers auf eine harte Abstellplatte, das Schließen eines WC-Deckels etc. werden bislang nicht von den Anforderungen berührt. Dennoch führen sie in der Praxis häufig zu Beschwerden. Im Sinne eines guten Schallschutzes wird daher die Körperschallentkopplung von Sanitärgegenständen empfohlen.

4 Berechnungsverfahren und Randbedingungen

4.1 Verfahren zur Berechnung der Luftschallübertragung in Massivgebäuden

Das nachfolgend beschriebene Berechnungsverfahren basiert auf dem vereinfachten Berechnungsmodell der DIN EN 12354-1 [2]. Dieses Rechenverfahren ist in DIN 4109-2 [13] übernommen worden und in den Normteilen 3-1 bis 3-6 [1] mit modifizierten Eingangsgrößen der sogenannten Bauteilkataloge ergänzt und erheblich erweitert worden. Die Nachweisführung zur Einhaltung der Anforderungen erfolgt mit diesen Normteilen. 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 auf der Grundlage von bewerteten Schalldämm-Maßen und Flankendämm-Maßen für die beteiligten Bauteile.

Das „vereinfachte Berechnungsverfahren“ der DIN EN 12354-1 basiert auf frequenzunabhängigen Einzahlwerten der Schalldämmung und der Stoßstielendämmung. Es ist damit hinsichtlich der Bauteilkennwerte identisch mit dem bisherigen Beurteilungsverfahren des Beiblatts 1 zu DIN 4109:1989. Neben diesem Verfahren besteht gemäß DIN EN 12354-1 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 Prognose-sicherheit. Dies begründet sich in erster Linie dadurch, dass die Eingangsdaten für das Rechenmodell auf Basis von Einzulangaben mit Baumessun-

gen überprüft und kalibriert wurden [4]. 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 werden sowohl sogenannten Massekurven als auch Prüfzeugnissen entnommen.

Das Verfahren zur Bemessung der Luftschalldämmung ist mit der „Allgemein bauaufsichtlichen Zulassung Z-23.22-1787“ des DIBt [3] für den bauordnungsrechtlichen Nachweis für Gebäude mit wärmedämmendem Hochlochziegelmauerwerk bereits seit 2010 anwendbar und hat sich in der Praxis bewährt [14].

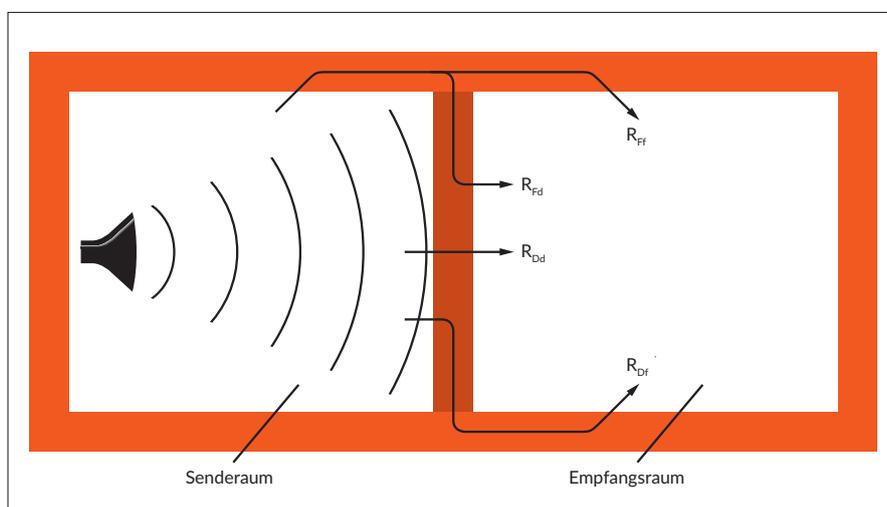


Bild 4.1: Kennzeichnung der Einzel-Übertragungswege zur Ermittlung des Bau-Schalldämm-Maßes.

Für das vereinfachte Modell wird das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w zwischen zwei Räumen ermittelt aus:

$$R'_w = -10 \lg \left[10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^n 10^{-R_{Fd,w}/10} \right] \quad [\text{dB}] \quad (11)$$

mit:

- $R_{Dd,w}$ = das bewertete Schalldämm-Maß für die Direktübertragung in dB,
- $R_{Ff,w}$ = das bewertete Flankendämm-Maß für den Übertragungsweg F_f in dB,
- $R_{Df,w}$ = das bewertete Flankendämm-Maß für den Übertragungsweg D_f in dB,
- $R_{Fd,w}$ = das bewertete Flankendämm-Maß für den Übertragungsweg F_d 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.

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

$$R_{Dd,w} = R_{s,w} + \Delta R_{Dd,w} \quad [\text{dB}] \quad (12)$$

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 Sende- und/oder Empfangsseite des trennenden Bauteils in dB.

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

$$R_{Ff,w} = (R_{F,w} + R_{f,w})/2 + \Delta R_{Ff,w} + K_{Ff} + 10 \lg (S_s/(l_0 \cdot l_f)) \quad [\text{dB}] \quad (13a)$$

$$R_{Fd,w} = (R_{F,w} + R_{s,w})/2 + \Delta R_{Fd,w} + K_{Fd} + 10 \lg (S_s/(l_0 \cdot l_f)) \quad [\text{dB}] \quad (13b)$$

$$R_{Df,w} = (R_{s,w} + R_{f,w})/2 + \Delta R_{Df,w} + K_{Df} + 10 \lg (S_s/(l_0 \cdot l_f)) \quad [\text{dB}] \quad (13c)$$

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 Sende- 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 trennendem Bauteil und den flankierenden Bauteilen F und f in m,
- l_0 = die Bezugs-Kopplungslänge $l_0 = 1 \text{ m}$.

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

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 Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ angegeben, die auf eine vorgegebene Anschlusslänge l_{lab} 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 Flankendämm-Maß auf diesem maßgeblichen Weg wie folgt:

$$R_{Ff,w} = D_{n,f,w} + 10 \lg (l_{lab}/l_f) + 10 \lg (S_s/A_0) \quad [\text{dB}] \quad (13d)$$

mit:

- l_{lab} = die Bezugslänge in m (bei Dächern 4,5 m – bei Leichtbauwänden 2,8 m)
- $A_0 = 10 \text{ m}^2$

In realen Grundriss-Situationen kann insbesondere bei versetzten Räumen die gemeinsame Trennfläche zwischen zwei Räumen kleiner 10 m^2 betragen. Bei diagonaler Schallübertragung existiert keine gemeinsame Trennfläche. In solchen Fällen muss die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ ermittelt werden, die anstelle des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes R'_{w} mit den Anforderungswerten gemäß DIN 4109 Teil 1 zu vergleichen ist.

Für Raumpaare mit gemeinsamer Trennfläche kann die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ aus dem bewerteten Bau-Schalldämm-Maß R'_{w} wie folgt berechnet werden:

$$D_{n,w} = R'_{w} - 10 \lg (S_s/10\text{m}^2) \quad [\text{dB}] \quad (14)$$

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

$$D_{n,w} = -10 \lg \left(\sum_{F,f=1}^2 10^{-D_{n,Ff,w}/10} \right) \quad [\text{dB}] \quad (15)$$

4.2 Bauteilkennwerte für die Berechnung

Die Direktschalldämmung R_w homogener und quasihomogener massiver Bauteile (Wände und Decken) wird gemäß den Angaben in Abschnitt 5.1 aus den flächenbezogenen Massen ermittelt. Die Direktdämmung von Mauerwerk aus Hochlochziegeln, dessen Schalldämmung nicht aus der flächenbezogenen Masse ermittelt wer-

den kann, ist Prüfzeugnissen mit dem Direkt-Schalldämm-Maß $R_{w,Bau,ref}$ zu entnehmen. Stoßstellendaten werden nach den Vorgaben in Abschnitt 5.3 ermittelt.

Hinweis:

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

4.3 Hinweise zur Modellierung der Raumsituation

Die Schallübertragung zwischen zwei Räumen kann nach diesem Verfahren immer nur zwischen direkt angrenzende 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 über pauschale Zu- und Abschläge berücksichtigte Flankendämmung auf Basis der mittleren flächenbezogenen Masse der beteiligten Flankenbauteile führte bei leichten massiven Bauteilen regelmäßig zu einer Überbewertung des erreichbaren Schallschutzes. Die energetische, akustische Raumbilanz ermöglicht eine deutlich zuverlässigere Prognose.

4.3.1 Handhabung versetzter Grundrisse

In DIN 4109-2, 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 4.2) erfolgt dabei mit Großbuchstaben für den Senderraum (SR) und Kleinbuchstaben für den Empfangsraum (ER). Das trennende Bauteil wird mit dem Buchstaben D (d), flankierende Bauteile mit dem Buchstaben F (f) gekennzeichnet.

Bei nicht rechtwinkligen Ecken oder bei gewölbten Bauteilen (Bild 4.3) 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.

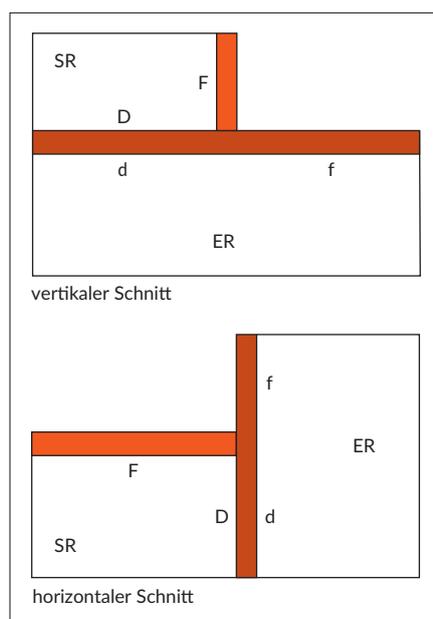


Bild 4.2: Bezeichnung der Übertragungswege bei versetzten Räumen.

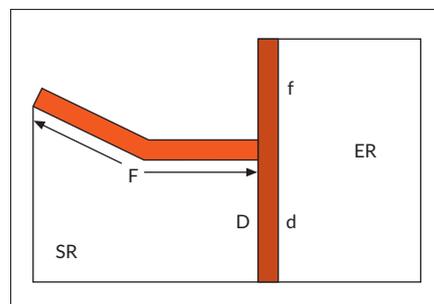


Bild 4.3: Handhabung nicht rechtwinkliger Ecken im Rechenmodell.

Häufig treten versetzte Räume mit einem relativ geringen Versatz auf (Bild 4.4). 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 größer 0,5 m kann von einem T-Stoß ausgegangen werden und dieser Versatz entspricht dem flankierenden Bauteil.

4.3.2 Hinweise zur Handhabung von Bauteilen mit unterschiedlichen flächenbezogenen Massen

Bei versetzten Grundrissen (Bild 4.5) 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.

Für die Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes dieser Stoßstellen wird die mittlere flächenbezogene Masse m_{beide} der Bauteile vor und nach der Stoßstelle berechnet. Zur Berechnung der Stoßstellendämm-Maße wird nun beiden Bauteilen diese mittlere flächenbezogene Masse zugewiesen.

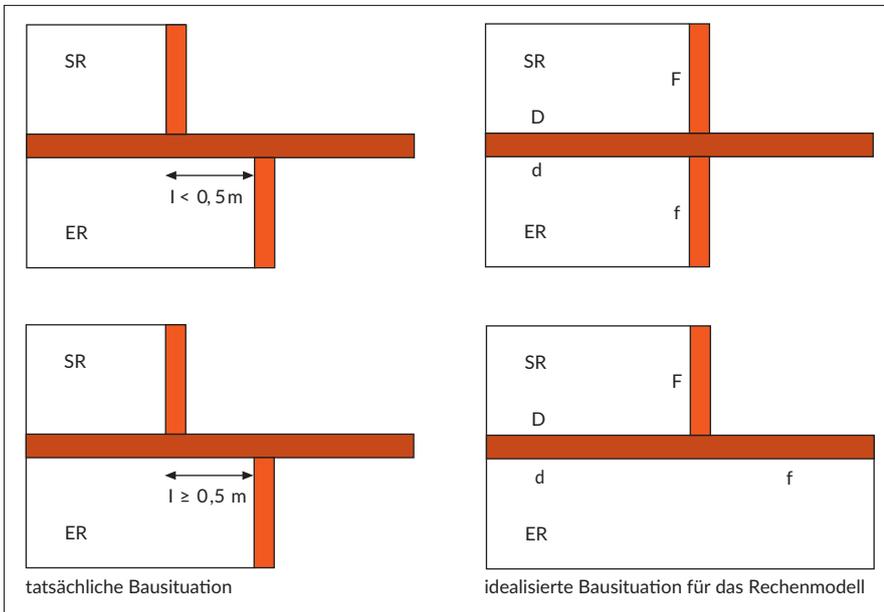


Bild 4.4: Anleitung zur Berechnung der flankierenden Übertragung bei versetzten Stößen.

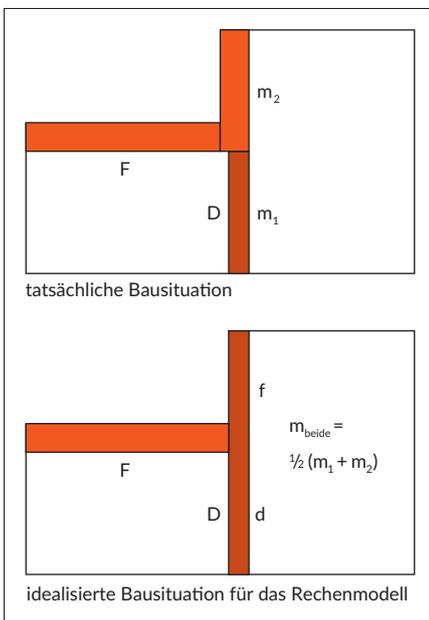


Bild 4.5: Anleitung zur Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes bei ungleichen flächenbezogenen Massen der flankierenden Bauteile.

4.4 Haustrennwände mit zwei massiven, biegesteifen Schalen

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.

Das bewertete Schalldämm-Maß R'_{w} einer massiven zweischaligen Haustrennwand kann wie bisher nach Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989 [5] aus der Summe der flächenbezogenen Massen beider Schalen und einem Zuschlag von 12 dB berechnet werden. Das so ermittelte Schalldämm-Maß R'_{w} ist nur für die Schallübertragung in Erd- und Obergeschossen von unterkellerten Gebäuden gültig.

Ein maßgeblicher Einfluss ist die Kopplung der Haustrennwandschalen durch flankierende Bauteile (unvollständige Trennung), die üblicherweise im untersten Geschoss gegeben ist. Im bisherigen Rechenverfahren nach Bei-

blatt 1 zu DIN 4109:1989 war dieser Einfluss nicht explizit berücksichtigt. Damit war eine Prognose der Schalldämmung bzw. ein schalltechnischer Nachweis in vielen Fällen nicht möglich.

Zukünftig wird ein Verfahren angewendet, das eine Prognose der Schalldämmung von zweischaligen Haustrennwänden unter Berücksichtigung der unvollständigen Trennung ermöglicht [12].

4.4.1 Funktionsprinzip

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 liegen sollte (vgl. Abschnitt 5.2).

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.

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

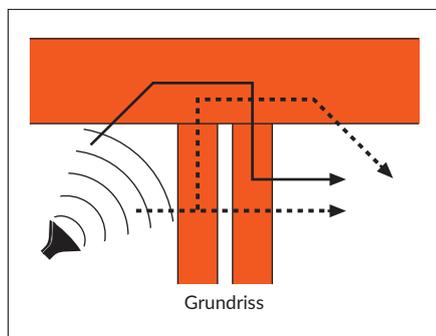


Bild 4.6: Schallübertragung bei zweischaligen Wänden aus biegesteifen Schalen mit starrem Randanschluss.

Bei zweischaligen Wänden aus zwei schweren, biegesteifen Schalen mit durchlaufenden, flankierenden Bauteilen (Wände oder Decken), insbesondere bei starrem Randanschluss nach Bild 4.6, wird der Schall hauptsächlich über diesen Anschluss übertragen. Solche Wände haben gegenüber der Körperschallbrückenfreien Konstruktion eine stark verminderte Schalldämmung.

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.

Grundriss und Schnitt einer üblichen Ausführung mit bis zum Fundament durchgehender Trennfuge sind schematisch in Bild 4.7 dargestellt.

Je nach Ausführungsdetails im Bereich des Fundaments und der Bodenplatte muss zwischen schutzbedürftigen Räumen, die sich unmittelbar über der Bodenplatte befinden z. B. im EG nichtunterkellerten Gebäude mit einer deutlichen Verringerung der Schalldämmung gerechnet werden. Angaben zur Berücksichtigung unterschiedlich ausgeführter Trennungen finden sich in den Abschnitten 5.4.2 und 5.4.3.

4.4.2 Berücksichtigung der flankierenden Übertragung

Auch bei zweischaligen Haustrennwänden können massiv angeschlossene Flankenbauteile zur erhöhten Schallabstrahlung auf der Empfangsseite beitragen. Der Korrekturwert K zur Berücksichtigung der Übertragung flankierender Wände und Decken wird nach Tabelle 4.1 aus der flächenbezogenen Masse einer Schale der zweischaligen Wand $m_{Tr,1}^l$ und der mittleren flächenbezogenen Masse der massiven flankierenden Bauteile $m_{f,m}^l$ 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 Flankenbauteilen beiderseits der Trennwände ist beim Schallschutznachweis der ungünstigere Fall von K zu berücksichtigen.

Hinweis:

Mit dem Korrekturwert K wird nur der Einfluss flankierender homogener Bauteile berücksichtigt. Eine mögliche Flankenübertragung über leichte Dachkonstruktionen ist damit nicht abgedeckt.

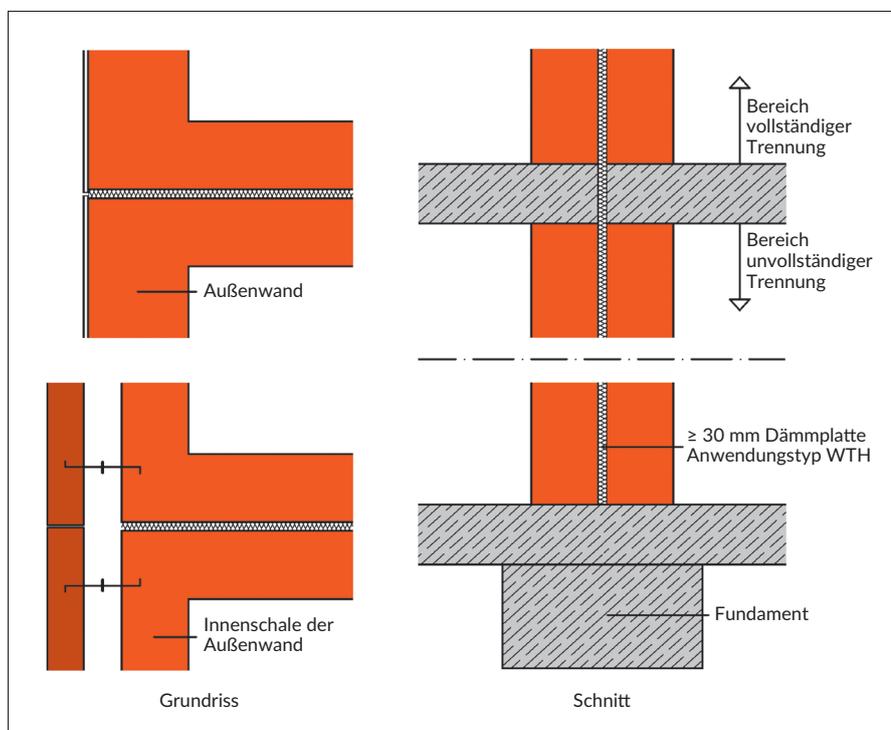


Bild 4.7: Beispiel für eine zweischalige Wand aus zwei schweren, biegesteifen Schalen mit bis zur Sohle durchgehender Trennfuge (schematisch).

Sind eine oder mehrere massive Flankenbauteile durch Vorsatzkonstruktionen mit einer Resonanzfrequenz $f_0 < 125$ Hz (z. B. Fußboden mit schwimmendem Estrich) belegt, so werden die flächenbezogenen Massen der betreffenden Bauteile bei der Berechnung der mittleren flächenbezogenen Masse $m_{f,m}^l$ der flankierenden Bauteile nicht berücksichtigt. $m_{f,m}^l$ wird wie folgt ermittelt:

$$m_{f,m}^l = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_{f,i}^l \quad [\text{kg/m}^2] \quad (16)$$

mit:

$m_{f,i}^l$ flächenbezogene Masse des i-ten nicht verkleideten massiven Flankenbauteils

n Anzahl der nicht verkleideten massiven Flankenbauteile

Die in Tabelle 4.1 angegebenen Werte für K können durch folgende Beziehung ermittelt werden:

$$K = 0,6 + 5,5 \lg \left(\frac{m_{Tr,1}^l}{m_{f,m}^l} \right) \quad [\text{dB}] \quad (17)$$

Die angegebene Beziehung gilt für $m_{f,m}^l \leq m_{Tr,1}^l$. Für alle anderen Fälle gilt $K = 0$.

4.5 Trittschallübertragung

4.5.1 Massive Geschossdecken

Hierzu gehören Trenndecken zwischen Wohn- und Arbeitsräumen aus einschaligen, massiven Bauteilen wie z. B. Stahlbetondecken, Stahlleichtbetondecken und Fertigteildecken aus unterschiedlichen Baustoffen. Hohlkörperdecken (siehe Abschnitt 5.1.3) 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 schwimmende Estriche – ist in diesem Fall notwendig.

Tabelle 4.1: Korrektur K für die Flankenübertragung bei zweischaligen massiven Haustrennwänden.

Flächenbezogene Masse $m_{Tr,1}^l$, der raumseitigen Schale der zweischaligen Haustrennwand, in kg/m^2	Mittlere flächenbezogene Masse $m_{f,m}^l$ der flankierenden Bauteile, die nicht mit Vorsatzkonstruktionen belegt sind, in kg/m^2									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
100	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
150	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
200	2	1	1	0	0	0	0	0	0	
250	2	1	1	1	0	0	0	0	0	
300	3	2	1	1	1	0	0	0	0	
350	3	2	1	1	1	1	0	0	0	
400	4	2	2	1	1	1	1	0	0	
450	4	3	2	2	1	1	1	1	1	
500	4	3	2	2	1	1	1	1	1	

Diese zweite Schale kann das Eindringen von Körperschall in die Deckenkonstruktion weitgehend verhindern und verbessert zudem die Luftschalldämmung. Voraussetzung ist, dass der Estrich schallbrückenfrei eingebaut wird, was eine besonders sorgfältige Ausführung voraussetzt.

Durch eine untergehängte biegegewiche Schale 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.

Im Unterschied zu Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989 wird bei der Berechnung der schalltechnischen Eigenschaften einer massiven Deckenkonstruktion zuerst die Luft- oder Trittschalldämmung der einschaligen Rohdecke ermittelt (siehe Kapitel 5). Vorsatzschalen wie z. B. schwimmende Estriche oder Unterdecken werden separat durch ihre bewertete Trittschallminderung ΔL_w berücksichtigt und vom Trittschallpegel der Rohdecke abgezogen (siehe Gl. (18)).

4.5.2 Ermittlung des bewerteten Normtrittschallpegels von Massivdecken

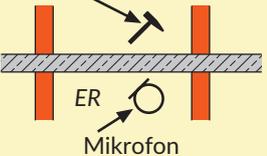
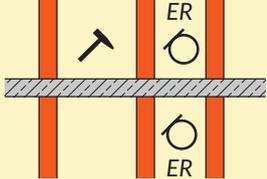
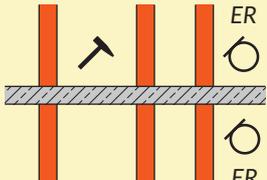
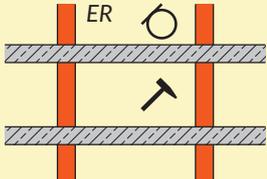
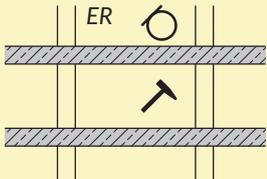
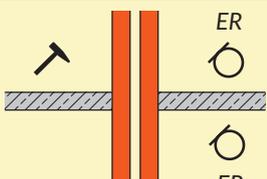
Nach dem vereinfachten Verfahren der DIN EN 4109-2 ergibt sich der bewertete Normtrittschallpegel einer gebrauchsfertigen massiven Decke im Gebäude zu:

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + K \quad [\text{dB}] \quad (18)$$

mit:

- $L_{n,eq,0,w}$ äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel der Massivdecke nach Abschnitt 5.7.1
- ΔL_w bewertete Trittschallminderung eines schwimmenden Estrichs nach Abschnitt 5.7.2 oder eines weichfedernden Bodenbelags nach 5.7.3
- K Korrekturwert für die Trittschallübertragung über massive homogene flankierende Bauteile gemäß Tabelle 4.1 bzw. Gl. (17) in Abschnitt 4.4.2.

Tabelle 4.2: Korrekturwerte K_T zur Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ für verschiedene räumliche Zuordnungen mit Norm-Hammerwerk angeregter Decke und Empfangsraum.

Lage der Empfangsräume (ER)		K_T [dB]
Unmittelbar unter der angeregten Decke	Norm-Hammerwerk nach DIN EN ISO 10140-5 	0
Neben oder schräg unter der angeregten Decke		+5 ^{a)}
Wie zuvor, jedoch ein Raum dazwischenliegend		+10 ^{a)}
Über der angeregten Decke (Gebäude mit tragenden Wänden)		+10 ^{b)}
Über der angeregten Decke (Skelettbau)		+20
Neben oder schräg unter der angeregten Decke, jedoch durch Haustrennfuge getrennt		+15

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

^{b)} Dieser Korrekturwert gilt sinngemäß auch für Bodenplatten.

Der so errechnete Wert von $L'_{n,w}$ muss mindestens **3 dB** niedriger sein als die in DIN 4109 genannte Anforderung erf. $L'_{n,w}$.

Die ermittelten Werte für $L_{n,eq,0,w}$ gelten für die direkte Trittschallübertragung in einem darunter liegenden Raum. Wenn andere Grundrissanordnungen vorliegen, lässt sich der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ der Decken zusammen mit den räumlichen Gegebenheiten wie folgt berechnen:

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + K - K_T \text{ [dB]} \quad (19)$$

mit:

K_T Korrekturwert der räumlichen Zuordnung nach Tabelle 4.2

4.5.3 Ermittlung des bewerteten Normtrittschallpegels 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, die Lage des schutzbedürftigen Raumes und Treppenraum und die Körperschallanregbarkeit der Treppenraumwände eine Rolle.

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

Soweit im Rahmen brandschutztechnischer Vorschriften zulässig, können die Stufen und Podeste mit weichfedernen 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 Abschnitt 5.8, Tabelle 5.12 ist eine Übersicht über die bewerteten Norm-Trittschallpegel von massiven Treppen, bezogen auf einen unmittelbar angrenzenden Wohnraum, angegeben. Dazu sind jeweils zwei Werte, nämlich für $L'_{n,w}$ und $L_{n,eq,0,w}$ genannt. Der Wert $L'_{n,w}$ ist anzuwenden, wenn kein zusätzlicher trittschalldämmender Belag 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. (18)).

4.6 Schallschutz gegen Außenlärm

4.6.1 Rechenverfahren

Die Anforderungen an das erforderliche Schalldämm-Maß $R'_{w,res}$ gemäß Kapitel 3.6 ergeben sich neben dem maßgeblichen Außenlärmpegel auch aus der Raumgeometrie der Räume hinter der Fassade. 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. (21) korrigiert werden.

$$R'_{w,ges} - u_{prog} \geq \text{erf. } R'_{w,ges} + K_{AL} \quad (20)$$

mit:

- $R'_{w,ges}$ das gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß der Fassade gemäß Gl. (22) oder (25) in dB
- u_{prog} Unsicherheit der Prognoserechnung, im Allgemeinen pauschal mit 2 dB
- erf. $R'_{w,res}$ erforderliches bewertetes Schalldämm-Maß der der Fassade gemäß Abschnitt 3.6 in dB
- K_{AL} Korrekturwert gemäß Gl. (21) in dB

$$K_{AL} = 10 \lg \left(\frac{S_S}{0,8 \cdot S_G} \right) \quad (21)$$

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. Wärmedämmverbundsysteme oder Vormauerschalen bei zweischaligem Mauerwerk.

4.6.2 Resultierende Schalldämmung zusammengesetzter Bauteile nach dem vereinfachten Verfahren

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 Gl. (22).

$$R'_{w,ges} = -10 \lg \left(\sum_{i=1}^m 10^{-R_{e,i,w}/10} \right) \quad [\text{dB}] \quad (22)$$

Für übliche Bauteile wie Fenster, Wände oder Dächer, die durch ein bewertetes Schalldämm-Maß beschrieben werden, gilt der folgende Zusammenhang nach Gl. (23):

$$R_{e,i,w} = R_{i,w} + 10 \lg \left(\frac{S_S}{S_i} \right) \quad [\text{dB}] \quad (23)$$

mit:

- $R_{e,i,w}$ das bewertete und auf die übertragende Gesamtfläche S_S bezogene Schalldämm-Maß des Bauteiles i , in dB
- $R_{i,w}$ das bewertete Schalldämm-Maß des Bauteiles i , in dB
- S_i die Fläche des Bauteils i , in m^2
- S_S die vom Raum aus gesehene Fassadenfläche als Summe der Teilflächen aller Außenbauteile, 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 (24):

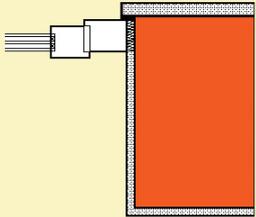
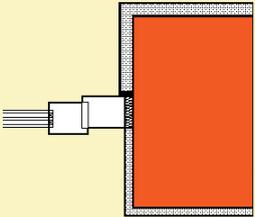
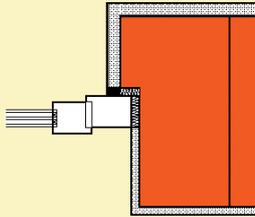
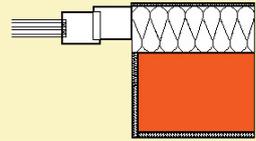
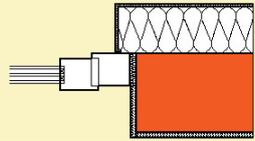
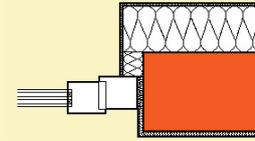
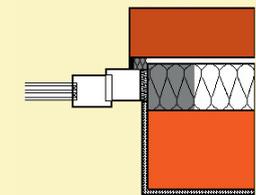
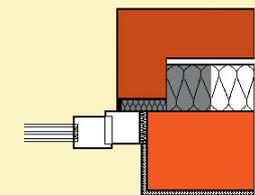
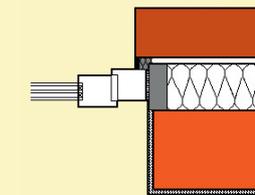
$$R_{e,i,w} = D_{n,e,i,w} + 10 \lg \left(\frac{S_S}{A_0} \right) \quad [\text{dB}] \quad (24)$$

mit:

- $R_{e,i,w}$ das bewertete und auf die übertragende Gesamtfläche S_S bezogene Schalldämm-Maß des Elementes 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 $A_0 = 10 \text{ m}^2$

Tabelle 4.3: Einfluss der Fenstereinbauposition auf die Schalldämmung in der Fassade.

Aussenwand			
Monolithisches Mauerwerk			
Einbaulage	Einbau außen bündig	Einbau mittig	Einbau gegen Anschlag
Bewertung	schalltechnisch unkritisch	schalltechnisch unkritisch	schalltechnisch unkritisch
Außen gedämmtes Mauerwerk			
Einbaulage	Einbau in der Dämmebene	Einbau außen bündig im Mauerwerk	Einbau mittig im Mauerwerk
Bewertung	schalltechnisch kritisch	schalltechnisch unkritisch	schalltechnisch unkritisch
Zweischaliges Mauerwerk			
Einbaulage	Einbau in der Dämmebene, außen bündig	Einbau im Hintermauerwerk, mit Anschlag	Einbau in der Dämmebene mit Montagezarge
Bewertung	schalltechnisch kritisch	schalltechnisch unkritisch	schalltechnisch unkritisch

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 4.3 aufgeführt.

4.6.3 Resultierende Schalldämmung zusammengesetzter Bauteile nach dem ausführlichen Verfahren

Das ausführliche Rechenverfahren muss dann angewendet werden, wenn die flankierende Übertragung der Außenbauteile auf die Innenbauteile eine bedeutende Rolle spielt. Dies ist dann der Fall, wenn die Schalldämmung der Mauerwerksfassade inklusive der Fenster zu einem gesamten bewerteten Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ über 40 dB führt und die anschließenden Innenbauteile ebenfalls in Massivbauweise ausgeführt sind. Das folgende Bild 4.8 zeigt die zu berücksichtigenden Übertragungswege der Außengeräusche über die flankierenden Bauteile.

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 Flankendämm-Maßen $R_{ij,w}$ für die Wege Ff, Fd und Df nach folgender Gl. (25):

$$R'_{w,ges} = -10 \lg \left(\sum_{i=1}^m 10^{-R_{e,i,w}/10} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-R_{F,f,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{D,f,w}/10} + \sum_{F=1}^n 10^{-R_{F,d,w}/10} \right) \text{ [dB]} \quad (25)$$

mit:
 $R'_{w,ges}$ das bewertete Bau-Schalldämm-Maß des Fassadenbauteils, 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 Flankendämm-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

Hinweis:

Eine ausführliche rechnerische Prognose wird bei Wohngebäuden im Regelfall dann erforderlich, wenn der maßgebliche Außenlärmpegel 65 dB(A) überschreitet, also die Fassade im Lärmpegelbereich IV liegt.

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

Für gleiche maßgebliche Außenlärmpegel an allen Außenbauteilflächen gilt, dass sowohl bei der Ermittlung von $R'_{w,res}$ als auch von S_S alle schallbeanspruchten Außenbauteile des betrachteten Raumes berücksichtigt werden müssen. Für unterschiedliche maßgebliche Außenlärmpegel an unterschiedlich orientierten Außenbauteilflächen eines Raumes gilt diese Regelung ebenso. Um die an den jeweiligen Fassadenflächen anliegenden unterschiedlichen Lärmpegel berücksichtigen zu können, wird für jeden Lärmpegelbereich, der den maximal vorliegenden Lärmpegelbereich unterschreitet, ein Korrekturwert K_{LPB} berechnet und auf alle Schalldämm-Maße der diesen geringeren Lärmpegelbereichen zugeordneten Fassadenteile addiert. Der Korrekturwert K_{LPB} berechnet sich aus der Differenz des höchsten an der Gesamtfassade des betrachteten Empfangsraumes vorhandenen Lärmpegelbereichs und des auf die jeweils

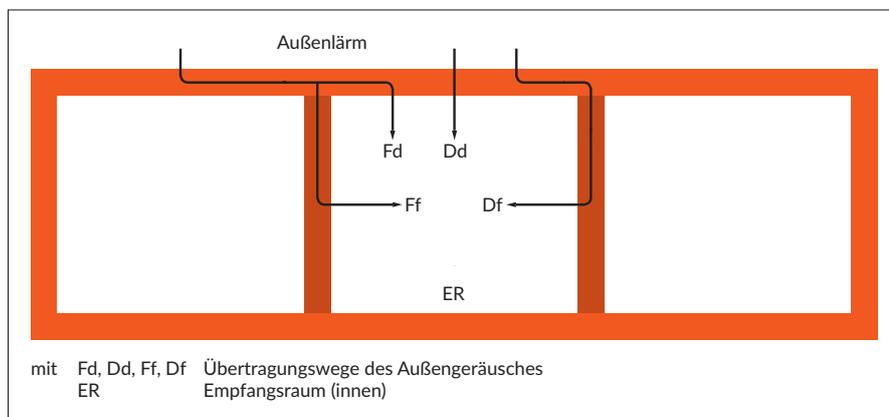


Bild 4.8: Übertragungswege des Außengeräusches über die Massivbauteile zum Gebäudeinneren.

betrachtete Fassadenfläche einwirkenden geringeren Lärmpegelbereichs.

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 18 005-1 [15] 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 (6:00 Uhr bis 22:00 Uhr) bzw. für die Nacht (22:00 Uhr bis 6:00 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. + 24. BImSchV) [16,17]. Die Beurteilungspegel können auch mithilfe der Nomogramme in DIN 18005-1 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 [19].

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 mit Hilfe 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 [4,14].

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 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, erfolgt auf das Berechnungsergebnis im Schallschutznachweis ein Sicherheitsabschlag, der als pauschale Gesamtunsicherheit in einer einzigen Zahl oder aber über Teilunsicherheiten ausgedrückt werden kann [20].

Werden alle Teilunsicherheiten in ihrer Wirkung berücksichtigt, ergibt sich eine Gesamtunsicherheit, die in

der Regel 2 dB nicht überschreitet. Im Nachweisverfahren darf ein pauschaler Sicherheitsabschlag u_{prog} von 2 dB auf die rechnerisch ermittelte Prognose der Gesamtschalldämmung zwischen zwei Räumen erfolgen. Dieser Wert ist vergleichbar mit dem in der Vergangenheit benutzten Vorhaltemaß. Die Bezeichnung „Vorhaltemaß“ wird durch den Begriff „Sicherheitsabschlag“ bzw. „Sicherheitszuschlag“ bei der Trittschallübertragung ersetzt!

Hinweis:

Die Schalldämm-Maße R_w sämtlicher Bauteile und Elemente sowie auch die Stoßstellendämm-Maße sind mit einem Sicherheitsabschlag von 2 dB zu versehen. Bei Türen ist ein Sicherheitsabschlag von 5 dB gegenüber den Prüfwerten der Direktdämmung zu berücksichtigen.

4.7.2 Nachweis durch Messung am Bau

Im Falle einer Nachmessung am Bau sind die oben aufgeführten Teilunsicherheiten der Bemessung irrelevant. Von Interesse ist allein die Messunsicherheit der konkreten baulichen Situation, wobei Mehrfachmessungen unter Wiederholbedingungen stattfinden können. Auf der Basis von deren Ergebnissen kann entschieden werden, ob die rechnerische Prognose auf der sicheren Seite liegend zur Einhaltung der Anforderungen geführt hat [21].

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 Abschnitte 5.1.2 und 5.1.3 aus den flächenbezogenen Massen ermittelt. Daten für die Direktdämmung von Mauerwerk aus wärmedämmenden Hochlochziegeln, dessen Schalldämmung gemäß Abschnitt 5.1.2.2 nicht aus der flächenbezogenen Masse ermittelt werden kann, sind Prüfzeugnissen zu entnehmen. Daten für die Stoßstellendämmung werden durch bauakustische Messungen oder nach den Vorgaben in Abschnitt 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:
 $\Delta R_{Ff,w}$, $\Delta R_{Fd,w}$, $\Delta R_{Df,w}$

5.1.2 Massive Wände

5.1.2.1 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 Mauerwerk sowie großformatigen Fertigteilen aus solchen Baustoffen, ergibt sich aus der Dicke des Bauteils und seiner Rohdichte.

$$m' = d \cdot \rho \quad [\text{kg/m}^2] \quad (26)$$

hierbei sind:

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

d = die Dicke des Bauteils in m

ρ = die Wandrohddichte in kg/m^3

Ermittlung der Rohdichte von Mauerwerk

Die Wandrohddichte von Mauerwerk wird bestimmt durch die Rohdichte der Mauersteine sowie die Rohdichte und dem Anteil des Mauermörtels. Die Berechnung der Wandrohddichten erfolgt in Abhängigkeit von der Rohdichteklasse (RDK) der Mauersteine und der verwendeten Mörtelart nach den folgenden Gl. (27-31).

- Mauerwerk mit Normalmörtel
 $\rho_w = 900 \cdot \text{RDK} + 100 \quad (2,2 \geq \text{RDK} \geq 0,35) \quad [\text{kg/m}^3] \quad (27)$
- Mauerwerk mit Leichtmörtel
 $\rho_w = 900 \cdot \text{RDK} + 50 \quad (1,0 \geq \text{RDK} \geq 0,35) \quad [\text{kg/m}^3] \quad (28)$
- Mauerwerk mit Dünnbettmörtel
 $\rho_w = 1000 \cdot \text{RDK} - 100 \quad (\text{RDK} > 1,0) \quad [\text{kg/m}^3] \quad (29)$
 $\rho_w = 1000 \cdot \text{RDK} - 50 \quad (\text{Klassenbreite } 100 \text{ kg/m}^3 \text{ und } \text{RDK} \leq 1,0) \quad [\text{kg/m}^3] \quad (30)$
 $\rho_w = 1000 \cdot \text{RDK} - 25 \quad (\text{Klassenbreite } 50 \text{ kg/m}^3 \text{ und } \text{RDK} \leq 1,0) \quad [\text{kg/m}^3] \quad (31)$

Ermittlung der Rohdichte für Mauerwerk aus Verfüll-/Schalungsziegeln

Für mit Beton verfülltes Mauerwerk aus Verfüll- oder Schalungsziegeln ist die resultierende Wandrohddichte $\rho_{w, \text{res}}$ aus 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/Betonfertigteilen wird bei unbewehrtem Normalbeton mit einem Rechenwert der Rohdichte von 2350 kg/m^3 gerechnet. Für bewehrte Bauteile mit üblichen Bewehrungsgehalten kann ohne besonderen Nachweis ein Rechenwert der Rohdichte von 2400 kg/m^3 angesetzt werden.

Berücksichtigung von Putzschichten

Der Einfluss von unmittelbar auf dem Mauerwerk 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.

$$m_{ges}^l = m_{Wand}^l + m_{Putz,ges}^l \quad [\text{kg/m}^2] \quad (32)$$

mit:

m_{ges}^l = die flächenbezogene Masse des verputzten Bauteils in kg/m^2

m_{Wand}^l = die flächenbezogene Masse des unverputzten Bauteils in kg/m^2

$m_{Putz,ges}^l$ = 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:

$$m_{Putz}^l = d_{Putz} \cdot \rho_{Putz} \quad [\text{kg/m}^2] \quad (33)$$

mit:

m_{Putz}^l = 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

Für die nachfolgend aufgeführten Putze sind die folgenden Rechenwerte der Rohdichten zu verwenden:

1) Gips- und Dünnlagenputze:

$$\rho_{Putz} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

2) Kalk- und Kalkzementputze:

$$\rho_{Putz} = 1600 \text{ kg/m}^3$$

3) Leichtputze:

$$\rho_{Putz} = 900 \text{ kg/m}^3$$

4) Wärmedämmputze:

$$\rho_{Putz} = 250 \text{ kg/m}^3$$

Hinweis:

Bei zweischaligem oder zusätzlich gedämmtem 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 besonderen Regelungen der Abschnitte 5.1.2.5 und 5.1.2.6.

Einfluss von Fugen und Schlitzen

Das aus der flächenbezogenen Masse ermittelte Schalldämm-Maß einer Mauerwerkswand ist nur dann sicher gestellt, wenn nicht Fugen und Schlitze 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 [33].

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 in Abschnitt 4.6.3 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 [33].

5.1.2.2 Bewertetes Schalldämm-Maß einschaliger, homogener Bauteile

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. Die Schalldämmung kann dann ebenfalls aus der flächenbezogenen Masse ermittelt werden.

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

Für Mauerwerk aus Hochlochziegeln mit von den vorgenannten Bedingungen abweichenden Eigenschaften ist das bewertete Schalldämm-Maß nach Abschnitt 5.1.2.3 zu ermitteln.

Für homogene und quasihomogene einschalige Bauteile wird das bewertete Schalldämm-Maß R_w wie folgt berechnet:

$$R_w = 30,9 \cdot \log(m_{ges}^l/m_{0}^l) - 22,2 \quad [\text{dB}] \quad (34)$$

mit der Bezugsgröße $m_{0}^l = 1 \text{ kg/m}^2$

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

Hinweis:

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

Außenwände aus Hochlochziegeln

Die Direktschalldämm-Maße R_w von Wänden aus Hochlochziegeln nach DIN 105 oder DIN 771-1 in Verbindung mit DIN V 20000-401 können bis zu einer Nenndicke von 24 cm immer aus der flächenbezogenen Masse der Wandkonstruktion ermittelt werden. Dabei sind Innen- und Außenputzschichten in der flächenbezogenen Masse m' enthalten. Sind derartige Wände mit Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) versehen, muss für die Bemessung gegen Außenlärm der Einfluss des WDVS mit berücksichtigt werden. Für die Ermittlung der flankierenden Übertragung muss das Direktschalldämm-Maß R_w der massiven Wandkonstruktion **allein** verwendet werden.

Die in der Tabelle 5.1 aufgeführten zusatzgedämmten HLZ-Konstruktionen werden nach Wanddicke und Rohdichteklasse sowie nach Art der Lagerfuge

genvermörtelung unterschieden. Es wird davon ausgegangen, dass raumseitig ein 15 mm Gipsputz aufgetragen ist. Mögliche außenseitig angebrachte Dämmschichten sind bei der Ermittlung des Direktschalldämm-Maßes R_w hier nicht berücksichtigt!

Innenwände aus Mauerziegeln

Es gelten die gleichen Randbedingungen wie für die zuvor aufgeführten Außenwände. Da schwere Innenwände auch in Wanddicken > 24 cm erstellt werden, können bei Verwendung von Lochsteinen der Rohdichteklassen 1,0 und höher die Direktschalldämm-Maße R_w nach der flächenbezogenen Masse m' berechnet werden. Die in der Tabelle 5.2 dargestellten Hochlochziegel- und Füllziegelwände werden nach Wanddicke und Rohdichteklasse sowie nach Art der Lagerfugenvermörtelung unterschieden. Es wird davon ausgegangen, dass beidseitig je 15 mm Gipsputz aufgetragen ist.

5.1.2.3 Bewertetes Schalldämm-Maß von Mauerwerk aus wärmedämmenden Hochlochziegeln

Für Mauerwerk aus wärmedämmenden Hochlochziegeln kann die vorhandene Schalldämmung unter derjenigen liegen, die aufgrund der flächenbezogenen Masse für homogene einschalige Bauteile nach den Angaben in Abschnitt 5.1.2.2 zu erwarten ist. Für Mauerwerk aus wärmedämmenden Hochlochziegeln mit abweichenden Eigenschaften ist deshalb das bewertete Direktschalldämm-Maß $R_{w,Bau,ref}$ Prüfzeugnissen zu entnehmen. Diese Werte werden unter Berücksichtigung einer Verlustfaktor-Korrektur (In-situ-Korrektur) ermittelt [9,10].

Die sogenannte In-situ-Korrektur liegt allen Schalldämm-Maßen massiver Bauteile zugrunde. Dies gilt auch für sämtliche nach ihrer flächenbezogenen Masse zu beurteilenden Massivbauteile, wird aber in der DIN 4109 bei den bewerteten Luftschalldämm-Maßen nicht ausdrücklich erwähnt. Die In-situ-Korrektur beinhaltet die Einflüsse einer form- und kraftschlüssigen Bauteilanbindung in typischen Massivgebäuden, die von üblichen Prüfstandsaufbauten häufig abweichen. Somit werden alle Luftschalldämm-Maße auf bauübliche Anschlussbedingungen normiert, um eine hinreichende Vergleichbarkeit oder auch Gleichwertigkeit der Kennwerte zu gewährleisten.

Tabelle 5.1: Bewertetes Direktschalldämm-Maß R_w für einschaliges, mindestens raumseitig verputztes Ziegel-Hintermauerwerk.

Wanddicke (Nennmaß) in cm	Rohdichteklasse	Lagerfuge mit					
		Normalmörtel		Leichtmörtel		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]
11,5	0,7	99	39,5	93	38,7	90	38,1
17,5		143	44,4	134	43,5	129	43,0
24,0		190	48,2	178	47,4	171	46,8
11,5	0,8	109	40,8	104	40,1	101	39,8
17,5		159	45,8	150	45,0	146	44,7
24,0		212	49,7	200	48,9	195	48,6
11,5	0,9	120	42,0	114	41,3	113	41,2
17,5		174	47,1	166	46,4	164	46,2
24,0		233	51,0	221	50,3	219	50,1
11,5	1,0	130	43,1	124	42,5	124	42,5
17,5		190	48,2	181	47,6	181	47,6
24,0		255	52,2	243	51,5	243	51,5
11,5	1,2	151	45,1	145	44,6	142	44,3
17,5		222	50,3	213	49,7	208	49,4
24,0		298	54,3	286	53,7	279	53,4
11,5	1,4	171	46,8	166	46,4	165	46,3
17,5		253	52,1	244	51,6	243	51,5
24,0		341	56,1	329	55,6	327	55,5

5.1.2.4 Entkoppelte einschalige, massive Wände

Entkoppelte leichte massive Innenwände ($m' \leq 150 \text{ kg/m}^2$, nichttragende innere Trennwände nach DIN 4103) haben sehr geringe Energieverluste in angrenzende Bauteile [22,23]. Da solche leichten Wände nicht als Trennwände mit Anforderungen nach DIN 4109 gegenüber fremden schutzbedürftigen Räumen eingesetzt werden, interessiert deren Direktdämmung nur im Zusammenhang mit der Ermittlung der Flankendämm-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 einem Korrekturwert als Abschlag K_E zu versehen. Diese Korrektur wird im Wesentlichen auf leichte, nichttragende Innenwände, aber auch auf schwere Trennwände z. B. Wohnungstrennwände in Dachgeschossen mit flankierenden Leichtdächern, angewendet.

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

Tabelle 5.2: Bewertetes Direktschalldämm-Maß R_w für einschalige, beidseitig verputzte Ziegelinnenwände.

Wanddicke (Nennmaß) in cm	Rohdichteklasse	Lagerfuge mit					
		Normalmörtel		Leichtmörtel		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]
11,5 17,5 24,0	0,7	114 158 205	41,4 45,7 49,2	108 149 193	40,7 45,0 48,4	105 144 186	40,2 44,5 47,9
11,5 17,5 24,0	0,8	124 174 227	42,5 47,0 50,6	119 165 215	41,9 46,3 49,9	116 161 210	41,6 46,0 49,6
11,5 17,5 24,0	0,9	135 189 248	43,6 48,2 51,8	129 181 236	43,0 47,5 51,1	128 179 234	42,9 47,4 51,0
11,5 17,5 24,0	1,0	145 205 270	44,6 49,2 52,9	139 196 258	44,0 48,6 52,3	139 196 258	44,0 48,6 52,3
11,5 17,5 24,0	1,2	166 237 313	46,4 51,2 54,9	160 228 301	45,9 50,6 54,4	157 223 294	45,6 50,3 54,1
11,5 17,5 24,0	1,4	186 268 356	48,0 52,8 56,7	181 259 344	47,5 52,4 56,2	180 258 342	47,5 52,3 56,1
11,5 17,5 24,0	1,6	207 300 400	49,4 54,3 58,2	201 291 388	49,0 53,9 57,8	203 293 390	49,1 54,0 57,9
11,5 17,5 24,0	1,8	228 331 443	50,6 55,7 59,6	222 322 431	50,3 55,3 59,2	226 328 438	50,5 55,5 59,4
11,5 17,5 24,0	2,0	249 363 486	51,8 56,9 60,8	243 354 474	51,5 56,6 60,5	249 363 486	51,8 56,9 60,8

$$R_{w,KE} = R_w - K_E \quad [\text{dB}] \quad (35)$$

5.1.2.5 Wärmedämm-Verbundsysteme auf Wänden aus Hochlochziegeln

Im Zuge steigender Anforderungen an die Energieeffizienz im Neubau und in Bestandsgebäuden kommt der Verwendung von Wärmedämmverbundsystemen im Zusammenwirken mit einer Hintermauerschale aus Ziegel eine zunehmend erhöhte Bedeutung zu. In akustischer Hinsicht verhält sich diese Kombination aus massiver Wand und Vorsatzschale wie ein Masse-Feder-System, bei dem die wärmedämmende Schicht Einfluss auf die Grundwand nimmt (Bild 5.1).

Es ist bekannt, dass Wärmedämm-Verbundsysteme einen erheblichen Einfluss auf die Schalldämmung haben können. Maßgebend hierfür ist das Resonanzverhalten des aus Grundwand, Dämmstoff und Putzschicht gebildeten Masse-Feder-Systems. Die Entwicklung eines akustischen Prognoseverfahrens, das aus den technischen Eigenschaften des Systems (dynamische Steifigkeit der Dämmung, flächenbezogene Masse der Putzschicht,...) entwickelt werden muss, ist komplex und bis dato auch noch nicht normativ geregelt.

Das Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP) hat die akustischen Eigenschaften von WDVS umfassend untersucht und Berechnungsalgorithmen entwickelt, die im Folgenden in Bezug genommen werden [24]. Die Angaben sollen der Gefahr von Schallschutzmängeln vorgehen und die Prognosesicherheit erhöhen.

Umfassende Untersuchungen und Prüfungen von monolithischem Mauerwerk haben in der Vergangenheit 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:

$$R_w = R_{w,0} + \Delta R_w \quad [\text{dB}] \quad (36)$$

mit:

$R_{w,0}$ = Schalldämmung der Grundwand nach Gl. (34)

ΔR_w = Verbesserung durch das WDVS

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.

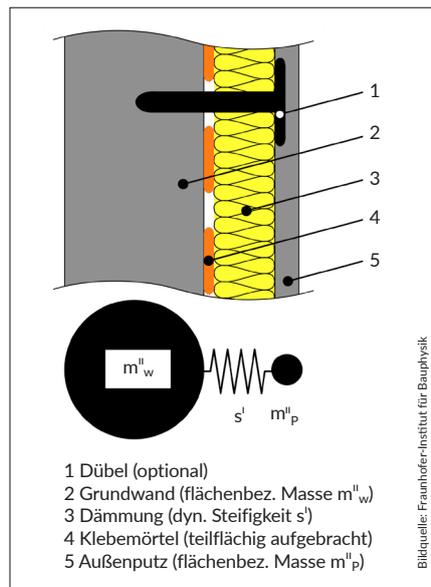


Bild 5.1: Aufbau einer Außenwand aus Ziegel mit WDVS mit akustischem Wirkungsprinzip.

Die zentrale Berechnungsformel für ΔR_w lautet:

$$\Delta R_w = \Delta R_{w,s} - K_D - K_K - K_T - K_S \quad [\text{dB}] \quad (37)$$

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_T = Korrektur zur Berücksichtigung der Grundwand

K_S = Korrektur zur Berücksichtigung des Strömungswiderstandes bei Mineralfaser-Dämmstoffen

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 $\Delta R_{w,s}$ ein Sicherheitsabschlag 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:

$$\Delta R_{w,s} = (a \lg(f_R) + b) \quad [\text{dB}] \quad (38)$$

f_R bezeichnet die Resonanzfrequenz des WDVS. Die Koeffizienten a und b können der Tabelle 5.3 entnommen werden.

Die Resonanzfrequenz f_R wird wie folgt berechnet:

$$f_R = \frac{1}{2\pi} \sqrt{s' \left(\frac{1}{m'_p} + \frac{1}{m'_w} \right)} \quad [\text{Hz}] \quad (39)$$

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:

$$f_R = 160 \sqrt{\frac{s'}{m'_p}} \text{ Hz} = 160 \sqrt{\frac{E_{\text{dyn}}}{d m'_p}} \quad [\text{Hz}] \quad (40)$$

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 ist umso niedriger, je schwerer die Putzschicht, je größer die Dämmstoffdicke und je weicher der verwendete Dämmstoff ist.

Die Korrektur für Dübel K_D ergibt sich zu:

$$K_D = \begin{cases} 0 & \text{ohne Dübel} \\ 0,34 \Delta R_{w,s} + 0,4 & \text{mit Dübel} \end{cases} \quad [\text{dB}] \quad (41)$$

Die Korrektur für die Klebefläche K_K ergibt sich zu:

$$K_K = (0,052 F - 2,1) \quad [\text{dB}] \quad (42)$$

Hierbei bezeichnet F die prozentuale Klebefläche in %

Die Korrektur der Grundwand K_T ergibt sich zu:

$$K_T = (-1,4 \lg(f_R) + 3,6) (R_{w,0} - 53 \text{ dB}) \quad [\text{dB}] \quad (43)$$

Die Korrektur für den Strömungswiderstand K_S bei Verwendung von Mineralfaserdämmstoffen ergibt sich zu:

$$K_S = \begin{cases} (-0,11 r + 3,8) & \text{für MFP-Systeme} \\ (-0,38 r + 9,8) & \text{für MFL-Systeme} \end{cases} \quad [\text{dB}] \quad (44)$$

mit

- r = längenbezogener Strömungswiderstand in $\text{kPa s}/\text{m}^2$

Die Korrektur für den Strömungswiderstand K_S erfolgt ausschließlich bei Mineralfaser-Dämmstoffen. Hierbei ist zwischen Mineralfaser-Putzträgerplatten (MFP) und Mineralfaser-Lamellenplatten (MFL) zu unterscheiden. Bei den Putzträgerplatten verläuft die Faserschichtung 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.

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 50-5000 Hertz zu erfassen. Für die Anwendung dieses Verfahrens wird an dieser Stelle auf die Literatur verwiesen [24]. Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass die Berechnungsverfahren der DIN 4109:2016 für monolithisches Mauerwerk auch auf zusatzgedämmte Konstruktionen anwendbar sind. Diese Aussage gilt sinngemäß für alle Arten von Lochsteinmauerwerk sowie auch für Baustoffe mit niedriger Rohdichte.

5.1.2.6 Zweischalige Außenwände mit Verblendmauerwerk

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

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

Tabelle 5.3: Koeffizienten a und b zur Berechnung von $\Delta R_{w,s}$.

Resonanzfrequenz f_R	Polystyrol		Mineralfaser	
	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

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

Für Verblendschalen, die direkt auf dem Grundbauteil durch Klebung über eine Dämmschicht (ohne Verwendung von Stützen oder Lattungen) befestigt werden, wird die Resonanzfrequenz f_0 nach Abschnitt 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 Durchmesser 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 $R_{D,d,w}$ aus der Summe der flächenbezogenen Massen der beiden Schalen wie bei einschaligen biegesteifen Wänden nach Abschnitt 5.1.2.2 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 flächenbezogene Masse der raumseitigen Schale der Außenwand beträgt, darf das Schalldämm-Maß um 8 dB erhöht werden.

5.1.3 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 5.4. 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- oder Unterseite wird durch deren bewertete Luftschallverbesserung ΔR_w separat berücksichtigt. Angaben zu diesen Vorsatzkonstruktionen finden sich im Abschnitt 5.2.

5.1.3.1 Bestimmung der flächenbezogenen Masse von Massivdecken

Bei bewehrten Massivdecken (Ortbeton, Fertigteile und Halfertigteile mit Ortbetonergänzung) ohne Hohlräume nach Tabelle 5.4, 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 $2400 \text{ kg}/\text{m}^3$ anzusetzen. Aufbeton, der nicht nach DIN 1045-3 verdichtet wird, ist mit dem Rechenwert der Rohdichte von $2100 \text{ kg}/\text{m}^3$ in Ansatz zu bringen. Der Rechenwert der Rohdichte von Zementestrich ist mit $2000 \text{ kg}/\text{m}^3$ anzusetzen.

Bei Deckenplatten mit Stegen nach DIN EN 13224 ohne Füllkörper, Estrich und Unterdecke ist nur die flächenbezogene Masse der Deckenplatte zu berücksichtigen.

Bei Massivdecken mit Hohlräumen nach Tabelle 5.4, Zeilen 3 bis 5, ist die flächenbezogene Masse entweder aus den Rechenwerten nach DIN EN 1991-1 mit einem Abzug von 15 % oder aus dem vorhandenen Querschnitt mit der entsprechenden Rohdichte zu berechnen. Es sind dafür die Rohdichten nach Abschnitt 5.1.2.1 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 Abschnitt 5.1.2.1.

Die flächenbezogene Masse von aufgetragenen Verbundestrichen oder Estrichen auf Trennschicht ist aus dem Rechenwert nach DIN 1055-1 mit einem Abzug von 10 % zu ermitteln.

5.1.3.2 Bewertetes Schalldämm-Maß von Massivdecken

Aus der flächenbezogenen Masse der Massivdecke wird deren bewertetes Schalldämm-Maß $R_{w,Decke}$ gemäß Gl. (34) ermittelt. Falls zusätzliche Vorsatzkonstruktionen an der Deckenober- oder -unterseite zum Einsatz kommen, wird die resultierende Direktdämmung der Gesamtkonstruktion unter Berücksichtigung von ΔR_w nach Abschnitt 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. (9) größer ist als etwa 1600 Hz.

Der Zuschlag zur Direktschalldämmung ΔR_w in Dezibel ist abhängig von:

- 1) 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),
- 2) 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:

$$f_0 = 160 \sqrt{s' \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \quad [\text{Hz}] \quad (45)$$

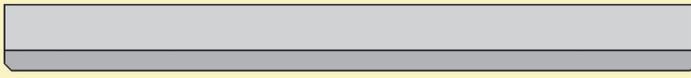
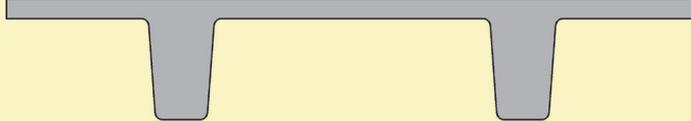
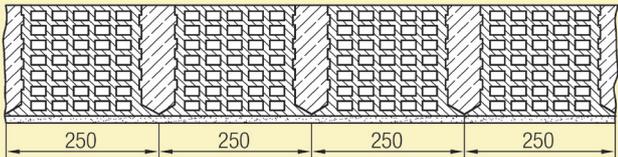
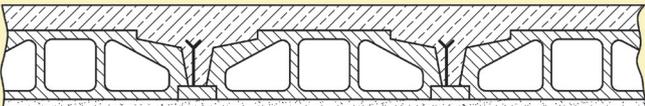
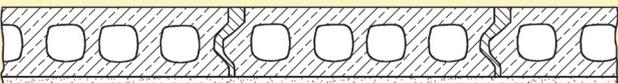
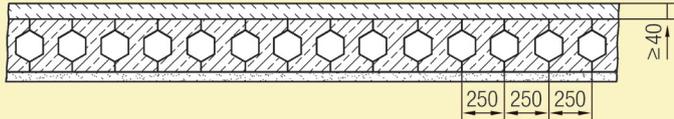
mit:

s' = dynamische Steifigkeit s' der Dämmschicht nach DIN EN 29052-1 [29] 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 .

Tabelle 5.4: Massivdecken, deren Luftschalldämmung nach Abschnitt 4.1.2. ermittelt werden kann (Maße in mm).

Zeile	Massivdecken ohne Hohlräume, ggf. mit Putz
1	Stahlbeton-Vollplatten aus Normalbeton nach DIN 1045-2 
	Fertigteileplatten 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 

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. Der Hohlraum muss mit einem akustisch porösen Dämmstoff mit einem längenbezogenen Strömungswiderstand von $r \geq 5 \text{ kPa s/m}^2$ nach DIN EN 29053 [25] gemäß der zutreffenden Produktnorm oder Zulassung gefüllt sein. Für diese Ausführung berechnet sich die Resonanzfrequenz f_0 wie folgt:

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,08}{d} \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)} \text{ [Hz]} \quad (46)$$

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.

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.

Tabelle 5.5: Zuschlag ΔR_w zur Direktschalldämmung durch Vorsatzkonstruktionen (auch schwimmende Estriche) in Abhängigkeit von der Resonanzfrequenz.

Resonanzfrequenz f_0 der Vorsatzschale in Hz	ΔR_w in dB
$30 \leq f_0 \leq 160$	$\Delta R_w = (74,4 - 20 \lg f_0 - 0,5 R_w) \geq 0$
200	-1
250	-3
315	-5
400	-7
500	-9
630 bis 1600	-10
> 1600	-5

Anmerkung 1: Für Resonanzfrequenzen unter 200 Hz beträgt der Mindestwert von ΔR_w 0 dB.

Anmerkung 2: Für die Zwischenresonanzfrequenzen können die Werte durch lineare Interpolation aus dem Frequenz-Logarithmus abgeleitet werden.

Anmerkung 3: R_w bezeichnet das bewertete Schalldämm-Maß der Bezugswand/Bezugsdecke in dB.

5.2.1 Direktschalldämmung einseitig angebrachter Vorsatzkonstruktion

Vorsatzkonstruktionen, die vor trennenden Bauteilen 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 5.5. Die Berechnungsergebnisse werden mit einer Dezimalen angegeben.

Die Resonanzfrequenzen gebräuchlicher biegeweicher Vorsatzkonstruktionen und schwimmender Estriche sind in Tabelle 5.6 angegeben. Dabei ist die flächenbezogene Masse des Grundbauteils hinsichtlich der Resonanzfrequenz bei massiven Wänden und Decken von untergeordneter Bedeutung. Die flächenbezogenen Massen der hier zugrunde gelegten Massivbauteile liegen zwischen 200 und 500 kg/m^2 .

5.2.2 Flankenschalldämmung von Bauteilen mit Vorsatzkonstruktion

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

$$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{Dd,w} \quad [\text{dB}] \quad (47)$$

mit:

$\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_w$ gemäß Tabelle 5.5

Werden biegeweiche 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 wie folgt zu berechnen:

Direktübertragung:

$$\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_{D,w} + \Delta R_{d,w}/2 \quad [\text{dB}]$$

für $\Delta R_{D,w} \geq \Delta R_{d,w}$ (48)

$$\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_{d,w} + \Delta R_{D,w}/2 \quad [\text{dB}]$$

für $\Delta R_{d,w} \geq \Delta R_{D,w}$ (49)

Flankenübertragung:

$$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{i,w} + \Delta R_{j,w}/2 \quad [\text{dB}]$$

für $\Delta R_{i,w} \geq \Delta R_{j,w}$ (50)

$$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{j,w} + \Delta R_{i,w}/2 \quad [\text{dB}]$$

für $\Delta R_{j,w} \geq \Delta R_{i,w}$ (51)

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 Bilder 5.2 - 5.4) berücksichtigt.

Stoßstellen zwischen massiven Bauteilen werden durch Bauteilverbindungen aus Mauerwerk, großformatigen massiven Elementen oder Beton gebildet. Nicht betrachtet werden hier alle Bauteilverbindungen aus leichten biegeweichen Konstruktionen z. B.

GK-Ständerwänden oder Holzkonstruktionen sowie Verbindungen aus massiven Bauteilen mit Leichtbau- oder Holzkonstruktionen.

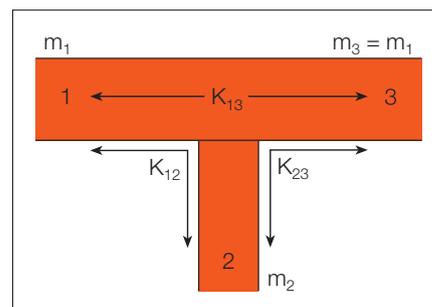


Bild 5.2: T-Stoß mit den in Frage kommenden Übertragungswegen 1-3.

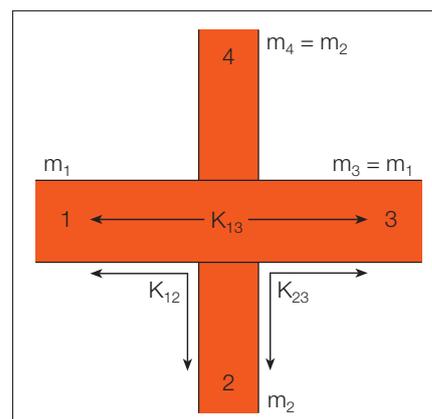


Bild 5.3: Kreuzstoß mit den in Frage kommenden Übertragungswegen 1-4.

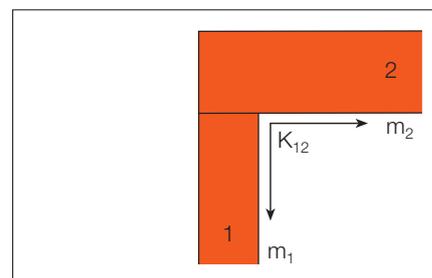


Bild 5.4: Eckverbindung mit den in Frage kommenden Übertragungswegen 1-2.

Tabelle 5.6: Resonanzfrequenz f_0 von biegeweichen Vorsatzkonstruktionen und schwimmenden Estrichen vor und auf Massivbauteilen.

Biegeweiche Vorsatzkonstruktionen	Resonanzfrequenz f_0 [Hz]
40 mm Metallständer, 40 mm MF, 12,5 mm GK-Platte	78
40 mm Metallständer, 40 mm MF, 2 · 12,5 mm GK-Platte	57
60 mm Metallständer, 60 mm MF, 12,5 mm GK-Platte	64
60 mm Metallständer, 60 mm MF, 2 · 12,5 mm GK-Platte	46
100 mm Metallständer, 100 mm MF, 12,5 mm GK-Platte	50
100 mm Metallständer, 100 mm MF, 2 · 12,5 mm GK-Platte	36
35 mm Federschienen, 30 mm MF, 12,5 mm GK-Platte	101
62,5 mm GK-Verbundplatte mit 50 mm MF	101
62,5 mm GK-Verbundplatte mit 50 mm EPS-Hartschaum	392
Schwimmende Estriche	
40 mm Zementestrich auf 13/10 MF-Dämmplatten	75
40 mm Zementestrich auf 25/20 MF-Dämmplatten	53
60 mm Zementestrich auf 35 mm EPS-Trittschalldämmplatten	74
40 mm Anhydrit-Fließestrich auf 25/20 MF-Trittschalldämmplatten	58
30 mm Anhydrit-Fließestrich auf 35 mm EPS-Trittschalldämmplatten	94
25 mm Gussasphaltestrich auf 12/10 MF-Trittschalldämmplatten	124
25 mm Gussasphaltestrich auf 22/20 MF-Trittschalldämmplatten	80
22 mm Spanplatte auf 12/10 MF-Trittschalldämmplatten	187

MF = Mineralfaser

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:

1) 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 Ff oder auch 1-3 genannt) gegenüber gleichschwerem homogenem Mauerwerk eine verminderte Stoßstellendämmung auftreten (siehe Abschnitt 5.3.2).

2) Elastische Verbindungen zwischen den Bauteilen, z. B. durch den Einsatz elastischer Zwischenschichten oder Entkoppelungen.

Hinweis:

Im Wohnungsbau mit hochwärmedämmenden Hochlochziegeln in der Außenwand 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 in Kapitel 6 näher erläutert sind.

5.3.1 Stoßstellen massiver 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.

$$M = \lg \left(\frac{m'_{\perp i}}{m'_i} \right) \quad [-] \quad (52)$$

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:

$$K_{ij,\min} = 10 \lg \left(l_f \cdot l_0 \left(\frac{1}{S_i} + \frac{1}{S_j} \right) \right) \quad [\text{dB}] \quad (53)$$

mit:

l_f = gemeinsame Kopplungslänge der Bauteile an der Stoßstelle in m

$l_0 = 1$ 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:

$$K_{12} = 2,7 + 2,7 \cdot M^2 \quad [\text{dB}] \quad (54)$$

Für einen T-Stoß gilt:

$$K_{12} = K_{23} = 4,7 + 5,7 \cdot M^2 \quad [\text{dB}] \quad (55)$$

für $M < 0,215$

$$K_{13} = 5,7 + 14,1 \cdot M + 5,7 \cdot M^2 \quad [\text{dB}] \quad (56)$$

für $M \geq 0,215$

$$K_{13} = 8 + 6,8 \cdot M \quad [\text{dB}] \quad (57)$$

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 Abschnitt 5.3.2 zu berücksichtigen.

Für einen Kreuzstoß gilt:

$$K_{12} = K_{23} = 5,7 + 15,4 \cdot M^2 \quad [\text{dB}] \quad (58)$$

für $M < 0,182$

$$K_{13} = 8,7 + 17,1 \cdot M + 5,7 \cdot M^2 \quad [\text{dB}] \quad (59)$$

für $M \geq 0,182$

$$K_{13} = 9,6 + 11 \cdot M \quad [\text{dB}] \quad (60)$$

5.3.2 Stumpfstoß bei wärmedämmenden Hochlochziegeln

Durchlaufende Außenwände aus wärmedämmenden 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 5.2 bei einem Stumpfstoß mit einer Wohnungstrennwand verminderte Stoßstellendämm-Maße aufweisen. 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 Verminderung der Direktdämmung $\Delta R_{w,L}$ des Hochlochziegelmauerwerks gegenüber gleich schwerem, 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. Abschnitt 6.1.1.2), ergibt sich auf dem Weg Ff = 1-3 eine Verminderung des Stoßstellendämm-Maßes $\Delta K_{ij,L}$ von:

$$\Delta K_{ij,L} = \Delta R_{w,L}/2 \quad [\text{dB}] \quad (61)$$

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:

$$K_{13,L} = K_{13} - \Delta R_{w,L}/2 + 10 \lg (S_0 \cdot (1/S_1 + 1/S_3)) \quad [\text{dB}] \quad (62)$$

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. (56) bzw. (57) 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 $10 \lg (S_0 \cdot (1/S_1 + 1/S_3))$ ist nur anzuwenden, wenn dieser Zahlenwert positiv ist.

5.3.3 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 Schub-

modul 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:

$$\Delta K_{ij} = 36 \text{ dB} - 15 \lg (E/t) \quad [\text{dB}] \quad (63)$$

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. Zusätzlich werden die Rechenwerte der Stoßstellendämm-Maße K_{13} bei Kreuzstößen auf 25 dB und bei T-Stößen auf 20 dB begrenzt. Dies ist auf Grund sekundärer Übertragungswege in der Praxis erforderlich.

Hinweis:

Die Ziegelindustrie hat ein Ziegel-Innenwand-System (ZIS) entwickelt, das mit aufeinander abgestimmten Komponenten besonders hohe Stoßstellendämm-Maße aufweist. Nähere Informationen dazu enthält Abschnitt 6.1.1.3.

5.4 Zweischalige Haustrennwände aus Mauerwerk

5.4.1 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 in Verbindung mit DIN 4108-10, Anwendungsgebiet WTH, auszufüllen.

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

Das neue Rechenverfahren der DIN 4109-32 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.

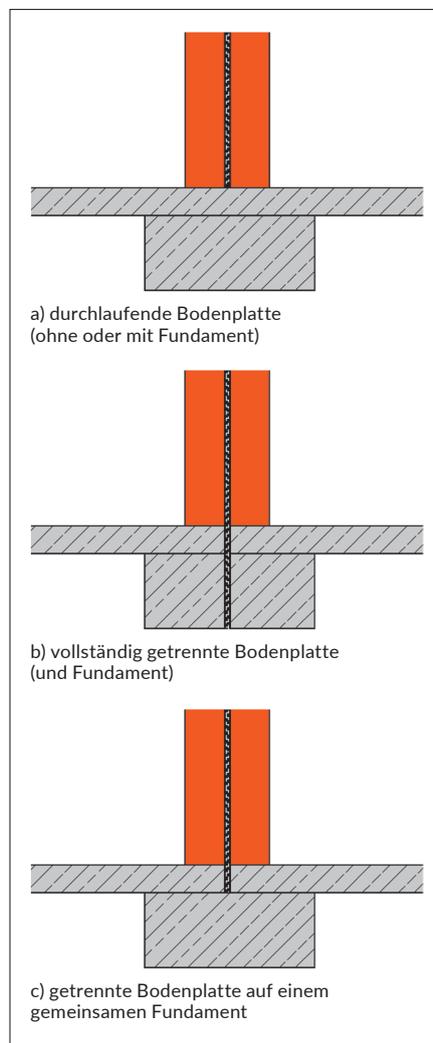


Bild 5.5: Darstellung unterschiedlicher Fundamentierungen im Bereich einer zweischaligen Haustrennwand.

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 dann 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 [12].

5.4.2 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 (siehe Bild 5.5).

5.4.3 Ermittlung des Schalldämm-Maßes $R'_{w,2}$ zweischaliger Haustrennwände

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. (17) zur Berücksichtigung der Übertragung über flankierende Decken und Wände.

$$R'_{w,2} = R'_{w,1} + \Delta R'_{w,Tr} - K \quad [\text{dB}] \quad (64)$$

$R'_{w,1}$ wird nach folgender Beziehung aus der flächenbezogenen Masse $m'_{Tr,ges}$ der gleichschweren einschaligen Wand ermittelt:

$$R'_{w,1} = 28 \lg(m'_{Tr,ges}) - 18 \quad [\text{dB}] \quad (65)$$

mit:

$m'_{Tr,ges}$ = flächenbezogene Masse der beiden Trennwandschalen, ermittelt nach Abschnitt 5.1.2.1

Die Werte der Tabelle 5.7 gelten für zweischalige Konstruktionen mit einem Schalenabstand von mindestens 30 mm und 30 mm Hohlraumverfüllung mit Mineralwolle-Dämmplatten nach DIN EN 13162, Anwendungsgebiet WTH nach DIN 4108-10. Eine Vergrößerung des Schalenabstandes wirkt sich grundsätzlich positiv auf das bewertete Schalldämm-Maß aus.

Der errechnete Prognosewert $R_{w,2}^I$ gemäß Gl. (64) ist nicht mit einem Sicherheitsbeiwert versehen und muss bei einem Vergleich mit dem erforderlichen bewerteten Schalldämm-Maß um 2 dB abgemindert werden. Die Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$ sind in der Tabelle 5.7 für die maßgeblichen Geschosse aufgeführt.

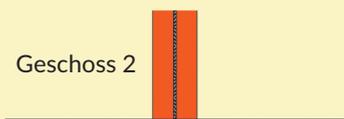
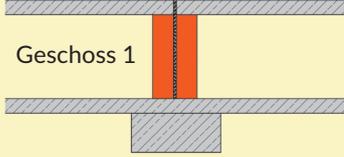
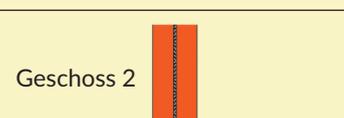
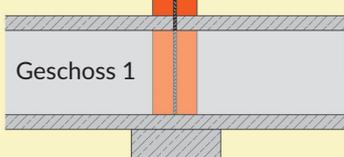
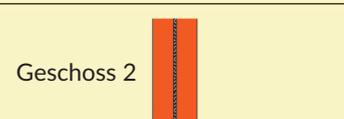
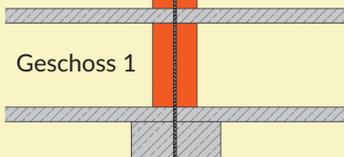
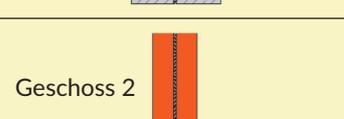
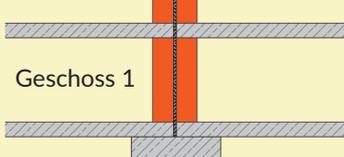
5.5 Fenster und Türen

5.5.1 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 [26] oder dem Tabellenwert nach DIN EN 14351-1, Anhang B [27] 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 5.8.

Tabelle 5.7: Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$

Zeile	Situation	Beschreibung	Zuschlag ^{a)} $\Delta R_{w,Tr}$ in dB
1	 Geschoss 2	Vollständige Trennung der Schalen	12
2	 Geschoss 1	Bodenplatte durchgehend, $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$ ohne/mit Fundament Außenwände getrennt	6
3	 Geschoss 2	Vollständige Trennung der Schalen	9
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
5	 Geschoss 2	Vollständige Trennung der Schalen	12
6	 Geschoss 1	Bodenplatte getrennt, Außenwände getrennt	9
7	 Geschoss 2	Vollständige Trennung der Schalen	12
8	 Geschoss 1	Bodenplatte getrennt, Fundament gemeinsam, Außenwände getrennt	6

^{a)} Falls der Schalenabstand mindestens 50 mm beträgt und der Fugenhohlraum mit dicht gestoßenen und vollflächig verlegten mineralischen Dämmplatten (siehe DIN EN 13162 in Verbindung mit DIN 4108-10, 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.

Tabelle 5.8: Konstruktionsmerkmale, Schalldämm-Maße und Korrekturen von Fenstern mit Mehrscheiben-Isolierverglasung.

R _w dB	C ^{a)} dB	C _{tr} ^{a)} dB	Konstruktions- merkmale	Einfachfenster mit MIG ^{b)}	Korrekturen in 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	≥ 4+4 ≥ 12 ≥ 30 ①	-2	0	-1	0	0
34	-2	-6	Glasaufbau in mm SZR in mm oder R _{w,GLAS} in dB Falzdichtung	≥ 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	≥ 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	≥ 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	≥ 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	≥ 8+4 ≥ 16 ≥ 38 ② (AD/MD+ID) ^{c)}	-2	0	0	0	0
39	-2	-5	Glasaufbau in mm SZR in mm oder R _{w,GLAS} in dB Falzdichtung	≥ 10+4 ≥ 20 ≥ 39 ② (AD/MD+ID) ^{c)}	-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
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 ^{d)}	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Erläuterungen zur Tabelle 5.8:

d_{Ges} = Gesamtglasdicke

Glasaufbau = Zusammensetzung der beiden Einzelscheiben

SZR = Scheibenzwischenraum; mit Luft oder Argon gefüllt

R_{w,GLAS} = deklarierter Wert R_w der Verglasung Falzdichtung

AD = umlaufende Außendichtung

MD = umlaufende Mitteldichtung

ID = umlaufende Innendichtung im Flügel-überschlag

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.

MIG = Mehrscheiben-Isolierglas

^{a)} Die Spektrum-Anpassungswerte gelten für das Bauteil Fenster. Sie können von den glasspezifischen Werten abweichen.

^{b)} 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).

^{c)} Bei Holzfenstern genügt eine umlaufende Dichtung.

^{d)} Nachweis entsprechend der Produktnorm DIN EN 14351-1 durch Prüfung.

Der aus Tabelle 5.8 abzulesende Wert für die Schalldämmung $R_{w, Fenster}$ für Einfachfenster mit Mehrscheiben-Isolierglas (MIG) kann nach folgender Gl. (57) bestimmt werden:

$$R_{w, Fenster} = R_w + K_{AH} + K_{RA} + K_S + K_{FV} + K_{F,1.5} + K_{F,3} + K_{Sp} \quad [dB] \quad (66)$$

mit:

R_w = Wert der Schalldämmung des Fensters gemäß Tabelle 5.8, 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

$K_{F,1.5}$ = Korrektur für Fenster < 1,5 m²

$K_{F,3}$ = 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.

5.5.2 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 Ausführung von 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 und kann der CE-Deklaration nach DIN EN 14351-1 [27] für Außentüren und DIN EN 14351-2 [28] 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 5.9 erfüllt werden. Tabelle 5.9 gilt für betriebsfertige Türen mit einem erforderlichen bewerteten Schalldämm-Maß erf. $R_w \leq 35$ dB.

Die Werte der Tabelle 5.9 sind auf Holz- und Metallzargen anwendbar. Der Wert bezieht sich auf den Zustand „Tür in Falle“, also nicht verriegelt, sofern nichts anderes vereinbart ist.

Die Tabelle 5.10 enthält Korrekturwerte für Türen, die auf das bewertete Schalldämm-Maß bei konstruktiven Änderungen ohne prüftechnischen Nachweis angerechnet werden können.

Schwimmende Estriche sind im Bereich einer Wohnungseingangstür zu trennen. Die Trennfuge darf durch harte Bodenbeläge nicht überbrückt werden. Textile Bodenbeläge oder

Tabelle 5.9: Schalldämmung von einflügeligen Innentüren (Sperrtüren) ohne Messung.

Bauteil	Anforderung
Einfach überfälztes 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⁾ Fugenschalldämmmaß $R_{S,w}$ 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.

Tabelle 5.10: Korrekturwerte für die Schalldämmung von Türblättern bei konstruktiven Veränderungen.

Merkmal	Zuschlag für Sperrtüren in 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

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 und kann der CE-Deklaration nach DIN EN 14351-1 für Außentüren und DIN EN 14351-2 für Innentüren entnommen und für die Planung herangezogen werden.

5.6 Elemente

5.6.1 Rollladen-/Jalousiekästen

Die Produktnorm DIN EN 13659 gilt für Rollläden mit Verweis auf DIN EN 14759 zur Luftschalldämmung von äußeren Abschlüssen an Fenstern, Türen und Fassaden. Rollladenkästen können entweder Bestandteil des Fensters oder des Mauerwerks sein, als Fertiggästen eingebaut oder durch Einmauern oder Einbetonieren hergestellt werden.

Zur Kennzeichnung der Schalldämmung eines Rollladenkastens wird die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,e,w}$ oder das bewertete Schalldämm-Maß R_w , zusammen mit der Prüffläche aus der Schallmessung, verwendet. Als Prüffläche wird die tatsächlich vorhandene raumseitige Stirnwandfläche des Rollladenkastens eingesetzt.

Für Rollladenkästen mit bewerteten Schalldämm-Maßen $R_w < 45 \text{ dB}$ können allgemein gültige Ausführungsbeispiele der DIN 4109-35 entnommen werden. Bei heute üblichen höheren Schalldämm-Maßen ist die mit einer speziellen Konstruktion tatsächlich erreichte Schalldämmung durch eine Messung im Labor nach DIN EN ISO 10140 nachzuweisen.

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.

5.6.2 Schalldämmlüfter

Fassadenelemente wie z.B. Lüftungseinrichtungen oder Außenluftdurchlässe weisen üblicherweise die Schalldämmung über eine bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,e,w}$ aus. Die Zahlenwerte sind Prüfzeugnissen oder Herstellerangaben zu entnehmen und betragen häufig über 50 dB. Für die Berechnung der resultierenden Schalldämmung eines zusammengesetzten Bauteils sind sie mit ihrer Anzahl oder der Anschlusslängen zu einem korrigierten Schalldämm-Maß $R_{e,i,w}$ umzurechnen (vgl. Abschnitt 4.6.2).

5.7 Trittschalldämmung

5.7.1 Allgemeines

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, dickere Massivdecken mit mindestens 20 cm Dicke bewährt. Beispiele für Massivdecken sind in Tabelle 5.3 angegeben.

Die Luft- und Trittschalldämmung der in Tabelle 5.4 genannten Deckenkonstruktionen werden aus deren flächenbezogener Masse ermittelt. Angaben zur Ermittlung der flächenbezogenen Masse von Massivdecken sind in Abschnitt 5.1.3 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/m^2 und 720 kg/m^2 nach folgender Beziehung ermittelt:

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \lg \frac{m'}{m'_0} \quad [\text{dB}] \quad (67)$$

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

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 in Abschnitt 5.2.

5.7.2 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 Fertigteilstriche (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 [29] zu bestimmenden dynamischen Steifigkeit s' der Dämmschicht und der Flächenmasse der Estrichplatte m_1 ab. Die erreichbare Trittschallminderung wird durch Körperschallbrücken entscheidend verschlechtert. Die Vorgaben der DIN 18 560-2 sind einzuhalten. Körperschallbrücken jeglicher Art (zur Rohdecke, zu den flankierenden Wänden, zu Rohrleitungen, zu Türzargen) sind strikt zu vermeiden. Bei höheren Verkehrslasten (Flächenlast $> 3 \text{ kN/m}^2$ bzw. Einzellast $> 2 \text{ kN}$) und bei Gussasphaltestrichen dürfen nur Trittschalldämmplatten mit einer Zusammendrückbarkeit $c \leq 3 \text{ mm}$ verwendet werden.

Bei Einbauten (z. B. Rohrleitungen und/oder Kabelleerrohre) 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 Ausgleichmörteln, 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 [30].

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.

5.7.2.1 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. (68) zu ermitteln:

$$\Delta L_w = 13 \lg m' - 14,2 \lg s' + 20,8 \quad [\text{dB}] \quad (68)$$

mit:

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

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

Alternativ kann die bewertete Trittschallminderung dem Diagramm in Bild 5.6 entnommen werden.

Hinweis:

Vor der Berechnung des resultierenden bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ der gesamten Deckenkonstruktionen sind von dem abgelesenen Wert 2 dB abzuziehen. Bei der Bestimmung des Wertes für die bewertete Trittschallminderung ΔL_w soll die flächenbezogene Masse der Estrichplatte anhand der nach DIN 18560-2 in Abhängigkeit von der Nutzlast erforderlichen Estrichdicke gewählt werden. Die flächenbezogene Masse von Nassestrichen ist aus dem Rechenwert nach DIN EN 1991-1 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.

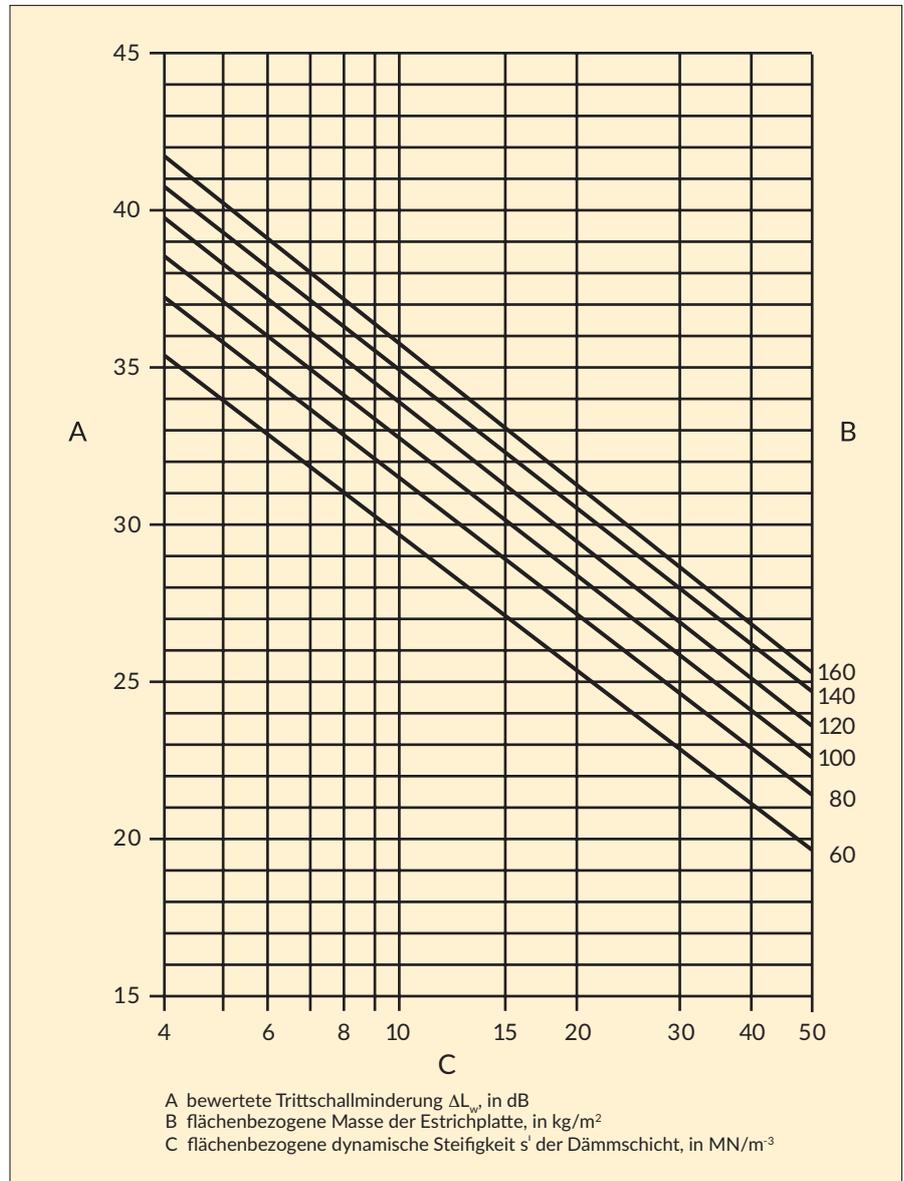


Bild 5.6: Bewertete Trittschallminderung ΔL_w schwimmend verlegter Zement-, Calciumsulfat-, Calciumsulfatfließ-, Magnesia- und Kunstharzestriche.

5.7.2.2 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

[32] sind die Werte für die bewertete Trittschallminderung ΔL_w nach folgender Gl. (69) zu ermitteln:

$$\Delta L_w = (-0,21 m' - 5,45) \lg s' + 0,46 m' + 23,8 \quad [\text{dB}] \quad (69)$$

mit:

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

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

Die Gl. (69) gilt bei einlagigen Gussasphaltestrichen nach DIN 18560-2 für dynamische Steifigkeiten s' der Dämmschicht im Bereich zwischen 15 MN/m^3 und 50 MN/m^3 und für flächenbezogene Massen der Estrichplatte im Bereich zwischen 58 kg/m^2 und 87 kg/m^2 . Bei Gussasphaltestrichen ist für die flächenbezogene Masse m' die Rohdichte nach DIN 4108-4 zu wählen. Die Zusammenhänge der Gleichung werden für unterschiedliche flächenbezogene Massen im Diagramm Bild 5.7 wiedergegeben.

Hinweis:

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

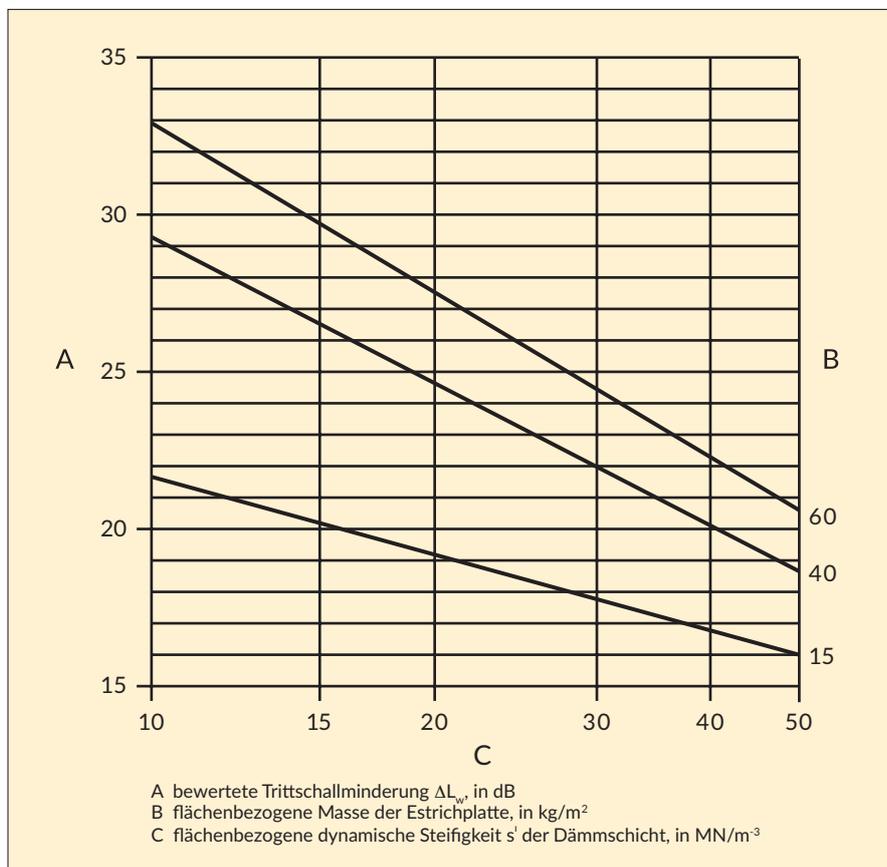


Bild 5.7: Bewertete Trittschallminderung ΔL_w schwimmender Gussasphalt- oder Fertigteilestriche.

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

$$s'_{\text{tot}} = \left(\sum_{i=1}^2 \frac{1}{s'_i} \right)^{-1} \quad [\text{MN/m}^3] \quad (70)$$

mit:

s'_i = dynamische Steifigkeit pro Flächeneinheit der Dämmschicht i nach DIN EN 29052-1 [29]

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.

5.7.3 Weichfedernde Bodenbeläge

Die nachfolgend aufgeführten Bodenbeläge sind solche, die als weichfedernde Beläge zu einer Verbesserung der Trittschalldämmung einer massiven Rohdecke nach Abschnitt 5.1.3 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 in Zusammenhang mit massiven Decken nach Abschnitt 5.1.3.

Die für die Berechnung zu verwendenden bewerteten Trittschallpegelminderungen sind Tabelle 5.11 zu entnehmen, sofern nicht durch Eignungsprüfungen andere bewertete Trittschallpegelminderungen festgelegt sind.

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

5.8 Massivtreppen

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. Diese hängt nicht nur von den konstruktiven Eigenschaften der Treppe selbst, sondern auch von den Eigenschaften des Baukörpers ab. Wesentliche Größen, die 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 (starr angebunden, mit Trennfugen, körperschallentkoppelt).

Beim Baukörper spielen die Grundrissgestaltung (Lage von schutzbedürftigem Raum und Treppenraum, siehe auch Abschnitt 1.3) 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 sollten massive Treppenläufe stets einen Abstand von der Treppenraumwand aufweisen. Mit den Wänden festverbundene Treppenstufen sollten vermieden werden, sofern nicht besondere Maßnahmen zur Körperschalldämmung getroffen werden.

Soweit im Rahmen brandschutztechnischer Vorschriften zulässig, können die

Tabelle 5.11: Bewertete Trittschallpegelminderung ΔL_w von weichfedernden Bodenbelägen für Massivdecken.

Zeile	Deckenauflagen, weichfedernde Bodenbeläge		ΔL_w [dB]
1	Linoleum-Verbundbelag	nach DIN EN 687	14 ^{a)b)}
PVC-Verbundbeläge			
2	PVC-Verbundbelag mit genageltem Jutefilz als Träger	nach DIN EN 650	13 ^{a)b)}
3	PVC-Verbundbelag mit Korkment als Träger	nach DIN EN 652	16 ^{a)b)}
4	PVC-Verbundbelag mit Unterschicht aus Schaumstoff	nach DIN EN 651	16 ^{a)b)}
5	PVC-Verbundbelag mit Synthefaser-Vliesstoff als Träger	nach DIN EN 650	13 ^{a)b)}
Textile Fußbodenbeläge			
6	Nadelvlies, Dicke = 5 mm	nach DIN ISO 2424 ^{c)}	20
Polteppiche^{d)}			
7	Unterseite geschäumt	Normdicke $a_{20} = 4$ mm	19
8	Unterseite geschäumt	Normdicke $a_{20} = 6$ mm	24
9	Unterseite geschäumt	Normdicke $a_{20} = 8$ mm	28
10	Unterseite ungeschäumt	Normdicke $a_{20} = 4$ mm	19
11	Unterseite ungeschäumt	Normdicke $a_{20} = 6$ mm	21
12	Unterseite ungeschäumt	Normdicke $a_{20} = 8$ mm	24

^{a)} 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.

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

^{c)} Die textilen Bodenbeläge müssen auf dem Produkt oder auf der Verpackung mit dem entsprechenden ΔL_w der rechten Spalte ausgeliefert werden.

^{d)} Pol aus Polyamid, Polypropylen, Polyacrylnitril, Polyester, Wolle und deren Mischungen.

Stufen und Podeste mit weichfedern- den 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.

Hinweis:

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

Tabelle 5.12 gibt eine Übersicht über die Rechenwerte des bewerteten Norm-Trittschallpegels von massiven Treppen – bezogen auf einen unmittelbar angrenzenden Wohnraum. Es werden zwei kennzeichnende Werte angegeben.

Der Wert $L'_{n,w}$ ist anzuwenden, wenn kein zusätzlicher trittschalldämmender Gehbelag bzw. schwimmender Estrich aufgebracht wird. Wird dagegen ein derartiger Belag oder Estrich aufgebracht, ist für die dann erforderliche Berechnung des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ der Treppe der Wert $L_{n,eq,0,w}$ zu verwenden. Die Trittschallminderung des Gehbelags ist dann Abschnitt 5.7 zu entnehmen. Die Berechnung des bewerteten Norm-Trittschallpegels erfolgt gemäß Abschnitt 4.5.2 Gl. (18).

Der dort angegebene Sicherheitsabschlag ist zu beachten!

Tabelle 5.12: 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).

Treppen und Treppenraumwand	$L_{n,eq,0,w}$ [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]
Treppenpodest ¹⁾ , fest verbunden mit einschaliger, biegesteifer Treppenraumwand (flächenbezogene Masse $\geq 380 \text{ kg/m}^2$)	63	67
Treppenlauf ¹⁾ , fest verbunden mit einschaliger, biegesteifer Treppenraumwand (flächenbezogene Masse $\geq 380 \text{ kg/m}^2$)	63	67
Treppenlauf ¹⁾ , abgesetzt von einschaliger, biegesteifer Treppenraumwand	60	54
Treppenpodest ¹⁾ , fest verbunden mit Treppenraumwand und durchgehender Gebäudetrennfuge nach Abschnitt 5.4	≤ 50	≤ 47
Treppenlauf ¹⁾ , abgesetzt von Treppenraumwand und durchgehender Gebäudetrennfuge nach Abschnitt 5.4	≤ 43	≤ 40
Treppenlauf ¹⁾ , abgesetzt von Treppenraumwand und durchgehender Gebäudetrennfuge nach Abschnitt 5.4, auf Treppenpodest elastisch gelagert	35	39

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

6 Anschlussdetails

6.1 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, im baulichen Schallschutz auch Stoßstelle genannt, reduziert die Schall-Längsleitung über die flankierenden Bauteile. Das Stoßstellendämm-Maß ist um so höher, je größer der Masseunterschied der beteiligten Bauteile ist.

Eine hohe Stoßstellendämmung kann aber ebenso durch eine Entkopplung der aneinander grenzenden Bauteile erreicht werden. Damit ist die Körperschallweiterleitung reduziert oder unterbunden und das resultierende Schalldämm-Maß kann entsprechend hoch ausfallen.

Hinweis:

Die Ziegelhersteller nennen die für ihre Vorzugskonstruktionen gemessenen individuellen Stoßstellendämm-Maße in Abhängigkeit unterschiedlicher Außenwanddicken und Trennbauteilausführungen.

6.1.1 Massive Bauteilanschlüsse

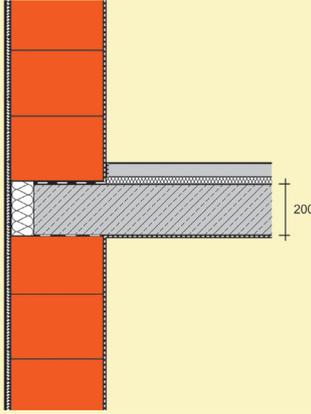
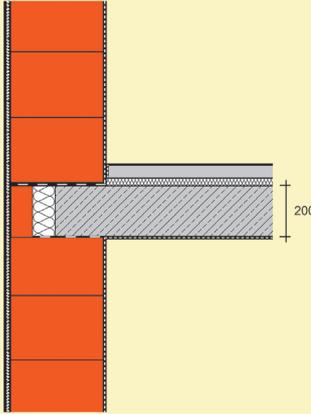
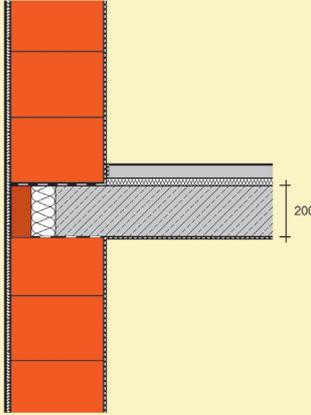
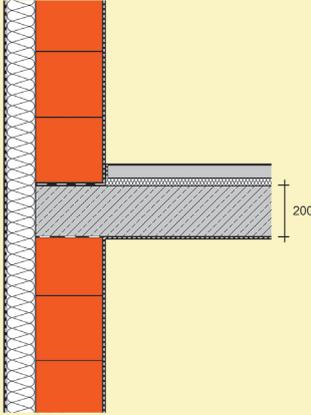
6.1.1.1 Außenwand - Deckenknoten

Bei hochwärmedämmenden monolithischen Außenwänden muss aus Gründen des Wärmeschutzes am Deckenspiegel eine zusätzliche Wärmedämmung bei Stahlbetondecken 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 6.1 zeigt die in der Praxis auftretenden Unterschiede in der Ausführung der Details mit den zu erwartenden Stoßstellendämm-Maßen (Anhaltswerte) auf dem maßgeblichen Übertragungsweg.

6.1.1.2 Außenwand - Trennwand-knoten

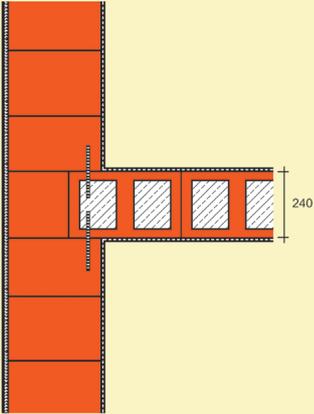
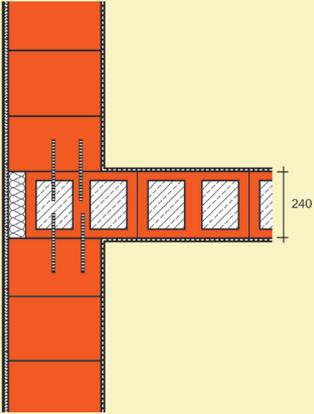
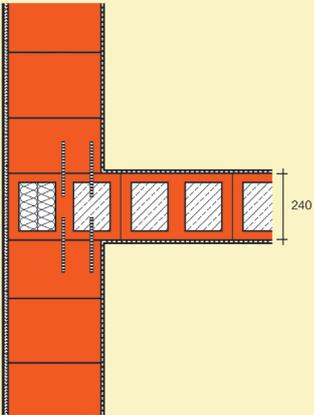
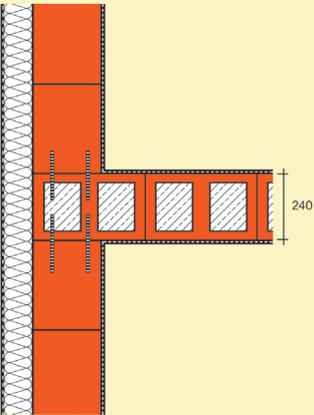
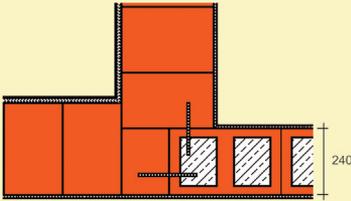
Die Rationalisierung des Bauablaufs und auch die Verwendung von Baustoffen mit unterschiedlichem Verformungsverhalten können dazu führen, dass die Bauteilanschlüsse nicht immer die schalltechnisch notwendige Steifigkeit aufweisen. So ist beispielsweise mit Abrissen der Trennwände von wärmedämmenden HLz-Außenwänden 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 Schallschutz-Verfüllziegeln oder Schalungsziegeln erstellt werden.

Tabelle 6.1: Anhaltswerte von Stoßstellendämm-Maßen K_{Ff} von Deckenauflagervarianten.

<p>Deckenaufleger mit Stirndämmung</p>  <p>K_{Ff} zwischen 14-17 dB</p>	<p>Deckenaufleger mit Abmauerstein ≥ 100 mm</p>  <p>K_{Ff} zwischen 8-11 dB</p>
<p>Deckenaufleger mit Abmauerelement ≤ 75 mm</p>  <p>K_{Ff} zwischen 12-15 dB</p>	<p>Deckenaufleger mit Vollauflage und Zusatzdämmung</p>  <p>K_{Ff} zwischen 9-11 dB¹⁾</p>

¹⁾ gilt ebenso für zweischalige Außenwände

Tabelle 6.2: Anhaltswerte von Stoßstellendämm-Maßen K_{Ff} von Außenwand-Schallschutzfüllziegel Mauerwerk.

<p>Einbindung einer Füllziegelwand Einbindetiefe 12,5 cm</p> 	<p>Durchbindung einer Füllziegelwand mit Stirndämmung</p> 
<p>K_{Ff} zwischen 8-11 dB</p>	<p>K_{Ff} zwischen 8-11 dB</p>
<p>Vollständige Durchbindung einer in der ersten Kammer gedämmten Füllziegelwand</p> 	<p>Vollständige Durchbindung - Außenwand mit Zusatzdämmung</p> 
<p>K_{Ff} zwischen 9-11 dB</p>	<p>K_{Ff} zwischen 9-11 dB¹⁾</p>
<p>Winkelstoß einer abknickenden Außenwand mit Einbindung der Wohnungstrennwand</p> 	
<p>K_{Ff} zwischen 6-10 dB</p>	

¹⁾ gilt ebenso für zweischalige Außenwände

Der als Stumpfstoß ausgeführte Trennwandanschluss zeigt grundsätzlich das geringste Stoßstellendämm-Maß (vgl. Abschnitt 5.3.2). Trennwandverbindungen oder gar -durchbindungen 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 6.2 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.

6.1.1.3 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.

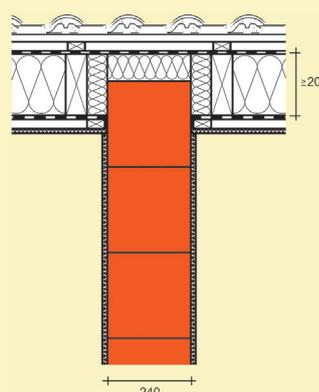
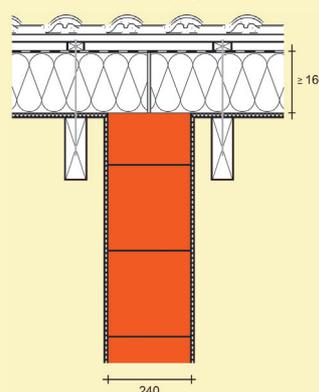
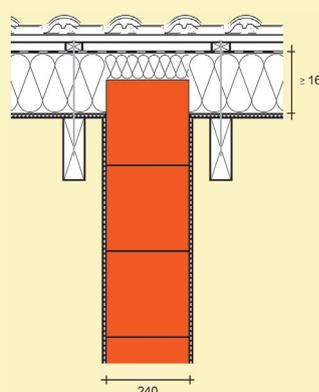
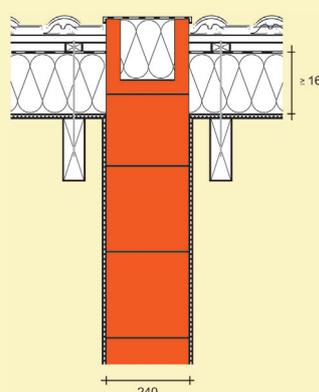
Die Ziegelindustrie hat hierzu ein Ziegel-Innenwand-System (ZIS) entwickelt [22,23], das mithilfe von weichen Trennprofilen eine Körperschallübertragung deutlich reduziert und eine Putzüberbrückung verhindert. Die gemessenen Stoßstellendämm-Maße derartiger Entkopplungen erreichen auf dem Flankenweg F_f weit über 30 dB. Da aber in der Regel die leichten Bauteile untereinander wiederum verbunden sind, entstehen Schallübertragungswege 2. Ordnung, die die effektive Stoßstellendämmung begrenzen. Die Auswertung von Baumessungen mit entkoppelten leichten Innenwänden mit einer flächenbezogenen Masse m' von ca. 150 kg/m² zeigt bei Kreuzstößen Stoßstellendämm-Maße $K_{Ff} \geq 25$ dB, bei T-Stößen von 20 dB. (Bild 6.3)

Tabelle 6.3: Anhaltswerte von Stoßstellendämm-Maßen K_{Ff} von leichten Innenwänden an Trennbauteilen.

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

Tabelle 6.4: Anhaltswerte der Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ von leichten Dächern an Trennwänden.

<p>Dachkonstruktion mit Vollsparren-dämmung und Wandeinbindung in die Dämmebene</p>  <p>$D_{n,f,w} = 79 \text{ dB}$</p>	<p>Dachkonstruktion mit Mineralwolle-Aufsparrendämmung – Dachkonstruktion und Wärmedämmung getrennt</p>  <p>$D_{n,f,w} = 69 \text{ dB}$</p>
<p>Dachkonstruktion mit Mineralwolle-Aufsparrendämmung – Wandeinbindung und Hohlraumbedämpfung¹⁾ – Dachkonstruktion und Wärmedämmung getrennt</p>  <p>$D_{n,f,w} > 70 \text{ dB}$</p>	<p>Dachkonstruktion mit Mineralwolle-Aufsparrendämmung – Wanddurchbindung mit Schott¹⁾ – Dachkonstruktion, Wärmedämmung und Dacheindeckung getrennt</p>  <p>$D_{n,f,w} > 75 \text{ dB}$</p>

¹⁾ bei gleichzeitiger Reduzierung der Wärmebrückenverluste

6.1.1.4 Trennwand – Dachanschlüsse

Im Anschlussbereich von leichten Dächern und 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 6.4 zeigt eine Übersicht der zu erwartenden Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ für verschiedene Ausführungen mit Mineralwolle gedämmter 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.

Hinweis:

Aufsparrendämmte Dächer mit Hartschaum-Dämmstoffauflagen weisen etwa 10 dB geringere Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ auf.

6.2 Anschlussdetails mit hohem Einfluss auf die Trittschalldämmung

6.2.1 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 beachten:

- harte, dicht anliegende Fußleiste,
- Kleberreste,
- Alterung elastischer Fugenmassen.

Das Bild 6.1 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.

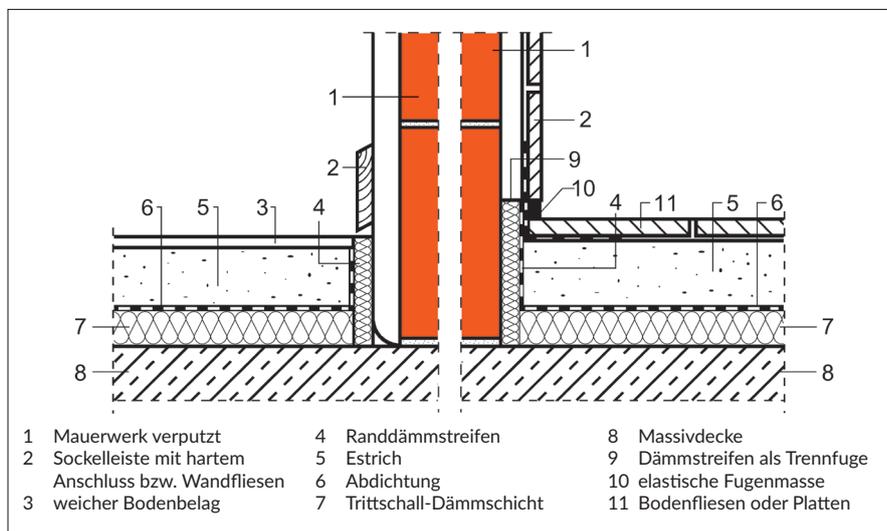


Bild 6.1: Wandanschlüsse eines schwimmenden Estrichs in Wohn- und Nassräumen. Links: Wandputz und weicher Gehbelag. Rechts: Fliesenbelag an Wand und Boden.

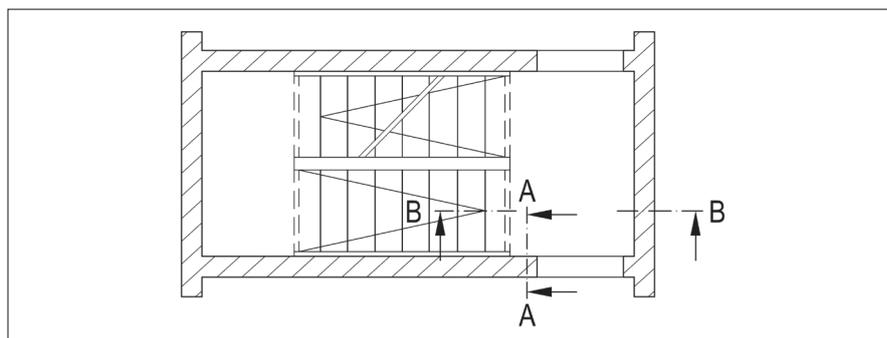


Bild 6.2: Schwimmender Estrich auf den Podesten bei elastischer Auflagerung der Treppenläufe (Grundriss).

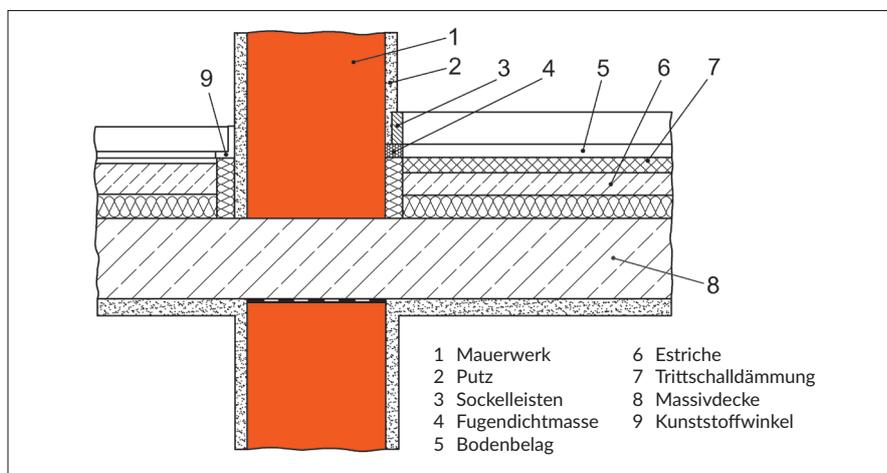


Bild 6.3: Schwimmender Estrich auf den Podesten (Schnitt A-A).

6.2.2 Treppen

Beispiele für Treppenausführungen ohne zusätzlichen weichfedernden Belag nach Abschnitt 5.7.3 mit $L'_{n,w} \leq 43$ dB sind in den Bildern 6.2 bis 6.6 angegeben. In den Bildern 6.2 bis 6.4 ist der Treppenlauf auf den Treppenpodesten elastisch gelagert und die Podeste sind mit einem schwimmenden Estrich versehen. In den Bildern 6.5 und 6.6 sind die Podeste auf besonderen Stahlbeton-Konsolleisten elastisch gelagert und die Treppenläufe mit den Podesten starr verbunden. Alternative Ausführungen sind mit sogenannten Tronsolen als elastisch gelagerte Querkraftlager möglich.

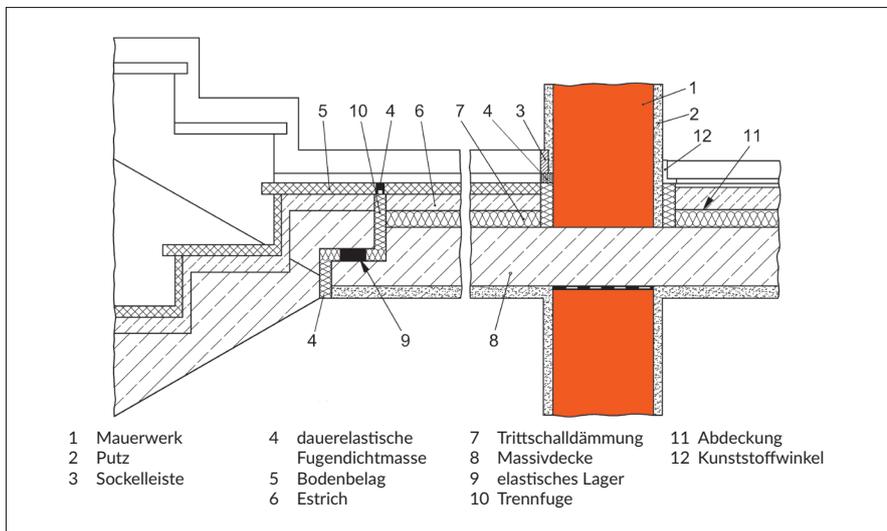


Bild 6.4: Schwimmender Estrich auf Podesten mit dämmender Zwischenlage bei Auflagerung der Läufe (Schnitt B-B).

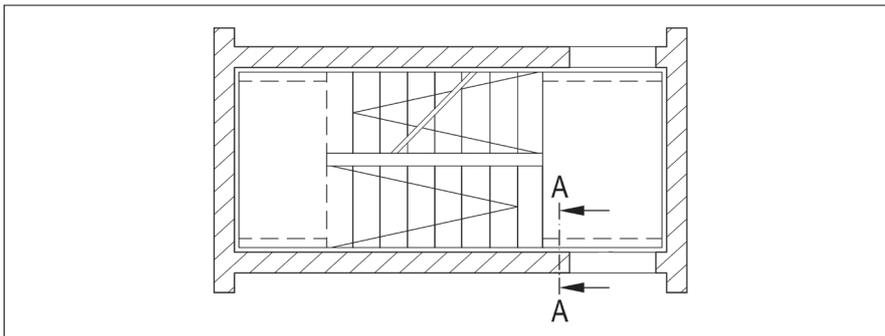


Bild 6.5: Auflagerung eines Treppenlaufes mit Podestplatte auf Konsolleisten, quer gespannte Podeste (Grundriss).

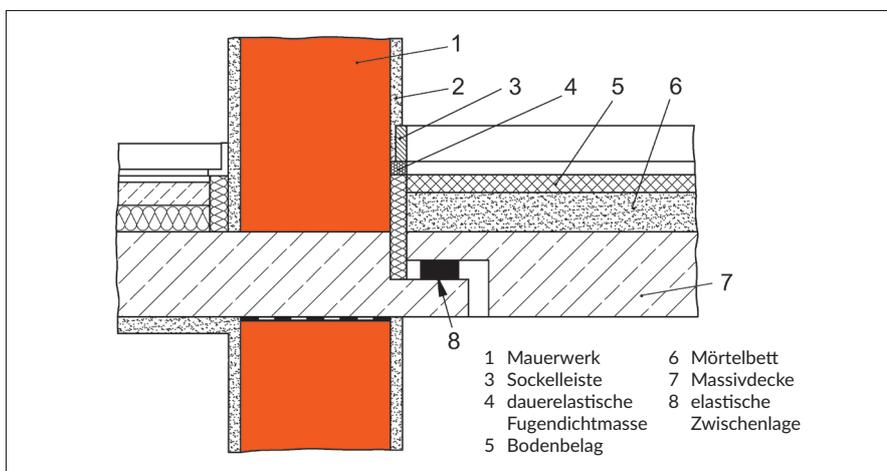


Bild 6.6: Auflagerung eines Treppenlaufes mit Podestplatte auf Konsolleisten (Schnitt A-A).

6.3 Ausführungshinweise zu Innendämmungen

Verputzte Dämmplatten an den Unterseiten von Stahlbetondecken oder Wandabschnitten können zu verstärkter Längsleitung führen (Bild 6.7), 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 [7]. 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 Abschnitt 5.2 Verwendung finden.

6.4 Ausführungshinweise zu zweischaligen Haustrennwänden

Zur Vermeidung von Schallbrücken zwischen den beiden Mauerwerkschalen können die in Bild 6.8 dargestellten Maßnahmen ergriffen werden. Dadurch wird unter anderem verhindert, dass herabfallender Mauermörtel in die Fuge gerät. Weiterhin wird das Zusammendrücken der Dämmplatten durch den Frischbeton im Bereich der Geschossdecke oder das Unterlaufen des Frischbetons unter die Dämmplatten vermieden.

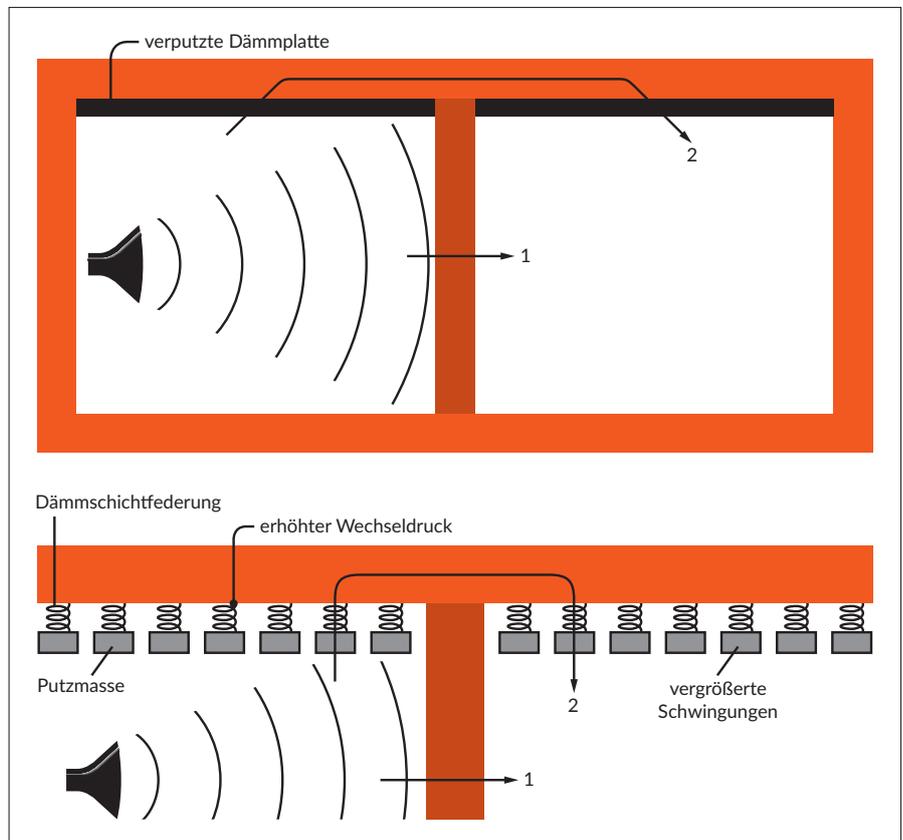


Bild 6.7: Schall-Längsleitung über verputzte Dämmplatten - Funktionsprinzip.

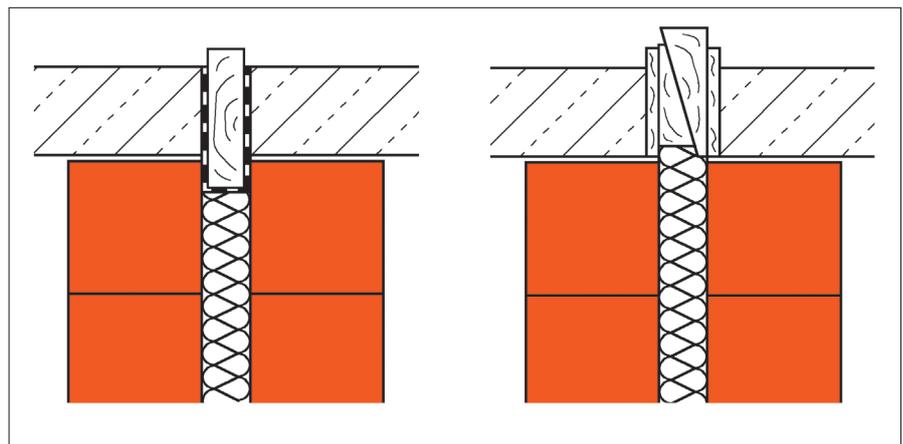


Bild 6.8: Maßnahmen zur Vermeidung von Körperschallbrücken im Bereich der Geschossdecken bei der Errichtung zweischaliger Haustrennwände.

7 Beispiele

7.1 Vorbemerkungen

In diesem Kapitel werden anhand von Berechnungsbeispielen die Anwendungsmöglichkeiten des Nachweisprogramms Ziegel Bauphysiksoftware Modul Schall 4.0 der Initiative Lebensraum Ziegel aufgezeigt. 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.

Wie bereits in der Nachweisführung der Vergangenheit erfolgt die Auslegung der trennenden und flankierenden Bauteile nicht für jeden Raum eines Gebäudes. Der erfahrene Planer sucht anhand der Grundrisse und Gebäudeschnitte die akustisch ungünstigste Raumsituation und bemisst die Bauteile als Repräsentanten 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 $< 10 \text{ m}^2$ – auch hier ist der flankierende Anteil der Schallübertragung dominant (vgl. Abschnitt 1.3).

Bei der vertikalen Schallübertragung werden übereinander liegende Eckräume mit hohen Außenwandanteilen aus hochwärmedämmenden Lochsteinen bemessen – häufig sind diese Raumsituationen maßgeblich für die akustische Dimensionierung der Außenwände.

Vertikale Übertragungssituationen mit zwei oder mehr leichten Trennwänden sind vorrangig zu bemessen – häufig ist diese Situation nur mit entkoppelten massiven Trennwänden nachweisbar.

Wird der Schallschutznachweis ohne Kenntnis konkreter Stoßstellenausführung erstellt, müssen die Stoßstellen mithilfe der normativen Kennwerte berechnet werden. Dies ist bei Standardgebäuden mit Anforderungen an

den bauordnungsrechtlichen Schallschutz der Regelfall.

Erfolgt dagegen eine Planung anhand konkreter Produktdaten und Ausführungsdetails können die entsprechenden Herstellerdaten einer Berechnung zugrunde gelegt werden. Dies bietet sich insbesondere im Bereich eines erhöhten Schallschutzes an. Voraussetzung für derartige Annahmen sollte sein, dass die Bauausführung des geplanten Gebäudes dann tatsächlich wie geplant realisiert und diese Ausführung auch entsprechend überwacht wird.

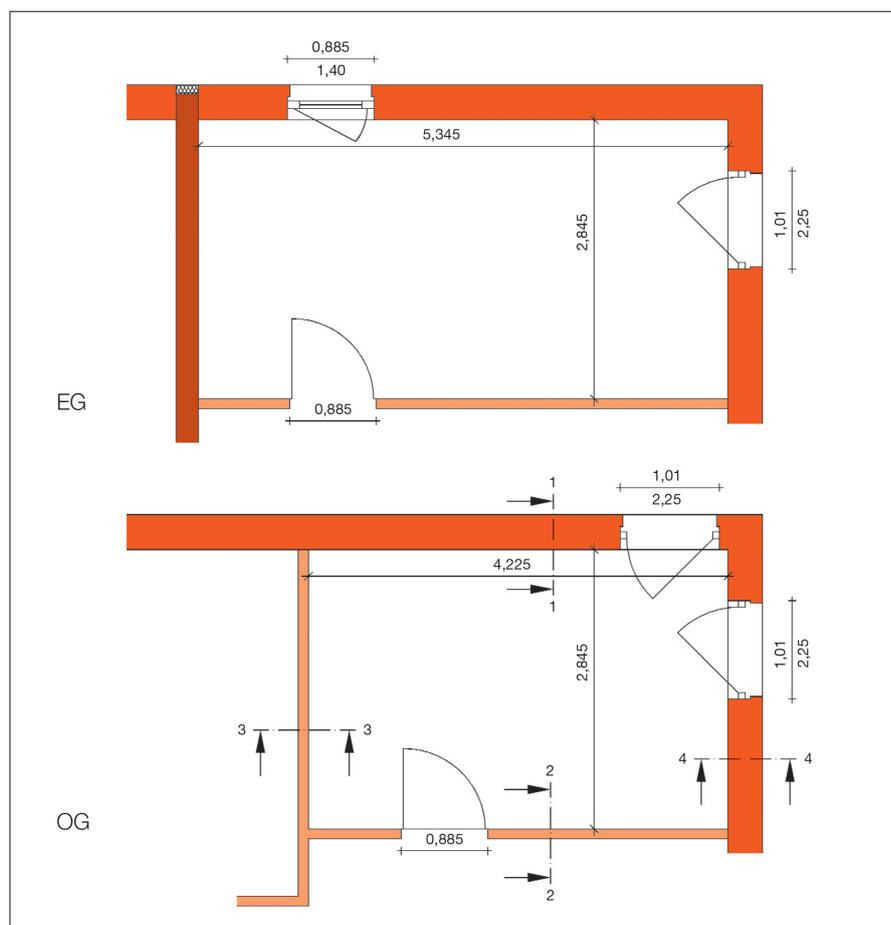


Bild 7.1: Grundrisse zweier übereinander liegender Eckräume.

7.2 Mehrfamilienhaus aus wärmedämmendem Hochlochziegelmauerwerk

Im Folgenden werden zwei Übertragungssituationen berechnet, die nach den oben genannten Prioritäten besonders ungünstige geometrische Randbedingungen aufweisen und somit maßgeblich für die Dimensionierung der Bauteile sind. Die geplanten Bauteilaufbauten sind in Tabelle 7.1 aufgeführt.

7.2.1 Vertikale Übertragungssituation

Bei diesem Beispiel handelt es sich um zwei übereinander in einer versetzten Grundrissituation angeordnete Eckräume (Bild 7.1). Der Raum im EG weist eine Grundfläche von $5,345 \cdot 2,845 = 15,2 \text{ m}^2$ der Raum im OG von $4,225 \cdot 2,845 = 12,0 \text{ m}^2$ auf. Die gemeinsame Trennfläche der Geschossdecke beträgt 12 m^2 . Die lichte Raumhöhe beträgt $2,5 \text{ m}$. Die Stoßstellendämm-Maße ergeben sich gemäß Tabelle 7.2.

Tabelle 7.1: Bauteilaufbauten zu den Beispielen 7.2 und 7.3.

Bauteilaufbau	Flächenbezogene Masse m' [kg/m ²]	Akustische Kennwerte	Bemerkungen
20 cm Stahlbeton-Geschossdecke, 60 mm Zementestrich auf 35 mm EPS-Trittschall-dämmplatten	480	$R_w = 60,7 \text{ dB}$ $f_0 = 74 \text{ Hz}$ $\Delta R_w = 6,8 \text{ dB}$	Gl. (26), Gl. (34), Gl. (36)
24 cm Wohnungstrennwand aus Füllziegeln, RDK 2,0, beidseitig 12 mm Gipsputz	480	$R_w = 60,7 \text{ dB}$	Gl. (26), Gl. (29), Gl. (33), Gl. (34)
36,5 cm HLz – Außenwand, RDK 0,75, beidseitig verputzt	298	$R_{w,Bau,ref} = 47,5 \text{ dB}$	Messwert nach DIN EN ISO 717-1 in Verbindung mit [1], [3]
11,5 cm HLz – Innenwand, RDK 0,8, beidseitig 12 mm Gipsputz	110	$R_w = 40,9 \text{ dB}$	Gl. (26), Gl. (30), Gl. (33), Gl. (34)

Tabelle 7.2: Stoßstellendämm-Maße der vertikalen Übertragungssituation.

Stoßstelle	Stoßtyp	Gemeinsame Kopplungslänge [m]	Normwerte $K_{12}/K_{13}/K_{23}$ [dB]	Bemerkungen
1 Außenwand/Decke/Außenwand	T-Stoß	3,215	4,9/8,9/4,9	Die Breite der Fenstertür im OG wird abgezogen.
2 Innenwand/Decke/Innenwand	K-Stoß	3,34	11/22,6/18	Die Breite der Innentür im OG wird abgezogen; Deckenkopf im EG entkoppelt.
3 Innenwand/Decke/Decke	Winkelstoß	2,845	1,7/8,7/4,7	Der Versatz l der Wände ist $\geq 0,5 \text{ m}$ (vgl. Bild 4.4).
4 Außenwand/Decke/Außenwand	T-Stoß	1,835	4,9/8,9/4,9	Die Breite der Fenstertür im EG/OG wird abgezogen.

Bauphysik – Modul Schall 4.0

Projekt: Stammdaten Drucken Einstellungen Info Kontakt

Projekt: 50500 Ziegelbrochure Straße: PLZ: 99999 Ort: Ziegelstadt Hersteller: DIN 4109:2016

Luftschalldämmung in Gebäuden Luftschalldämmung von Außenbauteilen Luftschalldämmung von zweischaligen Haustrennwänden Trittschalldämmung im Massivbau

Liste der Situationen Aktive Situation: Schallbrochure 7.2.1 Ergebnisse für: Schallbrochure 7.2.1

Trennbauteil

Geschossdecke mit Trittschalldämmung (35 mm EPS) Masse 480.00 kg/m³

Breite 4.225 m Fläche 12.02 m² <= 1 entkoppelte Kante: KE = 0 dB

Länge 2.845 m

Direktschalldämm-Maß R_{w} 60.7 dB

Bewertetes Schalldämm-Maß für Direktübertragung R_{Dd} 67.5 dB

Flankenbauteile

Nr.	Name	Bauteil	Länge [m]	m ³ /kg/m ³	R _w [dB]	R _{f,w} Flankendä...
1a	Wand 1	Planfüllziegel 2,0 24 cm	2.845	480.0	60.7	73.8
1b	Wand 1	Stahlbeton-Geschossdeck...	2.845	480.0	60.7	
2	Wand 2	Innenwand-Planziegel 0,8...	3.340	110.3	40.9	68.8
3	Wand 3	HLz-Außenwand R _w =47,5...	1.840	297.6	47.5	64.1
4	Wand 4	HLz-Außenwand R _w =47,5...	3.220	297.6	47.5	61.6

Räume

Name	Länge [m]	Breite [m]	Höhe [m]	Volumen [m ³]
OG	2.845	4.225	2.500	30.1
EG	2.845	5.345	2.500	38.0

Versetzter Grundriss dy 0.000 dx -1.120

OG

EG

Ergebnisse inklusive Sicherheitsabschlag von 2 dB

Norm-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ (OG)	53,5 dB	Mindestschallschutz	54 dB
Norm-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ (EG)	54,5 dB	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß R'_{w}	54,4 dB

Inklusive Sicherheitsabschlag von 2 dB

Bild 7.2: Screenshot der Übertragungssituation gemäß Bild 7.1.

Das Bild 7.2 zeigt einen Screenshot aus dem PC-Programm Ziegel Bauphysiksoftware Modul Schall 4.0. Neben der Raumanordnung in Form von zwei Vertikalschnitten werden die wichtigsten Berechnungsergebnisse angezeigt. Das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_{w} von 54,4 dB beinhaltet einen Sicherheitsbeiwert von 2 dB. Betrachtet man die Einzelergebnisse ist zu erkennen, dass die Flankenschalldämmung $R_{f,w}$ am Flankenbauteil 4 (Außenwand-Decke-Außenwand) den geringsten Wert aller Übertragungswege aufzeigt. Soll die Schalldämmung insgesamt erhöht werden, ist hier eine Verbesserung ratsam.

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.

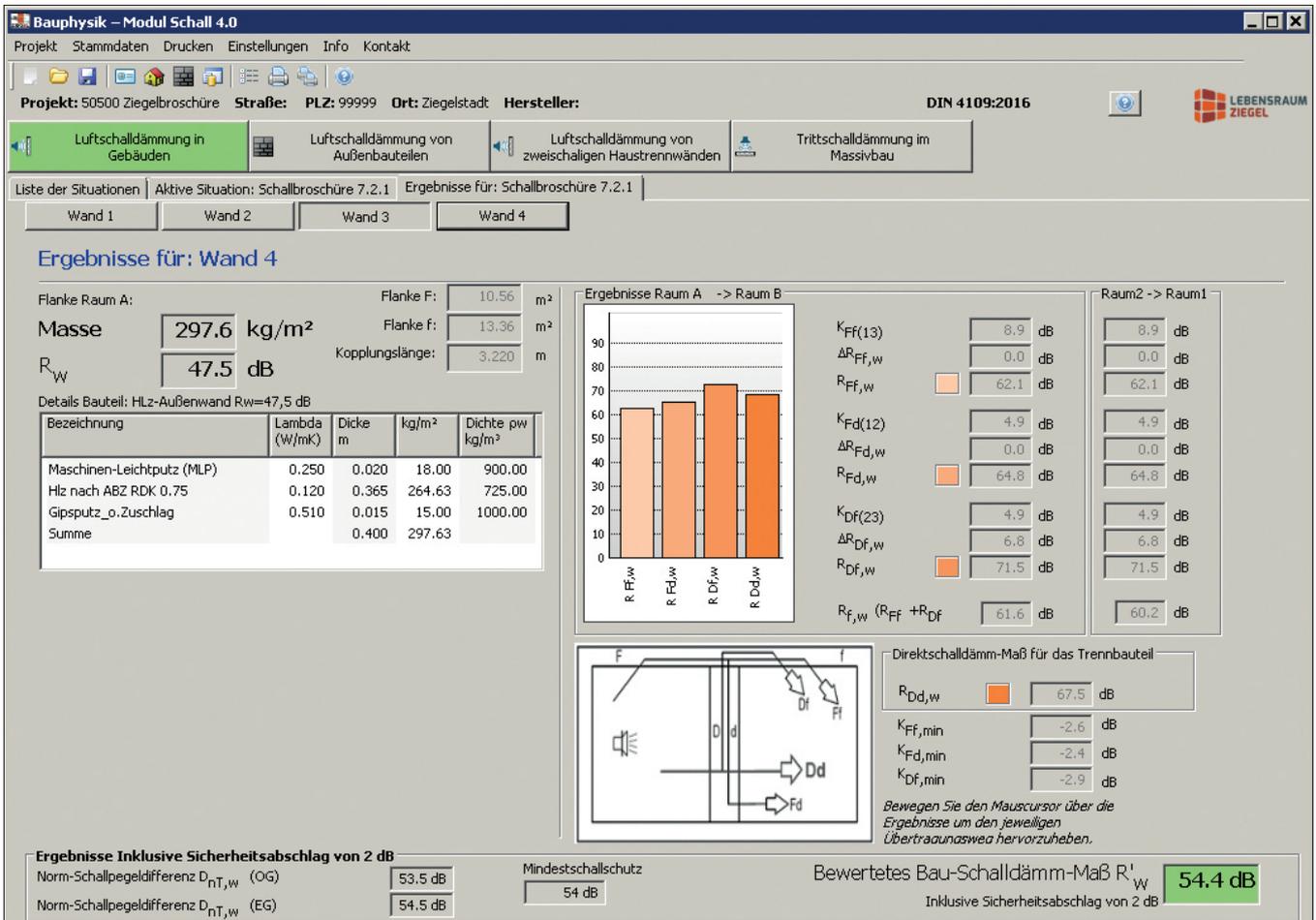


Bild 7.3: Screenshot der Ergebnisübersicht für den Flankenweg 4.

In Bild 7.3 ist zu erkennen, welche Beiträge die Stoßstellendämmung an der Flankenübertragung leistet, so dass hieraus mögliche Verbesserungsmaßnahmen sinnvoll abgeleitet werden können.

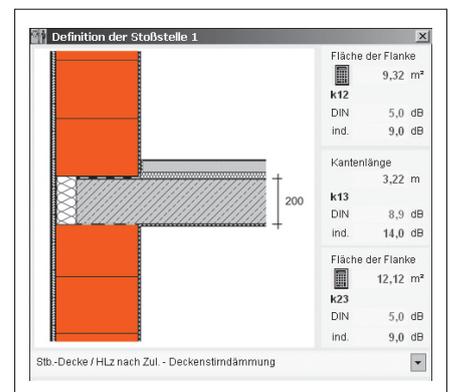


Bild 7.4: Screenshot der Stoßstelle mit verbesserter Detaillausbildung gemäß Herstellerangabe.

Wie in Kapitel 6 gezeigt, lassen sich für bestimmte Produkte und Ausführungsdetails verbesserte Stoßstellendaten finden. Wird beispielsweise das Deckenaufleger am T-Stoß mit einer Stirndämmung versehen, können verbesserte Stoßstellendämm-Maße gemäß Herstellerangabe für ausgewählte Wand-Deckenknoten gemäß Bild 7.4 angesetzt werden. Die Stoßstellendämm-Maße erhöhen sich um mehr als 4 dB gegenüber den normativen Standardwerten. Werden die T-Stöße der Außenwände 3 und 4 gemäß Bild 7.4 mit dieser Ausführung realisiert, erhöht sich das Bauschalldämm-Maß R'_{w} auf 57,1 dB. Ein erhöhter Schallschutz ist damit umsetzbar, ohne dass die Bauteilaufbauten gegenüber dem Ausgangsfall geändert werden müssen.

Diese Berechnung zeigt zudem, wie wichtig die Ausführung der Stoßstellen im Bereich der Deckenaufleger ist und wie sich die Flankendämm-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.

Tabelle 7.3: Stoßstellendämm-Maße der horizontalen Übertragungssituation.

Stoßstelle	Stoß-typ	Gemeinsame Kopplungs-länge [m]	Normwerte $K_{12}/K_{13}/K_{23}$ [dB]	Bemerkungen
1 Außenwand/ Trennwand/ Außenwand	T-Stoß	2,5	4,9/8,9/4,9	Die Wohnungstrennwand ist vollständig in die Außenwand eingebunden (Durchbindung).
2 Trennwand/ Trennwand/ Innenwand	Winkelstoß	2,5	5,0/13/7,6	Der Versatz l der Wände ist $\geq 0,5$ m (vgl. Bild 4.4), die leichte Trennwand ist entkoppelt.
3 Decke/ Trennwand/ Decke	K-Stoß	2,845	5,7/8,7/5,7	
4 Decke/ Trennwand/ Decke	K-Stoß	2,845	5,7/8,7/5,7	

7.2.2 Horizontale Übertragungssituation

Bei diesem Beispiel wird die Schalldämmung zwischen zwei an einer Wohnungstrennwand versetzt nebeneinander liegenden Räumen berechnet (Bild 7.5). Die Räume haben eine sehr kleine gemeinsame Trennwandfläche von lediglich $2,845 \cdot 2,5 = 7,1 \text{ m}^2$. Die Raumhöhe beträgt 2,5 m. Die anrechenbare Fläche der Außenwandflanke beiderseits der Wohnungstrenn-

wand beträgt je $0,9 \cdot 2,5 = 2,25 \text{ m}^2$. Die Stoßstellendämm-Maße sind in Tabelle 7.3 aufgeführt.

Hinweis:

Bei der Berechnung ist die Eingabe der Flankenfläche eines jeden Flankenbauteils erforderlich. Die Fläche einer Flanke erstreckt sich immer bis zur nächstgelegenen Bauteilöffnung (Fenster oder Tür) bzw. bis zum nächsten anschließenden Bauteil.

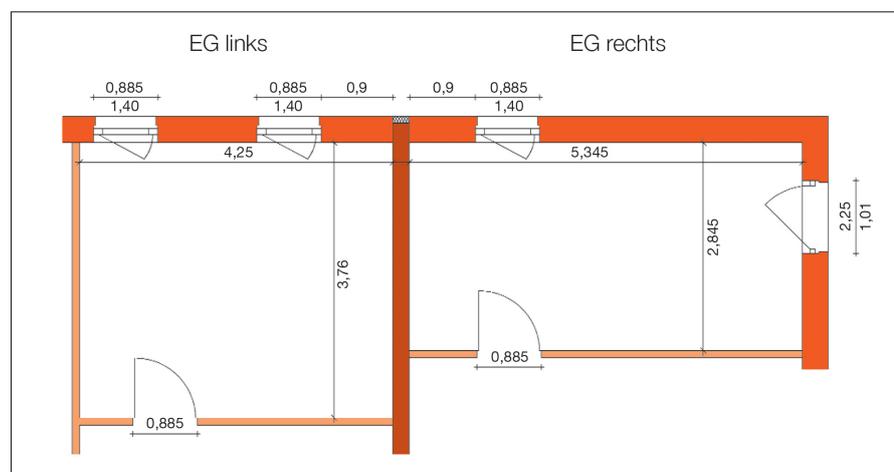


Bild 7.5: Grundriss zweier nebeneinander liegender Wohnräume.

Da die gemeinsame Trennfläche beider Räume kleiner 10 m^2 beträgt, ist gemäß DIN 4108-2 eine bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ gemäß GL. (14) 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 52,1 dB ergibt sich mit einer Trennfläche von $7,1 \text{ m}^2$ eine bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ von 53,6 dB. Der Mindestschallschutz gemäß DIN gemäß DIN 4109-1 ist damit erfüllt.

Bauphysik – Modul Schall 4.0
 Projekt Stammdaten Drucken Einstellungen Info Kontakt

Projekt: 50500 Ziegelbrochure Straße: PLZ: 99999 Ort: Ziegelstadt Hersteller: DIN 4109:2016

Luftschalldämmung in Gebäuden Luftschalldämmung von Außenbauteilen Luftschalldämmung von zweischaligen Haustrennwänden Trittschalldämmung im Massivbau

Liste der Situationen Aktive Situation: Schallbrochure 7.2.2 Ergebnisse für: Schallbrochure 7.2.2

Trennbauteil
 Planfüllziegel 2,0 24 cm Masse 480.00 kg/m³
 Breite 2.845 m Fläche 7.11 m² <= 1 entkoppelte Kante: KE = 0 dB
 Höhe 2.500 m
 Direktschalldämm-Maß R_{w} 60.7 dB
 Bewertetes Schalldämm-Maß für Direktübertragung R_{Dd} 60.7 dB

Flankenbauteile

Nr.	Name	Bauteil	Länge [m]	m ³ /kg/m ³	Rw[dB]	Rf,w...
1	Fußboden	Geschossdecke mit Trittschalldämm...	2.845	480.0	60.7	76.3
2	Decke	Stahlbeton-Geschossdecke 20cm	2.845	480.0	60.7	68.6
3a	Innenwand	Planfüllziegel 2,0 24 cm	2.500	480.0	60.7	59.7
3b	Innenwand	Innenwand-Planziegel 0,8 11,5 cm	2.500	110.3	40.9	
4	Außenwand	HLz-Außenwand RW=47,5 dB	2.500	297.6	47.5	59.0

Flanken identisch gemeinsame Kopplungslänge 2.500 m
 3 Fläche 2.29 m²
 3b Fläche 13.36 m²

Stoßstelle für gewähltes Bauteil
 Kreuzstoß
 Herstellergutachten eigene Gutachten
 T Starrer T-Stoß versetzt

Räume

Name	Länge [m]	Breite [m]	Höhe [m]	Volumen [m ³]
EG links	3.760	4.250	2.500	39.9
EG rechts	2.845	5.345	2.500	38.0

Flankenflächen automatisch zuweisen
 Versetzer Grundriss dy 0.915 dz 0.000

Ergebnisse inklusive Sicherheitsabschlag von 2 dB

Norm-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ (EG links)	54.6 dB	Mindestschallschutz	53 dB	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß R'_{w}	52.1 dB
Norm-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ (EG rechts)	54.4 dB			Inklusive Sicherheitsabschlag von 2 dB	

Bild 7.6: Screenshot der Übertragungssituation gemäß Bild 7.5.

Das Bild 7.6 zeigt ebenfalls einen Screenshot aus dem PC-Programm Ziegel Bauphysiksoftware Modul Schall 4.0. Die Raumanordnung wird anhand eines Grundrisses und eines Vertikalschnittes durch das Trennbauteil ersichtlich. Dazu werden die wichtigsten Berechnungsergebnisse angezeigt. Das Bau-Schalldämm-Maß beträgt $R'_{w} = 52,1$ dB. Dabei ist ein Sicherheitsbeitrag von 2 dB berücksichtigt.

Betrachtet man die Einzelergebnisse ist zu erkennen, dass die Flankenschalldämmung $R_{f,w}$ an der Stoßstelle 4 (Außenwand-Wohnungstrennwand-Außenwand) den geringsten Wert der Flanken-Übertragungswege aufzeigt. Dies liegt vor allem an der kleinen gemeinsamen Trennwandfläche von nur 7,1 m².

Bauphysik – Modul Schall 4.0

Projekt Stammdaten Drucken Einstellungen Info Kontakt

Projekt: 50500 Ziegelbroschüre Straße: PLZ: 99999 Ort: Ziegelstadt Hersteller: DIN 4109:2016

Luftschalldämmung in Gebäuden Luftschalldämmung von Außenbauteilen Luftschalldämmung von zweischaligen Haustrennwänden Trittschalldämmung im Massivbau

Liste der Situationen Aktive Situation: Schallbroschüre 7.2.2 mit VS Ergebnisse für: Schallbroschüre 7.2.2 mit VS

Trennbauteil

Planfüllziegel 2,0 24 cm Masse 480.00 kg/m³

Breite 2.845 m Fläche 7.11 m² <= 1 entkoppelte Kante: KE = 0 dB

Höhe 2.500 m

Direktschalldämm-Maß R_{w} 60,7 dB
Bewertetes Schalldämm-Maß für Direktübertragung R_{Dd} 67,2 dB

Flankenbauteile

Nr.	Name	Bauteil	Länge [m]	m ³ /kg/m ³	R _w [dB]	R _{f,w} ...
1	Fußboden	Geschossdecke mit Trittschalldämm...	2.845	480.0	60.7	76.3
2	Decke	Stahlbeton-Geschossdecke 20cm	2.845	480.0	60.7	68.6
3a	Innenwand	Planfüllziegel 2,0 24 cm	2.500	480.0	60.7	59.7
3b	Innenwand	Innenwand-Planziegel 0,8 11,5 cm	2.500	110.3	40.9	
4	Außenwand	HLz-Außenwand R _w =47,5 dB	2.500	297.6	47.5	59.0

Räume

Name	Länge [m]	Breite [m]	Höhe [m]	Volumen [m ³]
EG links	3.760	4.250	2.500	39.9
EG rechts	2.845	5.345	2.500	38.0

Flankenbauteile erzeugen

Flankenflächen automatisch zuweisen

Versetzter Grundriss dy 0,915 dz 0,000

Ergebnisse inklusive Sicherheitsabschlag von 2 dB

Norm-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ (EG links)	Mindestschallschutz	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß R'_{w}
56,2 dB	53 dB	53,7 dB
Norm-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ (EG rechts)		Inklusive Sicherheitsabschlag von 2 dB
56,0 dB		

Bild 7.7: Screenshot der Übertragungssituation gemäß Bild 7.5 mit Trennwand-Vorsatzschale im Raum EG rechts.

Eine Erhöhung der Schalldämmung des trennenden Bauteils ist geboten und damit die gleichzeitige Verbesserung der Flankendämmung an der Stoßstelle 1. Eine wirksame Erhöhung der Schalldämmung in derartigen Raumsituationen kann nur durch eine biegeweiche Vorsatzschale z. B. im kleineren Raum EG rechts, erreicht werden. Damit lässt sich ein Bau-Schalldämm-Maß R'_{w} von 53,7 dB erzielen (Bild 7.7). Da hier ebenso die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz zu berechnen ist, ergibt sich $D_{n,w}$ zu 55,2 dB.

7.2.3 Trittschalldämmung der Geschossdecke

Die Trittschalldämmung der Geschossdecke wird beispielhaft für das OG-Zimmer gemäß Bild 7.1 berechnet. Der Aufbau der Geschossdecke ist in Tabelle 7.1 beschrieben.

Die flächenbezogene Masse m' der Stahlbeton-Geschossdecke beträgt gemäß Gl. (26):

$$0,2 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 480 \text{ kg/m}^2$$

Der äquivalente Norm-Trittschallpegel errechnet sich nach Gl. (67) zu:

$$164 - 35 \cdot \lg 480 = 70,2 \text{ dB}$$

Hiervon ist die bewertete Trittschallminderung ΔL_w abzuziehen. Der Zement-Estrich mit 60 mm Dicke weist folgendes Flächengewicht auf:

$$0,06 \text{ m} \cdot 2000 \text{ kg/m}^3 = 120 \text{ kg/m}^2$$

Die dynamische Steifigkeit s' einer 35 mm EPS Trittschalldämmplatte mit einer Zusammendrückbarkeit von 2 mm beträgt laut Herstellerangabe $\leq 20 \text{ MN/m}^3$. Nach Bild 5.6 ist die Trittschallminderung $\Delta L_w > 29 \text{ dB}$ abzule-

sen bzw. gemäß GL. (68) mit 29,4 dB errechnet.

Der Einfluss der flankierenden Übertragung kann aus der flächenbezogenen Masse der zwei Außenwände sowie der 2 leichten Innenwände des oberen Raumes (auf der sicheren Seite liegend) wie folgt berechnet werden:

$$(2 \cdot 295 \text{ kg/m}^2 + 2 \cdot 110 \text{ kg/m}^2) / 4 = 203 \text{ kg/m}^2$$

Nach Tabelle 4.1 bzw. GL. (17) ergibt sich ein Zuschlag K auf den Trittschallpegel von 2,6 dB.

Bauphysik – Modul Schall 4.0

Projekt Stammdaten Drucken Einstellungen Info Kontakt

Projekt: 50500 Ziegelbrochüre Strafe: PLZ: 99999 Ort: Ziegelstadt Hersteller: DIN 4109:2016

Luftschalldämmung in Gebäuden Luftschalldämmung von Außenbauteilen Luftschalldämmung von zweischaligen Haustrennwänden Trittschalldämmung im Massivbau

Liste der Situationen Aktive Situation: Schallbrochüre 7.2.3

Estrich aus Zement oder Calciumsulfat
 Estrich aus Gussasphalt oder Trockenkonstruktion

Trittschallpegelminderung von weichfedernden Bodenbelägen nur für Nichtwohngebäude! 0,00 dB

Trennbauteil

Geschossdecke mit Trittschalldämmung (35 mm EPS)

Bezeichnung	lambda (W/mK)	Dicke m	kg/m ²	Dichte rho kg/m ³	Schall-Massezuordnung	s' [MN/m ³]
Zement-Estrich	1.400	0.060	120.00	2000.00	1 Biegeweiche S...	0.000
Exp. Polystyrolschaum (EPS)	0.040	0.035	0.70	20.00	Dämmstoff	20.000
Beton, armiert (2% Stahl), EN12524	2.500	0.200	480.00	2400.00	Biegesteif	0.000
Summe		0.295	600.70			

Masse d. Rohdecke (biegesteife Schale) 480.0 kg/m²
Masse d. Estrichplatte (biegeweiche Schale) 120.0 kg/m² mit Unterdecke (Tabelle 4)

Flankierende Bauteile ohne Vorsatzschale

mittlere flächenbez. Masse 203.9 kg/m²

Bauteil	Fläche ...	kg/m ²
HLZ-Außenwand Rw=47,5 dB	13.00	297.63
HLZ-Außenwand Rw=47,5 dB	7.00	297.63
Innenwand-Planziegel 0,8 11,5 cm	13.00	110.25
Innenwand-Planziegel 0,8 11,5 cm	7.00	110.25

HLZ-Außenwand Rw=47,5 dB Fläche (informativ) 7.00 m²

Ergebnisse

Äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w,eq}$ 70.2 dB
Minderung des Norm-Trittschallpegels ΔL_w 29.4 dB
Flankenübertragung K 2.6 dB
Lage K_T 0.0 dB

bewerteter Norm-Trittschallpegel inkl. Sicherheitszuschlag u_{prog} 3.0 dB
Mindestanforderung/erhöhte Anforderung 50 dB - dB

Verlegeuntergrund Ohne Einbauten Eingabe
 $L'_{n,w}$ 46.4 dB

Bild 7.8: Screenshot der Berechnung der Trittschalldämmung.

Der bewertete Normtrittschallpegel $L_{n,w}^I$ errechnet sich gemäß Gl. (16) zu:

$$70,2 - 29,4 + 2,6 = 43,4 \text{ dB.}$$

Diesem Wert ist ein Sicherheitsbeiwert von 3 dB zu addieren, so dass $L_{n,w}^I = 46,4 \text{ dB}$ mit der Anforderungsgröße zu vergleichen ist. Bild 7.8 zeigt einen Screenshot aus dem PC-Programm Ziegel Bauphysiksoftware Modul Schall 4.0.

7.3 Schalldämmung einer zweischaligen Haustrennwand

Die Luftschalldämmung zweischaliger Haustrennwände kann im Gegensatz zur bisherigen Vorgehensweise nach Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989 nun auch für Bausituationen im Erdgeschoss ohne Unterkellerung bzw. bei Ausführungen mit unvollständiger Trennung der Wandscheiben bestimmt werden.

Die zu bewertende Haustrennwand ist wie folgt aufgebaut:

2 · 17,5 cm HLz – RDK 1,4, raumseitig je 12 mm Gipsputz, Schalenabstand 30 mm mit Mineralwollplatte WTH gefüllt.

Die flächenbezogene Masse m' ergibt sich nach Gl. (26) bzw. (29) zu:

$$2 \cdot 0,175 \text{ m} \cdot (1400-100) \text{ kg/m}^3 + 2 \cdot 0,012 \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 = 480 \text{ kg/m}^2.$$

Tabelle 7.4: Zweischaligkeitszuschläge und Korrekturen eines unterkellerten Gebäudes.

Geschosslage	Flächenbezogene Masse der Flanken m' [kg/m ²]	Akustische Kennwerte	Bemerkungen
Kellergeschoss Trennwand auf durchgehender Bodenplatte mit/ohne Fundament	401	$\Delta R_{w,Tr} = 6 \text{ dB}$ $K = 0 \text{ dB}$ $R_{w,2}^I = 61,1 \text{ dB}$	Tab. 5.7 Zeile 2, Gl. (17)
Erdgeschoss Trennwand mit vollständiger Trennung	310 ¹⁾	$\Delta R_{w,Tr} = 12 \text{ dB}$ $K = 0 \text{ dB}$ $R_{w,2}^I = 67,1 \text{ dB}$	Tab. 5.7 Zeile 1, Gl. (17)
Obergeschoss Trennwand mit vollständiger Trennung	310 ¹⁾	$\Delta R_{w,Tr} = 12 \text{ dB}$ $K = 0 \text{ dB}$ $R_{w,2}^I = 67,1 \text{ dB}$	Tab. 5.7 Zeile 1, Gl. (17)
Dachgeschoss Trennwand mit vollständiger Trennung, Dachkonstruktion mit Schott getrennt	150 ²⁾	$\Delta R_{w,Tr} = 12 \text{ dB}$ $K = 1 \text{ dB}$ $R_{w,2}^I = 66,1 \text{ dB}$	Tab. 5.7 Zeile 1, Tab. 6.4 Gl. (17)

¹⁾ Fußboden mit schwimmendem Estrich bleibt unberücksichtigt ²⁾ Dach- und Leichtkonstruktionen bleiben unberücksichtigt

Tabelle 7.5: Zweischaligkeitszuschläge und Korrekturen der Gebäude mit weißer Wanne.

Geschosslage	Flächenbezogene Masse der Flanken m' [kg/m ²]	Akustische Kennwerte	Bemerkungen
Kellergeschoss Trennwand auf durchgehender Bodenplatte mit/ohne Fundament, Kelleraußenwände durchgehend	445	$\Delta R_{w,Tr} = 3 \text{ dB}$ $K = 0 \text{ dB}$ $R_{w,2}^I = 58,1 \text{ dB}$	Tab. 5.7 Zeile 4, Gl. (17)
Erdgeschoss Trennwand mit vollständiger Trennung auf KG mit weißer Wanne	310 ¹⁾	$\Delta R_{w,Tr} = 9 \text{ dB}$ $K = 0 \text{ dB}$ $R_{w,2}^I = 64,1 \text{ dB}$	Tab. 5.7 Zeile 3, Gl. (17)
Obergeschoss Trennwand mit vollständiger Trennung	310 ¹⁾	$\Delta R_{w,Tr} = 12 \text{ dB}$ $K = 0 \text{ dB}$ $R_{w,2}^I = 67,1 \text{ dB}$	Tab. 5.7 Zeile 1, Gl. (17)
Dachgeschoss Trennwand mit vollständiger Trennung, Dachkonstruktion mit Schott getrennt	150 ²⁾	$\Delta R_{w,Tr} = 12 \text{ dB}$ $K = 1 \text{ dB}$ $R_{w,2}^I = 66,1 \text{ dB}$	Tab. 5.7 Zeile 1, Tab. 6.4 Gl. (17)

¹⁾ Fußboden mit schwimmendem Estrich bleibt unberücksichtigt ²⁾ Dach- und Leichtkonstruktionen bleiben unberücksichtigt

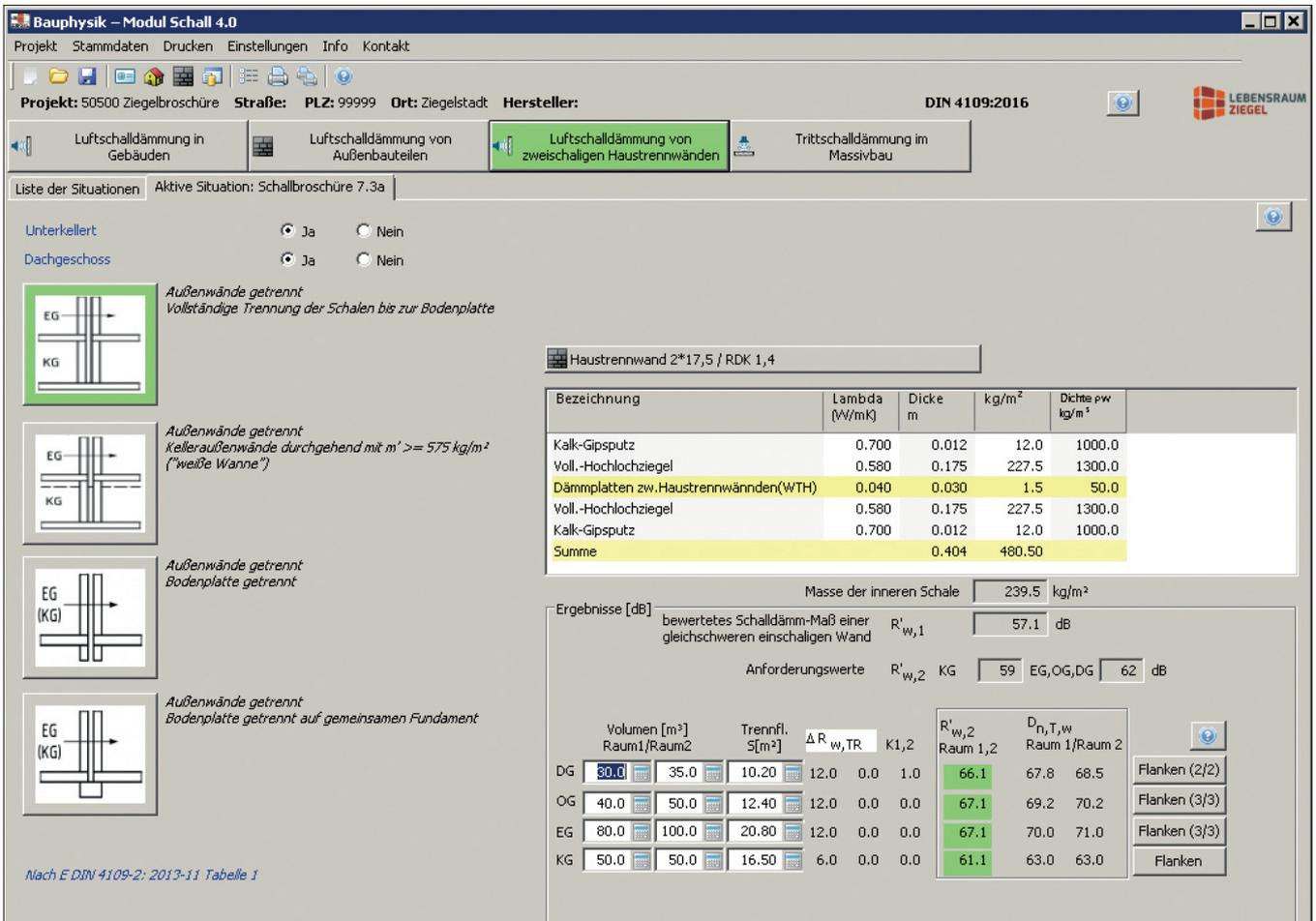


Bild 7.9: Screenshot der Haustrennwandsituation mit Darstellung der geschossabhängigen Zweischaligkeitszuschläge und Korrekturwerte für ein unterkerllertes Gebäude.

Das bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,1}$ der zweischaligen Haustrennwand in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse m' wird gemäß Gl. (65) bestimmt:

$$R'_{w,1} = 28 \cdot \lg 480 - 18 = 57,1 \text{ dB.}$$

In Abhängigkeit der Geschosslage und der Art der Fundamentausbildung gemäß Bild 5.5 werden die Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$ aus Tabelle 5.7 angewandt. Weiterhin ist die Korrektur K zum Einfluss der Flankenübertragung nach Gl. (17) zu ermitteln. Dazu müssen die flächenbezogenen Massen der flankierenden Bauteile in den einzelnen Geschossen berechnet werden. Tabelle 7.4 enthält die geschossweise zu ermittelnden Kennwerte. Das Bild 7.9 zeigt die Zusammenstellung der geschossabhängigen Eingaben sowie die dazugehörigen Ergebnisse für das Beispiel.

Bauphysik – Modul Schall 4.0

Projekt Stammdaten Drucken Einstellungen Info Kontakt

Projekt: 50500 Ziegelbroschüre Straße: PLZ: 99999 Ort: Ziegelstadt Hersteller: DIN 4109:2016

Luftschalldämmung in Gebäuden Luftschalldämmung von Außenbauteilen **Luftschalldämmung von zweischaligen Haustrennwänden** Trittschalldämmung im Massivbau

Liste der Situationen Aktive Situation: Schallbroschüre 7.3b

Unterkellert Ja Nein
Dachgeschoss Ja Nein

Außenwände getrennt
Vollständige Trennung der Schalen bis zur Bodenplatte

Außenwände getrennt
Kelleraußenwände durchgehend mit $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$ ("weiße Wanne")

Außenwände getrennt
Bodenplatte getrennt

Außenwände getrennt
Bodenplatte getrennt auf gemeinsamen Fundament

Nach E DIN 4109-2: 2013-11 Tabelle 1

Haustrennwand 2*17,5 / RDK 1,4

Bezeichnung	Lambda [W/mK]	Dicke m	kg/m ²	Dichte ρ_w kg/m ³
Kalk-Gipsputz	0.700	0.012	12.0	1000.0
Voll.-Hochlochziegel	0.580	0.175	227.5	1300.0
Dämmplatten zw. Haustrennwänden(WTH)	0.040	0.030	1.5	50.0
Voll.-Hochlochziegel	0.580	0.175	227.5	1300.0
Kalk-Gipsputz	0.700	0.012	12.0	1000.0
Summe		0.404	460.50	

Masse der inneren Schale 239,5 kg/m²

Ergebnisse [dB]

bewertetes Schalldämm-Maß einer gleichschweren einschaligen Wand $R'_{w,1}$ 57,1 dB

Anforderungswerte $R'_{w,2}$ KG 59 EG,OG,DG 62 dB

	Volumen [m ³] Raum1/Raum2	Trennfl. S[m ²]	$\Delta R_{w,TR}$	K1,2	$R'_{w,2}$ Raum 1,2	$D_{n,T,w}$ Raum 1/Raum 2		
DG	30.0 / 35.0	10.20	12.0	0.0	67.1	68.8	69.5	Flanken (2/2)
OG	40.0 / 50.0	12.40	12.0	0.0	67.1	69.2	70.2	Flanken (3/3)
EG	80.0 / 100.0	20.80	9.0	0.0	64.1	67.0	68.0	Flanken (3/3)
KG	50.0 / 50.0	16.50	3.0	0.0	58.1	60.0	60.0	Flanken (4/4)

Bild 7.10: Screenshot der Haustrennwandsituation mit Darstellung der geschossabhängigen Zweischaligkeitszuschläge und Korrekturwerte für die Gebäude mit weißer Wanne.

Wird die zuvor beschriebene gleiche Haustrennwand in einer Reihenhausezeile mit gemeinsamer Unterkellerung in Form einer sog. weißen Wanne aus Stahlbeton eingesetzt, ergeben sich sowohl im Kellergeschoss als auch im Erdgeschoss abweichende d.h. geringere Zweischaligkeitszuschläge. Bild 7.10 zeigt eine derartige Situation. In Tabelle 7.5 sind die geänderten Kennwerte in den einzelnen Geschossen dargestellt.

7.4 Schutz gegen Außenlärm

Der EG-Raum links (Bild 7.5) soll hinsichtlich seiner Schalldämmung gegen Außenlärm bemessen werden. Der maßgebliche Lärmpegelbereich III erfordert ein resultierendes Bau-Schalldämm-Maß erf. $R'_{w,res}$ von 35 dB (vgl. Tabelle 3.5).

Die Fensterfläche beträgt:

$$2 \cdot 0,885 \text{ m} \cdot 1,40 \text{ m} = 2,5 \text{ m}^2.$$

Die Außenwandfläche ist:

$$4,25 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} - 2,5 \text{ m}^2 = 8,1 \text{ m}^2.$$

Die Grundfläche des Raumes beträgt:

$$4,25 \text{ m} \cdot 3,76 \text{ m} = 16 \text{ m}^2.$$

Das bewertete Schalldämm-Maß R_w der Fenster mit 2-Scheiben-Isolierglas beträgt 34 dB (vgl. Tabelle 5.7). Die Außenwand weist ein bewertetes Schalldämm-Maß $R_{w,Bau,ref}$ von 47,5 dB auf.

Nach Gl. (20) kann das resultierende Schalldämm-Maß der Fassade wie folgt berechnet werden:

$$R_{w,res} = -10 \cdot \lg \left(1 + \frac{2,5 \text{ m}^2}{(2,5 \text{ m}^2 + 8,1 \text{ m}^2)} \cdot (10^{(47,5 \text{ dB} - 34 \text{ dB})/10} - 1) \right) = 39,7 \text{ dB}$$

Die Raum-Korrektur K_{AL} nach GL (21) ermittelt sich für das Verhältnis Fassadefläche zu Raumgrundfläche mit:

$$10 \cdot \lg (10,6/0,8 \cdot 16) = -0,8 \text{ dB}$$

Der Einfluss der flankierenden Übertragung K erfolgt unter Berücksichtigung der Geschossdecke, der Wohnungstrennwand und der leichten Innenwand mit einem durchschnittlichen Flächengewicht von:

$$(480 + 480 + 110) / 3 = 360 \text{ kg/m}^2.$$

Der Fußboden wird bei der Berechnung nicht einbezogen, da er mit einem schwimmenden Estrich als Vorsatzschale ausgestattet ist. Nach Tabelle 4.1 ergibt sich K zu 0 dB bezogen auf das Flächengewicht der Fassade von knapp 300 kg/m².

Damit lässt sich das resultierende Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,res}$ nach Gl. (18) unter Berücksichtigung eines Sicherheitsabschlags von 2 dB wie folgt berechnen:

$$R'_{w,res} = 39,7 + 0,8 + 0 - 2 = 38,5 \text{ dB}.$$

In dieser Bausituation wird das erforderliche Bau-Schalldämm-Maß von 35 dB sicher eingehalten.

8 Literatur

- [1] DIN 4109: Schallschutz im Hochbau – Teile 1-4, Juli 2016, Beuth Verlag, Berlin.
- [2] DIN EN 12354-1: Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen. Dezember 2000, Beuth Verlag, Berlin.
- [3] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-23.22-1787: Mauerwerk aus Hochlochziegeln – Regelungen zur Anwendbarkeit hinsichtlich des Schallschutzes. Deutsches Institut für Bautechnik 2010, Berlin.
- [4] Schneider, M., Fischer, H.-M.,: Umsetzung der europäischen Normen des baulichen Schallschutzes für die Ziegelindustrie. Abschlussbericht Nr. 1373 der Hochschule für Technik. Stuttgart, 2005.
- [5] DIN 4109 Beiblatt 1: Schallschutz im Hochbau; Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren. November 1989, Beuth Verlag, Berlin.
- [6] DIN 4109 Beiblatt 2: Schallschutz im Hochbau; Hinweise für die Planung und Ausführung, Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz, Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich. November 1989, Beuth Verlag, Berlin.
- [7] Lutz, P., Jenisch, R., Klopfer, H. et al.: Lehrbuch der Bauphysik. 3. Auflage. Teubner, Stuttgart, 1994.
- [8] DIN EN ISO 717-1: Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung. Juni 2013, Beuth Verlag, Berlin.

- [9] Schneider, M., Fischer, H.-M.: Einfluss des Verlustfaktors auf die Schalldämmung von Lochsteinmauerwerk, Bauphysik 30 (2008) Heft 6, S. 453-462.
- [10] 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.
- [11] DGfM (Hrsg.): Schallschutz nach DIN 4109, Merkblatt der Deutschen Gesellschaft für Mauerwerksbau. 2006, Berlin.
- [12] Maack, J.: Schallschutz zwischen Reihenhäusern mit unvollständiger Trennung, ITA Ingenieurgesellschaft, Abschlussbericht F 2474. Fraunhofer IRB Verlag, 1995, Stuttgart.
- [13] DIN 4109-2: Schallschutz im Hochbau – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung von Anforderungen. Juli 2016, Beuth Verlag, Berlin.
- [14] 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.
- [15] DIN 18005-1: Schallschutz im Städtebau, Teil 1: Grundlagen und Hinweise für die Planung. Juli 2002, Beuth Verlag, Berlin.
- [16] 16. BImSchV: Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV), 1990.
- [17] 24. BImSchV: Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung – 24. BImSchV), 1997.
- [18] TA-Lärm: Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm) vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503-515).
- [19] 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).
- [20] Wittstock, V., Scholl, W.: Berechnung der Prognoseunsicherheit nach DIN 4109, Forschungsbericht im Auftrag des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt). Braunschweig, August 2008.
- [21] DIN EN ISO 12999-1: Akustik – Bestimmung und Anwendung der Messunsicherheiten in der Bauakustik – Teil 1: Schalldämmung. September 2014, Beuth Verlag, Berlin.
- [22] Gierga, M., Schneider, M.: Einfluss leichter, massiver Innenwände auf den Schallschutz trennender Bauteile, Bauphysik 26 (2004) Heft 1, S. 36-42.
- [23] Gierga, M.: Schalltechnische Entkopplung – Verbesserung der Flankenschalldämmung im Ziegel-Massivbau, Mauerwerk 13 (2009), Heft 1, S. 16-20.
- [24] Weber, L., Müller, S.: Schallschutz bei Wärmedämmverbund-Systemen. IBP-Bericht B-BA 1/2014. Stuttgart, März 2015.
- [25] DIN EN 29053: Akustik; Materialien für akustische Anwendungen – Bestimmung des Strömungswiderstandes. Mai 1993, Beuth Verlag, Berlin.
- [26] DIN EN ISO 10140-2: Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 2: Messung der Luftschalldämmung. Dezember 2010, Beuth Verlag, Berlin.
- [27] DIN EN 14351-1: Fenster und Türen – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 1: Fenster und Außentüren ohne Eigenschaften bezüglich Feuerschutz und/oder Rauchdichtheit. August 2010, Beuth Verlag, Berlin.
- [28] DIN EN 14351-2: Fenster und Türen – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 2: Innentüren ohne Eigenschaften bezüglich Feuerschutz und/oder Rauchdichtheit. Juni 2014, Beuth Verlag, Berlin.
- [29] DIN EN 29052-1: Akustik – Bestimmung der dynamischen Steifigkeit – Teil 1: Materialien, die unter schwimmenden Estrichen in Wohngebäuden verwendet werden. August 1992, Beuth Verlag, Berlin.
- [30] 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.
- [31] DIN 4108-10: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe – Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe. Dezember 2015, Beuth Verlag, Berlin.
- [32] DIN 18560-2, Estriche im Bauwesen – Teil 2: Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten (schwimmende Estriche). September 2009, Beuth Verlag, Berlin.
- [33] Fischer, H.-M., Scholl, W.: Schallschutz im Mauerwerksbau. Mauerwerk-Kalender 2010, S. 245-291.

9 Checkliste zum erhöhten Schallschutz

• Bauvertrag

Festlegung der bauakustischen Qualität z. B. auf Basis der Werte aus Beiblatt 2 zu DIN 4109.

Differenzierte Festlegung der Verbesserungen z. B. Trittschalldämmung der Geschossdecken, Luftschalldämmung der Wohnungstrennwände und Decken oder auch erhöhter Schallschutz gegen Geräusche aus haustechnischen 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 Raumbreite.

Konzentration von Bädern und Küchen übereinander und Optimierung der vertikalen Versorgungsleitungen der Haustechnik.

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 Brüstungsteil, 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 u.U. 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.

• Haustechnik

Körperschall-Entkopplung von Sanitär- und Haustechnik-Installationen.

Vermeidung von Körperschall durch Türschließer, Torantriebe bei Tiefgaragen.

Schallemissionen aus dezentralen Wärmeerzeugern durch Kapselung vermeiden.

• Wohnungslüftung

Abwägung dezentraler Anlagen gegen über Zentralanlagen (Telefonieschall).

Schalldruckpegel der Ventilatoren begrenzen.

• Bauüberwachung

Vermeidung von Schallbrücken an Treppenläufen, zweischaligen Haustrennwänden, Vorsatzschalen und schwimmenden Estrichen.

Verschließen von Durchbrüchen innerhalb von Installationsschächten.

Vermeidung durchlaufender Holzbauteile z. B. im Dachgeschoss.

Sicherstellung der Luftdichtheit zur Vermeidung von Fugenschall.

Versetzte Anordnung fremder Elektroinstallationen an Trennbauteilen.

10 Stichwortregister

A bsorptionsgrad α	8	L ärmpegelbereich	15	T -Stoß	37
A mplITUDE	6	L autstärkepegel	7	T eilunsicherheiten	11, 27
ä quivalenter Norm-Trittschallpegel	22	L ochsteine	29, 39	T erzfilter-Analyse	8
A ußenlärm	14, 24	L uftschall	8	T on	7
A ußenlärmpegel	11	L uftschallschutz	12	T reppen	23, 48
B au-Schalldämm-Maß	9, 16	L uftschallübertragung	16	T reppenpodest	48ff
B auordnungsrecht	3	M assivdecken	22, 34	T rittschallkorrektur K_T	23
B auteilecke	37	M assivtreppen	23, 48	T rittschallminderung ΔL_w	22, 45ff
B auteilöffnung	61	N achhallzeit	8	T rittschallpegelminderung	11
B ewertetes Schalldämm-Maß	8	N ebenwegübertragung	9	T rittschallschutz	47
D achanschluss	53	N orm-Flankenpegeldifferenz	9	T rittschallübertragung	12
D eckenaufleger	50	N orm-Trittschallpegel	10, 38	T üren	22
D irektschalldämmung	9, 18	O ktavfilter-Analyse	7	U ndichtheiten	43
d ynamische Steifigkeit	33, 35, 45	P lanung	5, 70	U nsicherheit der Berechnung	29
E ckraum	57	P utzüberbrückung	52	V erlustfaktor-Korrektur	11
e inschalige Bauteile	28	R anddämmstreifen	45, 54	v ersetzte Grundrisse	9
E lektroinstallationen	29	R aumkorrektur K_{AL}	24	V orhaltemaß	19
E ntkopplung	31, 39, 52	R esonanzfrequenz	10, 32	V orsatzschale, biegeweich	10, 24
E rhöhter Schallschutz	13, 61	r esultierende Schalldämmung	26	W andanschlüsse	32, 36
F enster	25, 41	S chalenabstand	36, 40	W andöffnungen	53
F ensterfläche	68	S chall	6	W androhrichten	61
f lächenbezogene Masse	22, 28	S challabsorption	8	W ärmedämmende HLz	28
F lankendämm-Maß	9	S challbrücke	21, 22, 49	W ärmedämmverbundsystem	30
F lankenkorrektur K	22	S challdämm-Maß	8	W ärmedämmverbundsystem	19, 30, 32
F lankenübertragung	4, 9	S challdruck	6	w eichfedernde Bodenbeläge	47
F luglärm	27	S challdruckpegel	7	W ellenlänge	6
F requenz	6	S challgeschwindigkeit	6	W ohnungstrennwand	13, 51
F requenzbereich	7	S challintensität	6	Z iegel-Außenwand, einschalig	30
F ugenhohlraum	40	S challleistung	6	Z iegel-Außenwand, zweischalig	33
F undamentausbildung	20, 40	S challpegeladdition	7	Z iegel-Innenwand	31
G eräusch	7	S challschnelle	6	Z iegel-Innenwand, entkoppelt	31
G esamtschallpegel	7	S challwelle	6	Z iegel-Innenwandsystem (ZIS)	39, 52
G ewerbelärm	27	S chienenverkehrs-lärm	27	Z iegeldecke	35
G renzfrequenz	10	S chlitze	29	z usammengesetzte Bauteile	24
H austechnik	15	S chwimmender Estrich	22, 45	z weischalige Trennwand	20ff
H austrennwände	15, 20	S icherheitsbeiwert	41, 59, 65	Z weischaligkeitszuschlag	11, 40, 65
H ohlraumtiefe	36	S icherheitskonzept	27		
I nnendämmung	56	S icherheitszuschlag	27		
I nstallationsgeräusche	15	S pektrum-Anpassungswerte	10		
K opplungslänge l_f	18, 58, 59	S tandard-Schallpegeldifferenz	9		
K örperschall	8	S toßfugen	29		
K reuzstoß	37, 38, 52	S toßstellen - optimiert	49ff		
		S toßstellendämm-Maß K_{ij}	10, 38		
		S toßstellendämmung	37		
		S toßstellengeometrie	19		
		S traßenverkehrs-lärm	27		
		S trömungswiderstand	32, 36		
		S tumpfstoß	39, 51		

Beratungsstellen der Ziegelindustrie

Anfragen zum Bauen mit Ziegeln nehmen folgende Stellen entgegen:

Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V.
Schaumburg-Lippe-Str. 4
53113 Bonn
Telefon: 0228-91493-0
Telefax: 0228-91493-28
info@ziegel.de
<http://www.ziegel.de>

Ziegel-Zentrum Nord West e. V.
Eggestraße 3
34414 Warburg
Telefon: 05642-9494-69
Telefax: 05642-9494-70
info@ziegel-zentrum.de
<http://www.ziegel-zentrum.de>

Bayerischer Ziegelindustrie Verband e. V.
Beethovenstraße 8
80336 München
Telefon: 089-746616-0
Telefax: 089-746616-30
bzv@ziegel.com
<http://www.ziegel.com>

Ziegel Zentrum Süd e. V.
Beethovenstraße 8
80336 München
Telefon: 089-746616-11
Telefax: 089-746616-60
info@ziegel.com
<http://www.ziegel.com>

Impressum

Herausgeber:
Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel
im Bundesverband der Deutschen
Ziegelindustrie e. V.
Schaumburg-Lippe-Straße 4
53113 Bonn
Internet: www.argemauerziegel.de

Verfasser:
Dipl.-Ing. Michael Gierga, Bottrop
Dipl.-Ing. (FH) André Staniszewski, Bonn

Vollständig neu überarbeitete Ausgabe,
Oktober 2016

Alle Rechte vorbehalten.
Nachdruck, auch auszugsweise, nur
mit ausdrücklicher Genehmigung von
©Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e. V., Bonn, 2016

Bild Titelseite:
Ziegel Zentrum Süd e. V., München

Gestaltung und Satz
Umschlag: InVIA Marketing GmbH, München
Innenteil: Kleinhans-Grafik, Ratingen



THERMOPOR – Wohlfühlen ein Leben lang

Aktualisierte Neuauflage, Ausgabe Oktober 2016

