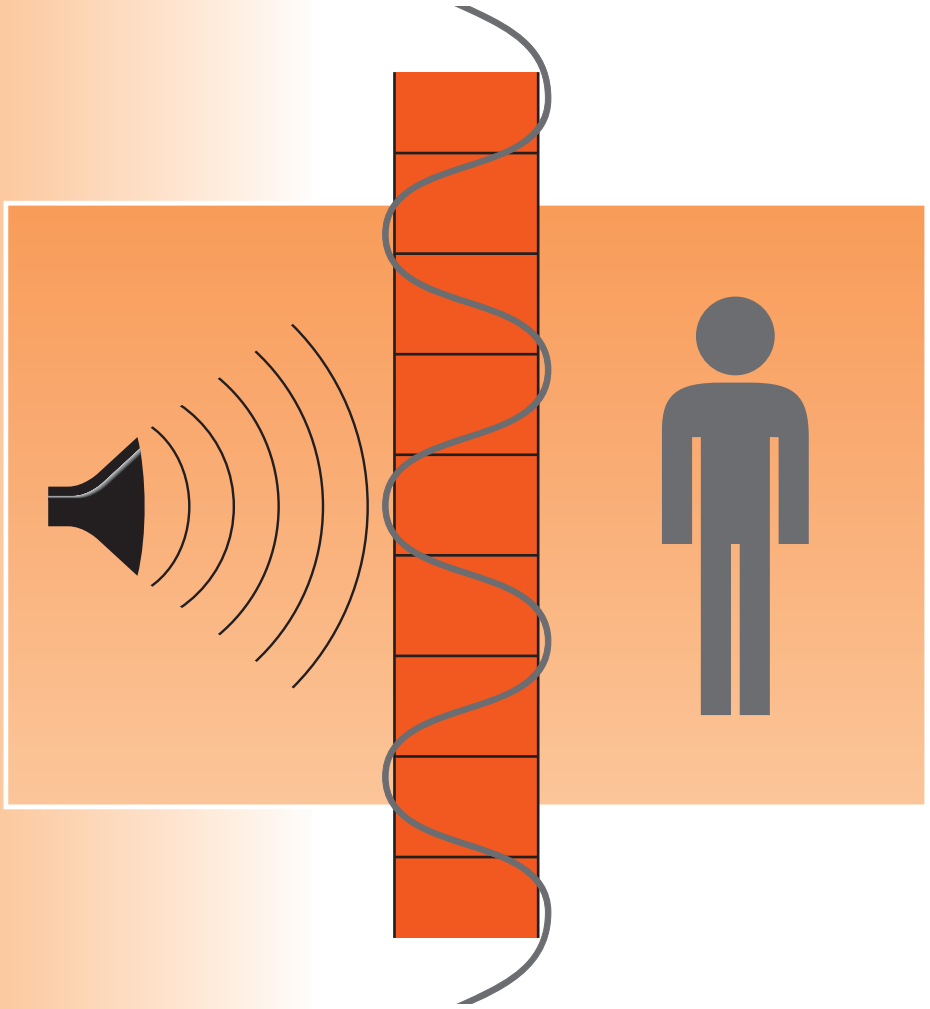
# Baulicher Schallschutz

Schallschutz mit Ziegeln



mein ziegelhaus®

Verwaltungs GmbH:
**Mein Ziegelhaus**
**GmbH & Co. KG**
Märkerstraße 44
63755 Alzenau
Internet: www.meinziegelhaus.de

Technische Geschäftsführung:
**Mein Ziegelhaus**
**GmbH & Co. KG**
Rheinufer 108
53639 Königswinter
Internet: www.meinziegelhaus.de

# Inhalt


**1 Einleitung** 2
1.1 Was bringt die neue Norm? 3
1.2 Akustisches Bilanzverfahren 3
1.3 Hinweise zur Planung und Ausführung 4

**2 Begriffe und Definitionen** 5

**3 Anforderungen an den Schallschutz** 11
3.1 Vorbemerkungen 11
3.2 Bauordnungsrechtlicher Schallschutz 11
3.3 Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz 12
3.4 Luft- und Trittschallschutz in Geschosswohnbauten 13
3.5 Luft- und Trittschallschutz zwischen Einfamilien-Reihen- und Doppelhäusern 13
3.6 Anforderungen an den Außenlärm 13
3.7 Haustechnische Anlagen 14

**4 Berechnungsverfahren und Randbedingungen** 15
4.1 Verfahren zur Berechnung der Luftschallübertragung in Massivgebäuden 15
4.2 Bauteilkennwerte für die Berechnung 16
4.3 Hinweise zur Modellierung der Raumsituation 16
4.3.1 Handhabung versetzter Grundrisse 16
4.3.2 Hinweise zur Handhabung von Bauteilen mit unterschiedlichen flächenbezogenen Massen 17
4.4 Haustrennwände mit zwei massiven, biegesteifen Schalen 17
4.4.1 Funktionsprinzip 18
4.4.2 Berücksichtigung der flankierenden Übertragung 19
4.5 Trittschallübertragung 19
4.5.1 Massive Geschossdecken 19
4.5.2 Ermittlung des bewerteten Normtrittschallpegels von Massivdecken 20
4.5.3 Ermittlung des bewerteten Normtrittschallpegels von Massivtreppen 21
4.6 Schallschutz gegen Außenlärm 21
3.6.1 Rechenverfahren 21
3.6.2 Lärmquellen 22
3.6.3 Resultierende Schalldämmung zusammengesetzter Bauteile 22
3.6.4 Rechenverfahren nach DIN EN 12354-3 23
4.7 Prognosesicherheit 23
4.7.1 Sicherheitskonzept 23
4.7.2 Teilunsicherheiten 23
4.7.3 Nachweis durch Messung am Bau 23

**5 Schalldämmung von Bauteilen** 24
5.1 Bauteilkennwerte für die Luftschalldämmung 24
5.1.2 Massive Wände 24
5.1.2.1 Bestimmung der flächenbezogenen Masse einschaliger massiver Wände 24
5.1.2.2 Bewertetes Schalldämm-Maß einschaliger, homogener Bauteile 25
5.1.2.3 Bewertetes Schalldämm-Maß von Mauerwerk aus wärmedämmenden Hochlochziegeln 26
4.1.2.4 Entkoppelte leichte, einschalige, massive Wände 26
5.1.2.5 Außenwände mit Wärmedämmverbundsystemen 27
5.1.2.6 Zweischalige Außenwände mit Verblendmauerwerk 27
5.1.3 Massive Decken 28
5.1.3.1 Bestimmung der flächenbezogenen Masse von Massivdecken 28
5.1.3.2 Bewertetes Schalldämm-Maß von Massivdecken 28
5.2 Vorsatzkonstruktionen 29
5.2.1 Direktschalldämmung einseitig angebrachter Vorsatzschalen 30
5.2.2 Flankenschalldämmung von Bauteilen mit Vorsatzschalen 30
5.3 Bauteilkennwerte für die Stoßstellendämmung 31
5.3.1 Stoßstellen massiver Bauteile 31
5.3.2 Stumpfstoß bei wärmedämmenden Hochlochziegeln 32
5.3.3 Stoßstellen massiver Innenwände mit elastischen Zwischenschichten/Entkopplungen 32
5.4 Zweischalige Haustrennwände aus Mauerwerk 33
5.4.1 Konstruktionsrandbedingungen 33
5.4.2 Fundamentausbildung 33
5.4.3 Ermittlung des Schalldämm-Maßes zweischaliger Haustrennwände 34
5.5 Fenster und Türen 35
5.5.1 Fenster mit Mehrscheiben-Isolierverglasung 35
5.5.2 Türen 37
5.6 Trittschalldämmung 38
5.6.1 Allgemeines 38
5.6.2 Schwimmende Estriche auf Massivdecken 38
5.6.2.1 Bewertete Trittschallminderung $\Delta L_w$ schwimmender Mörtelestriche 39
5.6.2.2 Bewertete Trittschallminderung $\Delta L_w$ schwimmender Gussasphalt- oder Fertigteilestriche 40
5.6.3 Weichfedernde Bodenbeläge 41
5.7 Massivtreppen 42

**6 Anschlussdetails** 43
6.1 Bauteilanschlüsse mit hohem Einfluss auf die Stoßstellendämmung 43
6.1.1 Massive Bauteilanschlüsse 43
6.1.1.1 Außenwand – Deckenknoten 43
6.1.1.2 Außenwand – Trennwandknoten 44
6.1.1.3 Entkoppelte Bauteilanschlüsse 45
6.1.1.4 Trennwand – Dachanschlüsse 46
6.2 Anschlussdetails mit hohem Einfluss auf die Trittschalldämmung 47
6.2.1 Schwimmende Estriche 47
6.2.2 Treppen 47
6.3 Ausführungshinweise zu Innendämmungen 49
6.4 Ausführungshinweise zu zweischaligen Haustrennwänden 49

**7 Beispiele** 50
7.1 Vorbemerkungen 50
7.2 Mehrfamilienhaus aus wärmedämmendem Hochlochziegelmauerwerk 50
7.2.1 Vertikale Übertragungssituation 51
7.2.2 Horizontale Übertragungssituation 53
7.2.3 Trittschalldämmung der Geschossdecke 55
7.2.4 Schutz gegen Außenlärm 55
7.3 Schalldämmung einer zweischaligen Haustrennwand 56

**8 Literatur** 58

**9 Checkliste zum erhöhten Schallschutz** 59

**10 Stichwortverzeichnis** 60

# 1. Einleitung

Der bauliche Schallschutz gehört zu den wichtigsten Schutzzielen im Hochbau. Die Tragfähigkeit von Mauerwerk wird im Regelfall als gegeben vorausgesetzt. Brand- und Wärmeschutz sind wichtige Funktionen, die nicht unvermittelt quantitativ überprüft werden können. Der Schallschutz eines Bauteils wird dagegen jederzeit vom Bewohner in Anspruch genommen, indem 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 das gewünschte Schutzziel festzulegen. Als Basis gelten die bauordnungsrechtlichen Schallschutz-Anforderungen von DIN 4109:1989 [1], die nicht unterschritten werden dürfen. Darüber hinaus können zwischen Bauherrn und Bauträger höhere Standards z.B. nach DIN 4109 Beiblatt 2:1989 [6] vereinbart werden. Heute übliche Qualitäts- und Komfortstandards machen unter Umständen erhöhte Aufwendungen zum Schallschutz erforderlich. Die Rechtsprechung des Bundesgerichtshofs (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 und das gewünschte Schallschutzniveau transparent darzustellen und vertraglich zu vereinbaren. Ein erhöhter Schallschutz ist eine anspruchsvolle Planungsaufgabe für Architekten und Statiker. Derzeit werden dazu sowohl die Nachweisverfahren normativ überarbeitet als auch die Anforderungen an den Schallschutz überprüft.

Ziel dieser Broschüre ist es, eine Einführung in die wichtigsten Begriffe des baulichen Schallschutzes zu geben, die Anforderungen und das Nachweisverfahren der zukünftigen DIN 4109 zu erläutern und für den Wohnungsbau Konstruktionsempfehlungen abzugeben.

**Tabelle 1.1: Übersicht der wichtigsten Änderungen im Bemessungsverfahren**

| Thema | Bisher:<br>Beiblatt 1 zu DIN 4109 | Zukünftig:<br>DIN 4109 - NEU |
|---|---|---|
| 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 Stoßstellendämm-Maß des jeweiligen Bauteilanschlusses |
| Berücksichtigung schwimmender Estriche und Vorsatzschalen | Im Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes $R'_{w,R}$ enthalten | Korrektur durch Zuschlag $\Delta R_w$ 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 $u_{Prognose}$ = -2 dB (pauschal) vom Bau-Schalldämm-Maß $R'_w$ abzuziehen |

[1)] nur gültig für unterkellerte Gebäude, [2)] bei Türen abweichend

## 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 findet eine Übertragung der DIN EN 12354 – Normreihe im Rahmen einer DIN 4109 – Überarbeitung statt und ist nahezu abgeschlossen. Im Rahmen 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 Schallschutz im Massivbau unterschätzt worden.

Entscheidend ändern wird sich daher die Bezeichnung der Bauteilkennwerte. Das bisherige bewertete Schalldämm-Maß $R'_w$ wird weiterhin die Schalldämmung zwischen zwei Räumen beschreiben, nicht aber als Kennwert eines Bauteils gelten. Die Schalldämmeigenschaften eines einzelnen Bauteils werden zukünftig durch dessen Direkt-Schalldämm-Maß $R_w$ charakterisiert. 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 Einzahlangaben der Schalldämmung der einzelnen Bauteile und wird nach Übernahme in die neue DIN 4109 gegenüber dem derzeitigen Verfahren nach Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989 dessen Schwächen nicht mehr aufweisen. Zukünftig erfolgt die differenzierte Berücksichtigung aller Schallnebenwege eines Trennbauteils d.h. die einzelnen Längsleitungsbeiträge einschließlich der zugehörigen Stoßstellendämmung an den Bauteilanschlüssen werden bilanziert (siehe Bild 2.7). Diese neue Vorgehensweise wird im Übrigen von allen Mauersteinherstellern favorisiert, um sowohl im Massivbau als auch bei Mischbauweisen eine zuverlässige Berechnungsprozedur mit abgesicherten Bauteilkennwerten zur Verfügung zu stellen.

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 Vielzahl 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 Einsatzzweck optimierten Ziegelprodukte sowie Ausführungsvorschläge erarbeitet und auch bereits in die Normung eingebracht.

Die Rechenalgorithmen der zukünftigen Norm sowie der derzeitige Stand der Technik werden bereits jetzt durch die von der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel erwirkte Allgemein bauaufsichtliche Zulassung Z-23.22-1787 des Deutschen Instituts für Bautechnik [3] für den bauordnungsrechtlichen Schallschutznachweis legitimiert.

Mit dieser Prozedur kann ab sofort der Schallschutznachweis zur Luftschalldämmung im Massivbau aus hoch wärmedämmendem Ziegelmauerwerk bauordnungsrechtlich geführt werden. Dadurch wird 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 ein Werkzeug zur Verfügung, das auf Basis der zukünftigen DIN 4109 Handlungsfähigkeit in der Bemessung des Schallschutzes herstellt.

## 1.3 Hinweise zur Planung und Ausführung

Neben der Festlegung des Anforderungsniveaus spielt die Zonierung 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 4109:1989 erfüllen, der Schallschutz in besonders schützenswerten Räumen wie Schlafzimmern ohne teuren baulichen Aufwand den erhöhten Bedürfnissen genügen. Dieser Aspekt wird häufig in der Praxis nicht erkannt. Da vor allem in kleinen Räumen ein hoher Schallschutz schwieriger zu realisieren ist als in großen Räumen, kommt gerade hier der Anordnung schutzbedürftiger Räume zueinander eine große Bedeutung zu (siehe Bild 1.1).

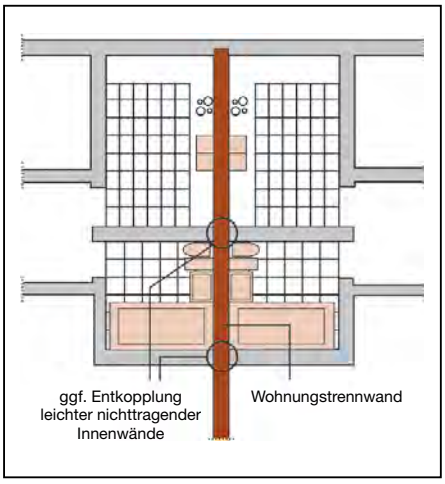



**Bild 1.1:** Günstige Raumanordnung von Bad und Küche an einer Wohnungstrennwand.

Sind Küche oder Bad an der Wohnungstrennwand zu leisen, fremden Räumen angeordnet, bietet sich u.U. eine biegeweiche Vorsatzschale im lauten Raum bzw. die Entkopplung leichter Bauteile oder Einbauten an (siehe Bild 1.2).

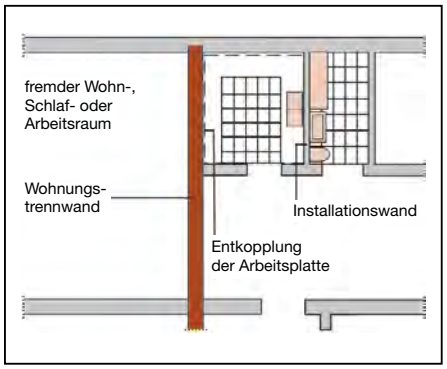



**Bild 1.2:** Entkopplung einer Küchen-Arbeitsplatte und günstige Position von Installationen abseits der Wohnungstrennwand.

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 1.3).

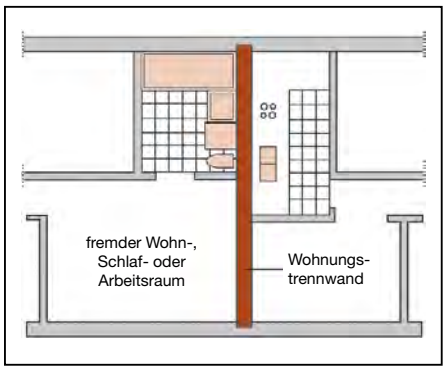



**Bild 1.3:** Ungünstige Diagonalposition lauter zu leisen Räumen an einer Wohnungstrennwand.

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.

# 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 zu entnehmen (siehe Kapitel 8).

**Schall:**
Als Schall bezeichnet man mechanische Schwingungen eines elastischen Mediums deren Frequenzen im Hörbereich des menschlichen Ohres zwischen ewa 16 Hertz 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.

**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 |

**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 m/s für 20 °C bei Normaldruck (1013 hPa) angegeben. Die Schallgeschwindigkeit kann berechnet werden, wenn die Werte für λ 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.

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

mit:
λ = Wellenlänge
f = Frequenz der Schallwelle

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

**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**.

$$v = 2\,\pi \cdot f \cdot a \qquad [m/s] \quad (2)$$

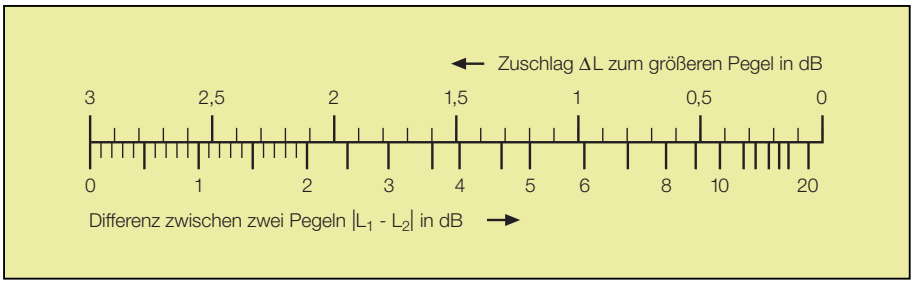



**Bild 2.1:** Nomogramm zur Addition zweier Schallpegel [7].

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

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

mit:
v = Schallschnelle in m/s
ρ = Dichte des Mediums in kg/m³

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

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

**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 $\mathbf{p_0}$ und wird in dB (Dezibel) angegeben. Der Bezugsschalldruck entspricht der Hörschwelle und beträgt $2 \cdot 10^{-5}$ Pa.

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

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

**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 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 Lautstärkeeindrucks erst bei einer Pegelzunahme von ca. 10 dB.

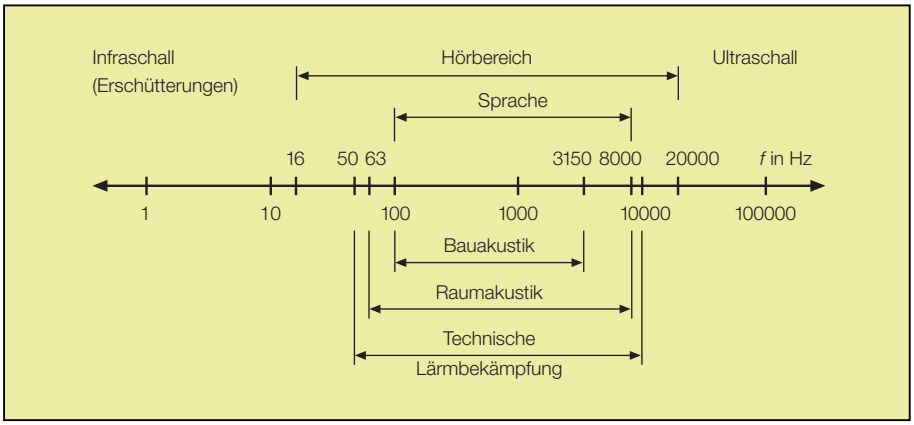



**Bild 2.2:** Akustischer Frequenzbereich.

**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.

**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.

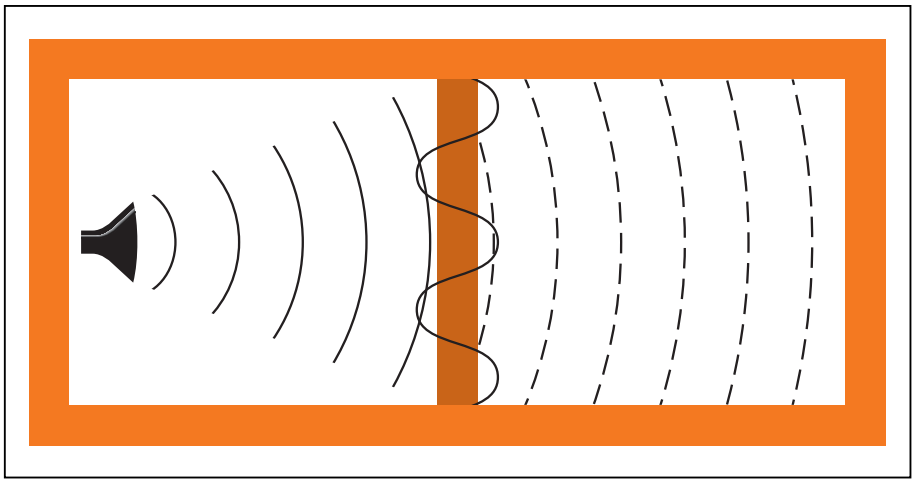


**Bild 2.3:** Luftschallanregung über ein Trennbauteil.

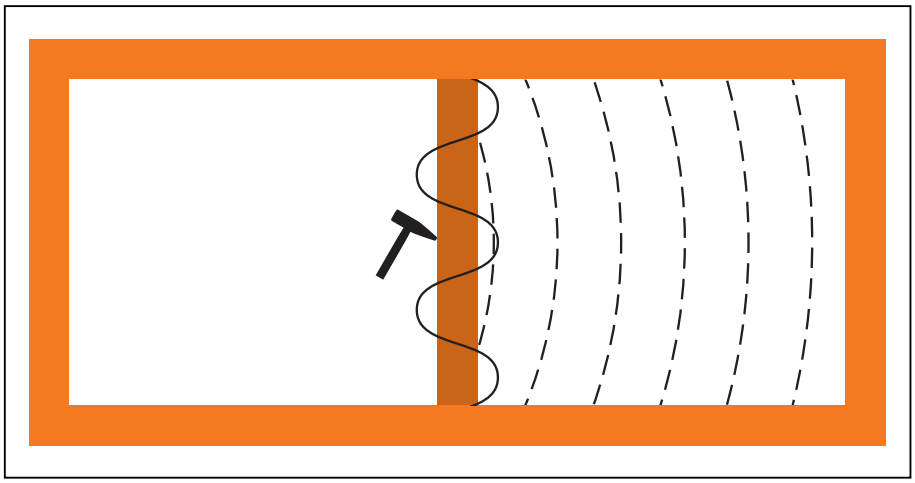


**Bild 2.4:** Körperschallanregung über ein Trennbauteil.

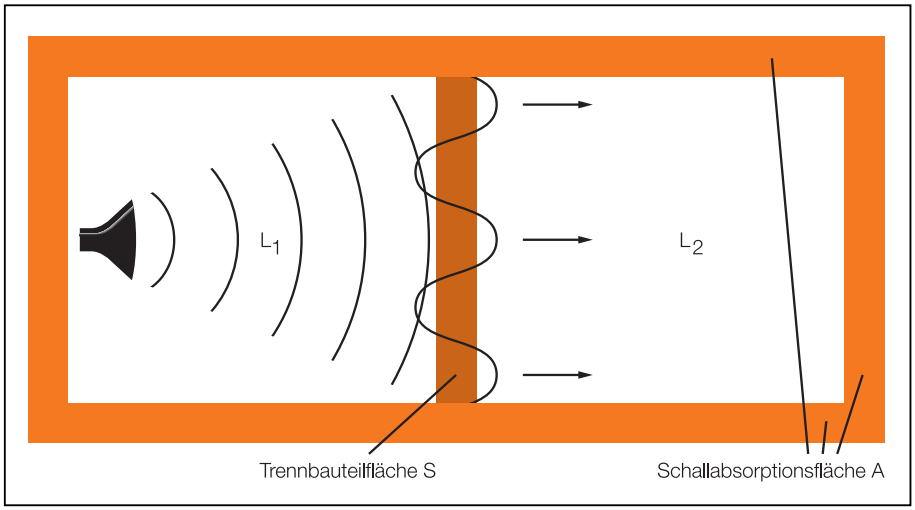



**Bild 2.5:** Luftschalldämmung eines Trennbauteils.

**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 Senderaum 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).

**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 Trittgeräuschen usw. das trennende Bauteil in Schwingung versetzt wird und diese Biegeschwingungen im Empfangsraum Luftschall erzeugen (Bild 2.4).

**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 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):

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

**Bewertetes Schalldämm-Maß:**
Das bewertete Schalldämm-Maß $\mathbf{R_w}$ 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 terzweise 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 Bezugskurve bei 500 Hz angegeben und mit dem Index **w** versehen.

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

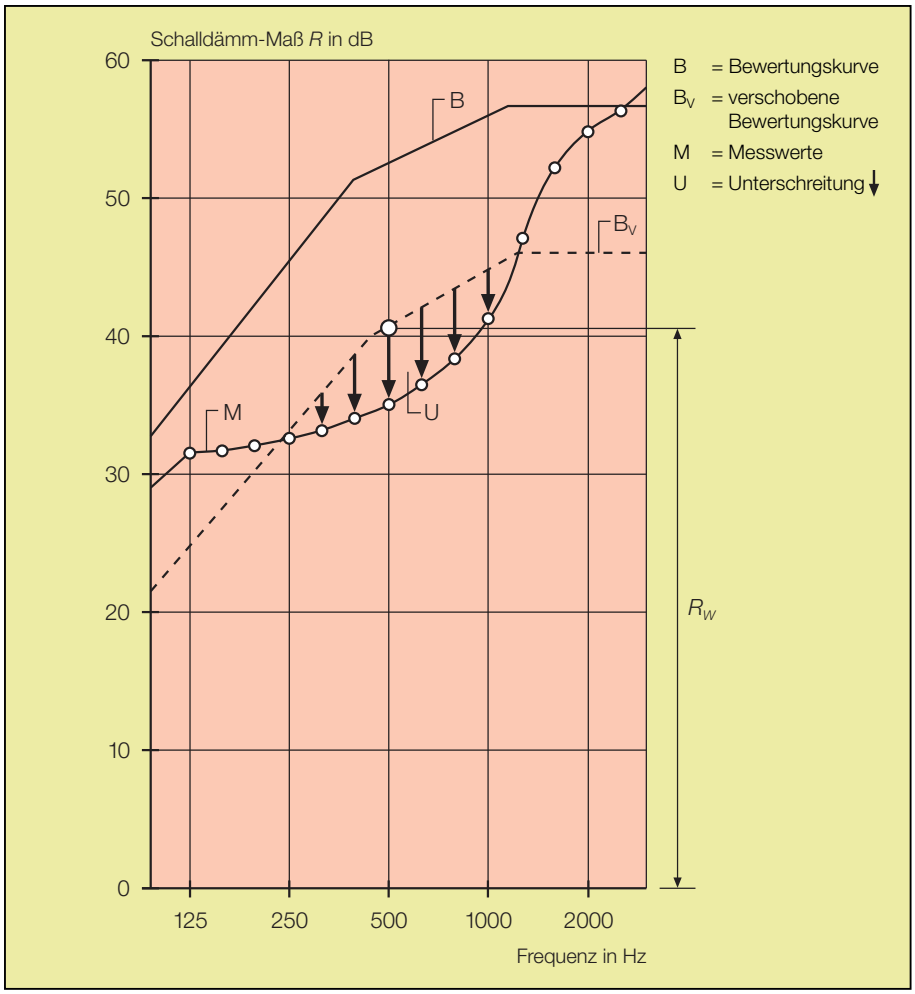



**Bild 2.6:** Ermittlung des bewerteten Schalldämm-Maßes $R_w$.

**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 $\mathbf{R'_w}$ 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.

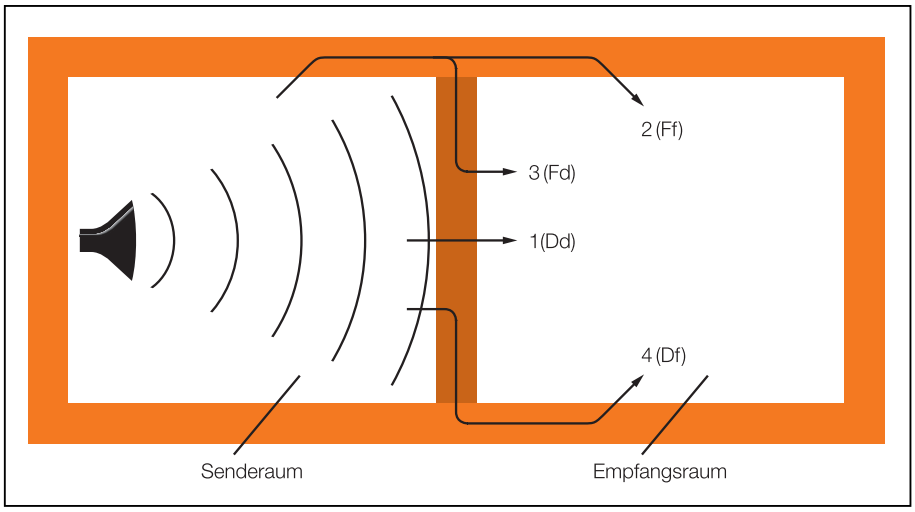



**Bild 2.7:** Beispielhafte Kennzeichnung der Schallübertragungswege zwischen zwei Räumen mit D/d für das trennende Bauteil und F/f für die flankierenden Bauteile.

**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 (Bild 2.7).

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

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

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

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

mit:
S = Fläche des Trennbauteils in m²
$V_E$ = Raumvolumen des Empfangsraumes in m³

**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 $\mathbf{K_{ij}}$ in dB gekennzeichnet.

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

**Grenzfrequenz:**
Bei massiven Bauteilen nimmt die Luftschalldämmung mit der Frequenz zu. Im Bereich der Grenzfrequenz $\mathbf{f_G}$ 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:

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

mit:
d = Dicke des Bauteils in mm
ρ = Rohdichte des Baustoffs in kg/m³
E = Elastizitätsmodul des Baustoffs in N/m²

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/m² und 100 kg/m² der Fall. Günstig wirkt sich dagegen eine hohe Biegesteifigkeit bei dicken Wänden aus, sofern die Grenzfrequenz unter etwa 200 Hz liegt. Dies gilt für plattenförmige Bauteile aus Beton, Leichtbeton oder Mauerwerk mit flächenbezogenen Massen ab etwa 150 kg/m².

**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 $\mathbf{f_0}$ 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 Gebäuden, 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 $L'_T$ 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.

**Norm-Trittschallpegel:**
Der Norm-Trittschallpegel $\mathbf{L'_n}$ ist der auf die Bezugs-Absorptionsfläche $A_0$ von 10 m² bezogene Trittschallpegel. Der Flächenbezug soll die Verhältnisse eines mäßig möblierten Raumes widerspiegeln.

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

mit:
A = äquivalente Absorptionsfläche des Empfangsraumes
$A_0$ = Bezugswert 10 m²

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

Analog zum Bau-Schalldämm-Maß $R'_w$ wird das Ergebnis einer Messung mit bauähnlichen Nebenwegen als $L'_n$ angegeben. Der **bewertete** Norm-Trittschallpegel $\mathbf{L'_{n,w}}$ wird analog zum Bau-Schalldämm-Maß ermittelt, indem gegenüber der gemessenen Trittschallpegelkurve eine Bezugskurve so weit verschoben wird, bis dass 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 $\mathbf{L'_{nT,w}}$ 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.

**Bewertete Trittschallminderung:**
Die Verbesserung des Trittschallschutzes eines Fußbodens, z.B. durch einen schwimmenden Estrich, wird als Trittschallminderung (früher Trittschallverbesserungsmaß) $\mathbf{\Delta L_w}$ bezeichnet. Die Trittschallminderung ist von der Masse des Estrichs sowie der dynamischen Steifigkeit der Trittschalldämmung abhängig.

**Außenlärmpegel:**
Der Außenlärmpegel in [dB], 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 Anforderungen an den Schallschutz

## 3.1 Vorbemerkungen

Die in den folgenden Tabellen aufgeführten Kennwerte spiegeln den Stand der DIN 4109:1989 wieder. Die geplante Überarbeitung der Norm wird die bisherigen bauordnungsrechtlichen Anforderungen nahezu unverändert beibehalten. Die Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz gemäß Beiblatt 2 zu DIN 4109 sollen allerdings nicht fortgeschrieben werden. Das Deutsche Institut für Normung (DIN) wird derartige privatrechtliche Angelegenheiten zukünftig nicht mehr in der Baunormung behandeln. Da sich die Werte des erhöhten Schallschutzes nach Beiblatt 2 zu DIN 4109:1989 bewährt haben, werden sie in dieser Broschüre ebenfalls angesprochen.

Die Kenngrößen der Schalldämmung von trennenden Bauteilen erfolgen anhand 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 $L_{AF,max}$ in dB, bezogen auf eine Nachhallzeit von $T_0 = 0{,}5$ s.

## 3.2 Bauordnungsrechtlicher Schallschutz

DIN 4109:1989 formuliert Anforderungen an den Schallschutz, die hinsichtlich des Anforderungsniveaus unverändert in der Neuauflage der DIN 4109 fortgeschrieben werden sollen. 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 (Lärmschutz).

Das Ziel der Anforderungen der DIN 4109 ist es, Menschen in Aufenthaltsräumen vor unzumutbaren Belästigungen durch Schallübertragung zu schützen. Dieses bauordnungsrechtliche Schallschutzniveau in einer Norm ist sinnvoll, weil damit der öffentlich rechtliche Auftrag zum Gesundheitsschutz der Bewohner erfüllt ist. 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, sowohl der Vermeidung des Außenlärms beispielsweise im Straßenverkehr als auch der Vermeidung von Lärmemissionen in Aufenthaltsräumen.

Mit Bezug auf die unterschiedliche menschliche Empfindung von Schallereignissen wird der zumutbare Schallpegel in Aufenthaltsräumen mit 25 bis 35 dB(A) für die Nachtzeit und 30 bis 40 dB(A) für die Tageszeit angegeben. Bei Schallübertragungen innerhalb von Gebäuden liegt die Belästigungsschwelle häufig deutlich niedriger. Dies ist jedoch stark vom Informationsgehalt des Geräusches und besonders vom jeweiligen Grundgeräuschpegel abhängig.

**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.**

| Lärmschalldämmung 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)] | ≥ 52 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 | Von Türen, die direkt in Wohnbereiche führen, muss wegen höher einzuplanender Schalldämm-Maße abgeraten werden. |

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

## 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 Ausführende rechtsicher vertraglich zu vereinbaren.

Da DIN 4109 Beiblatt 2:1989 [6] im Zuge der Überarbeitung der DIN 4109 zurückgezogen wird, sind in dieser Broschüre die für den Wohnungsbau wichtigen Vorschläge in modifizierter Form aufgenommen. Die hier aufgeführten 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 Bauweise z.B. ohne Unterkellerung erfolgt.

Die in den nebenstehenden Tabellen aufgeführten Standards setzen voraus, dass ein in ruhigen Wohnlagen für die Abend- und Nachtstunden üblicher Grundgeräuschpegel innerhalb der Wohnung von etwa 20 dB vorliegt und die Aufenthaltsräume typische Raumvolumina mit Nachhallzeiten von etwa 0,5 s aufweisen. Damit ist Planungs- und Ausführungssicherheit gegeben, ohne eine detaillierte bauakustische Bemessung des gesamten Gebäudes vornehmen zu müssen. Wird ein erhöhter Schallschutz gewünscht, ist dieser bei Vertragsabschluss zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer zu vereinbaren. Ein erhöhter Schallschutz muss schon bei der Planung eines Gebäudes z.B. durch eine günstige Anordnung der zu schützenden Räume, Auswahl geeigneter Baukonstruktionen etc. berücksichtigt werden (vgl. Abschnitt 1.3).

Sollte ein darüber hinaus gehender individuell festzulegender Schallschutz gewünscht sein, weil z.B. ein besonders lautes aber 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.

**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 | ≤ 53 dB | ≤ 46 dB |
| | Kellerdecken, Decken zu Hausfluren und Treppenräumen[2)] | ≤ 53 dB | |
| | Decken unter allgemein nutzbaren Dachräumen, z.B. Trockenböden, Abstellräumen. | ≤ 53 dB | |
| | Decken über Durchfahrten, Sammelgaragen[2)] | ≤ 53 dB | |
| | Decken unter Terrassen, Loggien und Laubengängen zu Aufenthaltsräumen, Balkone[2)] | ≤ 53 dB | |
| | Decken und Treppen innerhalb von Wohnungen, die sich über mehrere Geschosse erstrecken[1) 2)] | ≤ 53 dB | |
| Treppen | Treppenläufe und Treppenpodeste | ≤ 58 dB[3)] | |

[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.
[3)] Keine Anforderungen an Treppenläufe in Gebäuden mit Aufzug und an Treppen in Gebäuden mit mehr als 2 Wohnungen.

### 3.4 Luft- und Trittschallschutz in Geschosswohnbauten

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

### 3.5 Luft- und Trittschallschutz zwischen Einfamilien-Reihen- und Doppelhäusern

Als Haustrennwände zwischen Doppel- und Reihenhäusern sollten zweischalige Konstruktionen ausgeführt werden. Einschalige Haustrennwände oder auch Kommunwände genannt sind im Bereich von Einfamilien-Reihen- oder Doppelhäusern nicht mehr Stand der Technik und sollten daher nur in Ausnahmefällen und bei ausdrücklicher vertraglicher Vereinbarung realisiert werden. Die bauordnungsrechtlichen Anforderungen an die Luftschalldämmung betragen $R'_w = 57$ dB und beziehen sich auf eine einschalige Haustrennwand. 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 den Außenlärm

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

**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 in Abhängigkeit von Trennwandausbildung und Raumanordnung.**

| Trennwandsituation | Schallschutz gemäß den anerkannten Regeln der Technik $R'_w$ | Erhöhter Schallschutz $R'_w$ |
|---|---|---|
| Vollständig bis zum Fundament getrennte zweischalige Haustrennwand an Aufenthaltsräume im Allgemeinen (vgl. Bild 4.6) | ≥ 62 dB | ≥ 65 dB |
| zweischalige Haustrennwand bei nicht unterkellerten Aufenthaltsräumen mit unvollständiger Trennung z.B. mit gemeinsamem Fundament oder bei weißer Wanne | ≥ 59 dB | ≥ 62 dB |

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

| Trennwandsituation | Trittschall-dämmung über | Schallschutz gemäß den anerkannten Regeln der Technik $L'_{n,w}$ | Erhöhter Schallschutz $L'_{n,w}$ |
|---|---|---|---|
| Vollständig bis zum Fundament getrennte zweischalige Haustrennwand an Aufenthaltsräume im Allgemeinen (vgl. Bild 4.6) | Decken | ≤ 43 dB | ≤ 38 dB |
| | Treppen-läufe und -podeste | ≤ 48 dB | ≤ 46 dB |
| zweischalige Haustrennwand bei nicht unterkellerten Aufenthaltsräumen mit unvollständiger Trennung z.B. mit gemeinsamem Fundament oder bei weißer Wanne | Decken | ≤ 48 dB | ≤ 46 dB |
| | Treppen-läufe und -podeste | ≤ 53 dB | ≤ 46 dB |

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

Die Anforderung an den Lärmschutz für die Nutzungsarten Bettenräume usw., 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 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 | Erforderliches resultierendes Luftschalldämm-Maß $R'_{w,res}$ des Außenbauteils verschiedener Raumarten in dB[3] | | |
|---|---|---|---|---|
| | in dB (A) | Bettenräume in Krankenanstalten | Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume, Unterrichtsräume | Büroräume[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.

[3] Für die von der maßgeblichen Lärmquelle abgewandte Gebäudeseite wird bei offener Bebauung der erforderliche Lärmschutz um 5 dB und bei geschlossener Bebauung um 10 dB gemindert.

**Tabelle 3.6: Maximal A-bewertete Norm-Schalldruckpegel $L_{AF,max}$ in fremden schutzbedürftigen Räumen, erzeugt von gebäudetechnischen Anlagen.**

| Geräuschquellen | Wohn- und Schlafräume | Arbeitsräume |
|---|---|---|
| Sanitärtechnik/Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam)[1][2] | $L_{In} \leq 30$ dB | $L_{In} \leq 35$ dB |
| sonstige hausinterne, fest installierte technische Schallquellen der technischen Ausrüstung, Ver- und Entsorgung sowie Garagenanlagen[3] | $L_{AF,max} \leq 30$ dB | $L_{AF,max} \leq 35$ dB |

[1] Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim Betätigen der Armaturen und Geräte (Öffnen, Schließen, Umstellen, Unterbrechen) entstehen, sind zurzeit nicht zu berücksichtigen.

[2] Werkvertragliche Voraussetzungen zur Erfüllung des zulässigen Schalldruckpegels:
- Die Ausführungsunterlagen müssen die Anforderungen des Schallschutzes berücksichtigen, d.h. zu den Bauteilen müssen die erforderlichen Schallschutznachweise vorliegen.
- Außerdem muss die verantwortliche Bauleitung benannt und zu einer Teilabnahme vor Verschließen bzw. Bekleiden der Installation hinzugezogen werden.

[3] Bei lüftungstechnischen Anlagen sind um 5 dB (A) höhere Werte zulässig, sofern es sich um Dauergeräusche ohne auffällige Einzeltöne handelt.

Tabelle 3.5 enthält die Zuordnung der bauordnungsrechtlich erforderlichen Luftschalldämm-Maße zu den verschieden 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 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 Aufenthaltsräume ist der Installations-Schalldruckpegel $L_{In}$ . Für haustechnische Anlagen wird der maximale Schalldruckpegel $L_{AF,max}$ verwendet. Dabei handelt es sich um den mit der Frequenzbewertung A und der Zeitbewertung FAST gemessenen maximalen Schalldruckpegel, bezogen auf eine Nachhallzeit von $T_0 = 0{,}5$ s.

Die maximalen Schalldruckpegel der von Wasserinstallationen und haustechnischen Anlagen emittierten und auf schutzbedürftige Räume einwirkenden Geräusche sind aus Tabelle 3.6 zu ersehen [13]. Bei den Armaturen und Geräten der Wasserinstallationen wird vorausgesetzt, dass sie den Anforderungen der DIN 4109 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]. Das Berechnungsverfahren prognostiziert das bewertete Bau-Schalldämm-Maß auf der Grundlage von bewerteten Schalldämm-Maßen und Flankendämm-Maßen für die beteiligten Bauteile. Die Berechnungsschritte und Angaben zu Bauteileigenschaften sind in der Regel auf Gebäude in reiner Massivbauart beschränkt.

Das „vereinfachte Berechnungsverfahren" der DIN EN 12354-1 basiert auf frequenzunabhängigen Einzahlwerten der Schalldämmung und der Stoßstellendämmung. Es ist damit hinsichtlich der Bauteilkennwerte identisch wie das bisherige Beurteilungsverfahren des Beiblatt 1 zu DIN 4109:1998. 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 Prognosesicherheit. Dies begründet sich in erster Linie dadurch, dass die Eingangsdaten für das Rechenmodell auf Basis von Einzahlangaben mit Baumessungen 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 Einzahlangaben modifiziert worden. Schalldämm-Maße $R_w$ werden sowohl sog. 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 verwendbar gemacht.

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

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

mit:
$R_{Dd,w}$ = das bewertete Schalldämm-Maß für die Direktübertragung in dB,
$R_{Ff,w}$ = das bewertete Flankendämm-Maß für den Übertragungsweg Ff in dB,
$R_{Df,w}$ = das bewertete Flankendämm-Maß für den Übertragungsweg Df in dB,
$R_{Fd,w}$ = das bewertete Flankendämm-Maß für den Übertragungsweg Fd in dB,
n = die Anzahl der flankierenden Bauteile in einem Raum; üblicherweise ist **n** = 4, je nach Entwurf und Konstruktion kann aber **n** in der betreffenden Bausituation auch kleiner oder größer sein.

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

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

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:

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

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

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

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 m.

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:

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

mit:
$l_{lab}$ = die Bezugslänge in m
(bei Dächern 4,5 m – bei Leichtbauwänden 2,8 m)
$A_0$ = 10 m²

## 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 werden kann, ist Prüfzeugnissen zu entnehmen. Stoßstellendaten werden nach den Vorgaben in Abschnitt 5.3 ermittelt.

**Hinweis:**
Für die Schallübertragung zwischen einzelnen Räumen ist die Direktschalldämmung der Raumumschließungsflächen relevant. Auf Außenbauteilen angebrachte Wärmedämmverbundsysteme oder aber Vormauerschalen werden bei der Ermittlung der Direktschalldämm-Maße $R_w$ nicht heran gezogen. 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 EN 12354-1 Abschnitt 4.2.4 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 4.1) erfolgt dabei entsprechend EN 12354-1 mit Großbuchstaben für den Senderaum (SR) und Kleinbuchstaben für den Empfangsraum (ER). Das trennende Bauteil wird dabei mit dem Buchstaben D (d), flankierende Bauteile mit dem Buchstaben F (f) gekennzeichnet.

Bei nicht rechtwinkeligen Ecken oder bei gewölbten Bauteilen (Bild 4.2) 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.

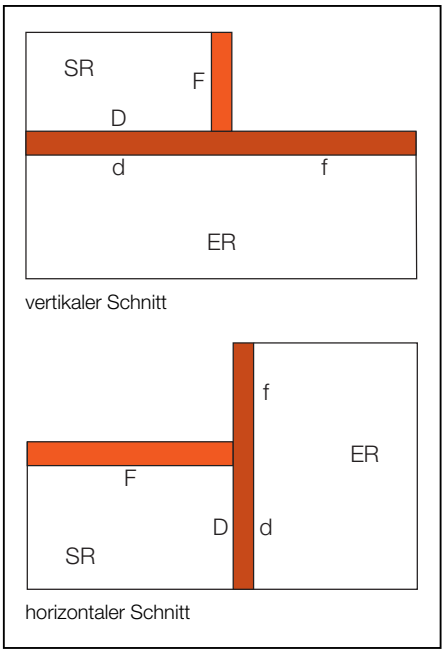



**Bild 4.1:** Bezeichnung der Übertragungswege bei versetzten Räumen

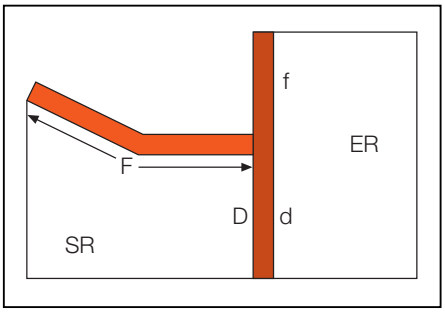



**Bild 4.2:** Handhabung nicht rechtwinkliger Ecken im Rechenmodell.

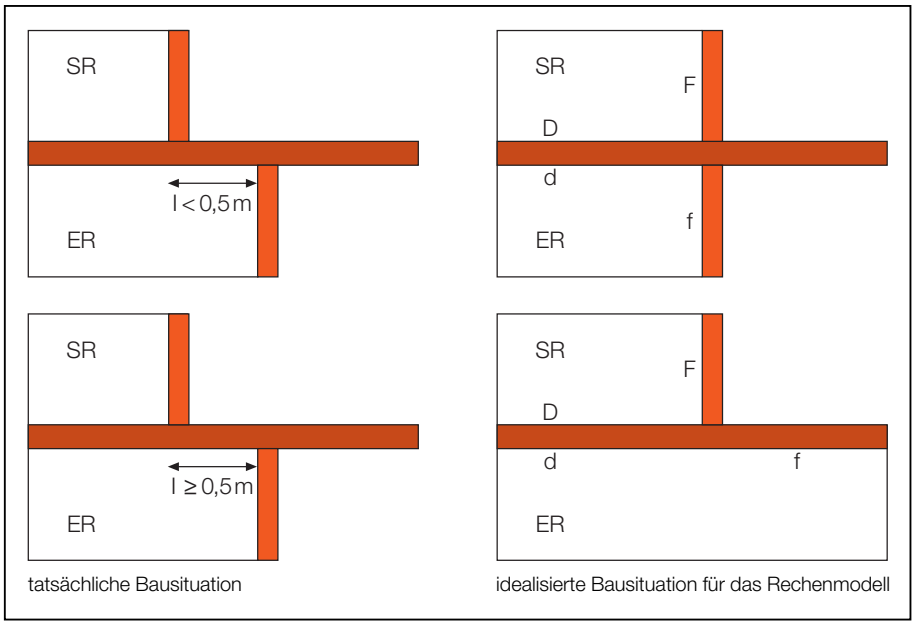
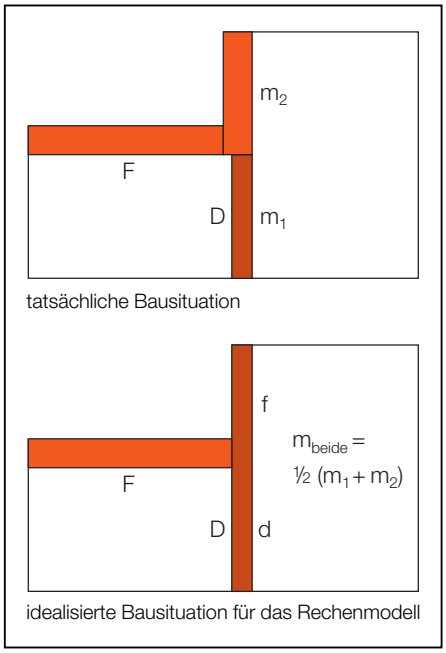



**Bild 4.3:** Anleitung zur Berechnung der flankierenden Übertragung bei versetzten Stößen.

Häufig treten versetzte Räume mit einem relativ geringen Versatz auf (Bild 4.3). 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 4.4) tritt häufig der Fall auf, dass die Fortsetzung des Bauteils nach der Stoßstelle nicht, wie in EN 12354-1, Anhang E vorausgesetzt, die gleiche flächenbezogene Masse aufweist wie das Bauteil vor der Stoßstelle. Damit ist nach diesem Ansatz streng genommen keine Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes $K_{ij}$ möglich.

Die Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes dieser Stoßstellen sollte jedoch geregelt werden, um diese Situation einerseits berechenbar zu machen und andererseits bei Berechnungen vergleichbare Ergebnisse zu erzielen. Da jedoch bislang keine messtechnischen Untersuchungen zu solchen Stoßstellen vorliegen, wird folgende Vorgehensweise vorgesehen: Es 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 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 Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989 wird dieser Einfluss nicht explizit berücksichtigt. Damit ist mit dem bisherigen Verfahren 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 [10].

**Hinweis:**
Voraussetzung für die Anwendung gemäß Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989 ist, dass die Trennfuge ohne Unterbrechung von Oberkante Bodenplatte bis zum Dach geführt wird. Bestehen Schallschutzanforderungen im Kellergeschoss (z.B. bei hochwertig genutzten Kellerräumen), kann das Verfahren nicht angewendet werden. Dies gilt ebenso im Erdgeschoss von nicht unterkellerten Gebäuden.

### 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 Dämmmaterial 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 Resonanfrequenz $f_0$ besser als die von gleich schweren einschaligen Bauteilen. Im Bereich der Resonanzfrequenz ist die Luftschalldämmung geringer, sie sollte deshalb unter 100 Hz liegen.

Bei zweischaligen Wänden aus zwei schweren, biegesteifen Schalen mit durchlaufenden, flankierenden Bauteilen (Wände oder Decken), insbesondere bei starrem Randanschluss nach Bild 4.5 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.

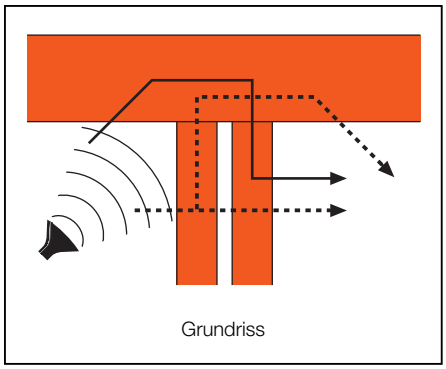



**Bild 4.5:** Schallübertragung bei zweischaligen Wänden aus biegesteifen Schalen mit starrem Randanschluss.

Grundriss und Schnitt einer üblichen Ausführung mit bis zum Fundament durchgehender Trennfuge sind schematisch in Bild 4.6 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 nichtunterkellerter 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.

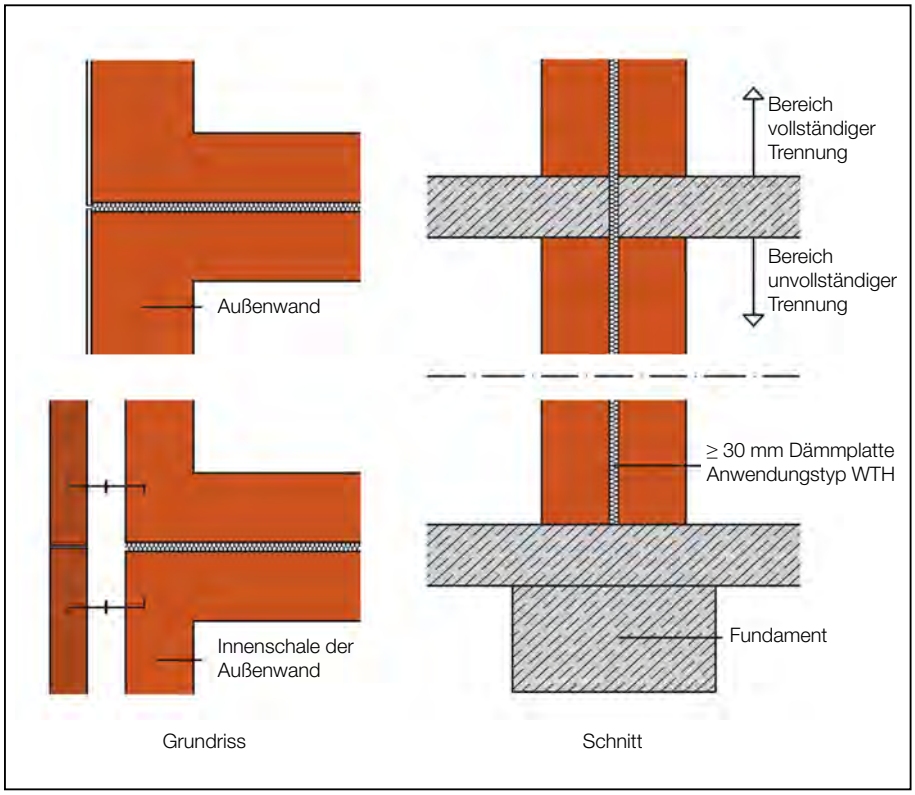



**Bild 4.6:** Beispiel für eine zweischalige Wand aus zwei schweren, biegesteifen Schalen mit bis zur Sohle durchgehender Trennfuge (schematisch).

### 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 $m'_{Tr,1}$ und der mittleren flächenbezogenen Masse der massiven flankierenden Bauteile $m'_{f,m}$ ermittelt.

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

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

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 $m'_{f,m}$ der flankierenden Bauteile nicht berücksichtigt. $m'_{f,m}$ wird wie folgt ermittelt:

$$m'_{f,m} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} m'_{f,i} \qquad [kg/m^2] \quad (14)$$

mit:
$m'_{f,i}$ = flächenbezogene Masse des i-ten nicht verkleideten massiven Flankenbauteils
n = Anzahl der nicht verkleideten massiven Flankenbauteile

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

| Flächenbezogene Masse $m'_{Tr,1}$, der raumseitigen Schale der zweischaligen Haustrennwand, in kg/m² | mittlere flächenbezogene Masse $m'_{f,m}$ der flankierenden Bauteile, die nicht mit Vorsatzkontruktionen belegt sind, in kg/m² | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 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 |

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

$$K = 0{,}6 + 5{,}5 \lg\left(\frac{m'_{Tr,1}}{m'_{f,m}}\right) \qquad [dB] \quad (15)$$

Die angegebene Beziehung gilt für $m'_{f,m} \le m'_{Tr,1}$. 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 nach (siehe Abschnitt 5.1.3) werden wie einschalige Bauteile derselben flächenbezogenen Masse behandelt.

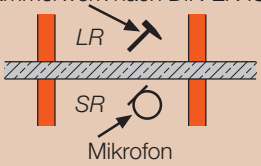
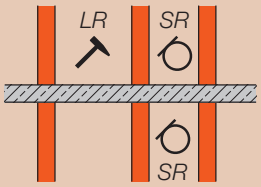
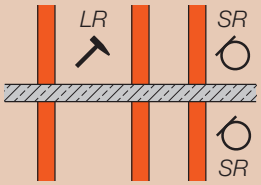
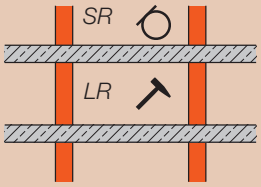
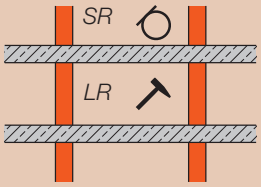
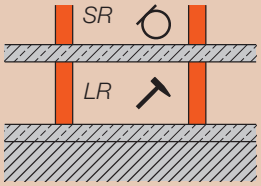
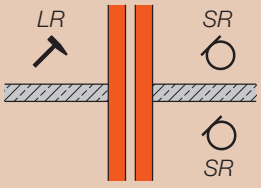
Die Trittschalldämmung einschaliger Decken nimmt mit der Masse und der Biegesteifigkeit zu. Eine ausreichende Trittschalldämmung kann jedoch – im Gegensatz zur Luftschalldämmung – durch eine Erhöhung der flächenbezogenen Masse mit den üblichen Bauteildicken nicht erreicht werden. Eine Verbesserung durch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

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

Durch eine untergehängte biegeweiche 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 $\Delta L_w$ berücksichtigt und vom Trittschallpegel der Rohdecke abgezogen (s. Gl. (17)).

**Tabelle 4.2: Korrekturwerte $K_T$ zur Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ für verschiedene räumliche Zuordnungen von lautem Raum (LR) und schutzbedürftigem Raum (SR).**

| Lage der schutzbedürftigen Räume (SR) | | $K_T$ [dB] |
|---|---|---|
| unmittelbar unter dem lauten Raum (LR) | Norm-Hammerwerk nach DIN EN ISO 140-6<br> | 0 |
| neben oder schräg unter dem lauten Raum (LR) |  | + 5 |
| neben oder schräg unter dem lauten Raum (LR), jedoch ein Raum dazwischenliegend |  | + 10 |
| über dem lauten Raum (LR) (Gebäude mit tragenden Wänden) |  | + 10 |
| über dem lauten Raum (LR) (Skelettbau) |  | + 20 |
| über dem Kellerraum als lauter Raum (LR) |  | [1] |
| neben oder schräg unter dem lauten Raum (LR), jedoch durch Haustrennfuge (d ≥ 50 mm) getrennt |  | + 15 |

[1] Angabe eines $K_T$-Wertes nicht möglich; es gilt $L'_{n,w} = 63\ dB - \Delta L_w - 15\ dB$; $\Delta L_w$ ist die Trittschallminderung des im Kellerraum verwendeten Fußbodens.

### 4.5.2 Ermittlung des bewerteten Normtrittschallpegels von Massivdecken

Nach dem vereinfachten Verfahren der DIN EN 12354-2 [14] ergibt sich der bewertete Normtrittschallpegel einer gebrauchsfertigen massiven Decke im Gebäude zu:

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K \quad [dB] \quad (16)$$

mit:

$L_{n,w,eq}$ = äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel der Massivdecke nach Abschnitt 5.6.1

$\Delta L_w$ = bewertete Trittschallminderung eines schwimmenden Estrichs nach Abschnitt 5.6.2 oder eines weichfedernden Bodenbelags nach 5.6.3

$K$ = Korrekturwert für die Trittschallübertragung über massive homogene flankierende Bauteile gemäß Tabelle 4.1 bzw. Gl. (15) in Abschnitt 4.4.2.

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

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

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K - K_T \quad [dB] \quad (17)$$

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 von schutzbedürftigem Raum 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 weichfedernden Bodenbelägen versehen werden. Wirkungsvoll zur Verringerung der Trittschallübertragung ist auch eine körperschallgedämmte Auflagerung der Treppenläufe oder der Treppenstufen bei Verwendung eines schwimmenden Estrichs auf den Podesten. Schallbrücken insbesondere im Bereich der Wohnungseingangstür sind ebenso wie ein unter der Tür durchlaufender schwimmender Estrich zu vermeiden.

Wenn eine hohe Trittschalldämmung erforderlich ist, können auch zweischalige Treppenraumwände mit durchgehender Trennfuge vorgesehen werden.

In Abschnitt 5.6 Tabelle 5.11 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 $L_{n,w,eq}$ 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 $L_{n,w,eq}$ zuzüglich der Trittschallminderung $\Delta L_w$ zu verwenden (siehe Gl. (16)).

**Hinweis:**
Die in Kapitel 5 Abschnitt 5.6 genannten Kennwerte enthalten einen Sicherheitsabschlag von 2 dB. Daher können diese Werte direkt mit den Anforderungswerten verglichen werden.

## 4.6 Schallschutz gegen Außenlärm

### 4.6.1 Rechenverfahren

Die Anforderungen an das erforderliche Schalldämm-Maß $R'_{w,res}$ gemäß Kapitel 3 ergeben sich neben dem maßgeblichen Außenlärmpegel auch aus der Raumgeometrie. Der sich in einem Raum einstellende Schallpegel hängt zusätzlich von dem Verhältnis der Fassadenfläche zur Grundfläche des Raumes ab. So muss das erforderliche Luftschalldämm-Maß der Fassade mithilfe der Korrekturwerte für die Flächenverhältnisse Außenfassade/Grundfläche gemäß Tabelle 4.3 korrigiert werden. Das resultierende bewertete Schalldämm-Maß beinhaltet die Flankenübertragung der an die Fassade angrenzenden, raumabschließenden Bauteile. Diese flankierende Übertragung kann über die Korrektur K der mittleren flächenbezogenen Massen der Flankenbauteile analog der Vorgehensweise bei zweischaligen Haustrennwänden gemäß Gl. (15) bzw. Tabelle 4.1 berücksichtigt werden.

$$R'_{w,res} = R_{w,res} + K_{Raum} - K \quad \text{[dB]} \quad (18)$$

mit:
$R_{w,res}$ = resultierende Schalldämmung der Fassade gemäß Gl. (19) in dB
$K_{Raum}$ = Korrekturwert gemäß Tabelle 4.3 in dB
K = Korrektur zur Berücksichtigung der flankierenden Übertragung gemäß Gl. (15) in dB

**Hinweis:**
Das im Nachweis zu berechnende resultierende Schalldämm-Maß $R'_{w,res}$ muss für Massivbauteile mit einem pauschalen Sicherheitszuschlag von 2 dB und für Fenster und Türen mit 5 dB berücksichtigt werden.

**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.

**Tabelle 4.3: Korrekturwerte $K_{Raum}$ für das resultierende Schalldämm-Maß in Abhängigkeit vom Verhältniswert Fassadenfläche $A_{ges}$/Grundfläche $A_G$.**

| | $A_{ges}/A_{ges}$ [-] | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2,5 | 2,0 | 1,6 | 1,3 | 1,0 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
| Korrekturwert in dB | +5 | +4 | +3 | +2 | +1 | 0 | -1 | -2 | -3 |

### 4.6.2 Lärmquellen

**Straßenverkehr**
Falls der maßgebliche Außenlärmpegel infolge Straßenverkehr nicht aus Bebauungsplänen, Lärmkarten oder anderen Unterlagen zu entnehmen ist, kann er nach DIN 4109 mit Hilfe eines Nomogramms bzw. mit einem Verfahren nach DIN 18 005-1 [15] ermittelt werden. Nähere Angaben dazu enthält Kapitel 3.

**Schienen- und Wasserstraßenverkehr**
Der Beurteilungspegel für Schienenwege ist zu ermitteln nach der Sechzehnten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (16. + 24. BImSchV) [16,17].

**Lärm von Gewerbebetrieben**
Zur Beurteilung der Lärmbelastung durch Gewerbebetriebe zu benachbarten Wohnhäusern enthält die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TALärm), Anforderungen und Berechnungshinweise (siehe auch Kapitel 3) [18].

**Fluglärm**
Die Belange zum Schutz gegen Fluglärm sind im Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm geregelt. [19]

### 4.6.3 Resultierende Schalldämmung zusammengesetzter Bauteile

Außenfassaden setzen sich in der Regel aus Wänden und Fenstern bzw. Türen zusammen. Zur Ermittlung des resultierenden bewerteten Schalldämm-Maßes gilt die allgemeine Gl. (19).

In der Praxis besteht z.B. ein Fassadenbauteil häufig aus nicht mehr als zwei Elementen mit unterschiedlichen Schalldämm-Maßen. Für diesen Fall gilt zur Berechnung des resultierenden Schalldämm-Maßes Gl. (20).

$$R_{w,res} = -10 \lg \left( \frac{1}{S_{ges}} \sum_{i=1}^{n} S_i \cdot 10^{-R_{w,i}/10} \right) \quad [dB] \quad (19)$$

mit:
$R_{w,res}$ = resultierendes bewertetes Schalldämm-Maß in dB
$S_{ges} = \Sigma S_i$ = Fläche des gesamten Bauteils in m²
$S_i$ = Fläche des i-ten Bauteils in m²
$R_{w,i}$ = bewertetes Schalldämm-Maß des i-ten Bauteils in dB

$$R_{w,res} = R_{w,1} - 10 \lg \left( 1 + \frac{S_2}{S_{ges}} \cdot (10^{(R_{w,1} - R_{w,2})/10} - 1) \right) \quad [dB] \quad (20)$$

mit:
$S_{ges} = S_1 + S_2$ = Fläche des gesamten Bauteils in m²
$S_2$ = Fläche des Fensters/der Tür in m²
$R_{w,1}$ = bewertetes Schalldämm-Maß der Wand in dB
$R_{w,2}$ = bewertetes Schalldämm-Maß des Fensters/der Tür in dB

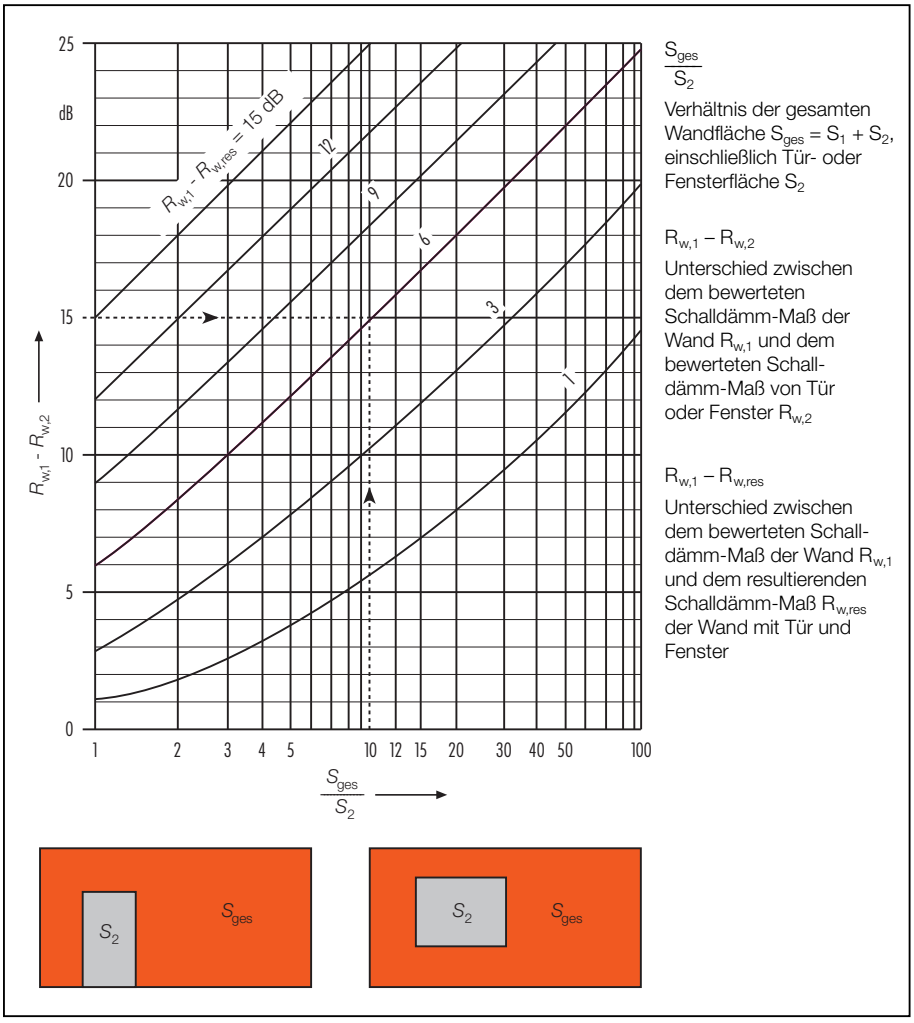



**Bild 4.7:** Das resultierende Schalldämm-Maß eines aus zwei Elementen bestehenden Bauteils kann auch mit Hilfe eines Diagramms bestimmt werden.

### 4.6.4 Rechenverfahren nach DIN EN 12354-3

Soll der Schallschutz gegen Außenlärm für Bereiche mit besonders hohen Anforderungen nachgewiesen werden, ist häufig eine geschossweise Betrachtung der Situation erforderlich. Um in diesem Fall eine Optimierung der Fenster- und Fassadenkonstruktion vornehmen zu können, kann eine Berechnung nach dem differenzierten Verfahren der DIN EN 12354-3 [20] durchgeführt werden. Hier ist möglich, z.B. Abschirmungen der Fassade durch Balkone, Laubengänge etc. zu berücksichtigen.

## 4.7 Prognosesicherheit

### 4.7.1 Sicherheitskonzept

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].

An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass die Einhaltung der Prognose mithilfe einer bauakustischen Messung überprüft werden kann. 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.

Werden alle Teilunsicherheiten in ihrer Wirkung berücksichtigt, ergibt sich eine Gesamtunsicherheit, die in der Regel 2 dB nicht überschreitet. Im Nachweisverfahren darf zukünftig ein pauschaler Sicherheitsabschlag 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 zukünftig durch den Sicherheitsabschlag ersetzt!

**Hinweis:**
Die Schalldämm-Maße $R_w$ von Fenstern sind mit einem Sicherheitsabschlag von 2 dB zu versehen.
Bei Türen ist ein Sicherheitsabschlag von 5 dB gegenüber den Prüfwerten zu berücksichtigen.

### 4.7.2 Teilunsicherheiten

Beim Nachweis des Schallschutzes ist zu berücksichtigen, dass die verwendeten Größen mit Teilunsicherheiten behaftet sind. Untersuchungen zur Unsicherheit von Messwerten des Luftschalldämm-Maßes aus Prüfständen [21] zeigen, dass man diese als normalverteilt ansehen kann. Gleiches gilt für die Streuung der Baustoffeigenschaften. Die verschiedenen Unsicherheiten lassen sich in vier Gruppen einteilen:

1. Die Unsicherheiten des rechnerischen Prognoseverfahrens am Bau (z.B. Eingangsgrößen, Rundung der Zahlenwerte, Detaillierungsgrad)
   $u_{Bau}$ etwa 0,8 dB.

2. Die Unsicherheiten der Reproduzierbarkeit von Baustoff- und Bauteileigenschaften (z.B. Rohdichteschwankungen, werksspezifische Einflüsse)
   $u_{Bauteil,einzel}$ etwa 1,0 dB.

3. Die Unsicherheiten der Bauausführung (z.B. Witterung, Streuung der handwerklichen Qualität)
   $u_{Bauteil,repro}$ etwa 1,0 (Türen s.o.).

4. Die Unsicherheiten des Messverfahrens im Prüfstand (z.B. meteorologische Bedingungen, Eigenschaften der Messtechnik, Störgeräusche)
   $u_{Labor}$ etwa 1,2 dB.

$$u_{Prognose} = \sqrt{\frac{u^2_{Labor} + u^2_{Bauteil,repro}}{1} + u^2_{Bauteil,einzel} + u^2_{Bau}} \quad [-] \quad (21)$$

Liegt eine zu bewertende Raumsituation vor, bei der im Massivbau ein Übertragungsweg dominiert und dessen Bauteileigenschaft $\mathbf{R_{w,Bau,ref}}$ durch eine Prüfstandsmessung mit n = 1 nachgewiesen ist, kann die Gesamtunsicherheit $u_{Prognose}$ aus den 4 Teilunsicherheiten vereinfachend gemäß Gl. (21) berechnet werden.

Sollen Prüfstandswerte als Eingangsgröße für den rechnerischen Schallschutznachweis verwendet werden, geben die Prüfstellen neuerdings die Unsicherheiten der Schalldämmung zum $\mathbf{R_{w,Bau,ref}}$-Wert für dort gemessene Prüflinge an.

### 4.7.3 Nachweis durch Messung am Bau

Im Falle einer Nachmessung am Bau sind die oben aufgeführten Teilunsicherheiten der Bemessung unrelevant. 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.

Wird nur eine bauakustische Messung je Raumsituation im ausgeführten Gebäude durchgeführt, beträgt deren Unsicherheit etwa 1,0 dB [22].

# 5 Schalldämmung von Bauteilen

## 5.1 Bauteilkennwerte für die Luftschalldämmung

Daten für die Direktschalldämmung $R_w$ homogener und quasi homogener 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:
  $R_{s,w}$, $R_{F,w}$, $R_{f,w}$
- 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.

$$m' = d \cdot \rho \qquad [kg/m^2] \quad (22)$$

hierbei sind:
$m'$ = die flächenbezogene Masse in kg/m²
$d$ = die Dicke des Bauteils in m
$\rho$ = die Wandrohdichte in kg/m³

**Ermittlung der Rohdichte von Mauerwerk nach DIN 1053**
Die Wandrohdichte von Mauerwerk nach DIN 1053 wird bestimmt durch die Rohdichte der Mauersteine sowie die Rohdichte und dem Anteil des Mauermörtels. Die Berechnung der Wandrohdichten erfolgt in Abhängigkeit von der Rohdichteklasse (RDK) der Mauersteine und der verwendeten Mörtelart nach den folgenden Gl. (23-27).

**Ermittlung der Rohdichte für Mauerwerk aus Verfüll-/Schalungsziegeln**
Für mit Beton verfülltes Mauerwerk aus Verfüll- oder Schalungsziegeln ist die resultierende Wandrohdichte $\rho_{w,res}$ 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/m³ gerechnet. Für bewehrte Bauteile mit üblichen Bewehrungsgehalten kann ohne besonderen Nachweis ein Rechenwert der Rohdichte von 2400 kg/m³ angesetzt werden.

a) Mauerwerk mit Normalmörtel
$\rho_w = 900 \cdot RDK + 100 \quad (2{,}2 \geq RDK \geq 0{,}35)$ [kg/m³] (23)

b) Mauerwerk mit Leichtmörtel
$\rho_w = 900 \cdot RDK + 50 \quad (1{,}0 > RDK \geq 0{,}35)$ [kg/m³] (24)

c) Mauerwerk mit Dünnbettmörtel
$\rho_w = 1000 \cdot RDK - 100 \quad (RDK > 1{,}0)$ [kg/m³] (25)
$\rho_w = 1000 \cdot RDK - 50 \quad$ (Klassenbreite 100 kg/m³ und $RDK \leq 1{,}0$) [kg/m³] (26)
$\rho_w = 1000 \cdot RDK - 25 \quad$ (Klassenbreite 50 kg/m³ und $RDK \leq 1{,}0$) [kg/m³] (27)

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

$$m'_{ges} = m'_{Wand} + m'_{Putz,ges} \; [kg/m^2] \quad (28)$$

mit:
$m'_{ges}$ = die flächenbezogene Masse des verputzten Bauteils in kg/m²
$m'_{Wand}$ = die flächenbezogene Masse des unverputzten Bauteils in kg/m²
$m'_{Putz,ges}$ = die gesamte flächenbezogene Masse der vorhandenen Putzschichten in kg/m²

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

$$m'_{Putz} = d_{Putz} \cdot \rho_{Putz} \qquad [kg/m^2] \quad (29)$$

mit:
$m'_{Putz}$ = die flächenbezogene Masse einer Putzschicht in kg/m²
$d_{Putz}$ = die Nenndicke einer Putzschicht in m
$\rho_{Putz}$ = der Rechenwert der Rohdichte der vorhandenen Putzschichten in kg/m³

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

1) Gips- und Dünnlagenputze:
   $\rho_{Putz} = 1000$ kg/m³
2) Kalk- und Kalkzementputze:
   $\rho_{Putz} = 1600$ kg/m³
3) Leichtputze:
   $\rho_{Putz} = 900$ kg/m³
4) Wärmedämmputze:
   $\rho_{Putz} = 250$ kg/m³

**Hinweis:**
Bei zweischaligem oder zusatzgedämmten 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 [30].

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 zusammen gesetztes Bauteil bewertet. Grundsätzlich führen unter Putz verlegte Elektroinstallationen sowie vereinzelte Steckdosen zu keiner messbaren Verminderung der Schalldämmung [30].

### 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, ungelochten Mauersteinen und Verfüllziegeln sowie für großformatige Fertigteilelemente aus solchen Baustoffen. Mauerwerk aus Lochsteinen kann dann als quasi homogen 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 ≥ 1,0.
b) Mauerwerk aus Kalksandstein mit einem Lochanteil ≤ 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:

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

mit der Bezugsgröße $m'_0 = 1$ kg/m²

Diese Beziehung gilt für
65 kg/m² < $m'_{ges}$ < 720 kg/m².

**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.

**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/m²] | $R_w$ [dB] | $m'_{ges}$ [kg/m²] | $R_w$ [dB] | $m'_{ges}$ [kg/m²] | $R_w$ [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 |

**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 Lagerfugenvermörtelung unterschieden. Es wird davon ausgegangen, dass raumseitig ein 15 mm Gipsputz aufgetragen ist. Mögliche außenseitig angebrachte Dämmschichten werden 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.

**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/m²] | $R_w$ [dB] | $m'_{ges}$ [kg/m²] | $R_w$ [dB] | $m'_{ges}$ [kg/m²] | $R_w$ [dB] |
| 11,5 | 0,7 | 114 | 41,4 | 108 | 40,7 | 105 | 40,2 |
| 17,5 | | 158 | 45,7 | 149 | 45,0 | 144 | 44,5 |
| 24,0 | | 205 | 49,2 | 193 | 48,4 | 186 | 47,9 |
| 11,5 | 0,8 | 124 | 42,5 | 119 | 41,9 | 116 | 41,6 |
| 17,5 | | 174 | 47,0 | 165 | 46,3 | 161 | 46,0 |
| 24,0 | | 227 | 50,6 | 215 | 49,9 | 210 | 49,6 |
| 11,5 | 0,9 | 135 | 43,6 | 129 | 43,0 | 128 | 42,9 |
| 17,5 | | 189 | 48,2 | 181 | 47,5 | 179 | 47,4 |
| 24,0 | | 248 | 51,8 | 236 | 51,1 | 234 | 51,0 |
| 11,5 | 1,0 | 145 | 44,6 | 139 | 44,0 | 139 | 44,0 |
| 17,5 | | 205 | 49,2 | 196 | 48,6 | 196 | 48,6 |
| 24,0 | | 270 | 52,9 | 258 | 52,3 | 258 | 52,3 |
| 11,5 | 1,2 | 166 | 46,4 | 160 | 45,9 | 157 | 45,6 |
| 17,5 | | 237 | 51,2 | 228 | 50,6 | 223 | 50,3 |
| 24,0 | | 313 | 54,9 | 301 | 54,4 | 294 | 54,1 |
| 11,5 | 1,4 | 186 | 48,0 | 181 | 47,5 | 180 | 47,5 |
| 17,5 | | 268 | 52,8 | 259 | 52,4 | 258 | 52,3 |
| 24,0 | | 356 | 56,7 | 344 | 56,2 | 342 | 56,1 |
| 11,5 | 1,6 | 207 | 49,4 | 201 | 49,0 | 203 | 49,1 |
| 17,5 | | 300 | 54,3 | 291 | 53,9 | 293 | 54,0 |
| 24,0 | | 400 | 58,2 | 388 | 57,8 | 390 | 57,9 |
| 11,5 | 1,8 | 228 | 50,6 | 222 | 50,3 | 226 | 50,5 |
| 17,5 | | 331 | 55,7 | 322 | 55,3 | 328 | 55,5 |
| 24,0 | | 443 | 59,6 | 431 | 59,2 | 438 | 59,4 |
| 11,5 | 2,0 | 249 | 51,8 | 243 | 51,5 | 249 | 51,8 |
| 17,5 | | 363 | 56,9 | 354 | 56,6 | 363 | 56,9 |
| 24,0 | | 486 | 60,8 | 474 | 60,5 | 486 | 60,8 |

### 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 $\mathbf{R_{w,Bau,ref}}$ Prüfzeugnissen zu entnehmen. Diese Werte werden unter Berücksichtigung einer Verlustfaktor-Korrektur (in-situ-Korrektur) ermittelt [9,10].

### 5.1.2.4 Entkoppelte leichte, einschalige, massive Wände

Entkoppelte leichte massive Innenwände (m' ≤ 150 kg/m², nicht tragende innere Trennwände nach DIN 4103) haben sehr geringe Energieverluste in angrenzende Bauteile [23,24]. 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. Für diesen Anwendungsfall kann vereinfachend die anzusetzende Direktdämmung der entkoppelten Wand mit der Schalldämmung der starr eingebauten Wand gleich gesetzt werden (siehe Abschnitt 5.1.2.2).

### 5.1.2.5 Außenwände mit Wärmedämmverbundsystemen

Für die Berechnung der Durchgangsdämmung gegenüber Außenlärm ist der Einfluss eines auf dem Massivmauerwerk aufgebrachten Wärmedämmverbundsystems (WDVS) zu berücksichtigen.

Prinzipiell kann die resultierende Schalldämmung nach Abschnitt 5.2 durch Berücksichtigung eines Zuschlags $\Delta R_w$ ermittelt werden. Bei WDVS auf Basis von Hartschaum-Wärmedämmungen verschlechtert sich häufig das resultierende Bau-Schalldämm-Maß $R'_w$. Darüber hinaus ist der mögliche Einfluss von Dübeln oder bestimmten Klebetechniken ebenfalls negativ zu verzeichnen. Diese Effekte treten insbesondere in Verbindung mit den Spektrum-Anpassungswerten $C_{tr}$ (siehe Kapitel 2) im Zusammenhang mit dem Schallschutz gegen Außenlärm hervor. Nähere Einzelheiten zur Korrektur der Schalldämm-Maße sind den entsprechenden allgemein bauaufsichtlichen Zulassungen der Wärmedämmverbundsysteme zu entnehmen.

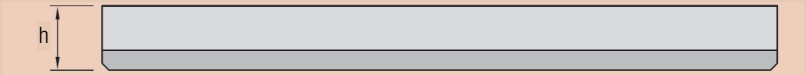
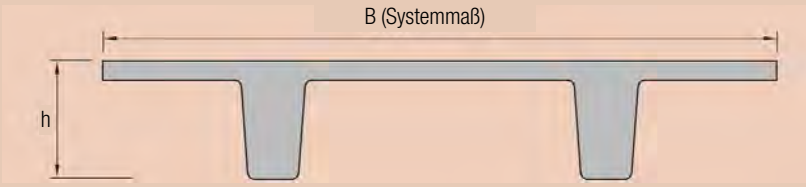
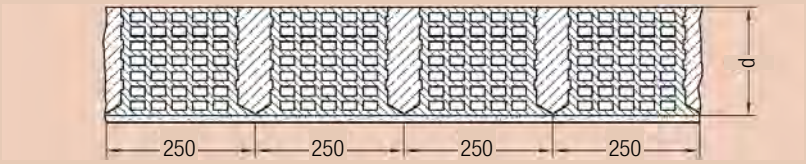
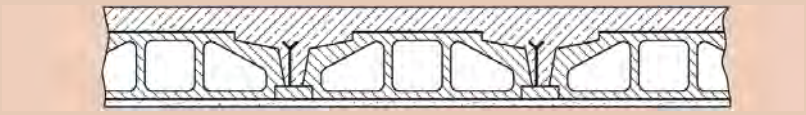
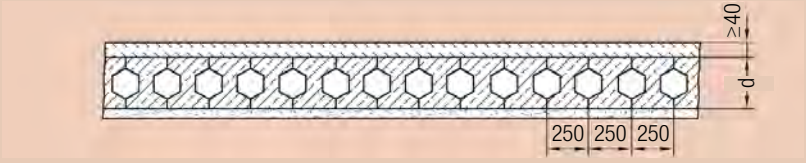
### 5.1.2.6 Zweischalige Außenwände mit Verblendmauerwerk

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 $\Delta R_w$ beschrieben wird und abhängig ist von:

1) der Flächenmasse m' des Grundbauteils in kg/m², 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.

**Tabelle 5.3: 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 1045-1<br><br>Fertigteilplatten mit Ortbetonergänzung nach DIN EN 13747<br><br>Deckenplatten mit Stegen nach DIN EN 13224<br> |
| | **Massivdecken mit Hohlräumen, ggf. mit Putz** |
| 2 | Ziegeldecken nach DIN 1045-1 mit Deckenziegeln nach DIN 4159<br> |
| 3 | Stahlbetonrippendecken und -balkendecken nach DIN 1045-1 mit Zwischenbauteilen nach DIN 4158 oder DIN 4160<br> |
| 4 | Stahlbetonhohldielen und -platten nach DIN 1045-1, Hohlplatten nach DIN EN 1168, Stahlbetonhohldecke nach DIN 1045-1<br> |
| 5 | Balkendecken ohne Zwischenbauteile nach DIN 1045-1<br> |

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 Durchmessern bis zu 5 mm verwendet.

Vereinfachend kann bei zweischaligen Konstruktionen mit Luftschicht oder mit Kerndämmung aus mineralischen Faserdämmstoffen zur Bemessung gegen Außenlärm das bewertete Schalldämm-Maß $R_w$ 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 $R_w$ 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 $R_w$ 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 5.3. Die Luftschalldämmung von Massivdecken ist von der flächenbezogenen Masse der Decke, von einer etwaigen Unterdecke sowie von einem aufgebrachten 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 $\Delta R_w$ 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 Halbfertigteile mit Ortbetonergänzung) ohne Hohlräume nach Tabelle 5.3, 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 kg/m³ anzusetzen. Aufbeton, der nicht nach DIN 1045-3 verdichtet wird, ist mit dem Rechenwert der Rohdichte von 2100 kg/m³ in Ansatz zu bringen. Der Rechenwert der Rohdichte von Zementestrich ist mit 2000 kg/m³ 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 5.3, Zeilen 3 bis 5, ist die flächenbezogene Masse entweder aus den Rechenwerten nach DIN 1055-1 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 aufgebrachten 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 aufgebrachten 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 $\mathbf{R_{w,Decke}}$ gemäß Gl. (30) ermittelt. Falls zusätzliche Vorsatzkonstruktionen an der Deckenober- oder -unterseite zum Einsatz kommen, wird die resultierende Direktdämmung der Gesamtkonstruktion unter Berücksichtigung von $\mathbf{\Delta R_w}$ nach Abschnitt 5.2 berechnet.

## 5.2 Vorsatzkonstruktionen

Vorsatzschalen, die vor einschaligen, massiven Bauteilen angebracht werden, können die Direktschalldämmung und in Abhängigkeit von den Kopplungsbedingungen an der Stoßstelle, auch die Flankenübertragung (Übertragungswege Fd und Df) 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 $\Delta R_w$ in Dezibel ist abhängig von:

1) der flächenbezogenen Masse m' des Grundbauteils in kg/m², an dem die Vorsatzschale 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 Vorsatzschale.

Bei Vorsatzschalen, 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:

$$f_0 = 160 \sqrt{s' \left( \frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \quad \text{[Hz]} \quad (31)$$

mit:
s' = dynamische Steifigkeit s' der Dämmschicht nach DIN EN 29052-1 [27] in MN/m³, gemäß der zutreffenden Produktnorm oder Zulassung
$m'_1$ = flächenbezogene Masse des Grundbauteils in kg/m²,
$m'_2$ = flächenbezogene Masse der Bekleidung der Vorsatzschale in kg/m².

**Tabelle 5.4: Zuschlag $\Delta R_w$ zur Direktschalldämmung durch Vorsatzschalen (auch schwimmende Estriche) in Abhängigkeit von der Resonanzfrequenz.**

| Resonanzfrequenz $f_0$ der Vorsatzschale in Hz | $\Delta R_w$ in dB |
|---|---|
| ≤ 80 | 35 - $R_w$/2 |
| 100 | 32 - $R_w$/2 |
| 125 | 30 - $R_w$/2 |
| 160 | 28 - $R_w$/2 |
| 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 $\Delta R_w$ 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.
Anmerkung 4 Für biegeweiche Vorsatzschalen vor massiven Bauteilen mit einer Resonanzfrequenz $30 \le f_0 \le 160$ Hz kann die Verbesserung $\Delta R_w$ mit folgender Formel berechnet werden: $\Delta R_w = (74{,}4 - 20 \lg f_0 - R_w/2) \ge 0$ dB

Bei Vorsatzschalen, 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 $r \ge 5$ kPas/m² nach DIN EN 29053 [29] gemäß der zutreffenden Produktnorm oder Zulassung gefüllt sein. Für diese Ausführung berechnet sich die Resonanzfrequenz $f_0$ wie folgt:

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0{,}08}{d} \left( \frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \quad \text{[Hz]} \quad (32)$$

mit:
d = Hohlraumtiefe bzw. Schalenabstand in m.
Als Hohlraumtiefe wird der hohlraumseitige Abstand zwischen der Oberfläche des Grundbauteils und der Oberfläche der Bekleidung der Vorsatzschale bezeichnet.

Vorsatzschalen, 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 Ff, Fd oder Df verbessert oder verschlechtert.

**Tabelle 5.5: Resonanzfrequenz $f_0$ von biegeweichen Vorsatzschalen und schwimmenden Estrichen vor und auf Massivbauteilen.**

| **Biegeweiche Vorsatzschalen** | 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

### 5.2.1 Direktschalldämmung einseitig angebrachter Vorsatzschalen

Vorsatzschalen, die vor trennenden Bauteilen angebracht werden, können die Direktschalldämmung und auch die Flankenübertragung (Übertragungswege Fd und Df) verbessern.

Die bewertete Verbesserung der Schalldämmung $\Delta R_w$ in dB berechnet sich für einschalige biegesteife Bauteile in Abhängigkeit von der Resonanzfrequenz $f_0$ nach Tabelle 5.4. Die Berechnungsergebnisse werden mit einer Dezimalen angegeben.

Die Resonanzfrequenzen gebräuchlicher biegeweicher Vorsatzschalen und schwimmender Estriche sind in Tabelle 5.5 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/m².

### 5.2.2 Flankenschalldämmung von Bauteilen mit Vorsatzschalen

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

$$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{Dd,w} \quad [dB] \quad (33)$$

mit:
$\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_w$ gemäß Tabelle 5.4

Werden biegeweiche Vorsatzschalen beiderseits eines Übertragungsweg 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:

$$\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_{D,w} + \Delta R_{d,w}/2 \quad [dB]$$
$$\text{für } \Delta R_{D,w} \geq \Delta R_{d,w} \quad (34)$$

$$\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_{d,w} + \Delta R_{D,w}/2 \quad [dB]$$
$$\text{für } \Delta R_{d,w} \geq \Delta R_{D,w} \quad (35)$$

Flankenübertragung:

$$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{i,w} + \Delta R_{j,w}/2 \quad [dB]$$
$$\text{für } \Delta R_{i,w} \geq \Delta R_{j,w} \quad (36)$$

$$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{j,w} + \Delta R_{i,w}/2 \quad [dB]$$
$$\text{für } \Delta R_{j,w} \geq \Delta R_{i,w} \quad (37)$$

## 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 5.1 - 5.3) 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.

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 quasi homogenen 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.

**Hinweis:**
Im Wohnungsbau mit hochwärmedämmenden Hochlochziegeln in der Außenwand werden insbesondere die Geschossdeckenauflager 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 $\mathbf{K_{ij}}$ aus den flächenbezogenen Massen der mit der Stoßstelle verbundenen Bauteile für unterschiedliche Geometrien der Stoßstelle berechnet werden. Die Beziehungen für $\mathbf{K_{ij}}$ werden in Abhängigkeit von dem Masseverhältnis M angegeben. Je größer der Masseunterschied der angrenzenden Bauteile, desto größer wird das Stoßstellendämm-Maß.

$$M = \lg\left(\frac{m'_{\perp i}}{m'_i}\right) \quad [-] \quad (38)$$

mit:
$m'_i$ = flächenbezogene Masse des Bauteils i im Übertragungsweg ij [kg/m²]
$m'_{\perp i}$ = flächenbezogene Masse des anderen die Stoßstelle bildenden Bauteils senkrecht dazu [kg/m²]

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

$$K_{ij,min} = 10\lg\left(l_f \cdot l_0\left(\frac{1}{S_i} + \frac{1}{S_j}\right)\right) \quad [dB] \quad (39)$$

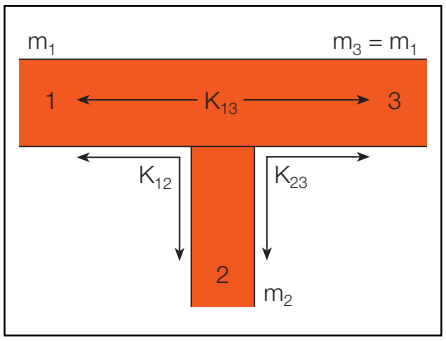



**Bild 5.1:** T-Stoß mit den in Frage kommenden Übertragungswegen 1-3.

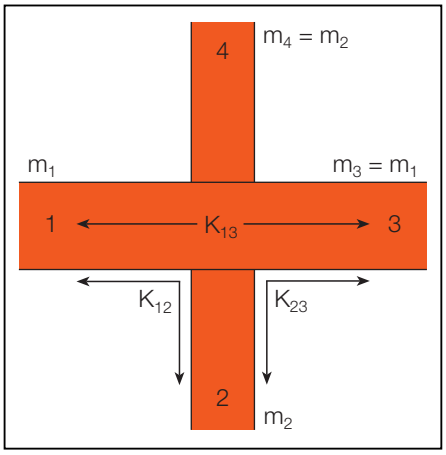



**Bild 5.2:** Kreuzstoß mit den in Frage kommenden Übertragungswegen 1-4.

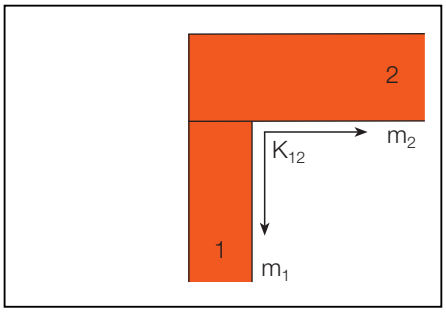



**Bild 5.3:** Eckverbindung mit den in Frage kommenden Übertragungswegen 1-2.

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:

$$K_{ij} = 2{,}7 + 2{,}7 \cdot M^2 \quad [dB] \quad (40)$$

Für einen T-Stoß gilt:

$$K_{12} = K_{23} = 4{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2 \quad [dB] \quad (41)$$

für $M < 0{,}215$

$$K_{13} = 5{,}7 + 14{,}1 \cdot M + 5{,}7 \cdot M^2 \quad [dB] \quad (42)$$

für $M \geq 0{,}215$

$$K_{13} = 8 + 6{,}8 \cdot M \quad [dB] \quad (43)$$

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:

$$K_{12} = K_{23} = 5{,}7 + 15{,}4 \cdot M^2 \quad [dB] \quad (44)$$

für $M < 0{,}182$

$$K_{13} = 8{,}7 + 17{,}1 \cdot M + 5{,}7 \cdot M^2 \quad [dB] \quad (45)$$

für $M \geq 0{,}182$

$$K_{13} = 9{,}6 + 11 \cdot M \quad [dB] \quad (46)$$

### 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 5.1 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 Stumpfstöße 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, homogenen, 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 $\boldsymbol{\Delta K_{ij,L}}$ von:

$$\Delta K_{ij,L} = \Delta R_{w,L}/2 \quad [dB] \quad (47)$$

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 $S_i < 2{,}5$ m² je Raumseite das Stoßstellendämm-Maß $K_{13,L}$ wie folgt zu berechnen:

$$K_{13,L} = K_{13} - \Delta R_{w,L}/2 + 10 \lg \left(S_0 \cdot (1/S_1 + 1/S_3)\right) \quad [dB] \quad (48)$$

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. (42) bzw. (43) in dB

$S_0$ = Bezugsfläche mit $S_0 = 1{,}25$ m²

$S_1, S_3$ = Flächen der flankierenden Außenwände jedes Raumes in m².
Die Flächenkorrektur $10 \lg \left(S_0 \cdot (1/S_1 + 1/S_3)\right)$ 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 flächenbezogenen Massen $m' \leq 150$ kg/m² können elastische Zwischenschichten verwendet werden. Die Verbesserung durch diese flexiblen Zwischenschichten kann nach DIN EN 12354-1 Anhang E, Bild E 5 auf der sicheren Seite liegend berechnet werden:

Für Kreuz- und T-Stoß gilt:

$$K_{12} = K_{23} = 5{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2 + \Delta_1 \quad [dB] \quad (49)$$

$$K_{13} = 5{,}7 + 14{,}1 \cdot M + 5{,}7 \cdot M^2 + 2 \cdot \Delta_1 \quad [dB] \quad (50)$$

mit:

$\Delta_1 = 10$ lg (500 Hz/125 Hz) [dB]
wenn $E_1/t_1 \approx 100$ MN/m³

**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 ≥ 150 kg/m², die Dicke der Trennfuge (Schalenabstand) muss ≥ 30 mm sein. Bei einer Dicke der Trennfuge ≥ 50 mm darf das Gewicht einer Einzelschale auf 100 kg/m² reduziert werden. Der Fugenhohlraum ist mit dicht gestoßenen und vollflächig verlegten mineralischen Dämmplatten gemäß DIN EN 13162 in Verbindung mit DIN 4108-10, Anwendungstyp WTH, auszufüllen.

Bei einer flächenbezogenen Masse der Einzelschalen > 200 kg/m² und Dicke der Trennfuge ≥ 30 mm darf auf das Einlegen von Dämmschichten verzichtet werden. Der Fugenhohlraum ist dann mit Lehren herzustellen, die nachträglich entfernt werden müssen.

Ein maßgeblicher Einfluss auf die Schalldämmung ist die Kopplung der Haustrennwandschalen durch flankierende Bauteile (unvollständige Trennung), die üblicherweise im untersten Geschoss gegeben ist. Im bisherigen Rechenverfahren nach Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989 wird dieser Einfluss nicht explizit berücksichtigt. Damit ist eine Prognose der Schalldämmung bzw. ein schalltechnischer Nachweis in vielen Fällen nicht möglich.

Das neue Verfahren ermöglicht eine Prognose der Schalldämmung von zweischaligen Haustrennwänden unter Berücksichtigung einer unvollständigen Trennung. Grundvoraussetzung dabei ist, dass die Trennfuge ohne Unterbrechung von Oberkante Bodenplatte bis zum Dach geführt wird. Dies gilt nicht im Erdgeschoss von nicht unterkellerten Gebäuden oder aber im Kellergeschoss selbst.

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

Im untersten Geschoss wird eine vollständige Trennung der Schalen aus baupraktischen Gründen meist nicht ausgeführt. Durchgehende Bodenplatten, Fundamente oder Außenwände bewirken eine Kopplung der Schalen und vermindern dadurch die bei vollständiger Trennung erreichbare Schalldämmung. Der maximale Zweischaligkeitszuschlag von 12 dB darf dann für die Berechnung der Schalldämmung im untersten Geschoss nicht angerechnet werden.

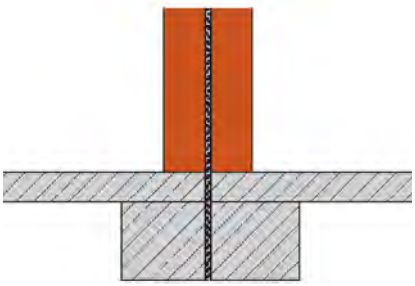
Der ungünstigste Fall für die Schalldämmung einer durch Schalen- und Fugenausbildung festgelegten Haustrennwandkonstruktion ergibt sich, wenn der Keller als weiße Wanne ausgeführt wird, d.h. Bodenplatte und Außenwände nicht getrennt sind [10].

### 5.4.2 Fundamentausbildung

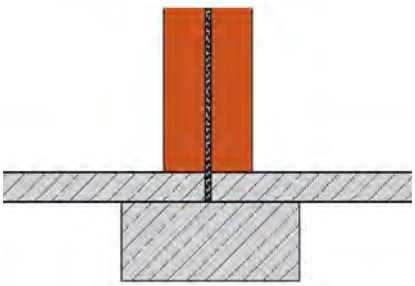
In den oberen Geschossen hat die Fundamentausbildung nur einen geringen Einfluss auf das Schalldämm-Maß. Für die Schallübertragung im untersten Geschoss ist die Ausbildung des Fundamentes jedoch von entscheidender Bedeutung (siehe Bild 5.4). Im Wesentlichen sind folgende Fälle zu unterscheiden:



a) durchlaufende Bodenplatte (ohne oder mit Fundament)



b) vollständig getrennte Bodenplatte (und Fundament)



c) getrennte Bodenplatte auf einem gemeinsamen Fundament

**Bild 5.4:** Darstellung unterschiedlicher Fundamentierungen im Bereich einer zweischaligen Haustrennwand.

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

Das bewertete Schalldämm-Maß $\mathbf{R'_{w,2}}$ einer zweischaligen Wand ergibt sich aus dem bewerteten Schalldämm-Maß $\mathbf{R'_{w,1}}$ einer gleichschweren einschaligen Wand, einem Zweischaligkeitszuschlag $\mathbf{\Delta R'_{w,Tr}}$, der in Abhängigkeit von der Übertragungssituation angesetzt werden muss, und einem Korrekturwert K gemäß Gl. (15) zur Berücksichtigung der Übertragung über flankierende Decken und Wände.

$$R'_{w,2} = R'_{w,1} + \Delta R_{w,Tr} - K \quad [dB] \quad (51)$$

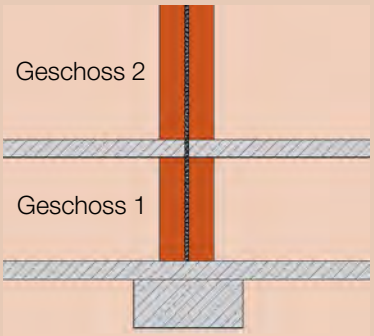
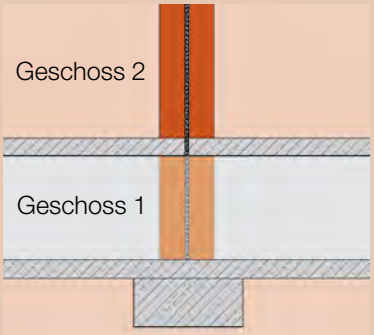
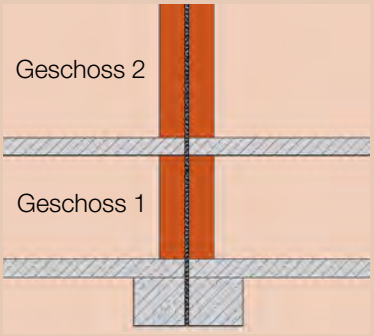
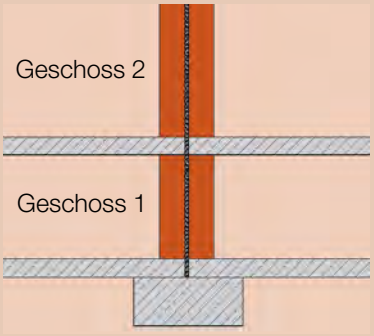
$R'_{w,1}$ wird nach folgender Beziehung aus der flächenbezogenen Masse $m'_{Tr,ges}$ der gleichschweren einschaligen Wand ermittelt:

$$R'_{w,1} = 28 \lg (m'_{Tr,ges}) - 20 \quad [dB] \quad (52)$$

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

Im Rechenwert $R'_{w,1}$ gemäß Gl. (52) ist bereits ein Sicherheitsabschlag von 2 dB enthalten. Die Zuschlagswerte $\mathbf{\Delta R_{w,Tr}}$ sind in der Tabelle 5.6 für die maßgeblichen Geschosse aufgeführt.

**Tabelle 5.6: Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$**

| Zeile | Situation | Beschreibung | Zuschlag[a] $\Delta R_{w,Tr}$ in dB |
|---|---|---|---|
| 1 |  | vollständige Trennung der Schalen | 12 |
| 2 | | Bodenplatte durchgehend, $m' \geq 575$ kg/m² ohne/mit Fundament Außenwände getrennt | 6 |
| 3 |  | vollständige Trennung der Schalen | 9 |
| 4 | | Bodenplatte durchgehend, $m' \geq 575$ kg/m² ohne/mit Fundament Außenwände durchgehend $m' \geq 575$ kg/m² | 3 |
| 5 |  | vollständige Trennung der Schalen | 12 |
| 6 | | Bodenplatte getrennt, Außenwände getrennt | 9 |
| 7 |  | vollständige Trennung der Schalen | 12 |
| 8 | | 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.

## 5.5 Fenster und Türen

### 5.5.1 Fenster mit Mehrscheiben-Isolierverglasung

Das für die Berechnung zu verwendende bewertete Schalldämm-Maß $\mathbf{R_w}$ entspricht dem Prüfergebnis einer Prüfung nach DIN EN ISO 140-3 [25] oder dem Tabellenwert nach DIN EN 14351-1, Anhang B [26] 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 5.7.

Der aus Tabelle 5.7 abzulesende Wert für die Schalldämmung $R_{w,Fenster}$ für Einfachfenster mit Mehrscheiben-Isolierglas (MIG) kann nach folgender Gleichung bestimmt werden:

$$R_{w,Fenster} = R_w + K_{AH} + K_{RA} + K_S + K_{FV} + K_{F,1.5} + K_{F,3} + K_{Sp} \quad [dB] \quad (53)$$

mit:

$R_w$ = Wert der Schalldämmung des Fensters gemäß Tabelle 5.7, Spalte 1

$K_{AH}$ = die Korrektur für Aluminium-Holzfenster; KAH = -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.

**Tabelle 5.7: 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<br>SZR in mm<br>Falzdichtung | ≥ 6<br>≥ 8<br>- | - | - | - | - | - |
| 30 | - | - | $d_{Ges}$ in mm<br>SZR in mm<br>Falzdichtung | ≥ 6<br>≥ 12<br>① | - | - | - | - | - |
| 33 | -2 | -5 | Glasaufbau in mm<br>SZR in mm<br>Falzdichtung | ≥ 4+4<br>≥ 12<br>① | -2 | 0 | -1 | 0 | 0 |
| 34 | -2 | -6 | Glasaufbau in mm<br>SZR in mm<br>Falzdichtung | ≥ 4+4<br>≥ 16<br>① | -2 | 0 | -1 | 0 | 0 |
| 35 | -2 | -4 | Glasaufbau in mm<br>SZR in mm<br>Falzdichtung | ≥ 6+4<br>≥ 12<br>① | -2 | 0 | -1 | 0 | 0 |
| 36 | -1 | -4 | Glasaufbau in mm<br>SZR in mm<br>Falzdichtung | ≥ 6+4<br>≥ 16<br>① | -2 | 0 | -1 | 0 | 0 |
| 37 | -1 | -4 | Glasaufbau in mm<br>SZR in mm<br>Falzdichtung | ≥ 6+4<br>≥ 16<br>① | -2 | 0 | -1 | 0 | 0 |
| 38 | -2 | -5 | Glasaufbau in mm<br>SZR in mm<br>Falzdichtung | ≥ 8+4<br>≥ 16<br>② (AD/MD+ID)[c] | -2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 39 | -2 | -5 | Glasaufbau in mm<br>SZR in mm<br>Falzdichtung | ≥ 10+4<br>≥ 20<br>② (AD/MD+ID)[c] | -2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 40 | -2 | -5 | $R_{w,P,GLAS}$ in dB<br>Falzdichtung | ≥ 40<br>② (AD/MD+ID) | -2 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| 41 | -2 | -5 | $R_{w,P,GLAS}$ in dB<br>Falzdichtung | ≥ 41<br>② (AD/MD+ID) | 0 | 0 | 0 | -1 | -2 |
| 42 | -2 | -5 | $R_{w,P,GLAS}$ in dB<br>Falzdichtung | ≥ 44<br>② (AD/MD+ID) | 0 | -1 | 0 | -1 | -2 |
| 43 | -2 | -4 | $R_{w,P,GLAS}$ in dB<br>Falzdichtung | ≥ 46<br>② (AD/MD+ID) | 0 | -2 | 0 | -1 | -2 |
| 44 | -1 | -4 | $R_{w,P,GLAS}$ in dB<br>Falzdichtung | ≥ 49<br>② (AD/MD+ID) | 0 | -2 | +1 | -1 | -2 |
| 45 | -1 | -5 | $R_{w,P,GLAS}$ in dB<br>Falzdichtung | ≥ 51<br>② (AD/MD+ID) | 0 | -2 | +1 | -1 | -2 |
| 46[d] | | | | | | | | | |

**Erläuterungen zur Tabelle 5.7:**

$d_{Ges}$ = Gesamtglasdicke

Glasaufbau = Zusammensetzung der beiden Einzelscheiben

SZR = Scheibenzwischenraum; mit Luft oder Argon gefüllt

$R_{w,P,GLAS}$ = Prüfwert der Scheibe im Normformat (1,23 m × 1,48 m) im Labor

Falzdichtung
AD = umlaufende Außendichtung
MD = umlaufende Mitteldichtung
ID = umlaufende Innendichtung im Flügelüberschlag

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.

### 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.

Schwimmender Estrich und Bodenbeläge (z.B. Teppich) sind im Bereich einer Tür schalltechnisch zu unterbrechen.

Das bewertete Schalldämm-Maß $R_w$ entspricht dem Prüfergebnis einer Prüfung nach DIN EN ISO 140-3 einer betriebsfertig geprüften Tür 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 unter Beachtung der nachfolgenden Regelungen zur Planung herangezogen.

**Tabelle 5.8: Schalldämmung von einflügeligen Innentüren (Sperrtüren) ohne Messung.**

| Bauteil | Anforderung |
|---|---|
| Einfach überfälztes Türblatt | $R_w \geq$ erf. $R_w$ + 2 dB |
| Stumpf einschlagendes Türblatt | $R_w \geq$ erf. $R_w$ + 4 dB |
| Falzdichtung | $R_{ST,w} \geq$ erf. $R_w$ + 10 dB[1)] |
| Bodendichtung | $R_{ST,w} \geq$ erf. $R_w$ + 10 dB |

[1)] Fugenschalldämmaß $R_{S,w}$ 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.

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 5.8 erfüllt werden. Tabelle 5.8 gilt für betriebsfertige Türen mit einem erforderlichen bewerteten Schalldämm-Maß erf. $R_w \leq 35$ dB. Die oben genannten Regelungen zu den Sicherheitsabschlägen sind gesondert zu berücksichtigen.

Die Werte der Tabelle 5.8 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 5.9 enthält Korrekturwerte für Türen, die auf das bewertete Schalldämm-Maß bei konstruktiven Änderungen ohne prüftechnischen Nachweis angerechnet werden können.

Für Türen ohne Anforderungen an die Schalldämmung (z.B. Innentüren im eigenen Bereich) werden keine bauakustischen Anforderungen an das Türblatt sowie an Falz- und Bodendichtungen gestellt.

**Tabelle 5.9: Korrekturwerte für die Schalldämmung von Türblättern bei konstruktiven Veränderungen.**

| **Merkmal** | **Zuschlag für Sperrtüren in dB** | |
|---|---|---|
| | Einschichtige Türblätter | Mehrschichtige Türblätter |
| Bewertetes Schalldämm-Maß des Türblatts | $R_w$ = 30 dB bis 34 dB | $R_w$ = 35 dB bis 40 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 dB) | +1 | -3 |
| Lichtausschnitt mit einem Flächenanteil von 15%, Verglasung Verbundglas ($R_{w,Verglasung}$ = 37 dB) | +1 | -1 |
| Lichtausschnitt mit einem Flächenanteil von 50%, Verglasung Einfachglas ($R_{w,Verglasung}$ = 31 dB) | 0 | -8 |
| Lichtausschnitt mit einem Flächenanteil von 50%, Verglasung Verbundglas ($R_{w,Verglasung}$ = 37 dB) | 0 | -3 |
| Verwendung eines Buntbartschlosses anstelle eines Profilzylinderschlosses | -1 | -1 |
| Verdoppelung der Anzahl der Deckplatten | +2 | 0 |

## 5.6 Trittschalldämmung

### 5.6.1 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 5.3 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/m² und 600 kg/m² nach folgender Beziehung ermittelt:

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \lg \frac{m'}{m'_0} \qquad \text{[dB]} \quad (54)$$

mit der Bezugsgröße $m'_0 = 1$ kg/m²

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.

### 5.6.2 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 Fertigteilestriche (Trockenestriche) eingesetzt werden. Schwimmende Estriche können unbeheizt oder als beheizbarer Estrich (Heizestrich) ausgeführt werden.

Die bewertete Trittschallminderung $\Delta L_w$ schwimmender Estriche hängt von der nach DIN EN 29052-1 [27] zu bestimmenden dynamischen Steifigkeit s' der Dämmschicht und der Flächenmasse der Estrichplatte m' 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 kN/m² bzw. Einzellast > 2 kN) und bei Gussasphaltestrichen dürfen nur Trittschalldämmplatten mit einer Zusammendrückbarkeit c ≤ 3 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 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 [28].

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.

### 5.6.2.1 Bewertete Trittschallminderung $\Delta L_w$ schwimmender Mörtelestriche

Für schwimmende Zement-, Calciumsulfat-, Calciumsulfatfließ-, Magnesia- und Kunstharzestriche sind die Werte für die bewertete Trittschallminderung $\Delta L_w$ aus nachstehendem Diagramm zu entnehmen.

**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 $\Delta L_w$ 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 1055-1 mit einem Abzug von 10% zu ermitteln.

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

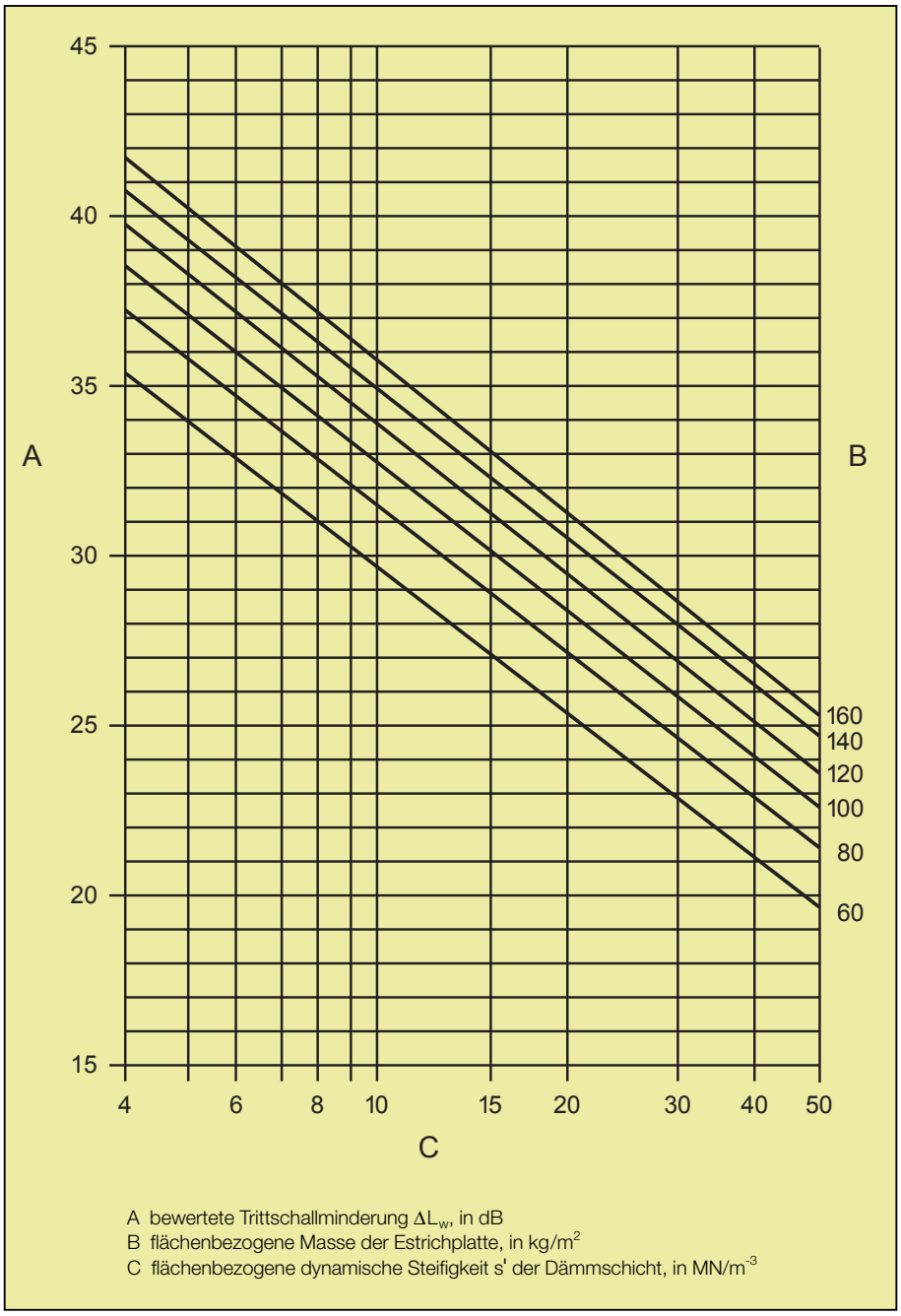



**Bild 5.5:** Bewertete Trittschallminderung $\Delta L_w$ schwimmend verlegter Zement-, Calciumsulfat-, Calciumsulfatfließ-, Magnesia- und Kunstharzestriche.

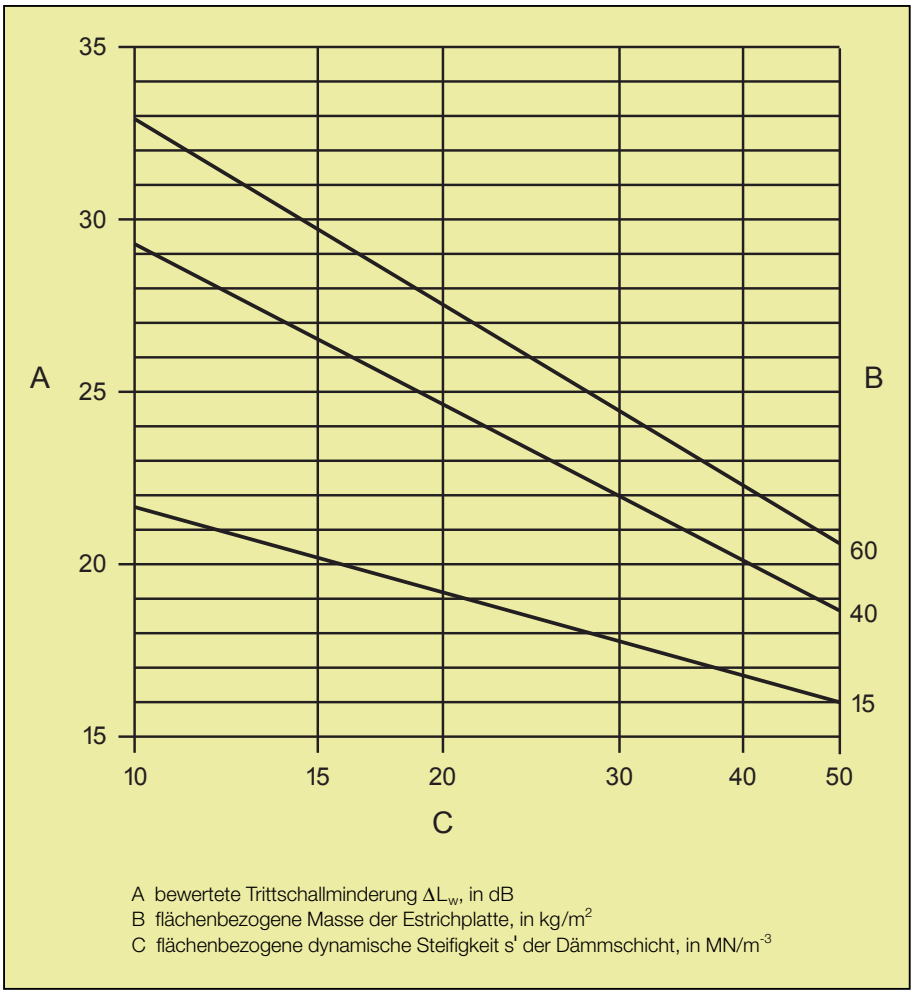



**Bild 5.6:** Bewertete Trittschallminderung $\Delta L_w$ schwimmender Gusasphalt- oder Fertigteilestriche.

### 5.6.2.2 Bewertete Trittschallminderung $\Delta L_w$ schwimmender Gussasphalt- oder Fertigteilestriche

Für schwimmende Gussasphalt- und Fertigteilestriche sind die Werte für die bewertete Trittschallminderung $\Delta L_w$ aus nachstehendem Diagramm zu entnehmen.

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

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

$$s'_{tot} = \left( \sum_{i=1}^{2} \frac{1}{s'_i} \right) \qquad [MN/m^3] \quad (55)$$

mit:
$s'_i$ = dynamische Steifigkeit pro Flächeneinheit der Dämmschicht i nach DIN EN 29052-1 [27]

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.

### 5.6.3 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 aufgebrachte harte Beläge (z.B. Fliesenbeläge, Steinbeläge etc.) werden hier 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 nicht in Ansatz gebracht werden.

Die nachfolgendend genannten Werte der bewerteten Trittschallpegelminderung $\Delta L_w$ 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 5.10 zu entnehmen, sofern nicht durch Eignungsprüfungen andere bewertete Trittschallpegelminderungen festgelegt sind.

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

**Tabelle 5.10: Bewertete Trittschallpegelminderung $\Delta L_w$ von weichfedernden Bodenbelägen für Massivdecken (Rechenwerte).**

| Zeile | Deckenauflagen, weichfedernde Bodenbeläge | | | $\Delta L_w$ [dB] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Linoleum-Verbundbelag | | nach DIN 18173 | 14[a)b)] |
| | **PVC-Verbundbeläge** | | | |
| 2 | PVC-Verbundbelag mit genageltem Jutefilz als Träger | | nach DIN 16952-1 | 13[a)b)] |
| 3 | PVC-Verbundbelag mit Korkment als Träger | | nach DIN 16952-2 | 16[a)b)] |
| 4 | PVC-Verbundbelag mit Unterschicht aus Schaumstoff | | nach DIN 16952-3 | 16[a)b)] |
| 5 | PVC-Verbundbelag mit Synthesefaser-Vliesstoff als Träger | | nach DIN 16952-4 | 13[a)b)] |
| | **Textile Fußbodenbeläge** | | | |
| 6 | Nadelvlies, Dicke = 5 mm | | nach DIN 61151[c)] | 20 |
| | **Polteppiche**[d)] | | | |
| 7 | Unterseite geschäumt | Normdicke $a_{20}$ = 4 mm | nach DIN 53855-3 | 19 |
| 8 | Unterseite geschäumt | Normdicke $a_{20}$ = 6 mm | nach DIN 53855-3 | 24 |
| 9 | Unterseite geschäumt | Normdicke $a_{20}$ = 8 mm | nach DIN 53855-3 | 28 |
| 10 | Unterseite ungeschäumt | Normdicke $a_{20}$ = 4 mm | nach DIN 53855-3 | 19 |
| 11 | Unterseite ungeschäumt | Normdicke $a_{20}$ = 6 mm | nach DIN 53855-3 | 21 |
| 12 | Unterseite ungeschäumt | Normdicke $a_{20}$ = 8 mm | nach DIN 53855-3 | 24 |

[a)] Die Bodenbeläge müssen durch Hinweis auf die jeweilige Norm gekennzeichnet sein. Die maßgebliche bewertete Trittschallpegelminderung $\Delta L_w$ 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 $\Delta L_w$ der rechten Spalte und mit der Werksbescheinigung nach DIN 50049 ausgeliefert werden.

[d)] Pol aus Polyamid, Polypropylen, Polyacrylnitril, Polyester, Wolle und deren Mischungen.

## 5.7 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 Stufen und Podeste mit weichfedernden Bodenbelägen versehen werden.

**Tabelle 5.11: Äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel $L_{n,w,eq}$ 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 | $L_{n,w,eq}$ [dB] | $L'_{n,w}$ [dB] |
|---|---|---|
| Treppenpodest[1)], fest verbunden mit einschaliger, biegesteifer Treppenraumwand (flächenbezogene Masse ≥ 380 kg/m2) | 66 | 70 |
| Treppenlauf[1)], fest verbunden mit einschaliger, biegesteifer Treppenraumwand (flächenbezogene Masse ≥ 380 kg/m²) | 61 | 65 |
| Treppenlauf[1)], abgesetzt von einschaliger, biegesteifer Treppenraumwand | 58 | 58 |
| Treppenpodest[1)], fest verbunden mit Treppenraumwand und durchgehender Gebäudetrennfuge nach Abschnitt 5.4 | ≤ 53 | ≤ 50 |
| Treppenlauf[1)], abgesetzt von Treppenraumwand und durchgehender Gebäudetrennfuge nach Abschnitt 5.4 | ≤ 46 | ≤ 43 |
| Treppenlauf[1)], abgesetzt von Treppenraumwand und durchgehender Gebäudetrennfuge nach Abschnitt 5.4 auf Treppenpodest elastisch gelagert | 38 | 42 |

[1)] Gilt für Stahlbetonpodest oder -treppenlauf mit einer Dicke d ≥ 120 mm.

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 5.11 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 $\mathbf{L'_{n,w}}$ 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 $\mathbf{L'_{n,w}}$ der Treppe der Wert $\mathbf{L_{n,w,eq}}$ zu verwenden. Die Trittschallminderung des Gehbelags ist dann Abschnitt 5.6.2 zu entnehmen. Die Berechnung des bewerteten Norm-Trittschallpegels erfolgt dann gemäß Abschnitt 4.5.2 Gl. (16).

Der dort angegebene Sicherheitsabschlag ist zu beachten!

## 6.1. Bauteilanschlüsse mit hohem Einfluss auf die Stoßstellendämmung

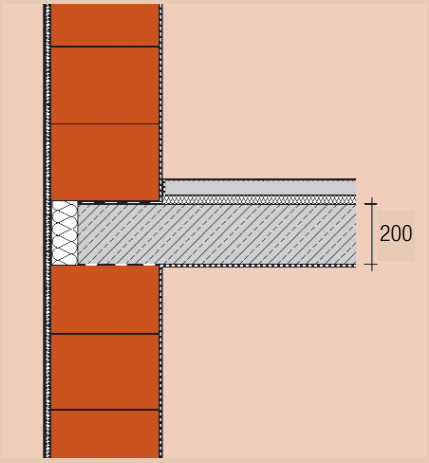
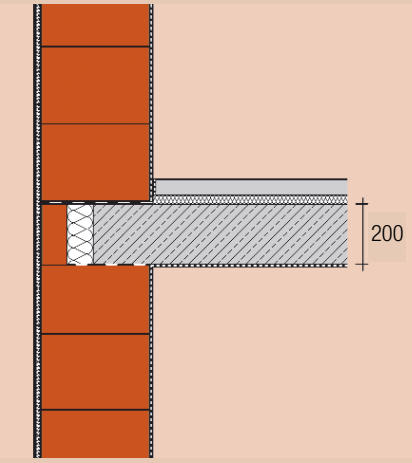
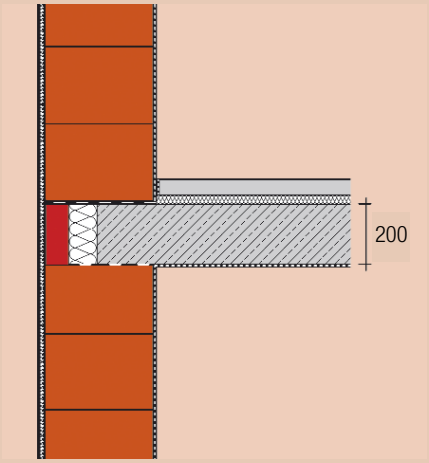
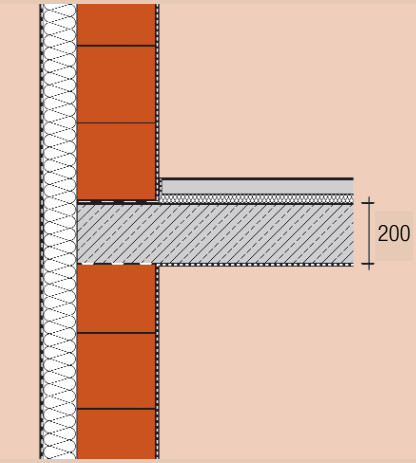
Der bauliche Schallschutz im Massivbau wird im Wesentlichen von folgenden Einflussgrößen bestimmt:
- der flächenbezogenen Masse des Massivbauteils,
- von Undichtigkeiten und
- der Längsleitung über flankierende Bauteile.

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.

**Tabelle 6.1: Anhaltswerte von Stoßstellendämm-Maßen $K_{13}$ von Deckenauflagervarianten.**

| Deckenaufleger mit Stirndämmung | Deckenaufleger mit Abmauerstein ≥ 100 mm |
|---|---|
|  |  |
| $K_{13}$ zwischen 14-17 dB | $K_{13}$ zwischen 8-11 dB |
| **Deckenauflager mit Abmauerelement ≤ 75 mm** | **Deckenauflager mit Vollauflage und Zusatzdämmung** |
|  |  |
| $K_{13}$ zwischen 12-15 dB | $K_{13}$ zwischen 9-11 dB [1)] |

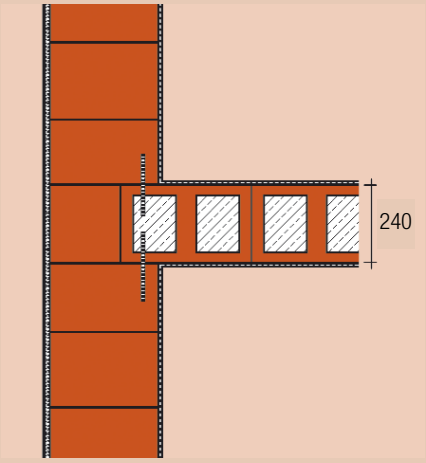
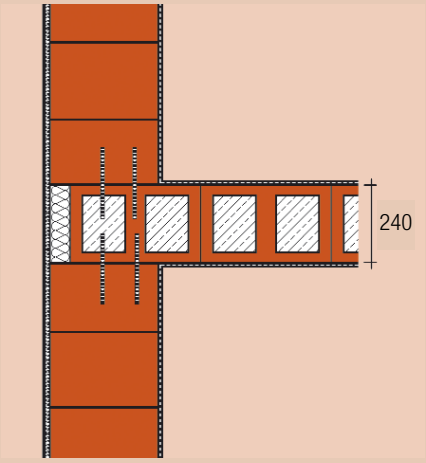
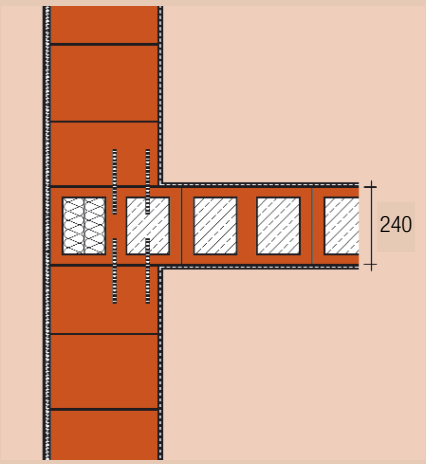
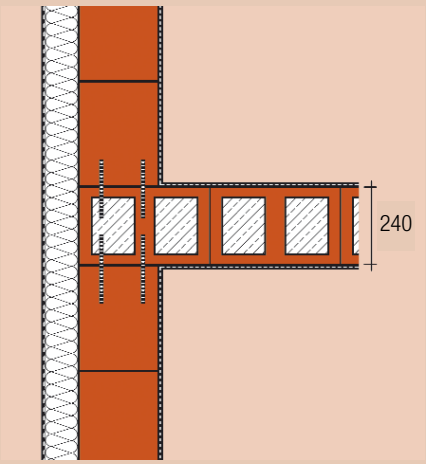
[1)] gilt ebenso für zweischalige Außenwände

### 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 Ff = 1-3 in vertikaler Richtung über die Außenwand unterschiedlich hohe Stoßstellendämm-Maße $K_{13}$. 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.

**Tabelle 6.2: Anhaltswerte von Stoßstellendämm-Maßen $K_{13}$ von Außenwand-Trennwandvarianten.**

| Einbindung einer Füllziegelwand Einbindetiefe ca. 12,5 cm | Durchbindung einer Füllziegelwand mit Stirndämmung |
|---|---|
|   |   |
| $K_{13}$ zwischen 8-11 dB | $K_{13}$ zwischen 8-11 dB |
| **Vollständige Durchbindung einer in der ersten Kammer gedämmten Füllziegelwand** | **Vollständige Durchbindung – Außenwand mit Zusatzdämmung** |
|   |   |
| $K_{13}$ zwischen 9-11 dB | $K_{13}$ zwischen 9-11 dB[1)] |

[1)] gilt ebenso für zweischalige Außenwände

### 6.1.1.2 Außenwand – Trennwandknoten

Die Rationalisierung des Bauablaufs und auch die Verwendung von Baustoffen mit unterschiedlichem Verformungsverhalten können dazu führen, dass die Bauteilanschlüsse nicht immer die schalltechnisch notwendige Steifigkeit aufweisen. So ist beispielsweise mit Abrissen der Trennwände von wärmedämmenden HLz-Außenwänden zu rechnen, wenn diese aus bindemittelgebundenen Baustoffen wie Kalksand- oder Betonsteinen errichtet werden. Die Schwindverkürzung der bindemittelgebundenen Baustoffe erzeugen Zugspannungen im Anschluss an die nicht schwindenden Hochlochziegel, die bei Überschreitung der Zugfestigkeit zum Abreißen führen. Aus diesem Grund sollten schwere Trennwände in Ziegelgebäuden immer aus wirtschaftlich zu errichtenden Schallschutz-Verfüllziegeln oder Schalungsziegeln erstellt werden.

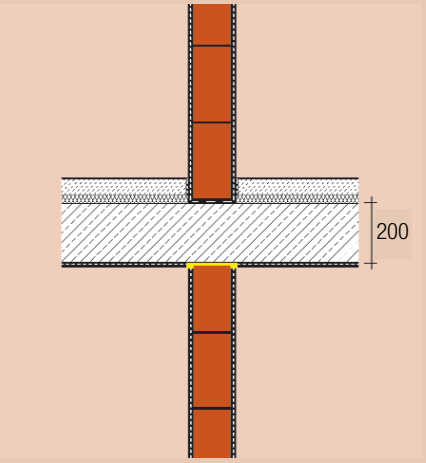
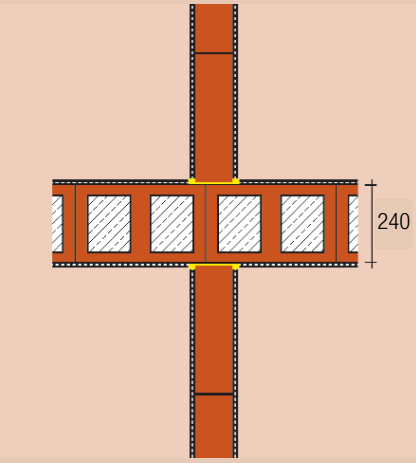
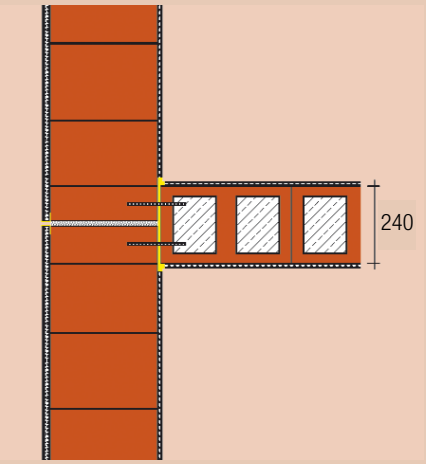
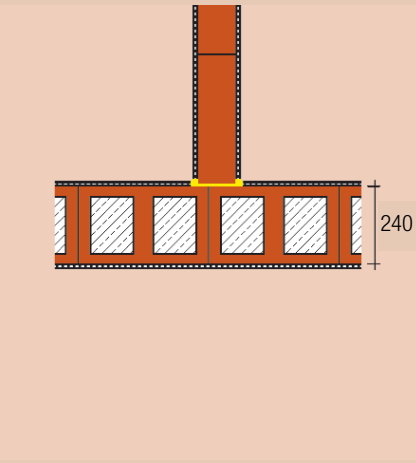
Der als Stumpfstoß ausgeführte Trennwandanschluss zeigt grundsätzlich das geringste Stoßstellendämm-Maß (vgl. Abschnitt 5.3.2). Trennwandeinbindungen oder gar -durchbindungen bewirken sehr hohe Stoßstellendämm-Maße auf dem Flankenweg 1-3 in horizontaler Richtung. Die Tabelle 6.2 enthält die in der Praxis auftretenden Unterschiede in der Ausführung der Details und die zu erwartenden Stoßstellendämm-Maßen $K_{13}$ (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 [23,24], das mithilfe von weichen Trennprofilen eine Körperschallübertragung deutlich reduziert und eine Putzüberbrückung verhindert. Die gemessenen Stoßstellendämm-Maße derartiger Entkopplungen erreichen auf dem Flankenweg 1-3 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 ≥ 25 dB, bei T-Stößen von 20 dB.

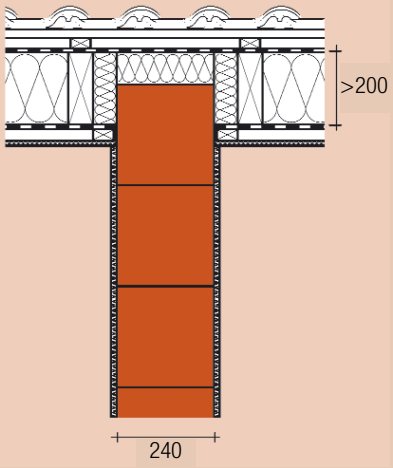
**Tabelle 6.3: Anhaltswerte von Stoßstellendämm-Maßen $K_{13}$ von leichten Innenwänden an Trennbauteilen.**

| | |
|---|---|
| Am Wandkopf zur Geschossdecke mit ZIS entkoppelte leichte Trennwand | Beiderseits einer Füllziegelwand mit ZIS entkoppelte leichte Trennwände |
|  |  |
| $K_{13}$ im Mittel 25 dB | $K_{13}$ 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) |
|  |  |
| $K_{13}$ im Mittel 20 dB [1)] | $K_{13}$ im Mittel 20 dB (über Eck) |

[1)] gilt ebenso für zusatzgedämmte und zweischalige Außenwände

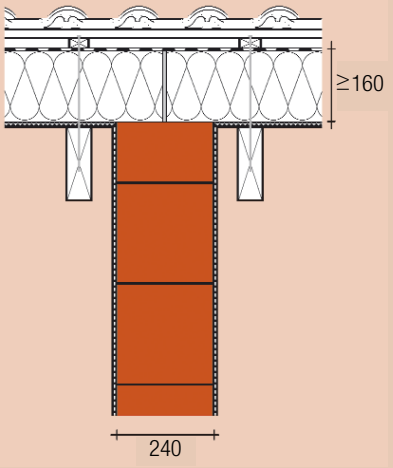
**Tabelle 6.4: Anhaltswerte der Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ von leichten Dächern an Trennwänden.**

Dachkonstruktion mit Vollsparrendämmung und Wandeinbindung in die Dämmebene



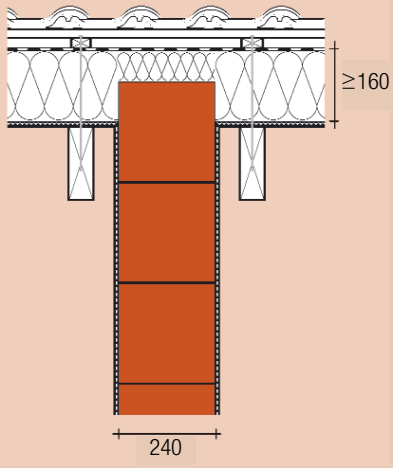

$D_{n,f,w}$ = 79 dB

Dachkonstruktion mit Mineralwolle-Aufsparrendämmung – Dachkonstruktion und Wärmedämmung getrennt



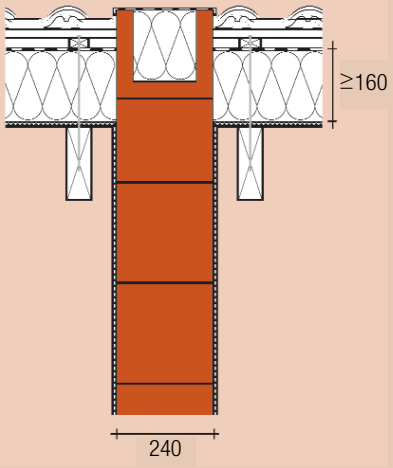

$D_{n,f,w}$ = 69 dB

Dachkonstruktion mit Mineralwolle-Aufsparrendämmung – Wandeinbindung und Hohlraumbedämpfung[1] – Dachkonstruktion und Wärmedämmung getrennt




$D_{n,f,w}$ > 70 dB

Dachkonstruktion mit Mineralwolle-Aufsparrendämmung – Wanddurchbindung mit Schott[1] – Dachkonstruktion, Wärmedämmung und Dacheindeckung getrennt




$D_{n,f,w}$ > 75 dB

[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-Flankenpegeldifferenzen 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-Flankenpegeldifferenzen $\mathbf{D_{n,f,w}}$ für verschiedene Ausführungen 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:**
Aufsparren gedämmte Dächer mit Hartschaum-Dämmstoffauflagen weisen etwa 10 dB geringere Norm-Flankenpegeldifferenzen $\mathbf{D_{n,f,w}}$ 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 sollte möglichst erst nach Fertigstellung des Fußbodenbelags gekürzt werden.

### 6.2.2 Treppen

Beispiele für Treppenausführungen ohne zusätzlichen weichfedernden Belag nach Abschnitt 5.6.3 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.

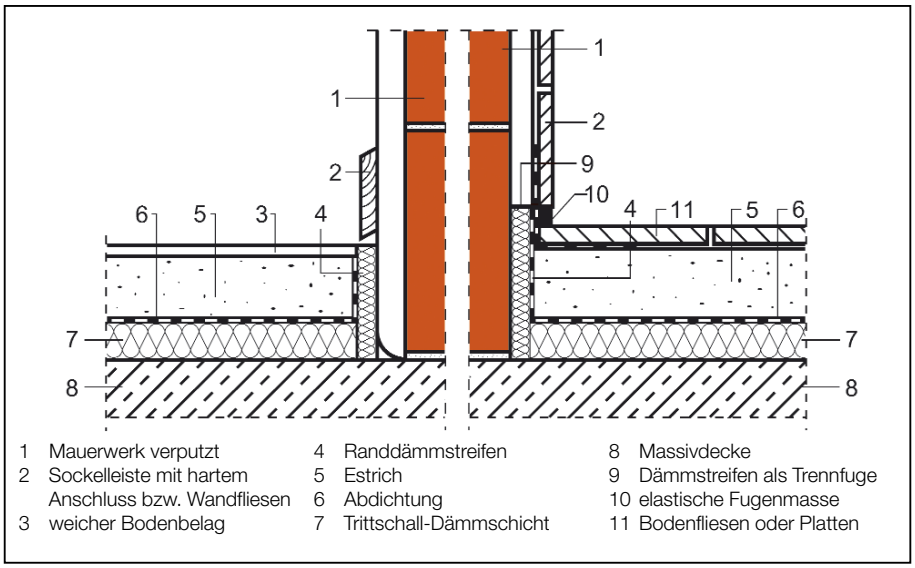



**Bild 6.1:** Wandanschlüsse eines schwimmenden Estrichs in Wohn- und Nassräumen. Links: Wandputz und weicher Gehbelag. Rechts: Fliesenbelag an Wand und Boden.

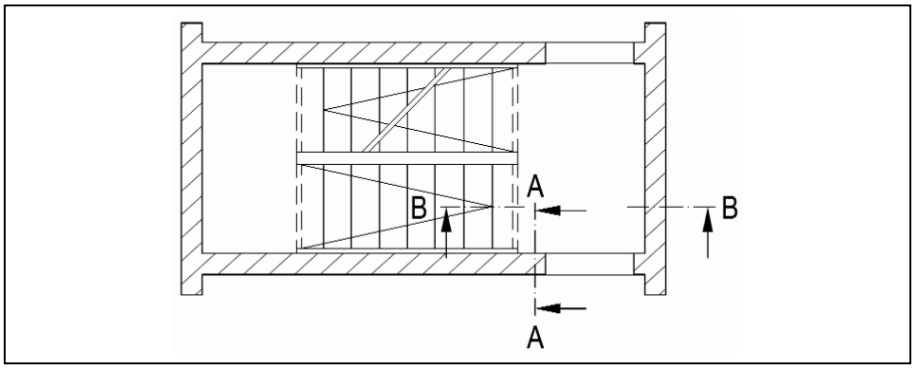



**Bild 6.2:** Schwimmender Estrich auf den Podesten bei elastischer Auflagerung der Treppenläufe (Grundriss).

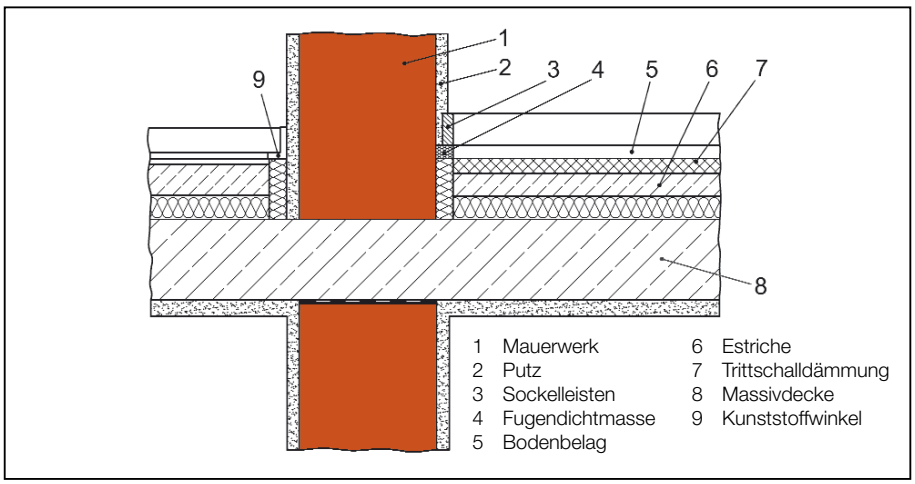



**Bild 6.3:** Schwimmender Estrich auf den Podesten (Schnitt A-A).

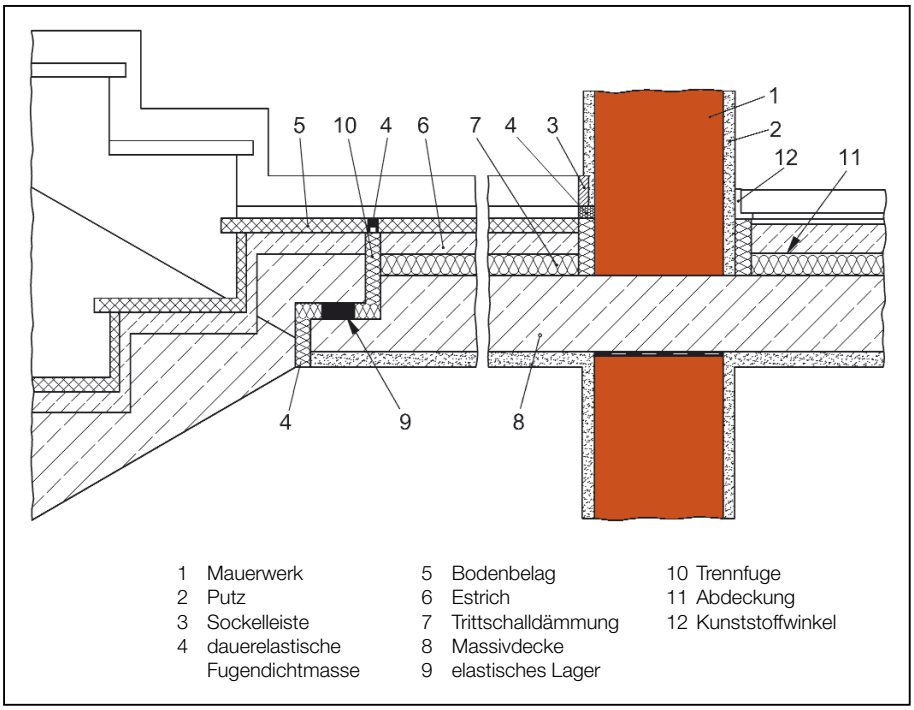



**Bild 6.4:** Schwimmender Estrich auf Podesten mit dämmender Zwischenlage bei Auflagerung der Läufe (Schnitt B-B).

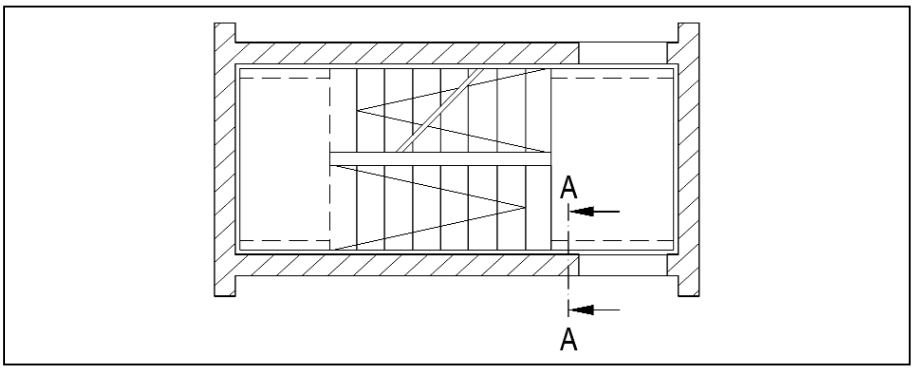



**Bild 6.5:** Auflagerung eines Treppenlaufes mit Podestplatte auf Konsolleisten, quer gespannte Podeste (Grundriss).

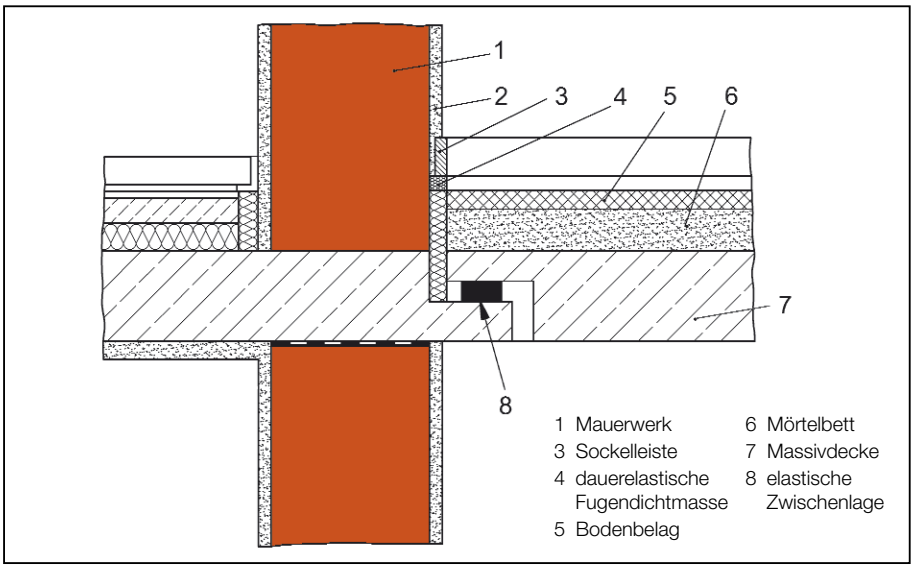



**Bild 6.6:** Auflagerung eines Treppenlaufes mit Podestplatte auf Konsolleisten (Schnitt A-A).

## 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.

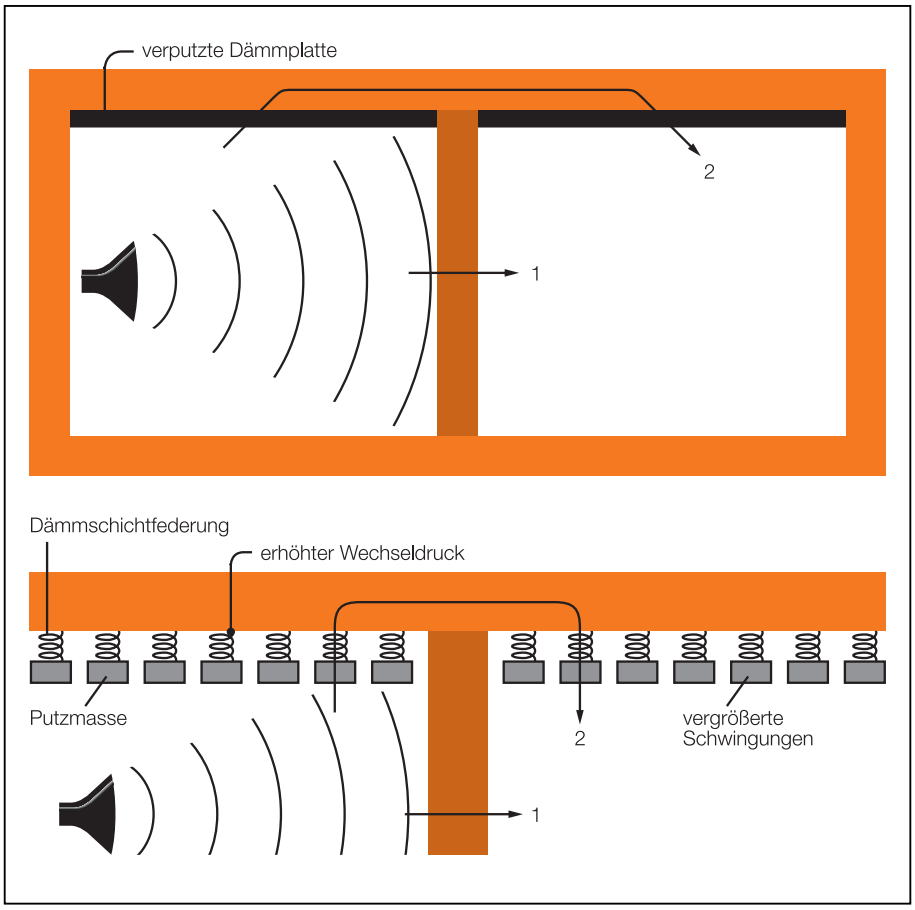



**Bild 6.7:** Schall-Längsleitung über verputzte Dämmplatten – Funktionsprinzip.

## 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.

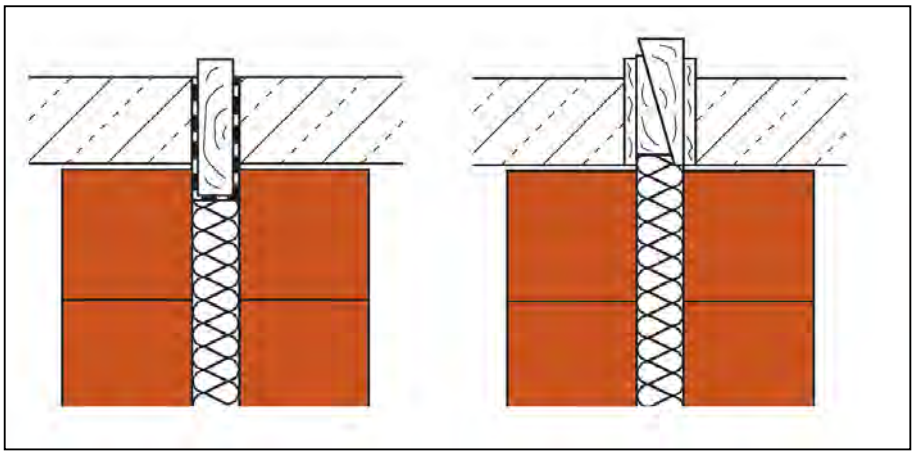


**Bild 6.8:** Maßnahmen zur Vermeidung von Körperschallbrücken im Bereich der Geschossdecken bei der Errichtung zweischaliger Haustrennwände.

# 7 Beispiele

## 7.1 Vorbemerkungen

In diesem Kapitel wird anhand von Beispielen die Bemessung der Luftschalldämmung zwischen zwei Räumen aufgezeigt. Die Vorgehensweise richtet sich nach den maßgeblichen Einflüssen der Schallübertragung und ist für eine Computer-gestützte Nachweisprozedur 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 Grundrisspläne 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 m² – 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 Übertragungssituation 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, sollten die Stoßstellen mithilfe der normativen Kennwerte berechnet werden. Dies ist häufig bei Standardgebäuden mit bauordnungsrechtlichem Schallschutz der Fall.

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.

## 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.

**Tabelle 7.1: Bauteilaufbauten zu den Beispielen 7.2 und 7.3.**

| Bauteilaufbau | Flächenbezogene Masse m' [kg/m²] | Akustische Kennwerte | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| 20 cm Stahlbeton-Geschossdecke, 60 mm Zementestrich auf 35 mm EPS-Trittschalldämmplatten | 480 | $R_w$ = 60,7 dB<br>$f_0$ = 74 Hz<br>$\Delta R_w$ = 6,7 dB | Gl. (22), Gl. (30), Gl. (31), Tab. 5.4, Anmerkung 4 |
| 24 cm Wohnungstrennwand aus Füllziegeln, RDK 2,0, beidseitig 12 mm Gipsputz | 480 | $R_w$ = 60,7 dB | Gl. (22), Gl. (25), Gl. (29), Gl. (30) |
| 36,5 cm HLz – Außenwand, RDK 0,75, beidseitig verputzt | 295 | $R_{w,Bau,ref}$ = 47,5 dB | Messwert nach DIN EN ISO 717-1 in Verbindung mit [3] |
| 11,5 cm HLz – Innenwand, RDK 0,8, beidseitig 12 mm Gipsputz | 110 | $R_w$ = 40,9 dB | Gl. (22), Gl. (26), Gl. (29), Gl. (30) |

### 7.2.1 Vertikale Übertragungssituation

Bei diesem Beispiel handelt es sich um zwei übereinander in einer versetzten Grundrisssituation angeordnete Eckräume (Bild 7.1). Der Raum im EG weist eine Grundfläche von 5,345 · 2,845 = 15,2 m² der Raum im OG von 4,225 · 2,845 = 12,0 m² auf. Die gemeinsame Trennfläche der Geschossdecke beträgt 12 m². Die lichte Raumhöhe beträgt 2,5 m. Die Stoßstellendämm-Maße ergeben sich gemäß Tabelle 7.2.

Das Bild 7.2 zeigt einen Screenshot aus dem PC-Programm der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel. Neben der Raumanordnung in Form von zwei Vertikalschnitten werden die wichtigsten Berechnungsergebnisse angezeigt. Das Bau-Schalldämm-Maß beträgt $R'_w$ = 54,4 dB. Dabei ist ein Sicherheitsabschlag von 2 dB berücksichtigt. Betrachtet man die Einzelergebnisse ist zu erkennen, dass die Flankenschalldämmung $R_{f,w}$ an der Stoßstelle 1 (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.

**Tabelle 7.2: Stoßstellendämm-Maße der vertikalen Übertragungssituation.**

| Stoßstelle | Stoßtyp | gemeinsame Kopplungslänge [m] | Normwerte $K_{12}/K_{13}/K_{23}$ [dB] | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|
| 1 Außenwand/ Decke/ Außenwand | T-Stoß | 3,215 | 5,0/8,9/5,0 | Die Breite der Fenstertür im OG wird abgezogen. |
| 2 Innenwand/ Decke/ Innenwand | K-Stoß | 3,34 | 12/25/18 | Die Breite der Innentür im OG wird abgezogen; Deckenkopf im EG entkoppelt. |
| 3 Innenwand/ Decke/ Decke | Winkelstoß | 2,845 | 5,0/8,9/5,0 | Der Versatz l der Wände ist ≥ 0,5 m (vgl. Bild 4.3). |
| 4 Außenwand/ Decke/ Außenwand | T-Stoß | 1,835 | 5,0/8,9/5,0 | Die Breite der Fenstertür im EG/OG wird abgezogen. |

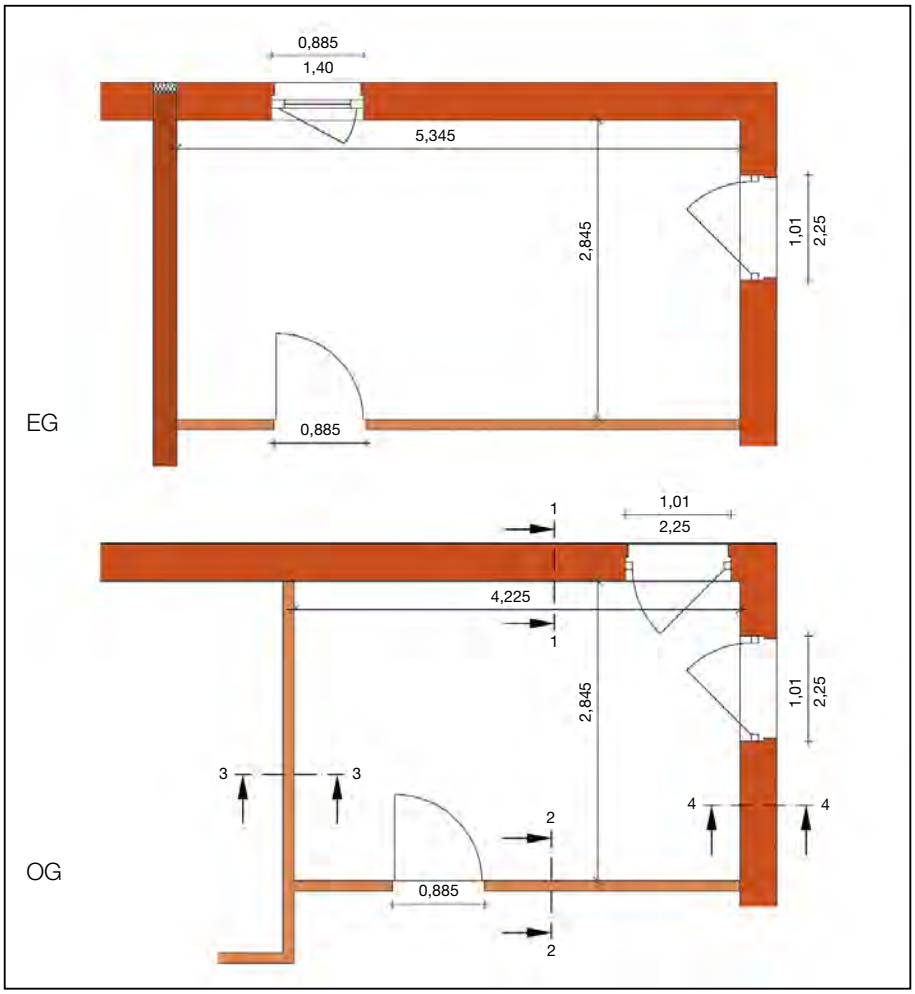



**Bild 7.1:** Grundrisse zweier übereinander liegender Eckräume.

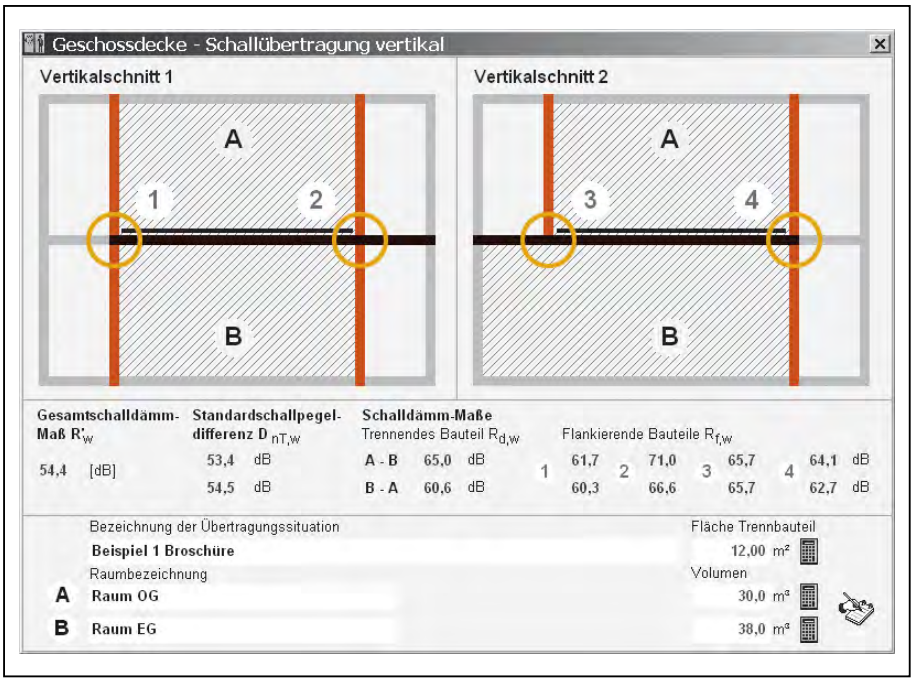



**Bild 7.2: Screenshot der Übertragungssituation gemäß Bild 7.1.**

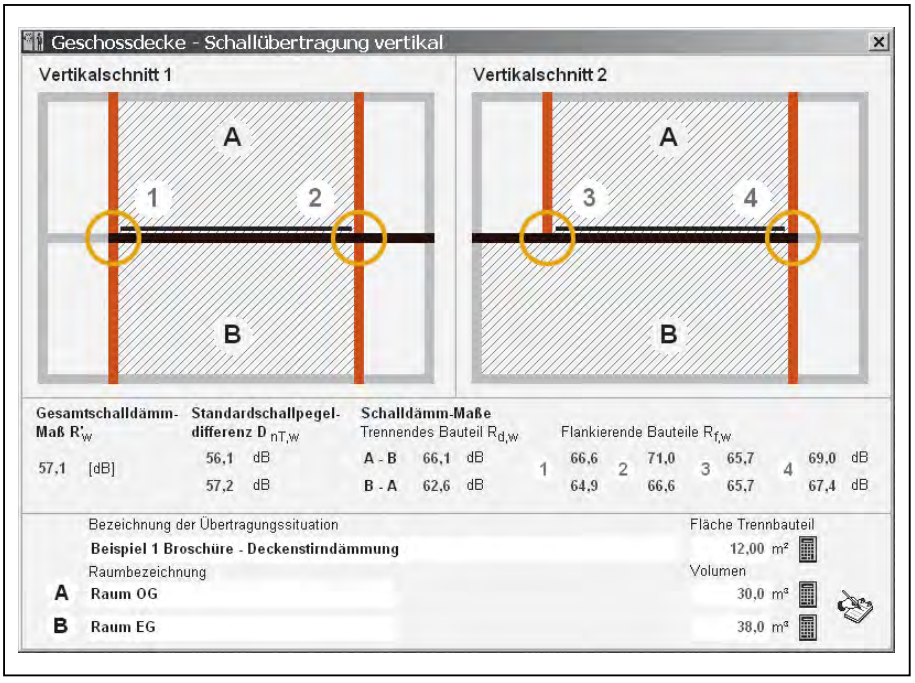



**Bild 7.4:** Screenshot der Übertragungssituation mit verbesserten Stoßstellen 1 und 3 gemäß Bild 7.3.

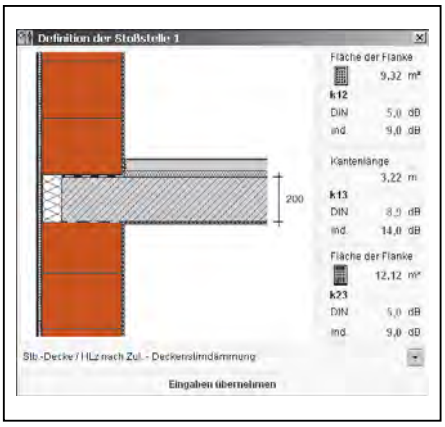



**Bild 7.3:** Screenshot der Stoßstelle 1 mit verbesserter Detailausbildung gemäß Herstellerangabe.

Wie in Kapitel 6 gezeigt, lassen sich für bestimmte Produkte und Ausführungsdetails verbesserte Stoßstellendaten finden. Wird beispielsweise das Deckenauflager am T-Stoß mit einer Stirndämmung versehen, können verbesserte Stoßstellendämm-Maße gemäß Herstellerangabe für ausgewählte Wand-Deckenknoten gemäß Bild 7.3 angesetzt werden. Die Stoßstellendämm-Maße erhöhen sich um mehr als 4 dB gegenüber den normativen Standardwerten. Werden die T-Stöße der Außenwände 1 und 4 mit dieser Ausführung realisiert, erhöht sich das Bauschalldämm-Maß $R'_w$ auf 57,1 dB. Ein erhöhter Schallschutz ist damit umsetzbar (Bild 7.4), ohne dass die Bauteilaufbauten gegenüber dem Ausgangsfall geändert werden müssen.

Diese Berechnung zeigt zudem, wie wichtig die Ausführung der Stoßstellen im Bereich der Deckenauflager ist und wie sich die Flankendämm-Maße $R_{f,w}$ an den Stößen 1 und 4 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.

### 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 · 2,5 = 7,1 m².
Die Raumhöhe beträgt 2,5 m. Die anrechenbare Fläche der Außenwandflanke beiderseits der Wohnungstrennwand beträgt je 0,9 · 2,5 = 2,25 m².
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.

**Tabelle 7.3: Stoßstellendämm-Maße der horizontalen Übertragungssituation.**

| Stoßstelle | Stoß-typ | gemeinsame Kopplungs-länge [m] | Normwerte $K_{12}/K_{13}/K_{23}$ [dB] | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|
| 1 Außenwand/ Trennwand/ Außenwand | T-Stoß | 2,5 | 5,0/8,9/5,0 | Die Wohnungstrennwand ist vollständig in die Außenwand eingebunden (Durchbindung). |
| 2 Trennwand/ Trennwand/ Innenwand | Winkel-stoß | 2,5 | -3,0/20/20 | Der Versatz l der Wände ist ≥ 0,5 m (vgl. Bild 4.3), 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 | |

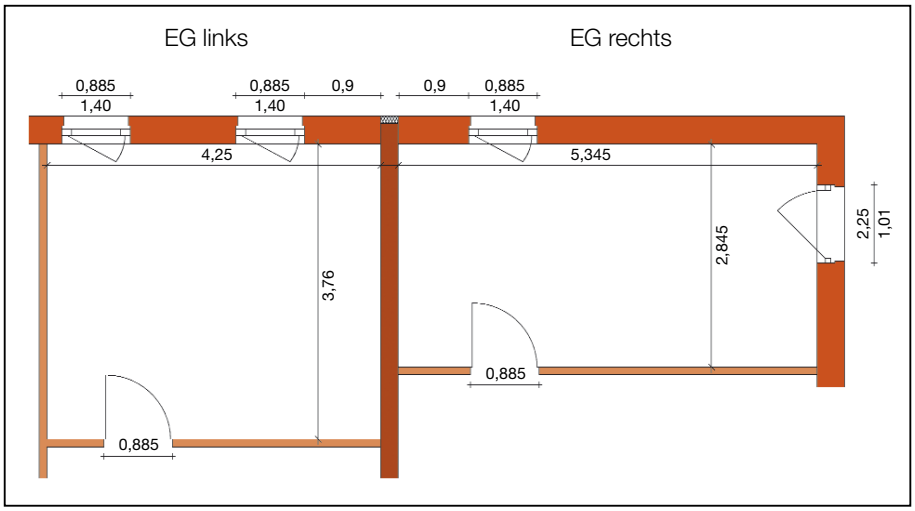



**Bild 7.5:** Grundriss zweier nebeneinander liegender Wohnräume.

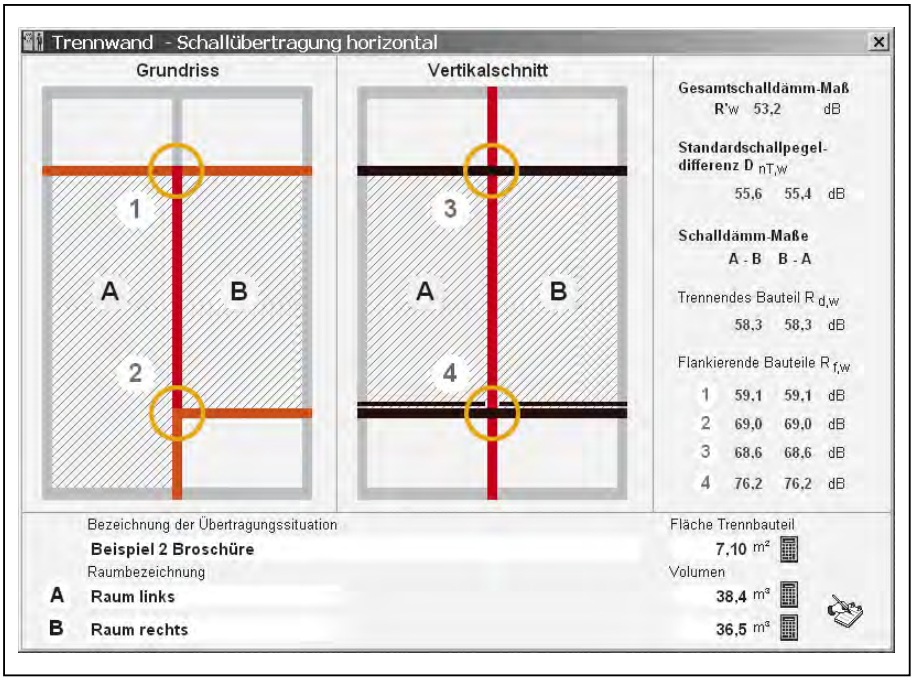



**Bild 7.6:** Screenshot der Übertragungssituation gemäß Bild 7.5.

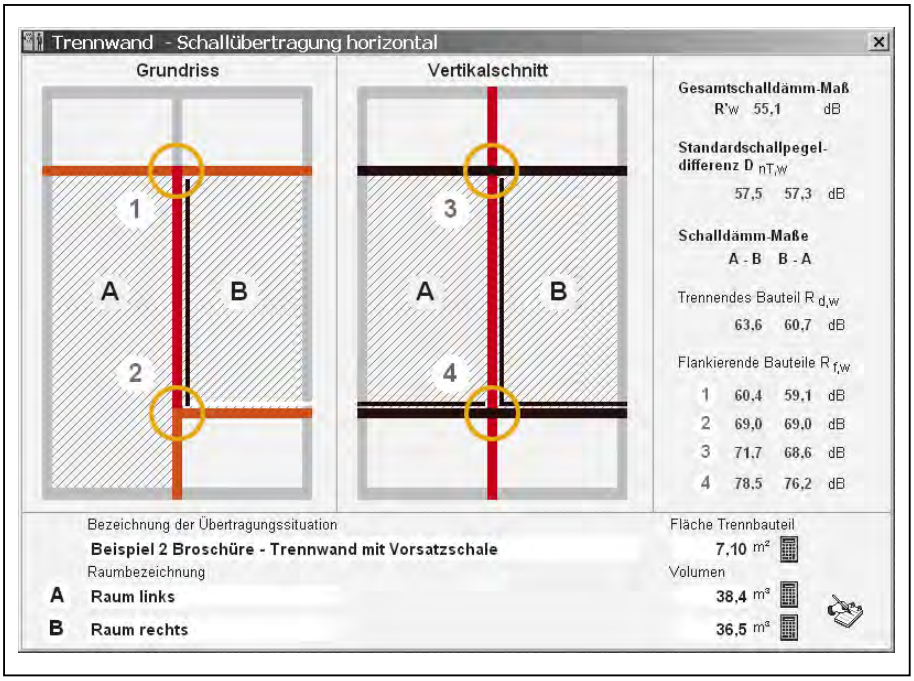



**Bild 7.7:** Screenshot der Übertragungssituation gemäß Bild 7.5 mit Trennwand-Vorsatzschale im Raum B.

Das Bild 7.6 zeigt ebenfalls einen Screenshot aus dem PC-Programm der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel. Die Raumanordnung wird anhand eines Grundrisses und eines Vertikalschnittes durch das Trennbauteil ersichtlich. Dazu werden die wichtigsten Berechnungsergebnisse angezeigt. Das Bau-Schalldämm-Maß beträgt $R'_w = 53{,}2$ dB. Dabei ist ein Sicherheitsabschlag von 2 dB berücksichtigt. Betrachtet man die Einzelergebnisse ist zu erkennen, dass die Flankenschalldämmung $R_{f,w}$ an der Stoßstelle 1 (Außenwand-Wohnungstrennwand-Außenwand) den geringsten Wert der Flanken-Übertragungswege aufzeigt. Dies liegt vor allem an der kleinen gemeinsamen Trennwandfläche von nur 7,1 m².

Das Schalldämm-Maß für die direkte Übertragung der Trennwand $R_{d,w}$ weist mit 58,3 dB allerdings den niedrigsten Wert aller Übertragungswege auf. Wegen der Einbindung der Trennwand kann sich das Bau-Schalldämm-Maß auch durch die Verbesserung der Direktdämmung der Außenwand kaum verbessern. Eine Erhöhung der Schalldämmung des trennenden Bauteils ist geboten und 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 B, erreicht werden. Damit lässt sich ein Bau-Schalldämm-Maß $R'_w$ von 55,1 dB erzielen (Bild 7.7).

### 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. (22):

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

Der äquivalente Norm-Trittschallpegel errechnet sich nach Gl. (54) zu:

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

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

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

Die dynamische Steifigkeit s' einer 35 mm EPS Trittschalldämmplatte mit einer Zusammendrückbarkeit von 2-3 mm beträgt laut Herstellerangabe ≤ 20 MN/m³. Nach Bild 5.5 ist die Trittschallminderung $\Delta L_w > 29$ dB abzulesen.

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:

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

Nach Tabelle 4.1 ergibt sich vereinfachend ein Zuschlag K auf den Trittschallpegel von 2 dB.

Der bewertete Normtrittschallpegel $L'_{n,w}$ errechnet sich gemäß Gl. (16) zu:

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

Diesem Wert ist ein Sicherheitszuschlag von 3 dB zu addieren, so dass $L'_{n,w} = 46{,}2$ dB mit der Anforderungsgröße zu vergleichen ist.

### 7.2.4 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:

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

Die Außenwandfläche ist:

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

Die Grundfläche des Raumes beträgt:

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

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:

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

Die Raum-Korrektur nach Tabelle 4.3 ermittelt sich für das Verhältnis Fassadenfläche zu Raumgrundfläche mit:

$10{,}6\ m^2/16\ m^2 = 0{,}66$.

Der Korrekturwert $K_{Raum}$ ergibt sich durch Ablesung zu -1 dB.

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

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

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:

$R'_{w,res} = 39{,}7 + 1 + 0 - 2 = 38{,}7$ dB.

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

## 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. (22) - (29) zu:

2 · 0,175 m · (1400-100) kg/m³ +
2 · 0,012 m · 1000 kg/m³ = 479 kg/m².

Das bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,1}$ der zweischaligen Haustrennwand in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse m‘ wird gemäß Gl. (52) bestimmt:

$R'_{w,1} = 28 \cdot \lg 479 - 20 = 55{,}0$ dB.

In diesem Wert ist bereits ein Sicherheitsabschlag von 2 dB enthalten.

In Abhängigkeit der Geschosslage und der Art der Fundamentausbildung gemäß Bild 5.4 werden die Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$ aus Tabelle 5.6 angewandt. Weiterhin ist die Korrektur K zum Einfluss der Flankenübertragung nach Gl. (15) 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 7.8 zeigt die Zusammenstellung der geschossabhängigen Eingaben sowie die dazugehörigen Ergebnisse für das Beispiel.

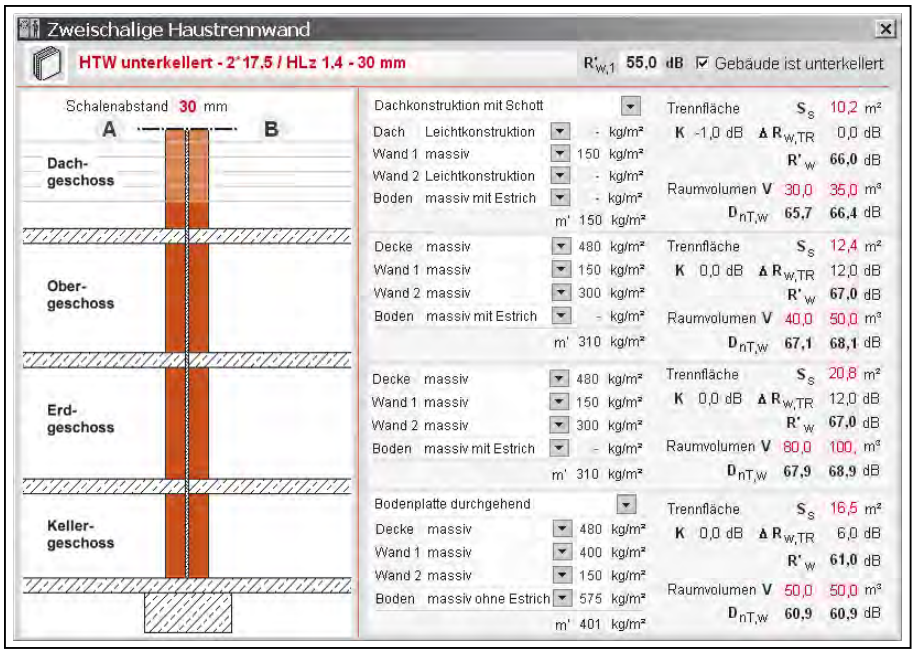



**Bild 7.8:** Screenshot der Haustrennwandsituation mit Darstellung der geschossabhängigen Zweischaligkeitszuschläge und Korrekturwerte.

**Tabelle 7.4: Zweischaligkeitszuschläge und Korrekturen.**

| Geschosslage | Flächenbezogene Masse der Flanken m' [kg/m²] | Akustische Kennwerte | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| **Kellergeschoss** Trennwand auf durchgehender Bodenplatte mit/ohne Fundament | 401 | $\Delta R_{w,Tr}$ = 6 dB<br>K = 0 dB<br>$R'_{w,2}$ = 61,0 dB | Tab. 5.6 Zeile 2, Gl. (15) bzw. Tab. 4.1 |
| **Erdgeschoss** Trennwand mit vollständiger Trennung | 310[1)] | $\Delta R_{w,Tr}$ = 12 dB<br>K = 0 dB<br>$R'_{w,2}$ = 67,0 dB | Tab. 5.6 Zeile 1, Gl. (15) bzw. Tab. 4.1 |
| **Obergeschoss** Trennwand mit vollständiger Trennung | 310[1)] | $\Delta R_{w,Tr}$ = 12 dB<br>K = 0 dB<br>$R'_{w,2}$ = 67,0 dB | Tab. 5.6 Zeile 1, Gl. (15) bzw. Tab. 4.1 |
| **Dachgeschoss** Trennwand mit vollständiger Trennung, Dachkonstruktion mit Schott getrennt | 150[2)] | $\Delta R_{w,Tr}$ = 12 dB<br>K = 1 dB<br>$R'_{w,2}$ = 66,0 dB | Tab. 5.6 Zeile 1, Tab. 6.4 Gl. (15) bzw. Tab. 4.1 |

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

Wird die zuvor beschriebene gleiche Haustrennwand in einer Reihenhauszeile 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 7.9 zeigt eine derartige Situation. In Tabelle 7.5 sind die geänderten Kennwerte in den einzelnen Geschossen dargestellt.

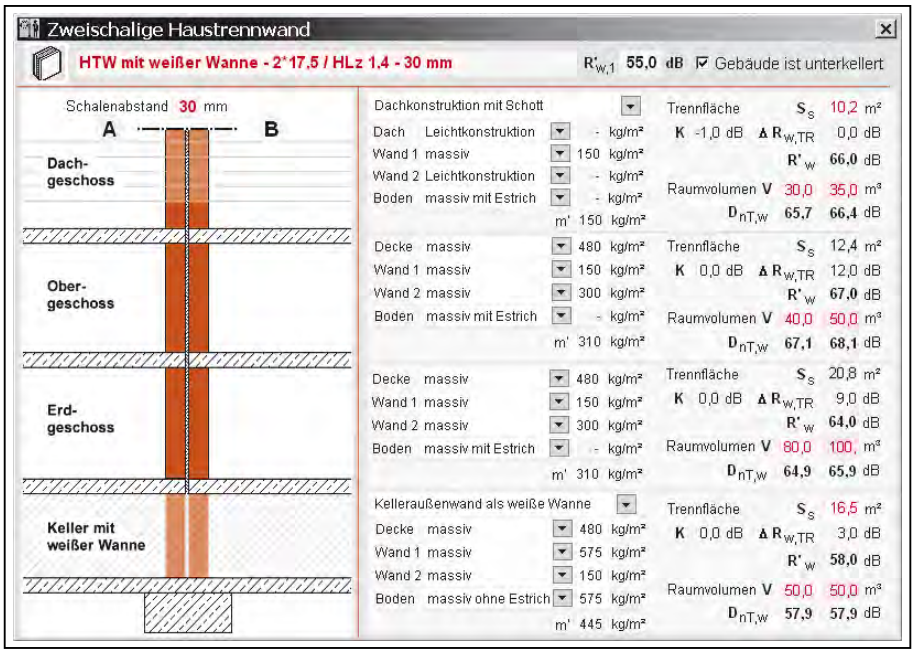



**Bild 7.9:** Screenshot der Haustrennwandsituation mit Darstellung der geschossabhängigen Zweischaligkeitszuschläge und Korrekturwerte für die Gebäude mit weißer Wanne.

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

| Geschosslage | Flächenbezogene Masse der Flanken m' [kg/m²] | Akustische Kennwerte | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| **Kellergeschoss** Trennwand auf durchgehender Bodenplatte mit/ohne Fundament, Kelleraußenwände durchgehend | 445 | $\Delta R_{w,Tr}$ = 3 dB<br>K = 0 dB<br>$R'_{w,2}$ = 58,0 dB | Tab. 5.6 Zeile 4, Gl. (15) bzw. Tab. 4.1 |
| **Erdgeschoss** Trennwand mit vollständiger Trennung auf KG mit weißer Wanne | 310[1)] | $\Delta R_{w,Tr}$ = 9 dB<br>K = 0 dB<br>$R'_{w,2}$ = 64,0 dB | Tab. 5.6 Zeile 3, Gl. (15) bzw. Tab. 4.1 |
| **Obergeschoss** Trennwand mit vollständiger Trennung | 310[1)] | $\Delta R_{w,Tr}$ = 12 dB<br>K = 0 dB<br>$R'_{w,2}$ = 67,0 dB | Tab. 5.6 Zeile 1, Gl. (15) bzw. Tab. 4.1 |
| **Dachgeschoss** Trennwand mit vollständiger Trennung, Dachkonstruktion mit Schott getrennt | 150[2)] | $\Delta R_{w,Tr}$ = 12 dB<br>K = 1 dB<br>$R'_{w,2}$ = 66,0 dB | Tab. 5.6 Zeile 1, Tab. 6.4 Gl. (15) bzw. Tab. 4.1 |

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

# 8 Literatur


[1] DIN 4109: Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise. November 1989, 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] Allgemein 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. November 2006, 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/A1: Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise – Änderung A1. Januar 2001, Beuth Verlag, Berlin.

[14] DIN EN 12354-2: Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen. September 2000, Beuth Verlag, Berlin.

[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 (GMBl Nr. 26/1998 S. 503).

[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).

[20] DIN EN 12354-3: Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Teil 3: Luftschalldämmung gegen Außenlärm. September 2000, Beuth Verlag, Berlin.

[21] Wittstock, V., Scholl, W.: Berechnung der Prognoseunsicherheit nach DIN 4109, Forschungsbericht im Auftrag des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt). Braunschweig, August 2008.

[22] PTB: Physikalisch Technische Bundesanstalt, interne Mitteilung, unveröffentlicht.

[23] Gierga, M., Schneider, M.: Einfluss leichter, massiver Innenwände auf den Schallschutz trennender Bauteile, Bauphysik 26 (2004) Heft 1, S. 36-42.

[24] Gierga, M.: Schalltechnische Entkopplung – Verbesserung der Flankenschalldämmung im Ziegel-Massivbau, Mauerwerk 13 (2009), Heft 1, S. 16–20.

[25] DIN EN ISO 140-3: Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen. März 2005, Beuth Verlag, Berlin.

[26] 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.

[27] 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.

[28] BEB-Hinweisblatt: "Rohre, Kabel und Kabelkanäle auf Rohdecken; Hinweise für Estrichleger und Planer; Teil Estrichtechnik" (2003) des BEB Bundesverbandes Estrich und Belag e. V., Troisdorf.

[29] DIN EN 29053: Akustik; Materialien für akustische Anwendungen – Bestimmung des Strömungswiderstandes. Mai 1993, Beuth Verlag, Berlin.

[30] 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 Raumtiefe.

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 Brüstungsanteil, möglichst raumhoch, begrenzen die horizontale Flankenübertragung an Wohnungstrennwänden.

Lüftungsöffnungen in Außenwänden verringern den Schallschutz gegen Außenlärm nur unbedeutend.

**Fenster**

Dicht schließende Fenster reduzieren den Grundgeräuschpegel im Wohnraum und lassen Störgeräusche intensiver wahrnehmen – auch die von Lüftungsanlagen.

Schalldämmende Fenster lassen 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.

Deckenauflager 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 gegenüber 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 Stichwortverzeichnis


**A**bsorptionsgrad 7
äquivalenter Trittschallpegel 20
Amplitude 5
Außenlärm 13, 21
Außenlärmpegel 10

**B**auordnungsrecht 3
Bau-Schalldämm-Maß 8, 15
Bauteilecke 31
Bauteilöffnung 53
Bewertetes Schalldämm-Maß 15

**D**achanschluss 46
Deckenauflager 43
Direktschalldämmung 8, 16
dynamische Steifigkeit 29, 39

**E**ckraum 50
einschalige Bauteile 25
Elektroinstallationen 25
Entkopplung 26, 32,45
Erhöhter Schallschutz 12, 59

**F**enster 22, 35
Fensterfläche 22
flächenbezogene Masse 24
Flankendämm-Maß 9
Flankenkorrektur K 19
Flankenpegeldifferenz 9
Flankenübertragung 3, 9
Fluglärm 22
Frequenz 5
Frequenzbereich 6
Fugenhohlraum 33
Fundamentausbildung 33

**G**eräusch 6
Gesamtschallpegel 6
Gewerbelärm 22
Grenzfrequenz 9

**H**austechnik 14
Haustrennwände 13, 17
Hohlraumtiefe 29

**I**nnendämmung 49
Installationsgeräusche 14

**K**örperschall 7
Kopplungslänge $l_f$ 15, 51, 53
Kreuzstoß 31

**L**ärmpegelbereich 14
Lautstärkepegel 6
Lochsteine 25, 26
Luftschall 7
Luftschallschutz 11
Luftschallübertragung 15

**M**assivdecken 27
Massivtreppen 21, 42

**N**achhallzeit 8
Nebenwegübertragung 8
Normtrittschallpegel 20, 38

**O**ktavfilter-Analyse 6

**P**lanung 4, 59
Putzüberbrückung 45

**R**anddämmstreifen 38, 47
Raummodell 16
Raumkorrektur $K_{Raum}$ 21
Resonanzfrequenz 10, 29
resultierende Schalldämmung 22

**S**chalenabstand 29, 34
Schall 5
Schallabsorption 7
Schallbrücke 49
Schalldämm-Maß 8
Schalldruck 5
Schalldruckpegel 6
Schallgeschwindigkeit 5
Schallintensität 6
Schallleistung 6
Schallpegeladdition 6
Schallschnelle 5
Schallwelle 5
Schienenverkehrslärm 22
Sicherheitskonzept 23
Sicherheitszuschlag 10
Schlitze 25
Schwimmender Estrich 29, 38
Spektrum-Anpassungswerte 10
Standard-Schallpegeldifferenz 10
Stoßfugen 25
Stoßstellengeometrie 17
Stoßstellendämmung 31
Stoßstellen – optimiert 43ff
Stoßstellendämm-Maß $K_{ij}$ 9, 32
Straßenverkehrslärm 22
Strömungswiderstand 29
Stumpfstoß 32, 44

**T**eilunsicherheiten 23
Terzfilter-Analyse 6
Ton 6
Treppen 21, 42
Treppenpodest 47ff
Trittschallkorrektur $K_T$ 20
Trittschallminderung $\Delta L_w$ 20, 39ff
Trittschallschutz 12
Trittschallpegel 10
Trittschallpegelminderung 41
Trittschallübertragung 19
T-Stoß 31
Türen 37

**U**ndichtheiten 25
Unsicherheit der Berechnung 23

**V**erlustfaktor-Korrektur 9
versetzte Grundrisse 16
Vorhaltemaß 10, 23
Vorsatzschale, biegeweich 29

**W**ärmedämmende HLz 26
Wärmedämmverbundsystem 16, 27
Wandanschlüsse 44
Wandöffnungen 53
Wandrohdichten 24
Wellenlänge 5
weichfedernde Bodenbeläge 41
Wohnungstrennwand 53

**Z**iegel-Außenwand, einschalig 25
Ziegel-Außenwand, zweischalig 27
Ziegel-Innenwand 26
Ziegel-Innenwand, entkoppelt 26
Ziegel-Innenwandsystem (ZIS) 32, 45
zweischalige Trennwand 18
Ziegeldecke 27
zusammengesetzte Bauteile 22
Zweischaligkeitszuschlag 33, 34



**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, Bonn

Vollständig neu überarbeitete
Ausgabe, Oktober 2010



Alle Rechte vorbehalten.
Nachdruck, auch auszugsweise nur
mit ausdrücklicher Genehmigung von
© Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel
e.V., Bonn, 2010



Gestaltung und Satz:
Kleinhans-Grafik, Ratingen

mein ziegelhaus®

**ZIEGELWERK BELLENBERG**

Ziegelwerk Bellenberg
Wiest GmbH & Co. KG
Tiefenbacher Str. 1
D-89287 Bellenberg
Tel. 0 73 06 - 96 50 - 0
Fax 0 73 06 - 96 50 - 77
info@ziegelwerk-bellenberg.de
www.ziegelwerk-bellenberg.de

**JUWÖ POROTON**

JUWÖ Poroton Werke
Ernst Jungk und Sohn GmbH
Ziegelhüttenstr. 40 - 42
D-55597 Wöllstein
Tel. 0 67 03 - 910 - 0
Fax 0 67 03 - 910 - 159
info@juwoe.de
www.juwoe.de

**Ziegelwerk Klosterbeuren**

Ziegelwerk Klosterbeuren
Ludwig Leinsing GmbH + Co KG
Ziegeleistraße 12
D-87727 Babenhausen
Tel. 0 83 33 - 92 22 - 0
Fax 0 83 33 - 44 05
info@zwk.de
www.zwk.de

**LÜCKING ZIEGELWERK BETONWERKE**

August Lücking
GmbH & Co. KG
Elsener Straße 20
D-33102 Paderborn
Tel. 0 52 51 / 13 40 - 0
Fax 0 52 51 / 13 40 - 20
info@luecking.de
www. lueckingde

**STENGEL ZIEGEL**

Ziegelwerk Stengel
GmbH & Co. KG
Nördlinger Straße 24
D-86609 Donauwörth-Berg
Tel. 0 906 - 70 61 8 - 0
Fax 0 906 - 70 61 8 - 40
info@stengel-ziegel.de
www.stengel-ziegel.de

**SÜDWEST ZIEGEL GMBH**

Südwest Ziegel GmbH
Stüdlinstraße 2
D-87700 Memmingen
Die Kontaktdaten
der Bauberater finden
Sie unter:
info@sw-ziegel.de
www.sw-ziegel.de

**ZELLER POROTON**

Adolf Zeller GmbH & Co.
Poroton Ziegelwerke KG
Märkerstr. 44
D-63755 Alzenau
Tel. 0 60 23 - 97 76 - 0
Fax 0 60 23 - 301 57
info@zellerporoton.de
www. zellerporotonde