

SCHALL

7.1 Anforderungen

Schallschutz hat für die Gesundheit und das Wohlbefinden von Menschen, die sich in Gebäuden aufhalten, große Bedeutung. Hervorzuheben ist der Schallschutz im Wohnungsbau, denn Wohnungen dienen zur Entspannung und zum Ausruhen. Außerdem schirmen sie die Privatsphäre des eigenen Wohnbereiches gegenüber den Nachbarn ab. Ebenso bedeutsam ist der Schallschutz in anderen Gebäuden, die dem zeitweisen Aufenthalt von Menschen dienen, z. B. Schulen oder Krankenhäuser.

Der bauordnungsrechtlich geforderte Schallschutz ist nach DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ [7.4] nachzuweisen. Diese Norm besteht aus vier Teilen, wobei Teil 3 aus 6 Unterteilen besteht:

- Teil 1 „Mindestanforderungen“ [7.4.1]
- Teil 2 „Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen“ [7.4.2]
- Teil 3 „Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog)“
 - Teil 31 „Rahmendokument“ [7.4.3]
 - Teil 32 „Massivbau“ [7.4.4]
 - Teil 33 „Holz-, Leicht- und Trockenbau“ [7.4.5]
 - Teil 34 „Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen“ [7.4.6]
 - Teil 35 „Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden“ [7.4.7]
 - Teil 36 „Gebäudetechnische Anlagen“ [7.4.8]
- Teil 4 „Bauakustische Prüfungen“ [7.4.9]

Für schutzbedürftige Aufenthaltsräume sollen folgende Schutzziele erreicht werden:

- Gesundheitsschutz
- Vertraulichkeit bei normaler Sprechweise
- Schutz vor unzumutbaren Belästigungen

Zu den schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen zählen:

- Wohnräume, einschließlich Wohndielen, Wohnküchen

- Schlafräume, einschließlich Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten
- Bettenräume in Krankenhäusern und Sanatorien
- Unterrichtsräume in Schulen, Hochschulen und ähnlichen Einrichtungen
- Büroräume
- Praxisräume, Sitzungsräume und ähnliche Arbeitsräume

Die bauordnungsrechtlich nachzuweisenden Mindestanforderungen an den Schallschutz in Wohngebäuden nach DIN 4109-1 können Tab. 7.1 entnommen werden. Die kennzeichnenden Größen sind für die Luftschalldämmung das bewertete Schalldämm-Maß R'_w (Wände und Decken) bzw. R_w (Türen) sowie für den Trittschallschutz der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$.

Durch Festlegung von Mindestanforderungen kann nicht erwartet werden, dass Geräusche, die aus benachbarten Räumen oder von außen stammen, nicht mehr wahrgenommen werden. Eine gegenseitige Rücksichtnahme von Menschen ist unverzichtbar. Jedoch kann im Zuge der schalltechnischen Planung das Maß der gewünschten Schalldämmung, die ein Bauteil aufweisen soll, unterschiedlich hoch festgelegt werden. DIN 4109-1 beschreibt keine schalltechnischen Niveaus, die über die oben genannten Schutzziele hinausgehen und die z. B. aus Gründen der Lebensqualität oder des Wohnkomforts wünschenswert sein können.

Für Wohnungen, die auch in ihrer sonstigen Ausstattung weitergehende Komfortansprüche erfüllen sollen, können Empfehlungen für einen erhöhten Schallschutz nach DIN SPEC 91314 [7.6] herangezogen werden, die in Tab. 7.1 ergänzend aufgelistet sind. Weitergehende privatrechtliche Vereinbarungen zu höheren Schallschutzanforderungen können auf Grundlage der bauordnungsrechtlich nicht eingeführten VDI 4100 [7.7] festgelegt werden. Dort werden drei Schallschutzstufen SSt I, SSt II und SSt III unterschieden, wobei die unterste Schallschutzstufe

Tab. 7.1: Anforderungen an den Schallschutz im Wohnungsbau – Mindestanforderungen nach DIN 4109-1 [7.4.1] und Empfehlungen für einen erhöhten Schallschutz nach DIN SPEC 91314 [7.6]

Gebäude		DIN 4109-1	DIN SPEC 91314
Luftschalldämmung		$R'_{w,erf}, R_w$ dB	$R'_{w,erf}, R_w$ dB
MFH	Wohnungstrennwände	≥ 53	≥ 55
	Treppenhauswände	≥ 53	≥ 55
	Wohnungstrenndecken	≥ 54	≥ 56
	Türen, die von Hausfluren oder Treppenträumen in geschlossene Flure von Wohnungen führen	≥ 27	≥ 32
	Türen, die von Hausfluren oder Treppenträumen unmittelbar in Aufenthaltsräume führen	≥ 37	≥ 42
EFH-RH EFH-DH	Haustrennwände zwischen fremden Aufenthaltsräumen, unter denen mindestens ein Geschoss vorhanden ist	≥ 62	≥ 67
	Haustrennwände im untersten Geschoss	≥ 59	≥ 62
Trittschalldämmung		$L'_{n,w,zul}$ dB	$L'_{n,w,zul}$ dB
MFH	Wohnungstrenndecken	≤ 50	≤ 46
	Decken zu Treppenhäusern	≤ 50	≤ 46
	Decken von Balkonen, Loggien und Terrassen über Wohnungen	≤ 50	≤ 49
	Decken unter Laubengängen	≤ 53	
EFH-RH EFH-DH	Decken	≤ 41	≤ 38
	Treppen	≤ 46	
	Bodenplatte auf Erdreich bzw. Decke über Kellergeschoss	≤ 46	≤ 41

SSt I bereits deutlich über den Mindestanforderungen nach DIN 4109-1 liegt.

Zur Ermittlung der Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen ist zunächst das erforderliche gesamte bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,ges,erf,0}$ (ohne Berücksichtigung der Raumgeometrie) aus dem maßgeblichen Außenlärmpegel L_a und einem Korrekturwert $K_{Raumart}$ zur Berücksichtigung unterschiedlicher Raumarten zu berechnen:

$$R'_{w,ges,erf,0} = L_a - K_{Raumart} \quad \text{Gl. (7.1)}$$

Dabei gilt:

- Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien:
 $K_{Raumart} = 25 \text{ dB}$
- Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume und Ähnliches:
 $K_{Raumart} = 30 \text{ dB}$
- Büroräume und Ähnliches:
 $K_{Raumart} = 35 \text{ dB}$

Für das erforderliche gesamte bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,ges,erf,0}$ gelten folgende Mindestwerte:

- Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien:
 $R'_{w,ges,erf,0} = 35 \text{ dB}$

- Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume, Büroräume und Ähnliches:

$$R'_{w,ges,erf,0} = 30 \text{ dB}$$

Tab. 7.2 zeigt die Zuordnung von Lärmpegelbereichen zu maßgeblichen Außenlärmpegeln. Die rechnerische Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels L_a kann im Falle von Verkehrslärm durch Nomogramme aus DIN 18005-1 [7.5] erfolgen. Für die Tag- und Nachtsituation sind in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung, dem Abstand zwischen Fassade und Straßenmitte, der Straßenart, der zulässigen Höchstgeschwindigkeit, der Straßenoberfläche, der Entfernung zur nächsten Lichtsignalanlage und der Art der Bebauung aus den Nomogrammen die Beurteilungspegel $L_{r,Tag}$ und $L_{r,Nacht}$ zu entnehmen (Abb. 7.1 und 7.2). Der aus den Nomogrammen abgelesene jeweilige Beurteilungspegel ist um 3 dB zu erhöhen:

$$L_a = L_r + 3 \text{ dB} \quad \text{Gl. (7.2)}$$

Beträgt die Differenz zwischen den Beurteilungspegeln L_r für Tag und Nacht (Straßenverkehr) weniger als 10 dB, ist der maßgebliche Außenlärmpegel zum Schutz des Nachtschlafes neben einem um 3 dB erhöhten Beurteilungspegel für die Nacht um einen Zuschlag von 10 dB zu erhöhen:

$$L_a = L_{r,Nacht} + 3 \text{ dB} + 10 \text{ dB} \quad \text{Gl. (7.3)}$$

Das auf Basis des maßgeblichen Außenlärmpegels L_a ermittelte erforderliche gesamte bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,ges,erf,0}$ ist zur Berücksichtigung der Raumgeometrie, d. h. dem Verhältnis Schalldämm-Maß aus gesamter Außenbauteilfläche S_s zur Grundfläche S_G des Raumes, gemäß DIN 4109-2 um einen Korrekturwert K_{AL} zu korrigieren, woraus sich dann das erforderliche gesamte bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,ges,erf}$ ergibt:

$$R'_{w,ges,erf} = R'_{w,ges,0} + K_{AL} \quad \text{Gl. (7.4)}$$

Grundlage für den Korrekturwert K_{AL} sind die vom Raum aus gesehene Fassadenfläche S_s und die Grundfläche S_G :

$$K_{AL} = 10 \cdot \lg\left(\frac{S_s}{0,8 \cdot S_G}\right) \quad \text{Gl. (7.5)}$$

Lärmpegelbereich	Maßgeblicher Außenlärmpegel L_a dB
I	≤ 55
II	60
III	65
IV	70
V	75
VI	80
VII	> 80 ¹⁾

¹⁾ Für maßgebliche Außenlärmpegel $L_a > 80$ dB sind die Anforderungen aufgrund der örtlichen Gegebenheiten festzulegen

Insgesamt legt DIN 4109-1 Mindestanforderungen für den Schutz gegen Geräusche aus fremden Räumen, gegen Außenlärm oder gegen Geräusche von Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung in folgenden Situationen fest:

- Mehrfamilienhäuser, Bürogebäude und gemischt genutzte Gebäude
- Einfamilien-Reihenhäuser und -Doppelhäuser
- Hotels und Beherbergungsstätten
- Krankenhäuser und Sanatorien

Tab. 7.2: Zuordnung von Lärmpegelbereichen zu maßgeblichen Außenlärmpegeln L_a nach DIN 4109-1 und DIN 4109-1/A1 [7.4.1]

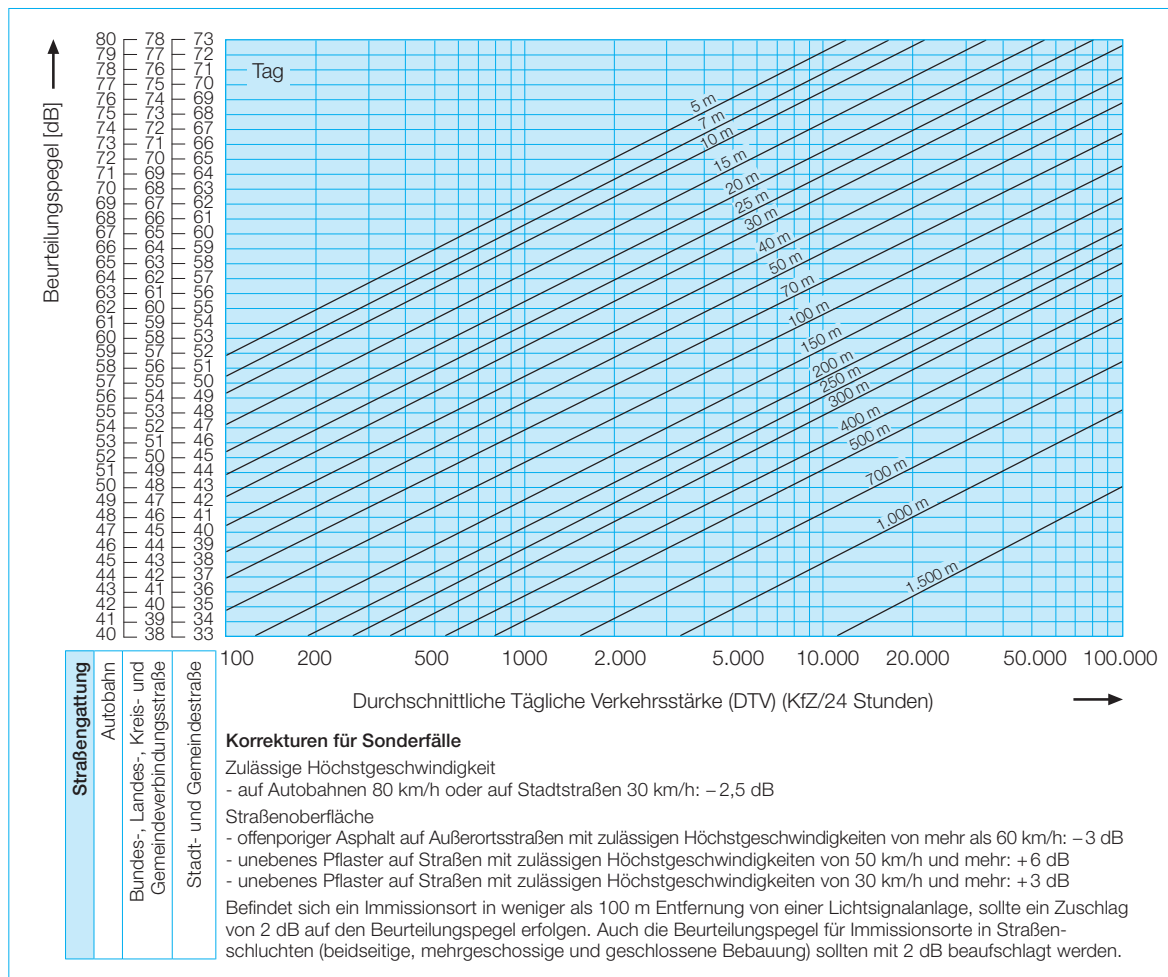
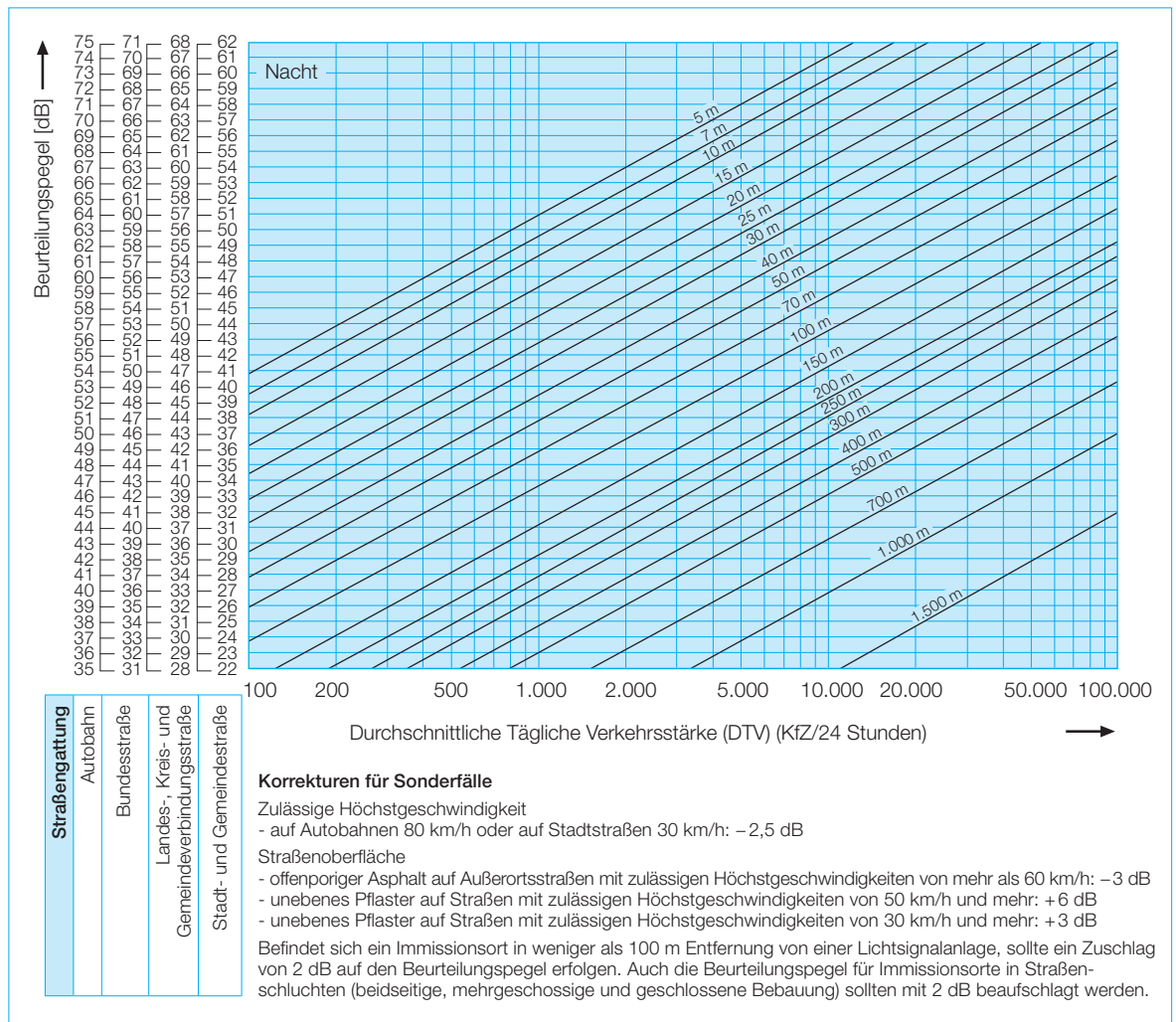


Abb. 7.1: Diagramm zur Abschätzung des Beurteilungspegels von Straßenverkehr (Tag) nach DIN 18005-1 [7.5]

Abb. 7.2: Diagramm zur Abschätzung des Beurteilungspegels von Straßenverkehr (Nacht) nach DIN 18005-1 [7.5]



- Schulen und vergleichbare Einrichtungen
- Außenbauteile
- Besonders laute Räume
- Gebäudetechnische Anlagen und Betriebe
- Raumlufttechnische Anlagen im eigenen Wohnbereich
- Armaturen und Geräte der Trinkwasser-Installation

7.2 Luftschallübertragung zwischen Räumen

Der Nachweis der Luftschallübertragung zwischen zwei Räumen wird auf Grundlage von DIN 4109-2

geführt, in der die Berechnungsverfahren geregelt sind. Handelt es sich um massive Bauteile wie Porenbeton-Mauerwerkswände, ist zusätzlich DIN 4109-32 zu berücksichtigen. Sind vor solchen massiven Bauteilen Vorsatzkonstruktionen angeordnet, sind außerdem die Bestimmungen aus DIN 4109-34 relevant.

Im schalltechnischen Nachweis werden die direkte Schallübertragung über das Trennbauteil und die Schallübertragung über alle flankierenden Nebenwege berücksichtigt (Abb. 7.3). Bei einer üblichen Schallübertragungssituation,

an der ein Trennbauteil und vier flankierende Bauteile beteiligt sind, ergeben sich insgesamt 13 Übertragungsmöglichkeiten.

Eine davon erfolgt über die direkte Übertragung über das trennende Bauteil und zwölf Möglichkeiten über die Flanken. Das bewertete Schalldämm-Maß R'_{w} wird dementsprechend durch Berücksichtigung der Schalldämm-Maße aus direkter Schallübertragung $R_{Dd,w}$ über das Trennbauteil und aus den Schalldämm-Maßen $R_{Ff,w}$, $R_{Df,w}$ und $R_{Fd,w}$ aus flankierender Schallübertragung ermittelt:

$$R'_{w} = -10 \cdot \lg \left(10^{-0,1 \cdot R_{Dd,w}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-0,1 \cdot R_{Ff,w}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-0,1 \cdot R_{Df,w}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-0,1 \cdot R_{Fd,w}} \right) \quad \text{Gl. (7.6)}$$

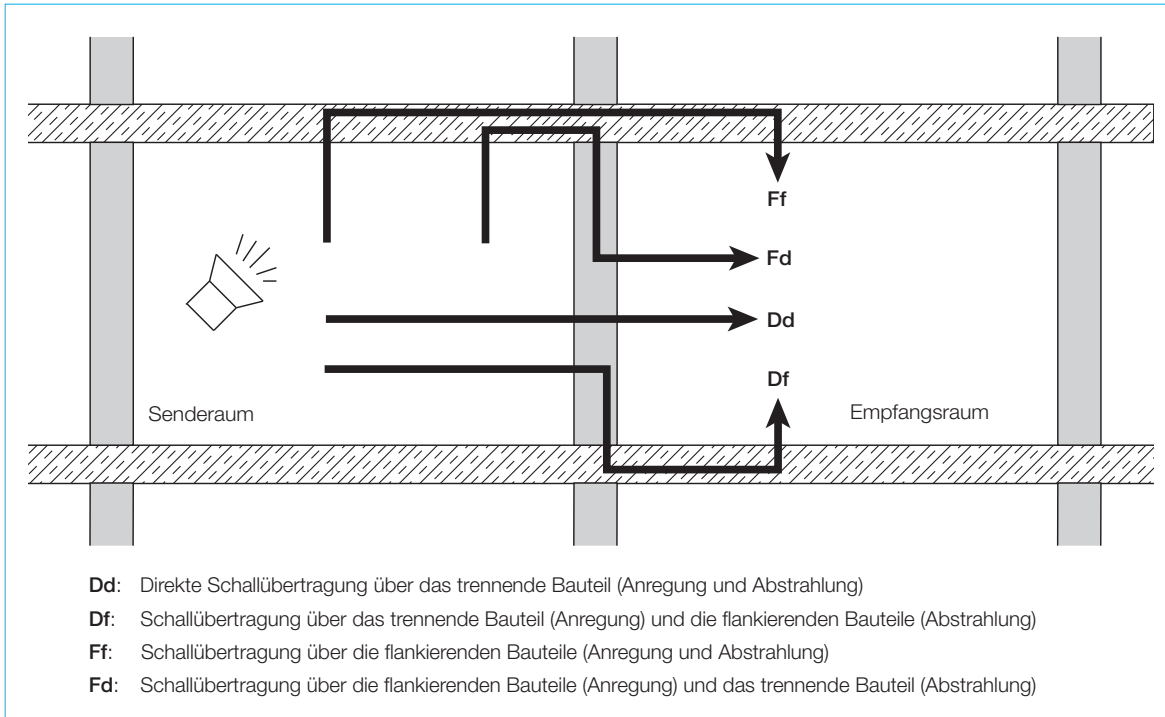


Abb. 7.3: Schallübertragungswege bei horizontaler Schallübertragung

Abb. 7.4 zeigt in einer Übersicht die maßgeblichen Kenngrößen zur Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes R'_{w} .

$$R'_{w} - 2 \text{ dB} \geq R'_{w, \text{erf}} \quad \text{Gl. (7.7)}$$

Ein derart berechnetes Schalldämm-Maß R'_{w} wird im Rahmen eines vereinfachten Nachweises um einen Sicherheitsabschlag von 2 dB vermindert (Prognoseunsicherheit). Der Nachweis der Luftschalldämmung zwischen Räumen ist erbracht, wenn der verminderte Wert den Anforderungswert $R'_{w, \text{erf}}$ mindestens erreicht:

Um Konstruktionen aus Porenbeton schalltechnisch bewerten zu können, werden zunächst die normativen Grundlagen erläutert, die zum bewerteten Schalldämm-Maß R'_{w} führen. Danach wird durch entsprechende Beispiele der Nachweis des Schallschutzes gezeigt.

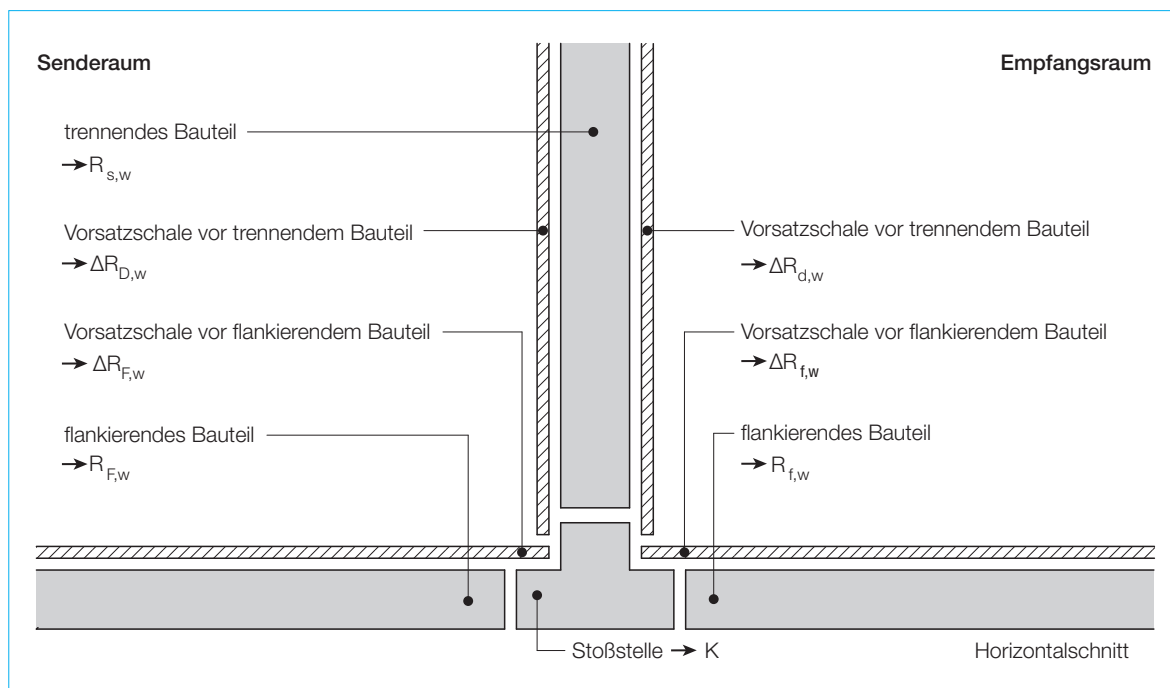


Abb. 7.4: Kenngrößen zur Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes R'_{w}

Direktschalldämmung

Das bewertete Schalldämm-Maß $R_{Dd,w}$ für den direkten Übertragungsweg setzt sich aus dem bewerteten Schalldämm-Maß $R_{s,w}$ des trennenden massiven Bauteils und der gesamten bewerteten Verbesserung des Schalldämm-Maßes $\Delta R_{Dd,w}$ durch gegebenenfalls zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktionen auf der Sende- und/oder Empfangsseite des trennenden Bauteils zusammen:

$$R_{Dd,w} = R_{s,w} + \Delta R_{Dd,w} \quad \text{Gl. (7.8)}$$

Die schalltechnische Qualität eines einschaligen massiven Bauteils, z. B. einer monolithischen Mauerwerkswand aus Porenbeton, ist abhängig von der flächenbezogenen Masse m' . Die zur Ermittlung des bewerteten Schalldämm-Maßes $R_{s,w}$ des trennenden Massivbauteils erforderliche flächenbezogene Masse m' wird gemäß DIN 4109-32 unter Berücksichtigung der Schichtdicke d des Baustoffs und seiner Rohdichte ρ berechnet:

$$m' = d \cdot \rho \quad \text{Gl. (7.9)}$$

Die anzusetzende Wandrohldichte ρ_w von Porenbetonmauerwerk wird durch Korrektur der Rohdichteklasse des Mauerwerks (Klassenbreite der RDK von 50 kg/m^2 , $RDK \leq 1,0$) ermittelt, wobei die Rohdichte von Mauermörtel enthalten ist:

$$\rho_w = 1.000 \cdot RDK - 25 \quad \text{Gl. (7.10)}$$

Wird eine zweischalige Außenwand erstellt, bei der z. B. die innere Schale aus Porenbeton und die Außenschale aus Vormauerziegeln besteht, wird für das äußere Mauerwerk mit Normalmörtel ($2,2 \geq RDK \geq 0,35$) die anzusetzende Rohdichte folgendermaßen berechnet:

$$\rho_w = 900 \cdot RDK + 100 \quad \text{Gl. (7.11)}$$

Für die flächenbezogene Masse m'_{Putz} einer Putzschicht, gegebenenfalls auch beidseitig aufgebracht, gilt:

$$m'_{\text{Putz}} = d_{\text{Putz}} \cdot \rho_{\text{Putz}} \quad \text{Gl. (7.12)}$$

Für Leichtputze, die üblicherweise auf Porenbeton verwendet werden, wird die Rohdichte mit $\rho_{\text{Putz}} = 900 \text{ kg/m}^3$ angesetzt.

Sofern Putzschichten vorhanden sind, gehen sie in die Berechnung der gesamten flächenbezogenen Masse m'_{ges} z. B. einer Mauerwerkswand mit ein:

$$m'_{\text{ges}} = m'_{\text{Wand}} + m'_{\text{Putz}} \quad \text{Gl. (7.13)}$$

Aus der flächenbezogenen Masse m'_{ges} des Bauteils ergibt sich das bewertete Schalldämm-Maß R_w von Wänden aus Porenbetonmauerwerk wie folgt:

$$\blacksquare 50 \text{ kg/m}^2 \leq m'_{\text{ges}} \leq 150 \text{ kg/m}^2:$$

$$R_w = 32,6 \cdot \lg(m'_{\text{ges}}) - 22,5 \quad \text{Gl. (7.14)}$$

$$\blacksquare 150 \text{ kg/m}^2 \leq m'_{\text{ges}} \leq 300 \text{ kg/m}^2:$$

$$R_w = 26,1 \cdot \lg(m'_{\text{ges}}) - 8,4 \quad \text{Gl. (7.15)}$$

Für Stahlbetondecken gilt:

$$R_w = 30,9 \cdot \lg(m'_{\text{ges}}) - 22,2 \quad \text{Gl. (7.16)}$$

Die Darstellung dieses rechnerischen Zusammenhangs im Diagramm (Abb. 7.5) bestätigt das Ergebnis von Untersuchungen in Prüfständen, die ergeben haben, dass Mauerwerkswände aus Porenbeton um etwa 2 bis 4 dB besser bewertet werden können als Wände mit gleicher flächenbezogener Masse. Die Ursache dieses schalltechnisch günstigeren Verhaltens ist die sogenannte innere Dämpfung. Dabei wird in Porenbetonwänden im Vergleich zu anderen Wänden ein größerer Teil der Schallenergie in Wärmeenergie umgewandelt [7.1].

Tab. 7.3 enthält eine Übersicht zu bewerteten Schalldämm-Maßen R_w (Direkt-Schalldämm-Maße) von unterschiedlich dicken Wänden aus Porenbetonmauerwerk, die beidseitig mit einem 1,5 cm dicken Leichtputz versehen sind. Lässt man vereinfachend den Einfluss flankierender Bauteile außer acht, ist der Übersicht zu entnehmen, dass mit einschaligen Wohnungstrennwänden aus Porenbetonmauerwerk üblicher Dicke die Mindestanforderungen an den Schallschutz gegen Geräusche aus fremden Räumen mit einem bewerteten Schalldämm-Maß von $R'_w \geq 53 \text{ dB}$

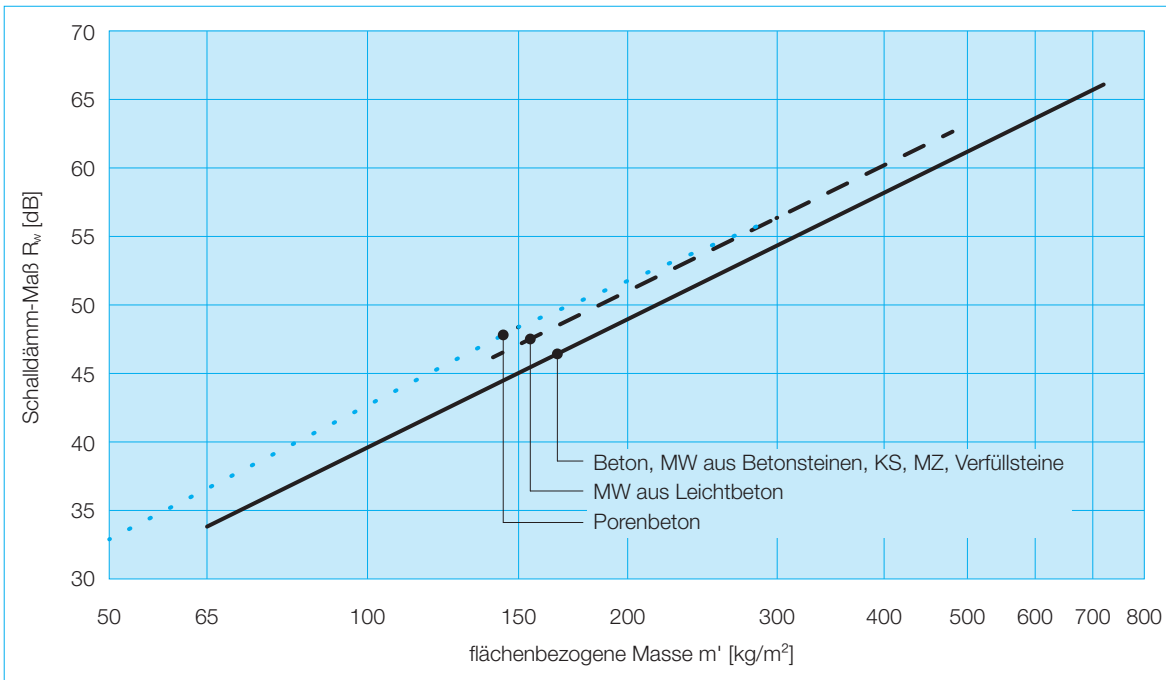


Abb. 7.5: Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß R_w einschaliger massiver Wände in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse m' nach DIN 4109-32 [7.4.4]

RDK	P_w kg/m ³	R_w dB bei einer Mauerwerksdicke von d m				
		0,240	0,300	0,365	0,400	0,500
0,40	375	45,0	47,4	49,4	50,3	52,5
0,45	425	46,3	48,7	50,6	51,5	53,7
0,50	475	47,6	49,8	51,7	52,6	54,8
0,55	525	48,6	50,7	52,7	53,6	55,8
0,60	575	49,5	51,6	53,6	54,5	56,8
0,65	625	50,3	52,5	54,4	55,3	57,7
0,70	675	51,0	53,2	55,2	56,1	58,5
0,80	775	52,3	54,6	56,6	57,6	59,9

Tab. 7.3: Bewertete Bau-Schalldämm-Maße R_w (Direkt-Schalldämm-Maße) von einschaligen Wänden aus Porenbeton-Plansteinmauerwerk mit beidseitig 1,5 cm dicker Leichtputzschicht

nicht immer erfüllt werden können. Dann wird entweder ein schwererer Baustoff wie Kalksandstein gewählt oder eine mehrschalige Konstruktion z. B. unter Verwendung einer Vorsatzschale ausgeführt.

Der Einfluss von zusätzlich angebrachten Vorsatzkonstruktionen auf trennenden Bauteilen wird nach DIN 4109-34 durch die gesamte bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes $\Delta R_{D,d,w}$ berücksichtigt. Dabei ist zu unterscheiden, ob es sich um einseitig oder zweiseitig angebrachte Konstruktionen handelt. Befinden sich Vorsatzkonstruktionen auf der Senderaumseite (D) und der Empfangsraumseite (d) des Trennbauteils, wird die Vorsatzkonstruktion mit dem geringeren Verbesserungsmaß $\Delta R_{D,w}$ bzw. $\Delta R_{d,w}$ rechnerisch nur zur Hälfte in Ansatz gebracht.

Die bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes ΔR_w einer Vorsatzkonstruktion hängt u. a. von der

Resonanzfrequenz f_0 der Gesamtkonstruktion und dem Schalldämm-Maß R_w der Massivkonstruktion ab:

$$\Delta R_w = 74,4 - 20 \cdot \lg(f_0) - 0,5 \cdot R_w \quad \text{Gl. (7.17)}$$

Die Resonanzfrequenz f_0 wird unter Berücksichtigung der flächenbezogenen Massen m'_1 und m'_2 der beiden Schalen, z. B. Mauerwerk aus Porenbeton und Gipskartonbekleidung auf Lattengerüst, sowie der dynamischen Steifigkeit s' der Dämmschicht ermittelt. Für den Frequenzbereich von $f_0 = 30$ bis 160 Hz gilt:

$$f_0 = 160 \cdot \sqrt{s' \cdot \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \quad \text{Gl. (7.18)}$$

Die dynamische Steifigkeit s' der Dämmschicht ergibt sich aus deren dynamischem Elastizitätsmodul E_{dyn} und der Dicke d :

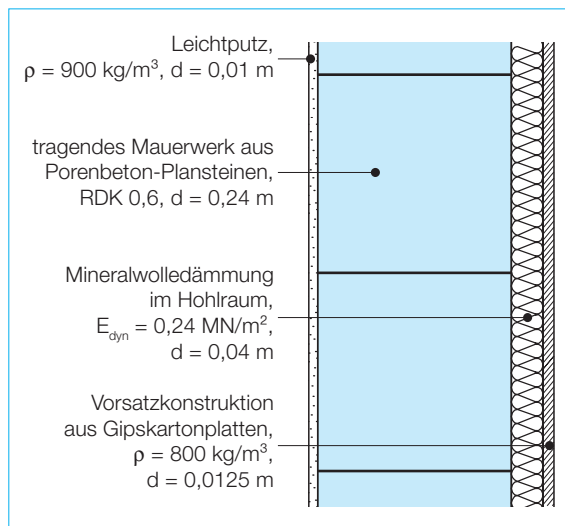
$$s' = \frac{E_{\text{dyn}}}{d} \quad \text{Gl. (7.19)}$$

Beispiel 1: Verbesserung der Direkt-Schalldämmung einer massiven Wand durch eine Vorsatzkonstruktion

a) Bauteil

siehe Abb. 7.6

Abb. 7.6: Beispiel zur Verbesserung der Schalldämmung durch Vorsatzkonstruktionen



b) Schalltechnische Berechnungen

- Wandrhoichte ρ_w von Porenbetonmauerwerk (Gl. (7.10)):

$$\rho_w = 1.000 \cdot \text{RDK} - 25 = 1.000 \cdot 0,6 - 25 = 575 \text{ kg/m}^3$$

- flächenbezogene Masse m'_{Wand} von Porenbetonmauerwerk (Gl. (7.9)):

$$m'_{\text{Wand}} = d \cdot \rho = 0,24 \cdot 575 = 138 \text{ kg/m}^2$$

- flächenbezogene Masse m'_{Putz} des Leichtputzes (Gl. (7.12)):

$$m'_{\text{Putz}} = d \cdot \rho = 0,01 \cdot 900 = 9 \text{ kg/m}^2$$

- gesamte flächenbezogene Masse m'_{ges} der verputzten Wand (Gl. (7.13)):

$$m'_{\text{ges}} = m'_{\text{Wand}} + m'_{\text{Putz}} = 138 + 9 = 147 \text{ kg/m}^2$$

- bewertetes Schalldämm-Maß R_w von Wänden aus Porenbetonmauerwerk (Gl. (7.14)):

$$R_w = 32,6 \cdot \lg(m'_{\text{ges}}) - 22,5 = 32,6 \cdot \lg(147) - 22,5 = 48,2 \text{ dB}$$

- flächenbezogene Masse m' der Bekleidung (Gl. (7.9)):

$$m' = d \cdot \rho = 0,0125 \cdot 800 = 10 \text{ kg/m}^2$$

- dynamische Steifigkeit s' der Dämmschicht (Gl. (7.19)):

$$s' = \frac{E_{\text{dyn}}}{d} = \frac{0,24}{0,04} = 6,25 \text{ MN/m}^3$$

- Resonanzfrequenz f_0 (Gl. (7.18)):

$$f_0 = 160 \cdot \sqrt{s' \cdot \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)}$$

$$= 160 \cdot \sqrt{6,25 \cdot \left(\frac{1}{147} + \frac{1}{10} \right)} = 131 \text{ Hz}$$

- bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes ΔR_w der Vorsatzkonstruktion (Gl. (7.17)):

$$\Delta R_w = 74,4 - 20 \cdot \lg(f_0) - 0,5 \cdot R_w$$

$$= 74,4 - 20 \cdot \lg(131) - 0,5 \cdot 48,2 = 8,0 \text{ dB}$$

- bewertetes Schalldämm-Maß $R_{\text{Dd,w}}$ für den direkten Übertragungsweg (Gl. (7.8)):

$$R_{\text{Dd,w}} = R_{\text{s,w}} + \Delta R_{\text{Dd,w}} = 48,2 + 8,0 = 56,2 \text{ dB}$$

Wie das Beispiel zeigt, kann das Direkt-Schalldämm-Maß der Wand durch eine Vorsatzschale, die auf nur einer Seite der Wand aufgebracht wird, um 8,0 dB auf 56,2 dB verbessert werden.

Flankenschalldämmung

Bei der Massivbauweise wird das bewertete Flankenschalldämm-Maß $R_{\text{ij,w}}$ der an der Flankenschallübertragung beteiligten Bauteile aus den bewerteten Schalldämm-Maßen $R_{\text{i,w}}$ und $R_{\text{j,w}}$ des schallaufnehmenden Bauteils im Senderraum (i) und des schallabgebenden Bauteils im Empfangsraum (j) ermittelt. Falls flankierende Bauteile mit Vorsatzkonstruktionen versehen sind, ist die gesamte bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes $\Delta R_{\text{ij,w}}$ des flankierenden Bauteils im Senderraum (i) und/oder im Empfangsraum (j) mit zu erfassen.

Außerdem sind die akustischen Eigenschaften der Verbindung von trennendem und flankierendem Bauteil, ausgedrückt durch das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} , relevant. Als geometrische Größen gehen die Fläche S_s des trennenden Bauteils, die gemeinsame Koppplungslänge l_t (Kantenlänge) der Verbindungsstelle zwischen dem trennenden und dem flankierenden Bauteil sowie die Bezugs-Koppplungslänge von $l_0 = 1 \text{ m}$ in die Berechnung ein:

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w}}{2} + \frac{R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \cdot \lg \frac{S_s}{I_0 \cdot I_f} \quad \text{Gl. (7.20)}$$

Für die gesamte bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes $\Delta R_{ij,w}$ durch zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktionen ist zu unterscheiden, ob sie auf der Sendeseite und/oder Empfangsseite des flankierenden Bauteils angebracht ist. Befinden sich Vorsatzkonstruktionen auf der Senderaumseite (i) und der Empfangsraumseite (j) des Trennbauteils, wird die Vorsatzkonstruktion mit dem geringeren Verbesserungsmaß $\Delta R_{i,w}$ bzw. $\Delta R_{j,w}$ rechnerisch nur zur Hälfte in Ansatz gebracht.

Beträgt die Trennfläche S_s weniger als 10 m^2 , ist die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ zu ermitteln. Fenster- und Türflächen, die nicht geschosshoch sind, bleiben bei der Berechnung der Schallübertragung über flankierende Bauteile unberücksichtigt.

Stoßstellen

Stoßstellen sind Bereiche auf dem Ausbreitungsweg des Körperschalls, bei denen der Körperschall auf Grund von Baustoffwechseln, Querschnittsänderungen oder Bauteilverbindungen reflektiert wird und eine Verminderung der Schallübertragung zur Folge hat. Für massive, homogene und biegesteif miteinander verbundene Bauteile ist zur Ermittlung des Stoßstellendämm-Maßes K_{ij} die sogenannte Hilfsgröße M aus der flächenbezogenen Masse m'_i des Bauteils im Übertragungsweg und der flächenbezogenen Masse $m'_{\perp i}$ des anderen die Stoßstelle bildenden, senkrecht dazu befindlichen Bauteils zu ermitteln:

$$M = \lg \left(\frac{m'_{\perp i}}{m'_i} \right) \quad \text{Gl. (7.21)}$$

Im Weiteren ist zur Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes K_{ij} nach T-Stoß, Kreuzstoß und Eckstoß mit den Schallübertragungswegen 1-2 oder 1-3

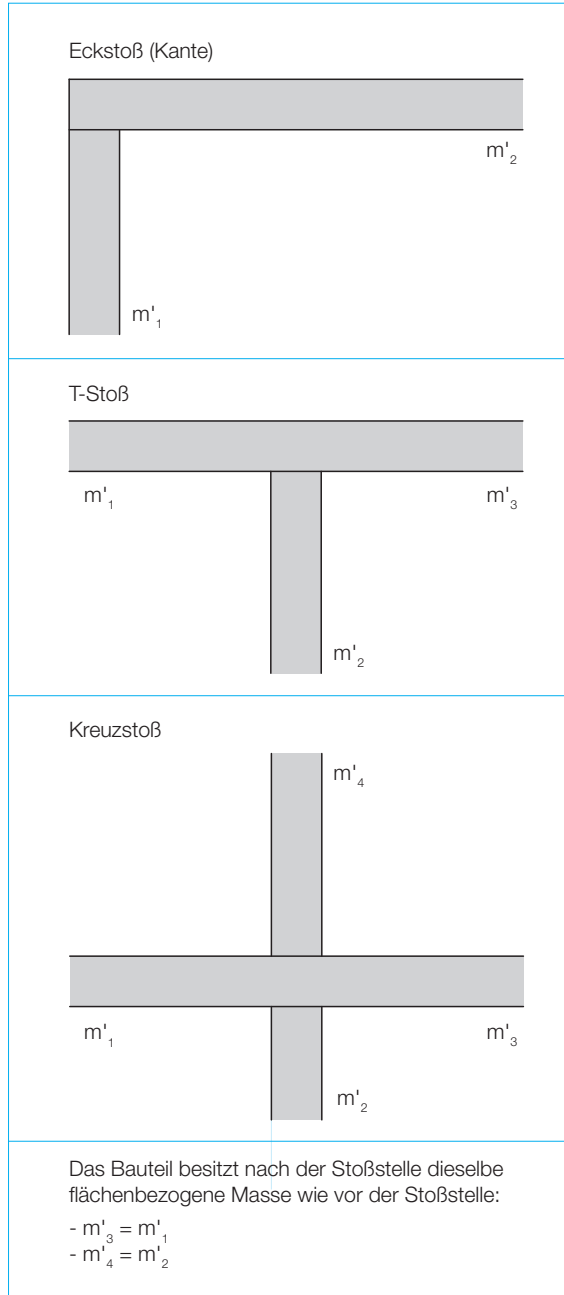


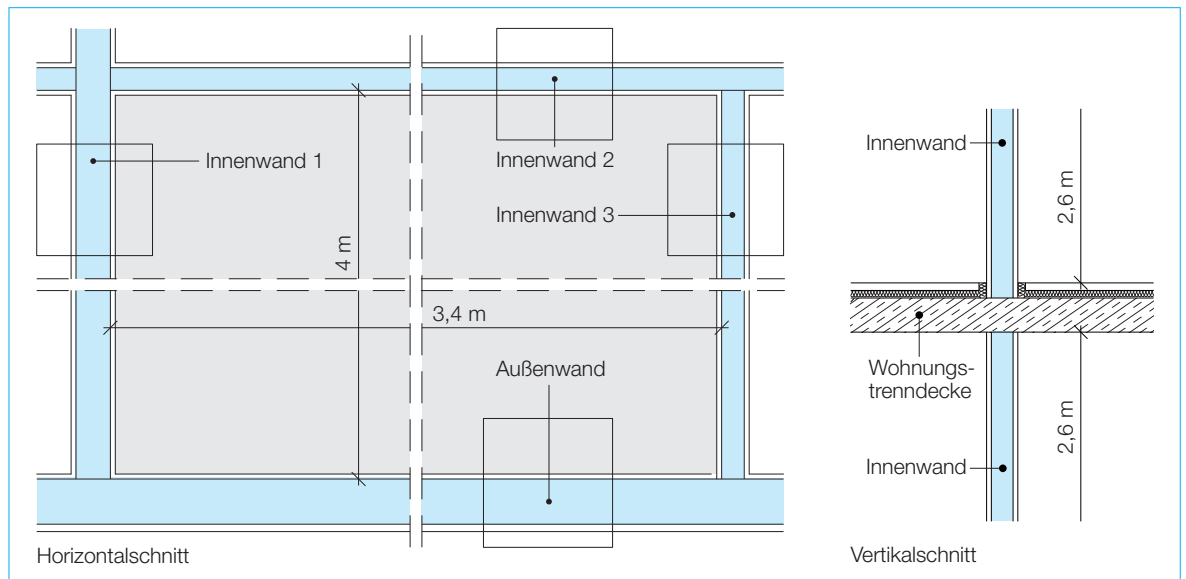
Abb. 7.7: Arten von Stoßstellen und Schallübertragungswege nach DIN 4109-32 [7.4.4]

zu unterscheiden (Abb. 7.7 und Tab. 7.4 mit den Gleichungen (7.22) bis (7.28)).

Art des Stoßes	Schallübertragungsweg	Hilfsgröße M	Stoßstellendämm-Maß K_{ij} dB	
Eckstoß	-	-	$K_{12} = 2,7 + 2,7 \cdot M^2 (= K_{ij})$	Gl (7.22)
T-Stoß	1-2	-	$K_{12} = 4,7 + 5,7 \cdot M^2 (= K_{Fd} = K_{Df})$	Gl (7.23)
	1-3	< 0,215	$K_{13} = 5,7 + 14,1 \cdot M + 5,7 \cdot M^2 (= K_{Ff})$	Gl (7.24)
$\geq 0,215$		$K_{13} = 8 + 6,8 \cdot M (= K_{Ff})$	Gl (7.25)	
Kreuzstoß	1-2	-	$K_{12} = 5,7 + 15,4 \cdot M^2 (= K_{Fd} = K_{Df})$	Gl (7.26)
	1-3	< 0,182	$K_{13} = 8,7 + 17,1 \cdot M + 5,7 \cdot M^2 (= K_{Ff})$	Gl (7.27)
		$\geq 0,182$	$K_{13} = 9,6 + 11 \cdot M (= K_{Ff})$	Gl (7.28)

Tab. 7.4: Stoßstellendämm-Maß K_{ij} bei verschiedenen Stoßausführungen (massiv, starr) nach DIN 4109-32 [7.4.4]

Abb. 7.8: Beispiel zur Luftschallübertragung zwischen Räumen in vertikaler Richtung – Horizontal- und Vertikalschnitt



Das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} darf unter Beachtung der Flächen des angeregten Bauteils S_i im Senderraum und des abstrahlenden Bauteils S_j im Empfangsraum folgenden Mindestwert jedoch nicht unterschreiten (Gl. (7.29)):

$$K_{ij} = 10 \cdot \lg \left[l_f \cdot l_o \cdot \left(\frac{1}{S_i} + \frac{1}{S_j} \right) \right] \quad \text{Gl. (7.29)}$$

Beispiel 2: Nachweis der Luftschalldämmung einer massiven Wohnungstrennendecke mit massiven flankierenden Wänden

In diesem Rechenbeispiel besteht eine Wohnungstrennendecke aus einer Stahlbetonplatte mit einem schwimmenden Estrich. Die flankierenden Bauteile sind Mauerwerkswände aus Porenbeton-Plansteinen unterschiedlicher Dicke und Rohdichteklasse. In Abb. 7.8 wird die Situation durch einen Horizontal- und einen Vertikalschnitt erläutert und Abb. 7.9 zeigt

die Flankenschall-Übertragungswege. Das Berechnungsergebnis zeigt, dass mit den betrachteten Bauteilen die bauordnungsrechtlichen Mindestanforderungen nach DIN 4109 und ein erhöhter Schallschutz nach DIN SPEC 91314 erbracht werden können.

a) Bauteile

Wohnungstrennendecke (Aufbau v. oben nach unten)

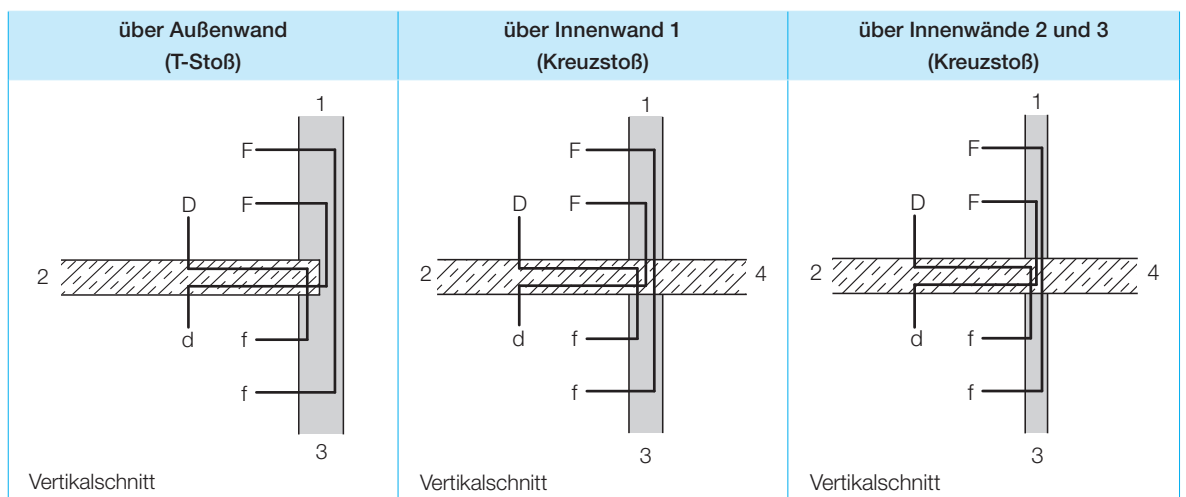
- Zementestrich, $m' = 80 \text{ kg/m}^2$
- Trittschalldämmung, $s' = 15 \text{ MN/m}^3$
- Stahlbeton, $d = 0,20 \text{ m}$, $\rho = 2.400 \text{ kg/m}^3$
- Kalkzementputz unterseitig, $d = 0,01 \text{ m}$

Flankierende Bauteile:

■ **Außenwand**

- Leichtputz innen, $d = 0,01 \text{ m}$
- Porenbetonmauerwerk (Plansteine, Dünnbettmörtel), RDK 0,35, $d = 0,365 \text{ m}$
- Leichtputz außen, $d = 0,015 \text{ m}$

Abb. 7.9: Beispiel zur Luftschallübertragung zwischen Räumen in vertikaler Richtung – Flankenschall-Übertragungswege



■ Innenwand 1

- Leichtputz beidseitig, $d = 0,01$ m
- Porenbetonmauerwerk (Plansteine, Dünnbettmörtel), RDK 0,6, $d = 0,24$ m

■ Innenwände 2 und 3

- Leichtputz beidseitig, $d = 0,01$ m
- Porenbetonmauerwerk (Plansteine, Dünnbettmörtel), RDK 0,6, $d = 0,175$ m

b) Schalltechnische Berechnungen

Bewertetes Direkt-Schalldämm-Maß $R_{Dd,w}$ der Wohnungstrenndecke

- flächenbezogene Masse m'_{ges} der Rohdecke (Gl. (7.13)):

$$\begin{aligned} m'_{ges} &= m'_{\text{Stahlbeton}} + m'_{\text{Putz}} \\ &= 0,20 \cdot 2.400 + 0,01 \cdot 1.600 \\ &= 496 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- bewertetes Schalldämm-Maß $R_{s,w}$ der Rohdecke (Gl. (7.16)):

$$\begin{aligned} R_{s,w} &= 30,9 \cdot \lg(m'_{ges}) - 22,2 \\ &= 30,9 \cdot \lg(496) - 22,2 \\ &= 61,1 \text{ dB} \end{aligned}$$

- Resonanzfrequenz f_n (Gl. (7.18)):

$$\begin{aligned} f_0 &= 160 \cdot \sqrt{s' \cdot \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \\ &= 160 \cdot \sqrt{15 \cdot \left(\frac{1}{496} + \frac{1}{80} \right)} = 75 \text{ Hz} \end{aligned}$$

- bewertete Verbesserung $\Delta R_{Dd,w}$ des Direktschalldämm-Maßes durch Vorsatzkonstruktionen (Gl. (7.17)):

$$\begin{aligned} \Delta R_{Dd,w} &= 74,4 - 20 \cdot \lg(f_0) - 0,5 \cdot R_w \\ &= 74,4 - 20 \cdot \lg(75) - 0,5 \cdot 61,1 = 6,3 \text{ dB} \end{aligned}$$

- bewertetes Direkt-Schalldämm-Maß $R_{Dd,w}$ der Wohnungstrenndecke (Gl. (7.8)):

$$R_{Dd,w} = R_{s,w} + \Delta R_{Dd,w} = 61,1 + 6,3 = 67,4 \text{ dB}$$

Bewertete Schalldämm-Maße R_w für die flankierenden Bauteile

■ Außenwand

- flächenbezogene Masse m'_{ges} (Gl. (7.13)):

$$\begin{aligned} m'_{ges} &= m'_{\text{Wand}} + m'_{\text{Putz}} \\ &= 0,365 \cdot 325 + 0,01 \cdot 900 + 0,015 \cdot 900 \\ &= 141,1 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- bewertetes Schalldämm-Maß R_w (Gl. (7.14)):

$$\begin{aligned} R_w &= 32,6 \cdot \lg(m'_{ges}) - 22,5 \\ &= 32,6 \cdot \lg(141,1) - 22,5 = 47,6 \text{ dB} \end{aligned}$$

■ Innenwand 1

- flächenbezogene Masse m'_{ges} (Gl. (7.13)):

$$\begin{aligned} m'_{ges} &= m'_{\text{Wand}} + m'_{\text{Putz}} \\ &= 0,24 \cdot 575 + 2 \cdot 0,01 \cdot 900 = 156 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- bewertetes Schalldämm-Maß R_w (Gl. (7.15)):

$$\begin{aligned} R_w &= 26,1 \cdot \lg(m'_{ges}) - 8,4 \\ &= 26,1 \cdot \lg(156) - 8,4 = 48,8 \text{ dB} \end{aligned}$$

■ Innenwände 2 und 3

- flächenbezogene Masse m'_{ges} (Gl. (7.13)):

$$\begin{aligned} m'_{ges} &= m'_{\text{Wand}} + m'_{\text{Putz}} \\ &= 0,175 \cdot 575 + 2 \cdot 0,01 \cdot 900 = 118,6 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- bewertetes Schalldämm-Maß R_w der flankierenden Innenwand (Gl. (7.14)):

$$\begin{aligned} R_w &= 32,6 \cdot \lg(m'_{ges}) - 22,5 \\ &= 32,6 \cdot \lg(118,6) - 22,5 = 45,1 \text{ dB} \end{aligned}$$

Mindestwerte der Stoßstellendämm-Maße $K_{ij,min}$ (Gl. (7.29))

■ Stoßstellen Wohnungstrenndecke/Außenwand und Wohnungstrenndecke/Innenwand 2

$$\begin{aligned} K_{Df,min} &= 10 \cdot \lg \left[l_i \cdot l_o \cdot \left(\frac{1}{S_i} + \frac{1}{S_j} \right) \right] \\ &= 10 \cdot \lg \left[3,4 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1}{3,4 \cdot 4} + \frac{1}{3,4 \cdot 2,6} \right) \right] \\ &= -2,0 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{Fd,min} &= 10 \cdot \lg \left[3,4 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1}{3,4 \cdot 2,6} + \frac{1}{4 \cdot 3,4} \right) \right] \\ &= -2,0 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{Ff,min} &= 10 \cdot \lg \left[3,4 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1}{3,4 \cdot 2,6} + \frac{1}{3,4 \cdot 2,6} \right) \right] \\ &= -1,1 \text{ dB} \end{aligned}$$

■ Stoßstellen Wohnungstrenndecke/Innenwand 1 und Wohnungstrenndecke/Innenwand 3

$$\begin{aligned} K_{Df,min} &= 10 \cdot \lg \left[4,0 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1}{4 \cdot 3,4} + \frac{1}{4,0 \cdot 2,6} \right) \right] \\ &= -1,7 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{Fd,min} &= 10 \cdot \lg \left[4,0 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1}{4,0 \cdot 2,6} + \frac{1}{4,0 \cdot 3,4} \right) \right] \\ &= -1,7 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{Ff,min} &= 10 \cdot \lg \left[4,0 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1}{4,0 \cdot 2,6} + \frac{1}{4,0 \cdot 2,6} \right) \right] \\ &= -1,1 \text{ dB} \end{aligned}$$

Stoßstellendämm-Maße K_{ij} **■ Stoßstelle Wohnungstrenndecke/Außenwand (T-Stoß)**

- Hilfsgröße M (Gl. (7.21))

$$M_{Df} = \lg\left(\frac{m'_{\perp}}{m'}\right) = \lg\left(\frac{141,1}{496}\right) = -0,546$$

$$M_{Fd/Ff} = \lg\left(\frac{m'_{\perp}}{m'}\right) = \lg\left(\frac{496}{141,1}\right) = 0,546$$

- Stoßstellendämm-Maße K_{ij} (Gl. (7.23), (7.25))
Schallübertragungsweg 2-3 bzw. 1-2, $M \geq 0,215$

$$\begin{aligned} K_{Df} &= K_{2-3} = K_{1-2} \\ &= 4,7 + 5,7 \cdot M^2 = 4,7 + 5,7 \cdot (-0,546)^2 \\ &= 6,4 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{Fd} &= K_{1-2} = 4,7 + 5,7 \cdot M^2 = 4,7 + 5,7 \cdot 0,546^2 \\ &= 6,4 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{Ff} &= K_{1-3} = 8 + 6,8 \cdot M = 8 + 6,8 \cdot 0,546 \\ &= 11,7 \text{ dB} \end{aligned}$$

Alle Stoßstellendämm-Maße K_{ij} sind größer als die Mindestwerte $K_{ij,min}$. Daher werden im Weiteren die Stoßstellendämm-Maße K_{ij} verwendet.

■ Stoßstelle Wohnungstrenndecke/Innenwand 1 (Kreuzstoß)

- Hilfsgröße M (Gl. (7.21))

$$M_{Df} = \lg\left(\frac{m'_{\perp}}{m'}\right) = \lg\left(\frac{156}{496}\right) = -0,502$$

$$M_{Fd/Ff} = \lg\left(\frac{m'_{\perp}}{m'}\right) = \lg\left(\frac{496}{156}\right) = 0,502$$

- Stoßstellendämm-Maße K_{ij} (Gl. (7.26), (7.28))
Schallübertragungsweg 1-2 bzw. 2-3, $M \geq 0,182$

$$\begin{aligned} K_{Df} &= K_{2-3} = K_{1-2} = 5,7 + 15,4 \cdot M^2 \\ &= 5,7 + 15,4 \cdot (-0,502)^2 \\ &= 9,6 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{Fd} &= K_{1-2} = 5,7 + 15,4 \cdot M^2 = 5,7 + 15,4 \cdot \\ &0,502^2 \\ &= 9,6 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{Ff} &= K_{1-3} = 9,6 + 11 \cdot M = 9,6 + 11 \cdot 0,502 \\ &= 15,1 \text{ dB} \end{aligned}$$

Alle Stoßstellendämm-Maße K_{ij} sind größer als die Mindestwerte $K_{ij,min}$. Daher werden im Weiteren die Stoßstellendämm-Maße K_{ij} verwendet.

■ Stoßstelle Wohnungstrenndecke/Innenwände 2 und 3 (Kreuzstoß)

- Hilfsgröße M (Gl. (7.21))

$$M_{Df} = \lg\left(\frac{m'_{\perp}}{m'}\right) = \lg\left(\frac{118,6}{496}\right) = -0,621$$

$$M_{Fd/Ff} = \lg\left(\frac{m'_{\perp}}{m'}\right) = \lg\left(\frac{496}{118,6}\right) = 0,621$$

- Stoßstellendämm-Maße K_{ij} (Gl. (7.26), (7.28))
Schallübertragungsweg 1-2 bzw. 2-3, $M \geq 0,182$

$$\begin{aligned} K_{Df} &= K_{2-3} = K_{1-2} = 5,7 + 15,4 \cdot M^2 \\ &= 5,7 + 15,4 \cdot (-0,621)^2 \\ &= 11,6 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{Fd} &= K_{1-2} = 5,7 + 15,4 \cdot M^2 = 5,7 + 15,4 \cdot 0,621^2 \\ &= 11,6 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{Ff} &= K_{1-3} = 9,6 + 11,0 \cdot M = 9,6 + 11,0 \cdot 0,621 \\ &= 16,4 \text{ dB} \end{aligned}$$

Alle Stoßstellendämm-Maße K_{ij} sind größer als die Mindestwerte $K_{ij,min}$. Daher werden im Weiteren die Stoßstellendämm-Maße K_{ij} verwendet.

Bewertete Flankenschalldämm-Maße $R_{ij,w}$ für die flankierenden Bauteile (Gl. (7.20))**■ Flankenübertragung über die Außenwand**

Beim schallaufnehmenden Bauteil ist die Verbesserung der Schalldämmung $\Delta R_{ij,w} = 6,3$ dB (siehe oben) durch einen schwimmenden Estrich zu berücksichtigen, da dieser eine Vorsatzschale bildet.

$$\begin{aligned} R_{Df,w} &= \frac{R_{i,w}}{2} + \frac{R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \cdot \lg \frac{S_s}{l_0 \cdot l_f} \\ &= \frac{61,1}{2} + \frac{47,6}{2} + 6,3 + 6,4 + 10 \cdot \lg \frac{13,6}{1,0 \cdot 3,4} \\ &= 73,1 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{Fd,w} &= \frac{47,6}{2} + \frac{61,1}{2} + 0 + 6,4 + 10 \cdot \lg \frac{13,6}{1,0 \cdot 3,4} \\ &= 66,8 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{Ff,w} &= \frac{47,6}{2} + \frac{47,6}{2} + 0 + 11,7 + 10 \cdot \lg \frac{13,6}{1,0 \cdot 3,4} \\ &= 65,3 \text{ dB} \end{aligned}$$

■ Flankenübertragung über Innenwand 1

$$\begin{aligned} R_{Df,w} &= \frac{R_{i,w}}{2} + \frac{R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \cdot \lg \frac{S_s}{l_0 \cdot l_f} \\ &= \frac{61,1}{2} + \frac{48,8}{2} + 6,3 + 9,6 + 10 \cdot \lg \frac{13,6}{1,0 \cdot 4,0} \\ &= 76,2 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{Fd,w} &= \frac{48,8}{2} + \frac{61,1}{2} + 0 + 9,6 + 10 \cdot \lg \frac{13,6}{1,0 \cdot 4,0} \\ &= 69,9 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$R_{Ff,w} = \frac{48,8}{2} + \frac{48,8}{2} + 0 + 15,1 + 10 \cdot \lg \frac{13,6}{1,0 \cdot 4,0}$$

$$= 69,2 \text{ dB}$$

■ Flankenübertragung über Innenwand 2

$$R_{Df,w} = \frac{R_{i,w}}{2} + \frac{R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \cdot \lg \frac{S_s}{l_0 \cdot l_f}$$

$$= \frac{61,1}{2} + \frac{45,1}{2} + 6,3 + 11,6 + 10 \cdot \lg \frac{13,6}{1,0 \cdot 3,4}$$

$$= 77,0 \text{ dB}$$

$$R_{Fd,w} = \frac{45,1}{2} + \frac{61,1}{2} + 0 + 11,6 + 10 \cdot \lg \frac{13,6}{1,0 \cdot 3,4}$$

$$= 70,7 \text{ dB}$$

$$R_{Ff,w} = \frac{45,1}{2} + \frac{45,1}{2} + 0 + 16,4 + 10 \cdot \lg \frac{13,6}{1,0 \cdot 3,4}$$

$$= 67,5 \text{ dB}$$

■ Flankenübertragung über Innenwand 3

$$R_{Df,w} = \frac{R_{i,w}}{2} + \frac{R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \cdot \lg \frac{S_s}{l_0 \cdot l_f}$$

$$= \frac{61,1}{2} + \frac{45,1}{2} + 6,3 + 11,6 + 10 \cdot \lg \frac{13,6}{1,0 \cdot 4,0}$$

$$= 76,3 \text{ dB}$$

$$R_{Fd,w} = \frac{45,1}{2} + \frac{61,1}{2} + 0 + 11,6 + 10 \cdot \lg \frac{13,6}{1,0 \cdot 4,0}$$

$$= 70,0 \text{ dB}$$

$$R_{Ff,w} = \frac{45,1}{2} + \frac{45,1}{2} + 0 + 16,4 + 10 \cdot \lg \frac{13,6}{1,0 \cdot 4,0}$$

$$= 66,8 \text{ dB}$$

Bewertetes Schalldämm-Maß R'_w (Gl. (7.6))

$$R'_w = -10 \cdot \lg \left(10^{-0,1 \cdot R_{Df,w}} + \sum_{F=1}^n 10^{-0,1 \cdot R_{Ff,w}} + \sum_{F=1}^n 10^{-0,1 \cdot R_{Df,w}} + \sum_{F=1}^n 10^{-0,1 \cdot R_{Fd,w}} \right)$$

$$= -10 \cdot \lg (10^{-0,1 \cdot 67,4} + 10^{-0,1 \cdot 65,3} + 10^{-0,1 \cdot 69,2} + 10^{-0,1 \cdot 67,5} + 10^{-0,1 \cdot 66,8} + 10^{-0,1 \cdot 73,1} + 10^{-0,1 \cdot 76,2}$$

$$+ 10^{-0,1 \cdot 77,0} + 10^{-0,1 \cdot 76,3} + 10^{-0,1 \cdot 66,8} + 10^{-0,1 \cdot 69,9} + 10^{-0,1 \cdot 70,7} + 10^{-0,1 \cdot 70,0})$$

$$= 58,0 \text{ dB}$$

c) Nachweis der Anforderungen an die Luftschalldämmung von trennenden Bauteilen (Wohnungstrenndecke)

■ Mindestschallschutz gemäß DIN 4109-1

$$R'_w - 2 = 58,0 - 2 = 56,0 \text{ dB} > R'_{w,erf} = 54 \text{ dB}$$

Die bauordnungsrechtlichen Mindestanforderungen werden erfüllt.

■ Erhöhter Schallschutz gemäß DIN SPEC 91314

$$R'_w - 2 = 58,0 - 2 = 56,0 \text{ dB} = R'_{w,erf} = 56 \text{ dB}$$

Die Anforderungen an einen erhöhten Schallschutz werden erfüllt.

Zweischalige Trennwände massiver Doppel- und Reihenhäuser

An zweischalige Trennwände von massiven Doppel- und Reihenhäusern werden besondere schalltechnische Anforderungen gestellt. Dazu wird das günstige Verhalten zweischaliger Bauteile gegenüber einschaligen Bauteilen ausgenutzt. Voraussetzung ist, dass die Trennfuge zwischen den Einzelschalen ausreichend breit ist und ordnungsgemäß ausgeführt wird (Abb. 7.10). Beginnend von der Unterkante des Gebäudes bis unter die Dachhaut darf die Trennfuge nicht durch

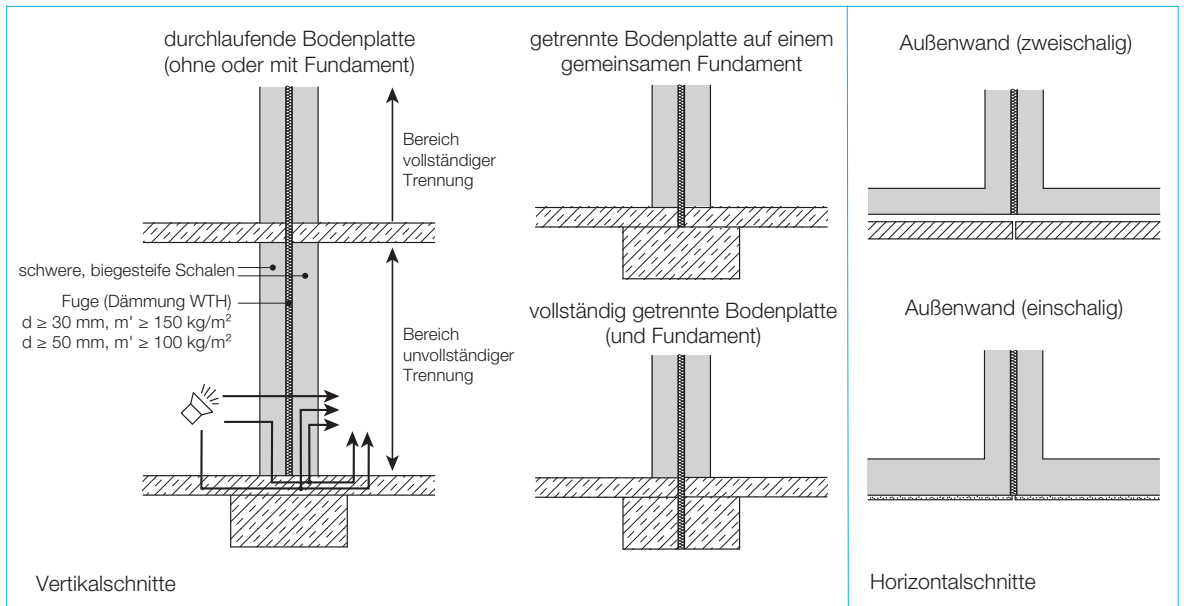
Schallbrücken wie Mörtelreste oder unsauber eingeschalteten Beton gestört werden. Besondere Bedeutung kommt auch dem Dämmstoff in der Trennfuge zu: Es dürfen nur mineralische Trittschalldämmplatten Typ WTH nach DIN 4108-10 [7.3] verwendet werden.

DIN 4109-1 fordert für Haustrennwände in Einfamilien-Reihenhäusern und Einfamilien-Doppelhäusern einen Mindestschallschutz von $R'_w \geq 62 \text{ dB}$ (über dem untersten Geschoss) bzw. $R'_w \geq 59 \text{ dB}$ (im untersten Geschoss). Bei heutigen Erwartungshaltungen und technischen Möglichkeiten kann davon ausgegangen werden, dass diese Anforderungen als nicht zufriedenstellend einzustufen sind. Die zu erbringende Schalldämmung von zweischaligen Haustrennwänden soll nach Übereinkunft der Verfasser der schalltechnischen Spezifikation DIN SPEC 91314 folgendermaßen festgelegt werden:

- Vollständige Trennung (das Gebäude ist unterkellert und die Trennfuge ist mindestens ab Oberkante der Bodenplatte vorhanden):

$R'_w \geq 67 \text{ dB}$ (für Haustrennwände zwischen fremden Aufenthaltsräumen, unter denen mindestens ein Geschoss vorhanden ist; erdberührt oder nicht erdberührt)

Abb. 7.10: Zweischalige Wände aus schweren, biegesteifen Schalen



- Unvollständige Trennung (nicht unterkellerte Gebäude und Gebäude mit „Weißer Wanne“ gelten als unvollständig getrennt):

$$R'_{w,2} \geq 62 \text{ dB (im untersten Geschoss)}$$

Mit zweischaligen Haustrennwänden aus Porenbeton können die in Abb. 7.11 gezeigten Schalldämm-Maße erreicht werden [7.2]. Folgender Wandaufbau wurde geprüft:

- Innenputz, d = 10 mm
- Porenbeton-Plansteine PP4-0,60, d = 0,175 m
- Trennfuge, d = 50 mm, mit mineralischer Faserdämmplatte TYP WTH nach DIN 4108-10, d = 40 mm

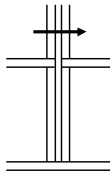
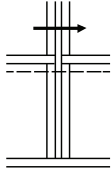
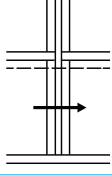
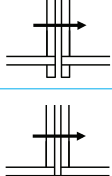
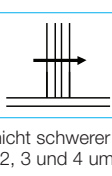
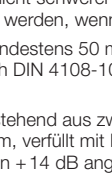
- Porenbeton-Plansteine PP4-0,60, d = 0,175 m
- Innenputz, d = 10 mm

In einem vereinfachten Nachweisverfahren wird das bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,2}$ zweischaliger Trennwände von massiven Doppel- und Reihenhäusern aus dem bewerteten Schalldämm-Maß $R'_{w,1}$ einer gleich schweren einschaligen Wand, einem Zuschlagswert $\Delta R_{w,Tr}$ für die Zweischaligkeit und einem Korrekturwert K zur Berücksichtigung der Übertragung über flankierende Decken und Wände berechnet:

$$R'_{w,2} = R'_{w,1} + \Delta R_{w,Tr} - K \quad \text{Gl. (7.30)}$$

Abb. 7.11: Bewertete Schalldämm-Maße R'_w zweischaliger Haustrennwände aus Porenbeton, gemessen in Prüfständen und ausgeführten Bauten [7.2]

Vollständige Trennung	Unvollständige Trennung		
Trennfuge bis Oberkante Bodenplatte, Beurteilung der Schalldämmung ab Erdgeschoss bei einem unterkellerten Gebäude	Trennfuge bis Oberkante Bodenplatte oder Unterkante Bodenplatte, Beurteilung der Schalldämmung ab unterstem Geschoss (Erdgeschoss) bei einem nicht unterkellerten Gebäude		
Im EG: $R'_w \geq 64 \text{ dB}$ Im OG: $R'_w \geq 67 \text{ dB}$	Im EG: $R'_w \geq 60 \text{ dB}$ ($R'_w \geq 62 \text{ dB}$ bei getrenntem Fundament) Im OG: $R'_w \geq 62 \text{ dB}$ ($R'_w \geq 65 \text{ dB}$ bei getrenntem Fundament)		

Zeile	Situation (Vertikalschnitt)	Beschreibung	$\Delta R_{w,Tr}^{1)2)3)}$ dB
1		Vollständige Trennung der Schalen und der flankierenden Bauteile ab Oberkante Bodenplatte, auch gültig für alle darüber liegenden Geschosse, unabhängig von der Ausbildung der Bodenplatte und der Fundamente	12
2		Außenwände durchgehend mit $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$ (z. B. Kelleraußenwände als „weiße Wanne“)	9
3		Außenwände durchgehend mit $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$ (z. B. Kelleraußenwände als „weiße Wanne“) Bodenplatte durchgehend mit $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$	3
4		Außenwände getrennt Bodenplatte und Fundamente getrennt	9
5		Außenwände getrennt Bodenplatte getrennt auf gemeinsamem Fundament	6 ⁴⁾
6		Außenwände getrennt Bodenplatte durchgehend mit $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$	6 ⁴⁾

Tab. 7.5: Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$ unterschiedlicher Übertragungssituationen für zweischalige Haustrennwände nach DIN 4109-2 [7.4.2]

- Falls die einzelnen Schalen nicht schwerer als 200 kg/m^2 sind, können die Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$ für zweischalige Haustrennwände aus Porenbeton für die Zeilen 1, 2, 3 und 4 um 3 dB und für die Zeilen 5 und 6 um 6 dB erhöht werden.
- Falls die einzelnen Schalen nicht schwerer als 250 kg/m^2 sind, können die Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$ für zweischalige Haustrennwände aus Leichtbeton um 2 dB erhöht werden, wenn die Steinrohddichte $\leq 800 \text{ kg/m}^3$ ist.
- Falls der Schalenabstand mindestens 50 mm beträgt und der Fugenhohlraum mit Mineralwolleplatte nach DIN EN 13162, Anwendungskurzzeichen WTH nach DIN 4108-10, ausgefüllt wird, können die Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$ bei allen Materialien in den Zeilen 1, 2 und 4 um 2 dB erhöht werden.
- Für eine Haustrennwand bestehend aus zwei Schalen je $17,5 \text{ cm}$ Porenbeton der Rohdichteklasse 0,60 (oder größer) mit einem Schalenabstand von mindestens 50 mm, verfüllt mit Mineralwolleplatten nach DIN EN 13162, Anwendungskurzzeichen WTH nach DIN 4108-10, kann insgesamt ein $\Delta R_{w,Tr}$ von +14 dB angesetzt werden. Zuschläge nach Fußnote 1) sind in diesem Zuschlag bereits berücksichtigt.

Das bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,1}$ ist von der flächenbezogenen Masse $m'_{Tr,ges}$ beider Schalen abhängig:

$$R'_{w,1} = 28 \cdot \lg(m'_{Tr,ges}) - 18 \quad \text{Gl. (7.31)}$$

Der Zuschlagswert $\Delta R_{w,Tr}$ ist je nach baulicher Situation Tab. 7.5 zu entnehmen. Dort sind insbesondere die in den Fußnoten enthaltenen Bestimmungen zu beachten, die für die Porenbetonbauweise relevante Verbesserungen beschreiben.

Der Korrekturwert K wird unter Beachtung der flächenbezogenen Masse $m'_{Tr,1}$ einer Schale der zweischaligen Wand und der mittleren flächenbezogenen Masse $m'_{f,m}$ der flankierenden Bauteile ermittelt:

$$K = 0,6 + 5,5 \cdot \lg\left(\frac{m'_{Tr,1}}{m'_{f,m}}\right) \quad \text{Gl. (7.32)}$$

Die flächenbezogene Masse m'_f flankierender Bauteile, die durch Vorsatzkonstruktionen mit einer Frequenz von $f_0 < 125 \text{ Hz}$ belegt sind, wird bei der Berechnung der flächenbezogenen Masse $m'_{f,m}$ der flankierenden Bauteile nicht berücksichtigt. n ist die Anzahl der mit Vorsatzkonstruktionen versehenen Bauteile:

$$m'_{f,m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m'_{f,i} \quad \text{Gl. (7.33)}$$

7.3 Trittschallübertragung

Im schalltechnischen Nachweis wird ein berechneter bewerteter Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ im Rahmen einer vereinfachten Ermittlung um einen Sicherheitszuschlag von 3 dB erhöht (Prognoseunsicherheit). Der Nachweis der Trittschalldämmung in Gebäuden ist erbracht, wenn der erhöhte Wert den Anforderungswert $L'_{n,w,zul}$ nicht überschreitet:

$$L'_{n,w} + 3 \text{ dB} \leq L'_{n,w,zul} \quad \text{Gl. (7.34)}$$

Trittschall, der von Decken, Treppenläufen oder Treppenhodestern ausgeht, wird auf unterschiedlichen Wegen in Räume übertragen, die entweder unmittelbar unter oder diagonal unter der angeregten Decke liegen (Abb. 7.12). Auch die Schallübertragung in einen direkt neben dem Senderraum liegenden Empfangsraum ist zu berücksichtigen.

Der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ von Massivdecken übereinanderliegender Räume wird aus dem bewerteten äquivalenten Norm-Trittschallpegel $L_{n,eq,0,w}$ der Rohdecke, der bewerteten Trittschallminderung ΔL_w und in Abhängigkeit von der Raumzuordnung aus einem Korrekturwert K bzw. K_T berechnet:

■ Übereinander liegende Räume

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + K \quad \text{Gl. (7.35)}$$

■ unterschiedliche Raumanordnungen

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - K_T \quad \text{Gl. (7.36)}$$

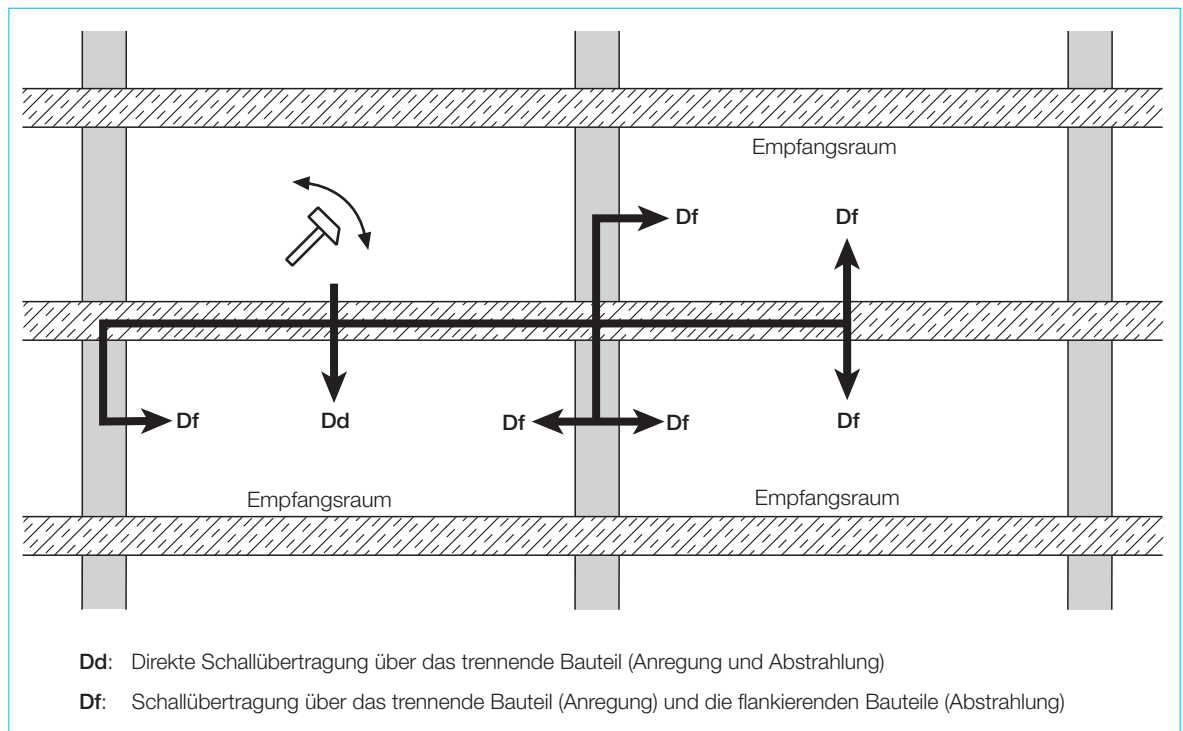
Der äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel $L_{n,eq,0,w}$ z. B. einer Stahlbetondecke wird auf Grundlage der flächenbezogenen Masse m' ermittelt.

Für eine direkte Schallübertragung in einen direkt unter der Decke liegenden Raum gilt:

$$L_{n,eq,0,w} = 164 - 35 \cdot \lg(m') \quad \text{Gl. (7.37)}$$

Grundlage für die bewertete Trittschallminderung ΔL_w schwimmender Estriche auf Massivdecken sind die dynamische Steifigkeit s' der Dämmschicht und die flächenbezogene Masse m' des Estrichs:

Abb. 7.12: Schallübertragungswege für den Trittschall



■ Schwimmende Mörtelstriche

$$\Delta L_w = 13 \cdot \lg(m') - 14,2 \lg(s') + 20,8 \quad \text{Gl. (7.38)}$$

mit $6 \text{ MN/m}^3 \leq s' \leq 50 \text{ MN/m}^3$ und
 $60 \text{ kg/m}^2 \leq m' \leq 160 \text{ kg/m}^2$

■ Schwimmende Gussasphalt- oder Fertigteilestriche

$$\Delta L_w = (-0,21 \cdot m' - 5,45) \cdot \lg(s') + 0,46 \cdot m' + 23,8$$

Gl. (7.39)

mit $15 \text{ MN/m}^3 \leq s' \leq 40 \text{ MN/m}^3$
 und $15 \text{ kg/m}^2 \leq m' \leq 40 \text{ kg/m}^2$
 (Fertigteilestriche)

mit $15 \text{ MN/m}^3 \leq s' \leq 50 \text{ MN/m}^3$
 und $58 \text{ kg/m}^2 \leq m' \leq 87 \text{ kg/m}^2$
 (einlagige Gussasphaltstriche)

Die flächenbezogene Masse m' von mineralisch gebundenen Estrichen wird gegenüber den Rechenwerten aus den Bemessungsnormen um 10 % gemindert.

Durch den Korrekturwert K wird bei übereinander liegenden Räumen die Trittschallübertragung über flankierende Bauteile berücksichtigt. Er ist für Massivdecken ohne Unterdecke in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse m'_s der Trenndecke und der mittleren flächenbezogenen Masse $m'_{r,m}$ der homogenen massiven flankierenden Bauteile, die nicht mit Vorsatzkonstruktionen belegt sind, zu ermitteln:

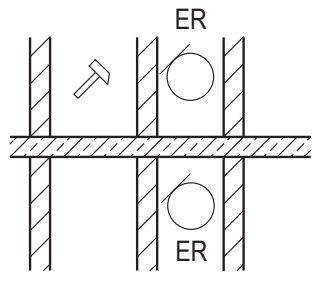
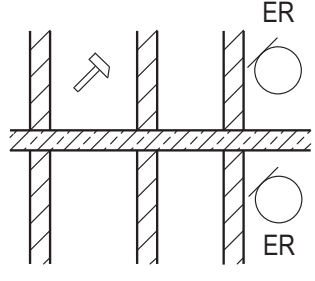
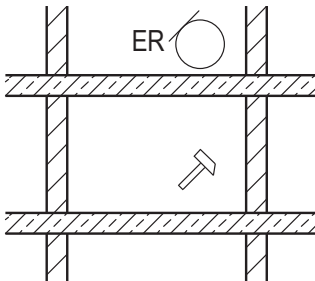
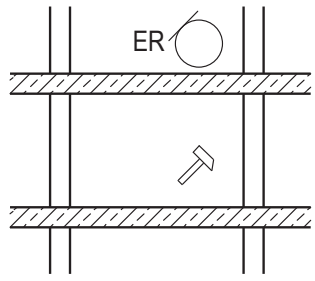
■ Falls $m'_{r,m} \leq m'_s$

$$K = 0,6 + 5,5 \cdot \lg\left(\frac{m'_s}{m'_{r,m}}\right) \quad \text{Gl. (7.40)}$$

■ Falls $m'_{r,m} > m'_s$

$$K = 0 \text{ dB} \quad \text{Gl. (7.41)}$$

Befindet sich die Trenndecke nicht zwischen übereinander liegenden Räumen, wird die Übertragungssituation zwischen Sende- und Empfangsraum durch den Korrekturwert K_T berücksichtigt (Tab. 7.6). Bei der Trittschallübertragung über eine Haustrennwand mit zwei biegesteifen Schalen und Trennfuge beträgt der Korrekturwert $K_T = 15 \text{ dB}$.

Lage der Empfangsräume	K_T dB
<p>Neben oder schräg unter der angeregten Decke</p> 	+5 ¹⁾
<p>Wie oben, jedoch ein Raum dazwischenliegend</p> 	+10 ¹⁾
<p>Über der angeregten Decke (Gebäude mit tragenden Wänden)</p> 	+10 ²⁾
<p>Über der angeregten Decke (Skelettbau)</p> 	+20

Tab. 7.6: Korrekturwert K_T für unterschiedliche räumliche Zuordnungen nach DIN 4109-2 [7.4.2]

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

2) Dieser Korrekturwert gilt sinngemäß auch für Bodenplatten.

Beispiel 3: Nachweis der Trittschalldämmung einer massiven Wohnungstrenndecke mit massiven flankierenden Wänden

In diesem Rechenbeispiel trennt eine Stahlbetondecke mit einem schwimmenden Estrich zwei fremde Wohnungen voneinander. Die flankierenden Bauteile sind Mauerwerkswände aus Porenbeton-Plansteinen unterschiedlicher Dicke und Rohdichteklasse.

Zur Veranschaulichung möglicher Nachweiswege sind zwei der Wände mit Vorsatzkonstruktionen versehen. Die Situation ist in Abb. 7.13 (Horizontalschnitt) sowie in Abb. 7.14 (Flankenschall-Übertragungswege) dargestellt. Das Berechnungsergebnis zeigt, dass mit

den betrachteten Bauteilen die bauordnungsrechtlichen Mindestanforderungen nach DIN 4109 erfüllt werden und dass durch Anbringen von Vorsatzschalen auf flankierenden Bauteilen ein erhöhter Schallschutz nach DIN SPEC 91314 erbracht werden kann.

a) Bauteile

Wohnungstrenndecke (Aufbau von oben nach unten)

- Zementestrich, $m' = 80 \text{ kg/m}^2$
- Trittschalldämmung, $s' = 15 \text{ MN/m}^3$
- Stahlbeton, $d = 0,22 \text{ m}$, $\rho = 2400 \text{ kg/m}^3$
- Kalkzementputz unterseitig, $d = 0,015 \text{ m}$

Flankierende Bauteile

- **Außenwand**
 - Leichtputz innen, $d = 0,01 \text{ m}$
 - Porenbetonmauerwerk (Plansteine, Dünnbettmörtel), RDK 0,35, $d = 0,365 \text{ m}$
 - Leichtputz außen, $d = 0,015 \text{ m}$
- **Innenwand 1**
 - Leichtputz beidseitig, $d = 0,01 \text{ m}$
 - Porenbetonmauerwerk (Plansteine, Dünnbettmörtel), RDK 0,6, $d = 0,24 \text{ m}$
- **Innenwand 2 und Innenwand 3**
 - Leichtputz einseitig, $d = 0,01 \text{ m}$
 - Porenbetonmauerwerk (Plansteine, Dünnbettmörtel), RDK 0,6, $d = 0,175 \text{ m}$
 - Vorsatzschale einseitig, bestehend aus:
 - Dämmschicht im Hohlraum, $E_{\text{dyn}} = 0,25 \text{ MN/m}^2$, $d = 0,04 \text{ m}$
 - Gipskartonplatten, $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$, $d = 0,0125 \text{ m}$

Abb. 7.13: Beispiel zur Trittschallübertragung – Horizontalschnitt

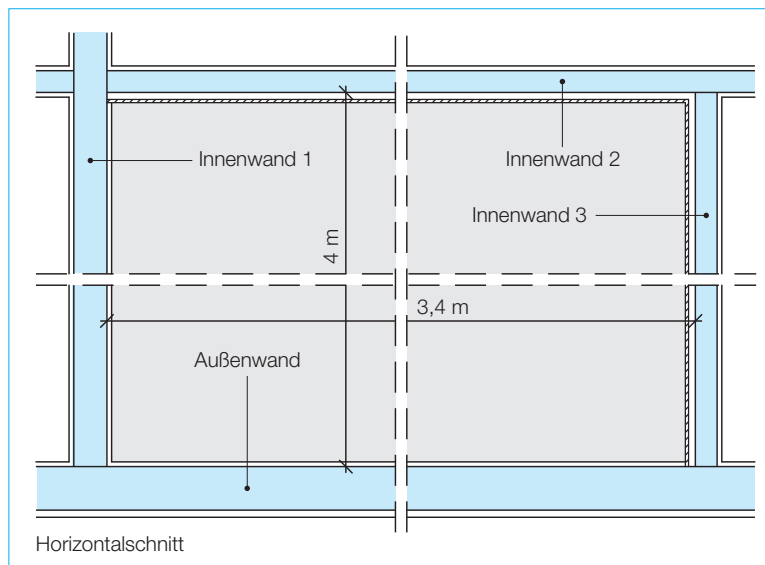
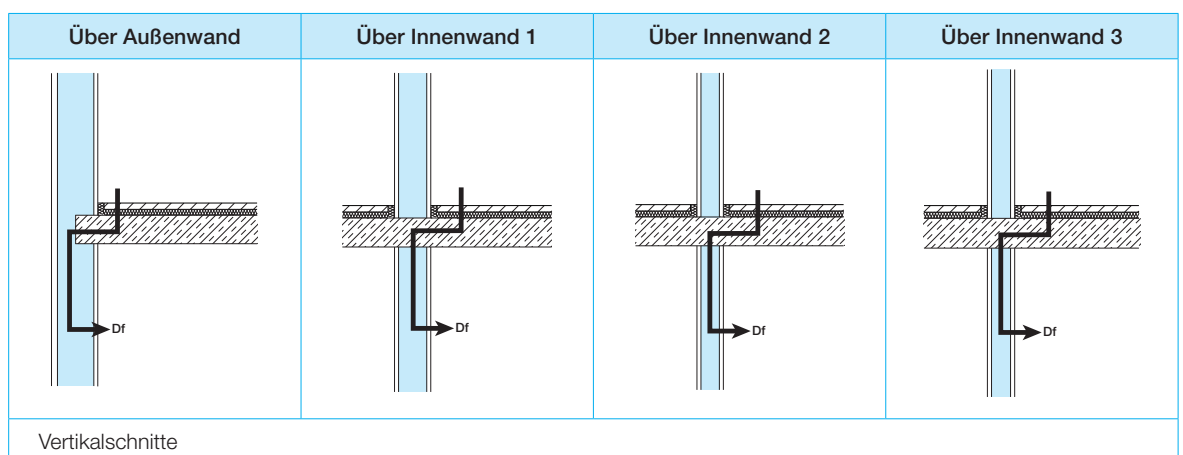


Abb. 7.14: Beispiel zur Trittschallübertragung – Flankenschall-Übertragungswege



b) Berechnung der Trittschalldämmung

Bewerteter äquivalenter Norm-Trittschallpegel

$L'_{n,w,eq}$ der Rohdecke

- flächenbezogene Masse m'_{ges} (Gl. (7.13))

$$\begin{aligned} m'_{ges} &= m'_{\text{Stahlbeton}} + m'_{\text{Putz}} \\ &= 0,22 \cdot 2.400 \\ &\quad + 0,015 \cdot 1.600 \\ &= 552 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- bewerteter äquivalenter Norm-Trittschallpegel

$$\begin{aligned} L'_{n,eq,0,w} &\text{ (Gl. (7.37))} \\ L'_{n,eq,0,w} &= 164 - 35 \cdot \lg(m') \\ &= 164 - 35 \cdot \lg(552) \\ &= 68,0 \end{aligned}$$

Bewertete Trittschallminderung ΔL_w der Deckenauf- lage (Gl. (7.38))

$$\begin{aligned} \Delta L_w &= 13 \cdot \lg(m') - 14,2 \cdot \lg(s') + 20,8 \\ &= 13 \cdot \lg(80) - 14,2 \cdot \lg(15) + 20,8 \\ &= 28,8 \text{ dB} \end{aligned}$$

Korrekturwert K für die Trittschallübertragung über flankierende Bauteile

■ Außenwand

$$\begin{aligned} \text{flächenbezogene Masse } m'_{ges} &\text{ (Gl. (7.13))} \\ m'_{ges} &= m'_{\text{Wand}} + m'_{\text{Putz}} \\ &= 0,365 \cdot 325 + 0,01 \cdot 900 \\ &\quad + 0,015 \cdot 900 \\ &= 141,1 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

■ Innenwand 1

$$\begin{aligned} \text{flächenbezogene Masse } m'_{ges} &\text{ (Gl. (7.13))} \\ m'_{ges} &= m'_{\text{Wand}} + m'_{\text{Putz}} = 0,24 \cdot 575 + 2 \cdot 0,01 \cdot 900 \\ &= 156 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Die flächenbezogenen Massen der Innenwand 2 und Innenwand 3 gehen nicht in die Berechnung mit ein, da sie mit einer Vorsatzkonstruktion versehen sind.

Flankierende Bauteile

mittlere flächenbezogene Masse $m'_{f,m}$ (Gl. (7.33))

$$m'_{f,m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m'_{f,i} = \frac{141,1 + 156}{2} = 148,6 \text{ kg/m}^2$$

Korrekturwert K (Gl. (7.32))

$$\begin{aligned} m'_{f,m} &\leq m'_{s'}: \\ K &= 0,6 + 5,5 \cdot \lg\left(\frac{m'_{s'}}{m'_{f,m}}\right) = 0,6 + 5,5 \cdot \lg\left(\frac{552}{148,6}\right) \\ &= 3,7 \text{ dB} \end{aligned}$$

Bewerteter Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ der Woh- nungstrenndecke (Gl. (7.35))

$$\begin{aligned} L'_{n,w} &= L'_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + K \\ &= 68,0 - 28,8 + 3,7 = 42,9 \text{ dB} \end{aligned}$$

(übereinander liegende Räume)

c) Nachweis der Anforderungen an die Trittschall- dämmung

Mindestschallschutz gemäß DIN 4109-1

$$\begin{aligned} L'_{n,w} + 3,0 \text{ dB} &= 42,9 + 3,0 \text{ dB} \\ &= 45,9 \text{ dB} < L'_{n,w,zul} = 50 \text{ dB} \end{aligned}$$

Die bauordnungsrechtlichen Mindestanforderungen werden erfüllt.

Erhöhter Schallschutz gemäß DIN SPEC 91314

$$\begin{aligned} L'_{n,w} + 3,0 \text{ dB} &= 42,9 + 3,0 \text{ dB} \\ &= 45,9 \text{ dB} < L'_{n,w,zul} = 46 \text{ dB} \end{aligned}$$

Die Anforderungen an einen erhöhten Schallschutz werden erfüllt.

7.4 Luftschalldämmung von Außenlärm

Bei einschaligen, homogenen Bauteilen wie Wohnungstrennwänden ist das Schalldämm-Maß von der flächenbezogenen Masse abhängig. Diese Regel hat bei Außenwänden mit Fenstern geringere Bedeutung als bei Innenwänden, in denen keine Öffnungen enthalten sind. Für Außenbauteile, die Fenster oder Türen enthalten, ist das gesamte bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ entscheidend für die schalltechnische Beurteilung.

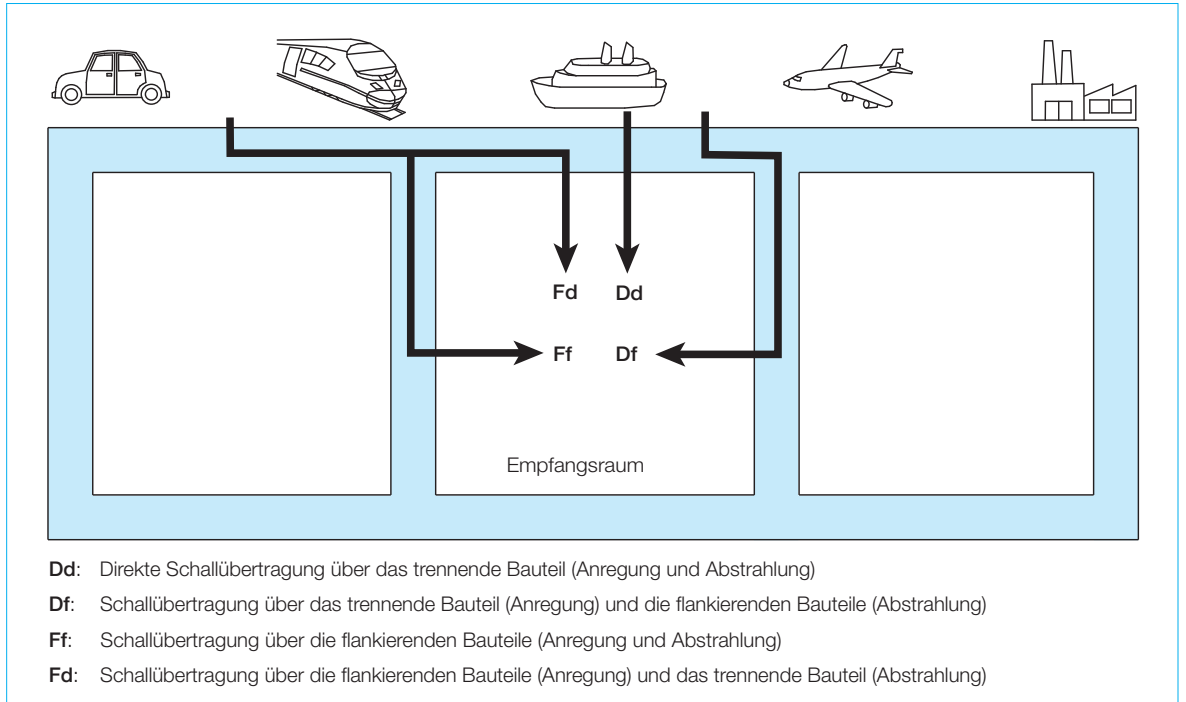
Es ergibt sich aus den auf die übertragende Fläche bezogenen Schalldämm-Maßen $R_{e,i,w}$ der an der Direktübertragung beteiligten Bauteile (Wand, Fenster, Dach, Rollladenkasten, Lüftungselement usw.) und den Flankenschalldämm-Maßen $R_{ij,w}$ für die Wege Ff, Df und Fd (Abb. 7.15) nach folgender Gleichung:

$$\begin{aligned} R'_{w,ges} &= -10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^m 10^{-0,1 \cdot R_{e,i,w}} + \sum_{F=1}^n 10^{-0,1 \cdot R_{F,w}} \right. \\ &\quad \left. + \sum_{f=1}^n 10^{-0,1 \cdot R_{Df,w}} + \sum_{F=1}^n 10^{-0,1 \cdot R_{Fd,w}} \right) \end{aligned}$$

Gl. (7.42)

Für den häufig auftretenden Fall, dass die Flankenschallübertragung von untergeordneter Bedeutung ist, kann das gesamte bewertete Schalldämm-Maß

Abb. 7.15: Schallübertragungswege für Außenlärm



$R'_{w,ges}$ vereinfacht ermittelt werden. Werden Fenster verwendet, die heute bauüblich sind, und wenn $R'_{w,ges} \leq 40$ dB ist, kann die Flankenschallübertragung vernachlässigt werden:

$$R'_{w,ges} = -10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^m 10^{-0,1 \cdot R_{e,i,w}} \right) \quad \text{Gl. (7.43)}$$

Das berechnete, gesamte Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ wird im Rahmen

einer vereinfachten Ermittlung um einen Sicherheitsbeiwert, der sogenannten Prognoseunsicherheit u_{prog} , vermindert. Der Nachweis der Luftschalldämmung von Außenbauteilen ist erbracht, wenn der verminderte Wert den Anforderungswert mindestens erreicht:

$$R'_{w,ges} - 2\text{dB} \geq R'_{w,ges,erf} \quad \text{Gl. (7.44)}$$

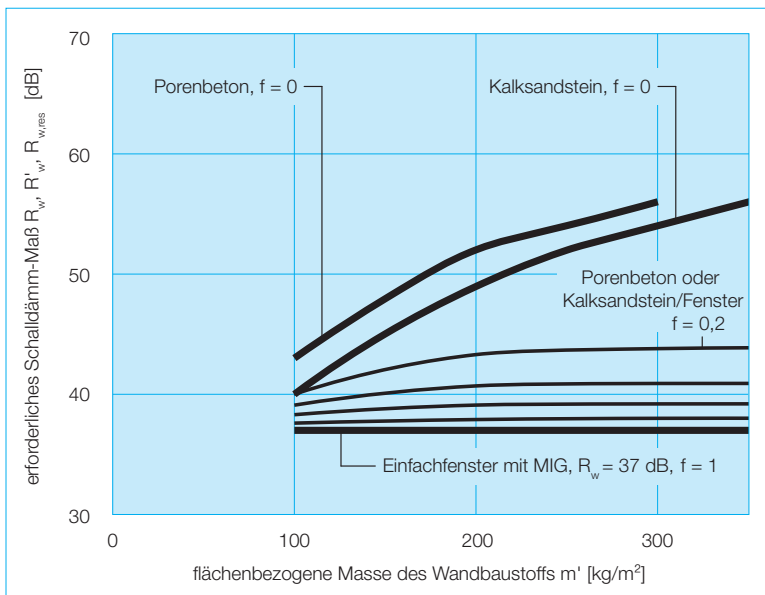
Der Korrekturwert K_{AL} für die Raumgeometrie wurde bereits bei der Festlegung der Anforderungen in Abschnitt 7.1 berücksichtigt.

Das auf die übertragende Fläche bezogene Schalldämm-Maß $R_{e,i,w}$ üblicher Bauteile wie Wände oder Fenster, die durch ein bewertetes Schalldämm-Maß R_w beschrieben werden, wird unter Berücksichtigung der Fläche S_i des Bauteils und der vom Raum aus gesehenen Fassadenfläche S_s berechnet:

$$R_{e,i,w} = R_{i,w} + 10 \cdot \lg \left(\frac{S_s}{S_i} \right) \quad \text{Gl. (7.45)}$$

Die schematische Darstellung (Abb. 7.16) zeigt, dass bei einem Außenbauteil die flächenbezogene Masse des Wandbaustoffs, wenn z. B. ein Fenster mit einem Schalldämm-Maß von $R_w = 37$ dB und einem Fensterflächenanteil von $f = 0,2$ bzw. 20 % eingebaut ist, bei Beurteilung des Schallschutzes gegen Außenlärm von geringem Einfluss ist. Die entsprechende Kurve in der Grafik ist ab einer be-

Abb. 7.16: Schalldämmung homogener und zusammengesetzter Bauteilflächen



stimmten flächenbezogenen Masse des Wandbaustoffs weitgehend eine Parallele zur Abszisse. Diese Ausprägung nimmt mit größeren Fensterflächenanteilen zu.

Sind in einem Außenbauteil Fenster mit niedrigen Schalldämm-Maßen enthalten, kann dies nur sehr begrenzt durch massive Wandbaustoffe mit höheren flächenbezogenen Massen ausgeglichen werden. Insofern wird das schalltechnische Verhalten von Außenwänden aus Porenbeton durch die vergleichsweise geringe flächenbezogene Masse nur wenig eingeschränkt, andererseits kann die wärmetechnische Qualität des Baustoffs ausgenutzt werden.

Bei zweischaligen Mauerwerkskonstruktionen mit Luftschicht oder mit Kerndämmung aus mineralischen Faserdämmstoffen wird das bewertete Schalldämm-Maß $R_{Dd,w}$ aus der Summe der flächenbezogenen Massen der beiden Schalen wie bei einschaligen biegesteifen Wänden ermittelt und um $\Delta R = 5$ dB erhöht. Wenn die flächenbezogene Masse der auf die Innenschale der Außenwand anschließenden Trennwände größer als 50 % der flächenbezogenen Masse der inneren Schale der Außenwand ist, wird $R_{Dd,w}$ um $\Delta R = 8$ dB erhöht.

Tab. 7.7 enthält in Abhängigkeit vom Fensterflächenanteil f Vorschläge für Wandkonstruktionen aus Porenbeton sowie Fensterausführungen. Wandaufbauten werden durch das bewertete Schalldämm-Maß $R_{w,w}$ sowie Fensterausführungen durch das bewertete Schalldämm-Maß $R_{w,F}$ gekennzeichnet. Grundlage der Vorschläge sind nach Gl. (7.44) berechnete erforderliche Schalldämm-Maße $R'_{w,ges,erf,0}$.

Einschalige Wandkonstruktionen aus Porenbeton erfüllen die Anforderungen an die Lärmpegelbereiche I bis IV gemäß DIN 4109-1. Für höhere Lärmpegelbereiche sind einschalige Wandkonstruktionen nicht geeignet. Anforderungen bei Lärmpegelbereich V können durch Umwandlung in zweischalige Konstruktionen erreicht werden. Dabei ist es möglich, durch Einbau einer zusätzlichen Schale, z. B. einer Vormauerschale, das tragende Porenbeton-Innenmauerwerk dünner auszubilden. Im Einzelfall hängt die Ausführung von der Außenlärm-Situation, vom Fensterflächenanteil und der schalltechnischen Qualität der Fenster ab.

Anforderung				Konstruktionsvorschlag				
Lärmpegelbereich	L_a dB	$K_{Raumart}$ dB	$R'_{w,ges,0}$ ¹⁾ dB	Wand ²⁾		f %	Fenster $R_{w,F}$ dB	$R'_{w,ges} - 2$ ³⁾ dB
				Aufbau	$R_{w,w}$ dB			
I	≤ 55	30	30 ⁴⁾	PP2-0,35 d = 0,30 m	45,3	20	30	34,5
						30		32,9
						40		31,7
II	60		30	PP2-0,35 d = 0,30 m	45,3	20	30	34,5
						30		32,9
						40		31,7
III	65		35	PP2-0,35 d = 0,365 m	47,6	20	35	39,1
						30		37,7
						40		36,6
IV	70	40	PP4-0,50 d = 0,365 m	51,4	20	40	43,9	
					30		42,5	
					40		41,5	
V	75	45	PP2-0,40 d = 0,24 m, Dämmschicht, VMz 1,4 d = 0,115 m ⁵⁾	59,4	20	45	49,4	
					30		47,8	
					40		46,8	

1) Ohne Korrektur für die Raumgeometrie, $K_{AL} = 0$.

2) Einschalige Wände zweiseitig mit Leichtputz versehen ($d_{innen} = 0,01$ m, $d_{außen} = 0,015$ m), zweischalige Wände einseitig mit Leichtputz versehen ($d_{innen} = 0,01$ m).

3) Ergebnis ohne den Einfluss flankierender Bauteile und unter Berücksichtigung eines Sicherheitsabschlages von 2 dB.

4) Mindestwert

5) Zweischaligkeitszuschlag 5 dB

Tab. 7.7: Anforderungen an den Schallschutz gegen Außenlärm nach DIN 4109-1 [7.4.1] und Konstruktionsvorschläge für Außenwände und Fenster im Wohnungsbau bei verschiedenen Fensterflächenanteilen f

LITERATUR

- [7.1] Bundesverband Porenbetonindustrie e. V. (Herausgeber): Schallschutz – Bericht 13. Wiesbaden 2002
- [7.2] Bundesverband Porenbetonindustrie e. V.: Merkblatt Schallschutz zweischaliger Haustrennwände – was ist geschuldet, was ist möglich? Eigenveröffentlichung, 2009
- [7.3] DIN 4108-10: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe – Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe. Ausgabe 2015-12
- [7.4] DIN 4109: Schallschutz im Hochbau
 - [7.4.1] Teil 1: Mindestanforderungen. Ausgabe 2016-07
Teil 1: Mindestanforderungen; Änderung A1. Entwurf 2017-01
 - [7.4.2] Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen. Ausgabe 2016-07
Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen; Änderung A1. Entwurf 2017-01
 - [7.4.3] Teil 31: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Rahmen-dokument. Ausgabe 2016-07
 - [7.4.4] Teil 32: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Massivbau. Ausgabe 2016-07
 - [7.4.5] Teil 33: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Holz-, Leicht- und Trockenbau. Ausgabe 2016-07
 - [7.4.6] Teil 34: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Vorsatz-konstruktionen vor massiven Bauteilen. Ausgabe 2016-07
 - [7.4.7] Teil 35: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden. Ausgabe 2016-07
 - [7.4.8] Teil 36: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Gebäude-technische Anlagen. Ausgabe 2016-07
 - [7.4.9] Teil 4: Bauakustische Prüfungen. Ausgabe 2016-07
- [7.5] DIN 18005-1: Schallschutz im Städtebau – Teil 1: Grundlagen und Hinweise für die Planung. Ausgabe 2002-07
- [7.6] DIN SPEC 91314: Schallschutz im Hochbau – Anforderungen für einen erhöhten Schallschutz im Wohnungsbau. Ausgabe 2017-01
- [7.7] VDI 4100: Schallschutz im Hochbau – Wohnungen – Beurteilung und Vorschläge für erhöhten Schallschutz. Ausgabe 2012-10