Kapitel 11

SCHALLSCHUTZ

Prof. Dr.-Ing. Heinz-Martin Fischer
M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Martin Schneider

Stand: 08/2025

1. Einleitung

„Eines Tages werden wir den Lärm bekämpfen müssen wie die Pest“. Was derart vor etwa hundert Jahren von Robert Koch (1843–1910) prophezeit wurde, ist heute bittere Realität geworden. Über 70 % der Bevölkerung fühlen sich durch Lärm gestört. Wissenschaftlich ist belegt, dass Lärm nicht nur belästigt, sondern auch gesundheitlich belastet und zu chronischen Erkrankungen führen kann. Zumindest für die eigenen vier Wände wird erwartet, dass der lärmgeplagte Mensch noch die erwünschte Ruhe findet.

Im Bauwesen wurde schon früh erkannt, dass die Menschen in ihren Wohnungen durch richtig ausgewählte Bauteile vor Schalleinwirkungen geschützt werden können. Bereits ab 1938 wurden in DIN 4110 [1] für den baulichen Schallschutz Mess- und Bewertungsverfahren und Anforderungen als DIN-Norm herausgegeben. 1944 erschien erstmals die DIN 4109. Bei dieser Norm wurde von Anfang an zwar von „Schallschutz“ gesprochen, tatsächlich war bei den Nachweisen und Anforderungen aber immer die Schalldämmung R'_w der trennenden Bauteile gemeint. Ebenso war es noch bis zur DIN 4109:1989 [2] Tradition, im Massivbau die Schallübertragung über Nebenwege nicht gesondert zu betrachten.

Erst mit der Verabschiedung der europäischen Berechnungsverfahren für den baulichen Schallschutz in DIN EN 12354-1 [3] ab dem Jahr 2000 und der darin enthaltenen konsequenten Trennung der einzelnen Schallübertragungswege wurde bezüglich der Flankenübertragung Klarheit geschaffen. Die daran anschließende Forschung für den Massivbau in Deutschland, begonnen von der Kalksandsteinindustrie [4], führte zu messtechnisch abgesicherten Erkenntnissen, die mit DIN 4109-2 [5] und DIN 4109-32 [6] in die DIN 4109:2016-07 einflossen. Damit wurden mit diesem neuen Regelwerk für die bauakustische Planung und die schalltechnischen Nachweise die Voraussetzungen geschaffen, dass nicht mehr nur die trennenden Bauteile im Vordergrund stehen, sondern nun auch die Schallübertragung über Flankenbauteile und Stoßstellen ausdrücklich zu betrachten und schalltechnisch zu dimensionieren ist.

INFO

Für den baulichen Schallschutz sind flankierende Außen- und Innenbauteile und die Ausbildung der dazugehörigen Stoßstellen genauso wichtig wie Wohnungstrennwände und Wohnungstrenndecken.

Die Entwicklung der Regelwerke für den baulichen Schallschutz findet in einer Zeit sich ständig ändernder Randbedingungen statt. Die Erwartungen an den Schallschutz steigen. Der Kostendruck nimmt zu. Anforderungen an den Wärmeschutz steigen und tangieren die Belange des Schallschutzes. Diskussionen über den rechtlich geschuldeten Schallschutz führen zu weiterer Verunsicherung.

Schallschutz kann nicht unabhängig von all diesen Fragestellungen behandelt werden. Doch beinhalten Herausforderungen immer auch Chancen. Der vorliegende Beitrag zeigt, dass es Wege aus der „Lärmfalle“ gibt. Hintergründe und schalltechnische Problembereiche werden beleuchtet und Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt. Die Palette der verfügbaren Mittel reicht vom schalltechnischen Gesamtkonzept bis zu Lösungen im Detail.

INFO

Schallschutz ist baubar – allerdings nur, wenn er von Anfang an in die Gesamtplanung integriert ist.

2. Schalltechnische Grundlagen

2.1 Grundbegriffe

Unter Schall werden mechanische Schwingungen verstanden, die sich in gasförmigen, festen oder flüssigen Medien ausbreiten. Hörbarer Schall liegt im Frequenzbereich zwischen etwa 16 Hz und 20 kHz, wobei die Frequenz die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde [1/s] angibt und mit Hertz [Hz] bezeichnet wird. Die Bauakustik berücksichtigt den Frequenzbereich zwischen 50 Hz und 5 kHz. Bei der Schallausbreitung in der Luft spricht man von **Luftschall**. Das ist die am häufigsten betrachtete Form, da sie direkt vom Gehör wahrgenommen werden kann und für die Wahrnehmung von Geräuschen und für Lärmbelästigungen verantwortlich ist. In der Bauakustik spielt der **Körperschall** eine wichtige Rolle, da die Schallübertragung zwischen zwei Räumen maßgeblich über den Baukörper (trennende und flankierende Bauteile) erfolgt. Die Schwingungen der Bauteile führen zur Abstrahlung von Luftschall, so dass auch Körperschall zu einem Hörereignis führt. Für die Ausbreitung des Körperschalls sind die Bauteileigenschaften und Bauteilverbindungen ausschlaggebend. So gilt im Massivbau, dass schwere Bauteile schwerer zu Schwingungen angeregt werden können und deshalb schalltechnisch günstiger sind als leichte Bauteile. **Fluidschall** tritt in der Bauakustik innerhalb flüssigkeitsgefüllter Rohrleitungen auf und ist z.B. bei der Übertragung von Geräuschen der Sanitärinstallation oder von Heizungsanlagen zu berücksichtigen.

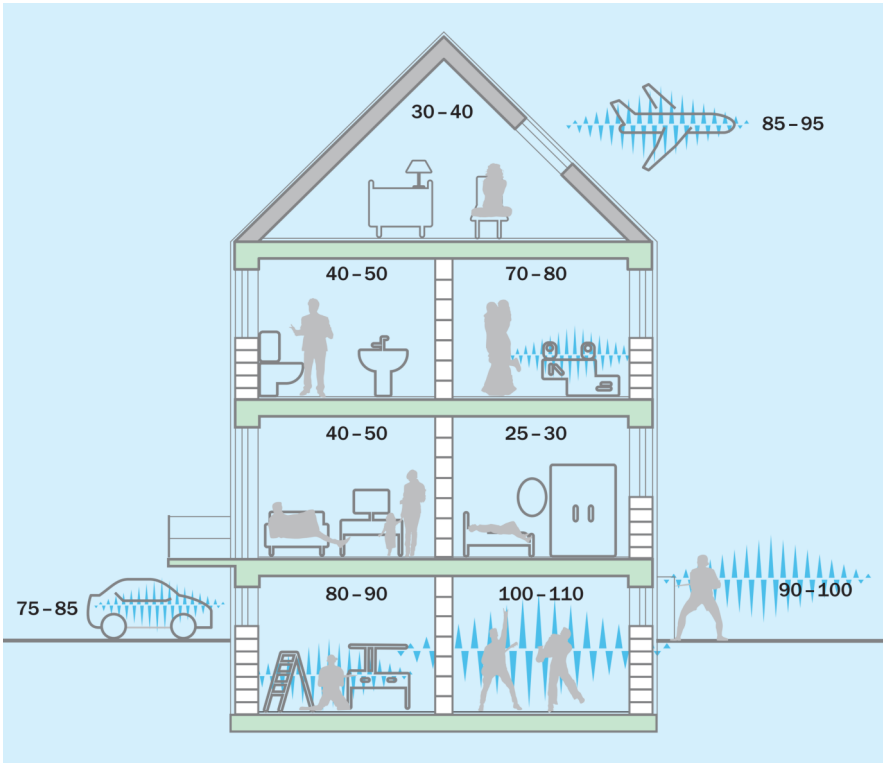


Bild 1 Schalleinwirkungen im Gebäude; A-bewertete Schallpegel [dB]

Der **bauliche Schallschutz** berücksichtigt alle Schalleinwirkungen, die im Gebäude zu Störungen führen können. Nach Bild 1 umfasst er innerhalb des Gebäudes die Übertragung von Luftschall (z.B. Sprache, Radio- und Fernsehgeräte) und Trittschall sowie die Geräusche gebäudetechnischer Anlagen und von Betrieben im selben Gebäude. Von außerhalb ist vor allem die Lärmeinwirkung durch Verkehr (Straßen-, Schienen- und Flugverkehr) sowie Industrie und Gewerbe zu beachten.

Bild 2 A-bewertete Schallpegel verschiedener Verursacher und Umgebungssituationen

Die physikalische Stärke von Geräuschen wird durch den **Schallpegel** L angegeben, der mit der Einheit Dezibel [dB] bezeichnet wird. Werden die Pegel so erfasst, wie es (näherungsweise) vom menschlichen Gehör geschieht, so handelt es sich um **A-bewertete Pegel** L_A, die ebenfalls in dB angegeben werden. Schallpegel für typische Geräusche innerhalb des menschlichen Hörbereichs, der von der Hörgrenze bis zur Schmerzgrenze reicht, werden in Bild 2 dargestellt. Schallpegel werden zur Festlegung von Anforderungen an den Schallschutz herangezogen, wenn die Schalleinwirkung in einem schutzbedürftigen Raum eine bestimmte Grenze nicht überschreiten darf. Schallpegel dienen auch zur Ermittlung der bauakustischen Kenngrößen für die Luft- und Trittschalldämmung.

2.2 Schalldämmung und Schallschutz

Die Schalldämmung beschreibt, wie stark Schall, der auf ein Bauteil auftrifft, von diesem auf der lärmabgewandten Seite abgestrahlt werden kann. Die kennzeichnende Größe dafür ist das Schalldämm-Maß R, das gemäß Bild 3 messtechnisch wie folgt bestimmt wird:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg(S/A) \quad (2.1)$$

mit

L_1 Schallpegel im lauten Raum (Senderaum)
L_2 Schallpegel im leisen Raum (Empfangsraum)
S Fläche des trennenden Bauteils
A Äquivalente Absorptionsfläche, mit der die im Empfangsraum vorhandene Absorption beschrieben wird

Der Messaufbau im Labor muss in Übereinstimmung mit der Mess-Norm DIN EN ISO 10140 [7] so gewählt werden, dass die Schallübertragung nur über das trennende Bauteil erfolgen kann. Damit ist sichergestellt, dass ausschließlich die schalltechnische Leistungsfähigkeit des Bauteils charakterisiert wird, ohne dass zusätzliche Übertragungswege das Ergebnis beeinflussen.

Gegenüber der beschriebenen Laborsituation muss bei realen Gebäuden beachtet werden, dass die Schallübertragung zwischen zwei Räumen (Bild 4) nicht mehr nur über das trennende Bauteil selbst (Direktübertragung), sondern auch über die flankierenden Bauteile stattfindet (flankierende Übertragung, auch Schalllängsleitung genannt). Im Gegensatz zur Laborprüfung wird hier das so genannte **Bau-Schalldämm-Maß** R' ermittelt. Es berücksichtigt alle an der Schallübertragung beteiligten Wege und charakterisiert damit die resultierende Schalldämmung im Gebäude. Die Messung erfolgt nach DIN EN ISO 16283-1 [8].

Aus der genannten Übertragungssituation ergeben sich folgende Konsequenzen für die Planung:

- Schall wird nicht nur über das trennende Bauteil übertragen.
- Die Gesamt-Schalldämmung setzt sich aus den Anteilen aller Übertragungswege zusammen.
- Die flankierende Übertragung begrenzt häufig die erreichbare Schalldämmung.
- Die Anforderungen der DIN 4109-1:2016 und deren Nachfolgeausgabe von 2018 richten sich nicht an das trennende Bauteil allein, sondern an die Gesamtübertragung aller beteiligten Bauteile.

Die Messungen werden frequenzabhängig durchgeführt. In der Planungspraxis und für die schalltechnische Beurteilung von Bauteilen werden zur Vereinfachung in der Regel jedoch sogenannte **Einzahlwerte** verwendet. Die Ermittlung der Einzahlwerte beruht auf dem Bezugskurvenverfahren, das für die Luftschalldämmung in DIN EN ISO 717-1 [9] beschrieben wird. Die gemessenen Terz- oder Oktavwerte der Kenngröße werden mit

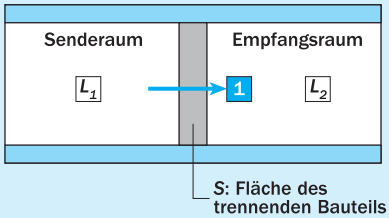


Bild 3 Messung des Schalldämm-Maßes im Labor

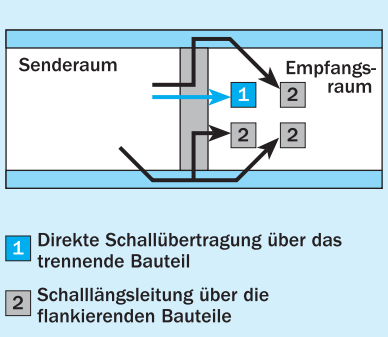


Bild 4 Schallschutz im Gebäude – direkte und flankierende Schallübertragung

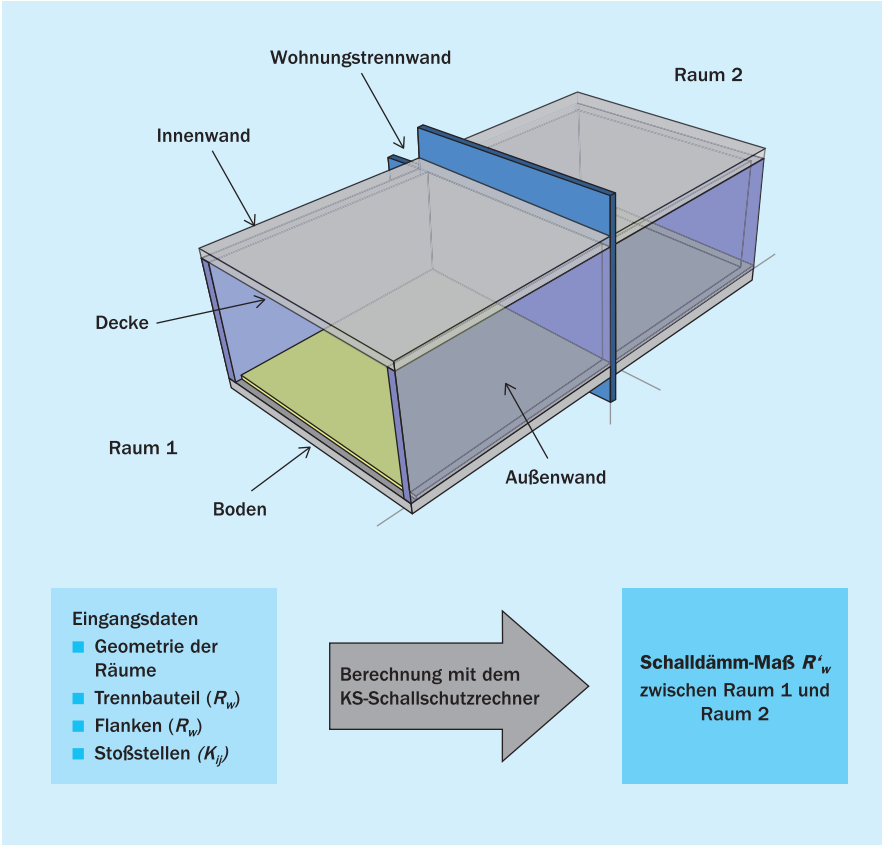


Bild 5 Von der Bauteileigenschaft R_w zur Gebäudeeigenschaft R'_w

der Bezugskurve verglichen. Diese repräsentiert aus der historischen Entwicklung heraus ursprünglich die Schalldämmung einer 25 cm dicken Vollsteinwand. Bei Messungen in Terzbändern werden für den Vergleich die Werte von 100 bis 3.150 Hz herangezogen. Die aus dem Vergleich ermittelte Einzahlangabe trägt zur Unterscheidung von den frequenzabhängigen Größen stets den Index *w*. So ergibt sich aus dem frequenzabhängigen Schalldämm-Maß R das **bewertete Schalldämm-Maß R_w** und aus R' das **bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w**.

INFO

Mit R_w und R'_w wird eine eindeutige Trennung zwischen Bauteil- und Gebäudeeigenschaften vorgenommen.

R_w (bewertetes Schalldämm-Maß) berücksichtigt nur die direkte Übertragung über ein trennendes Bauteil und ist als *Bauteileigenschaft* somit ein Maß für dessen schalltechnische Leistungsfähigkeit. Dies ist die maßgebliche Kenngröße für die Berechnung.

R'_w (bewertetes Bau-Schalldämm-Maß) berücksichtigt alle in Frage kommenden Übertragungswege zwischen zwei Räumen und beschreibt somit die resultierende Schalldämmung als *Gebäudeeigenschaft*. Es ist die maßgebende Kenngröße für die schalltechnische Auslegung des Baukörpers.

Die grundlegenden Zusammenhänge sind in den Bildern 5 und 12 dargestellt.

In Tafel 1 werden zur Erläuterung dieses Sachverhaltes die Schalldämm-Maße von KS-Wohnungstrennwänden mit den resultierenden Schalldämm-Maßen in einer bauüblichen Situation verglichen.

Während beim Schalldämm-Maß R und R' die Schallübertragung auf die Fläche des trennenden Bauteils bezogen wird (siehe Gleichung (2.1)), berücksichtigt die **Standard-Schallpegeldifferenz D_{nT}** nur die auf die Nachhallzeit bezogene Pegeldifferenz zwischen zwei Räumen.

Dafür gilt:

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \lg(T/T_0) \text{ [dB]} \quad (2.2)$$

mit

L_1	Schallpegel im lauten Raum (Senderaum)
L_2	Schallpegel im leisen Raum (Empfangsraum)
T	Nachhallzeit
T_0	Bezugs-Nachhallzeit (für Wohn- und Arbeitsräume gilt $T_0 = 0{,}5$ s)

Auch hier kann nach DIN EN ISO 717-1 [9] der Einzahlwert, der **bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$** heißt, ermittelt werden. $D_{nT,w}$ kann als Maß für den Schallschutz zwischen Räumen betrachtet werden, da hier die erreichte Pegeldifferenz zwischen zwei Räumen – und nicht ein trennendes Bauteil – in Bezug genommen wird. R'_w und $D_{nT,w}$ können folgendermaßen ineinander umgerechnet werden:

$$D_{nT,w} = R'_w + 10 \lg(0{,}32\ V/S) \text{ [dB]} \quad (2.3)$$

mit

V	Volumen des Empfangsraums
S	Fläche des trennenden Bauteils

Für quaderförmige, nicht gegeneinander versetzte Räume kann dafür auch vereinfachend geschrieben werden:

$$D_{nT,w} = R'_w + 10 \lg(0{,}32 \cdot l) = R'_w - 10 \lg(3{,}1/l) \text{ [dB]} \quad (2.4)$$

mit

l	Raumtiefe des Empfangsraums

Für unterschiedlich große Volumina der Empfangsräume kann sich bei gleicher Schalldämmung der Bauteile eine sehr unterschiedliche Schallpegeldifferenz ergeben, so dass auch der realisierte Schallschutz unterschiedlich wahrgenommen wird (Bild 6).

INFO

Für den subjektiv wahrnehmbaren Schallschutz ist nicht die Schalldämmung R'_w einer Bauteilkombination, sondern die Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ zwischen zwei Räumen maßgebend.

In realen Grundriss-Situationen kann die gemeinsame Trennfläche zwischen zwei Räumen kleiner als 10 m² werden, insbesondere bei versetzten Räumen. Bei diagonaler Schallübertragung existiert keine gemeinsame Trennfläche. Mit Bezug auf DIN 4109-1 muss in solchen Fällen die **bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$** ermittelt werden.

Tafel 1 **Vergleich des Direktschalldämm-Maßes (bewertetes Schalldämm-Maß R_w) verschiedener Wohnungstrennwände und der resultierenden Schalldämmung derselben Wände in einer bauüblichen Situation (bewertetes Bau-Schalldämm-Maß R'_w)**

Wohnungstrennwand			R_w [1]	R'_w [2]
Wanddicke d [cm]	RDK	Flächenbezogene Masse m' [kg/m²]	[dB]	[dB]
20	2,0	400	58,2	53,4
24	1,8	428	59,1	54,2
24	2,0	476	60,5	55,2
24	2,2	524	61,8	56,2
30	2,0	590	63,4	57,4

Bausituation: horizontale Übertragung; Wohnungstrennwand: nach Tabelle; Decken: 20 cm Stahlbeton mit schwimmendem Estrich $f_0 < 80$ Hz; Außenwand mit 17,5 cm Kalksandstein (RDK 1,8); Innenwand mit 11,5 cm Kalksandstein (RDK 1,8); inkl. Putz

[1] R_w-Werte nach Massekurve für Kalksandstein

[2] Berechnungen nach DIN 4109-2 mit dem KS-Schallschutzrechner. Zum Vergleich von R_w und R'_w wurde der normativ geforderte Sicherheitsabschlag von 2 dB (früher: Vorhaltemaß) auf das Berechnungsergebnis vorgenommen.

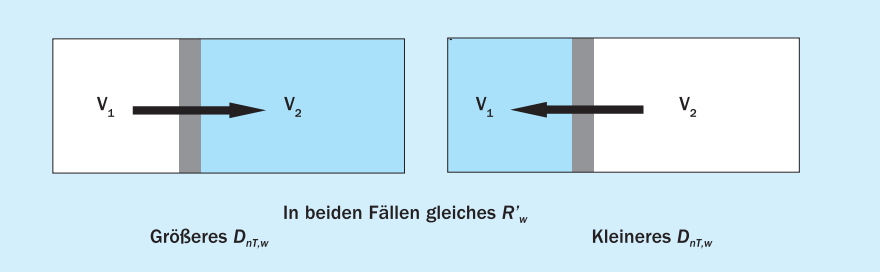


Bild 6 Abhängigkeit der bewerteten Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ vom Volumen des Empfangsraums

Messtechnisch wird die Norm-Schallpegeldifferenz D_n in den einzelnen Frequenzbändern folgendermaßen ermittelt:

$$D_n = L_1 - L_2 + 10 \lg(A_0/A) \text{ [dB]} \quad (2.5)$$

mit
L_1 Schallpegel im lauten Raum (Senderaum)
L_2 Schallpegel im leisen Raum (Empfangsraum)
A Äquivalente Absorptionsfläche des Empfangsraums
A_0 Äquivalente Bezugs-Absorptionsfläche mit $A_0 = 10$ m²

Nach DIN EN ISO 717-1 ergibt sich daraus als Einzahlwert die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$.

R'_w und $D_{n,w}$ können folgendermaßen ineinander umgerechnet werden:

$$D_{n,w} = R'_w - 10 \lg(S/10 \text{ m}^2) \text{ [dB]} \quad (2.6)$$

mit
S Fläche des trennenden Bauteils

Tafel 2 Spektrum-Anpassungswerte zur Berücksichtigung verschiedener Lärmquellen

Spektrum-Anpassungswerte nach DIN EN ISO 717-1	
C Mittlere und höhere Frequenzen betont	
Zu-treffend für	Wohnaktivitäten (Reden, Musik…)
	Schienenverkehr mit mittlerer und hoher Geschwindigkeit
	Autobahnverkehr > 80 km/h
	Düsenflugzeuge in kleinem Abstand
	Betriebe, die überwiegend mittel- und hochfrequenten Lärm abstrahlen
C_{tr} Tiefere Frequenzen betont	
Zu-treffend für	städtischen Straßenverkehr
	Schienenverkehr mit geringer Geschwindigkeit z.B. Straßenbahnverkehr
	Propellerflugzeug
	Düsenflugzeug in großem Abstand
	Discomusik
	Betriebe, die überwiegend tief- und mittelfrequenten Lärm abstrahlen

2.3 Spektrum-Anpassungswerte

Zusätzlich zu den genannten Einzahlwerten wurden in DIN EN ISO 717-1 [9] so genannte **Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr}** definiert, die es erlauben, die Schalldämmung oder den Schallschutz hinsichtlich unterschiedlicher Geräuscharten zu bewerten. Den Spektrumanpassungswerten liegen Pegeldifferenzen bestimmter A-bewerteter Geräusche zugrunde. Sie werden zum betreffenden Einzahlwert addiert, so dass sich für die Schalldämmung oder den Schallschutz ein neuer Zahlenwert ergibt, beispielsweise $R_w + C_{tr}$ oder $D_{nT,w} + C$. Anwendungsfälle für die Anpassungswerte werden in Tafel 2 dargestellt. Spektrumanpassungswerte können für verschiedene Frequenzbereiche definiert werden.

Der **Anpassungswert C** kann z.B. für übliche Wohngeräusche oder für Verkehrsgeräusche bei hohen Geschwindigkeiten herangezogen werden, C_{tr} dagegen steht für eher tieffrequent orientierte Geräusche wie, z.B. innerstädtischen Straßenverkehr.

In den Schallschutzanforderungen der DIN 4109-1 werden Spektrum-Anpassungswerte zurzeit nicht berücksichtigt. Es ist allerdings geplant, die Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} zukünftig bezüglich der Anforderungen beim Außenlärm anzuwenden. Sie können aber auch bei der schalltechnischen Planung im Gebäude angewendet werden, um eine situationsbezogene Auslegung des Schallschutzes zu gewährleisten. Eine ausführliche Behandlung der Spektrum-Anpassungswerte und ihrer Anwendung findet sich in [10].

Außer für die Luftschalldämmung gibt es auch Kenngrößen für die Trittschalldämmung und solche, die für die Beschreibung der schalltechnischen Eigenschaften von Bauteilen und Gebäuden verwendet und im Rahmen der schalltechnischen Nachweise benötigt werden. Eine Zusammenstellung dieser Größen findet sich in den Tafeln 3 bis 5.

2.4 Schalltechnisches Verhalten massiver Bauteile

2.4.1 Einschalige massive Bauteile

Das schalltechnische Verhalten einschaliger Bauteile kann durch das so genannte Massegesetz einfach beschrieben werden. Dieses besagt, dass die Schalldämmung mit der flächenbezogenen Masse m', die in kg/m² angegeben wird, zunimmt. In seiner physikalischen Form besagt das Massegesetz außerdem, dass die Schalldämmung mit wachsender Frequenz steigt. Die erreichbare Schalldämmung ist also umso besser, je schwerer das (einschalige) Bauteil und je höher die Frequenz des zu dämmenden Geräuschs ist. Für die frequenzabhängigen Dämmeigenschaften ist noch die so genannte Koinzidenz (auch Spuranpassung genannt) von Bedeutung. Diese beschreibt das Phänomen, dass die Wellenlängen des Luftschalls und des Körperschalls auf dem Bauteil übereinstimmen und deshalb eine besonders gute Anregung des Bauteils durch Luftschall und eine besonders gute Abstrahlung von Luftschall durch dieses Bauteil erfolgt. Daraus ergibt sich im betroffenen Frequenzbereich insgesamt eine gegenüber dem Massegesetz stark verminderte Schalldämmung. Die Frequenz, bei der das Maximum

Tafel 3 **Kennzeichnende Größen zur Beschreibung der schalltechnischen Eigenschaften von Bauteilen (Luftschall-, Trittschall- und Flankendämmung)**

Kenngröße		Bauteil	Messnorm
R_w	Bewertetes Schalldämm-Maß	Bauteile (Wände, Decken)	DIN EN ISO 10140 Teile 1, 2, 4, 5 [7]
		Fenster, Fassadenelemente, Türen, Verglasungen	
$D_{n,e,w}$	Bewertete Element-Norm-Schallpegel-differenz	Elemente, z.B. Rollladen-kästen, Lüftungskanäle, Lüftungselemente	DIN EN ISO 10140 Teile 1, 2, 4, 5 [7]
ΔR_w	Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes	Vorsatzschalen, Wärmedämm-Verbundsysteme, schwimmende Estriche	DIN EN ISO 10140 Teile 1, 2, 4, 5 [7]
$D_{n,f,w}$	Bewertete Norm-Flankenschallpegel-differenz	Mehrschalige, leichte Flankenbauteile	DIN EN ISO 10848 Teile 1 – 4 [11]
$L_{n,w}$	Bewerteter Norm-Tritt-schallpegel	Decken, Treppen, Podeste	DIN EN ISO 10140 Teile 1, 3, 4, 5 [7]
ΔL_w	Bewertete Trittschall-minderung	Deckenauflagen, z.B. schwim-mende Estriche, Bodenbeläge	DIN EN ISO 10140 Teile 1, 3, 4, 5 [7]
K_{ij}	Stoßstellendämm-Maß	Bauteilverbindungen	DIN EN ISO 10848 Teile 1 – 4 [11]

Tafel 4 **Kennzeichnende Größen zur Beschreibung der schalltechnischen Gebäudeeigenschaften (Luft- und Trittschalldämmung)**

Kenngröße		Übertragung über	Messnorm
R'_w	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß	Trennbauteile (Wände, Decken)	DIN EN ISO 16283-1 [8]
$R'_{45°,w}$	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß	Fassaden, Fassadenbauteile, Fenster	DIN EN ISO 16283-3
$L'_{n,w}$	Bewerteter Norm-Trittschallpegel im Bau	Decken, Treppen, Podeste	DIN EN ISO 16283-2 [12]

Tafel 5 **Kennzeichnende Größen zur Beschreibung des Schallschutzes im Gebäude**

Kenngröße		Schutz gegen:	Messnorm
$D_{nT,w}$	Bewertete Standard-Schallpegeldifferenz	Luftschallübertragung innerhalb des Gebäudes	DIN EN ISO 16283-1 [8]
		Luftschallübertragung von außen (Außenlärm)	DIN EN ISO 16283-3
$L'_{nT,w}$	Bewerteter Standard-Trittschallpegel	Trittschallübertragung	DIN EN ISO 16283-2 [12]
$D_{n,w}$	Bewertete Norm-Schallpegeldifferenz	Luftschallübertragung innerhalb des Gebäudes bei Trennflächen < 10 m²	DIN EN ISO 16283-1 [8] in Zusammenhang mit DIN 4109-4 [32]

des Dämmungseinbruchs liegt, wird Koinzidenzgrenzfrequenz genannt. Sie hängt von der flächenbezogenen Masse und der Biegesteifigkeit des Bauteils ab. Wenn die Grenzfrequenz unterhalb von etwa 200 Hz liegt, spricht man von biegesteifen Bauteilen, falls sie oberhalb von etwa 1.600 Hz liegt, von biegeweichen Bauteilen. Wände aus Kalksandstein zählen zu den biegesteifen Bauteilen.

INFO

Für die schalltechnische Dimensionierung mit Einzahlwerten kann das bewertete Schalldämm-Maß R_w einschaliger Bauteile in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse angegeben werden. Diese ist somit die maßgebliche Größe für die akustischen Eigenschaften massiver Bauteile.

In einer so genannten **Massekurve** kann dieser Zusammenhang für Mauerwerk aus Kalksandstein dargestellt werden. Zu berücksichtigen ist dabei die gesamte flächenbezogene Masse der Wand, die sich aus der Rohdichteklasse, der Art der Vermauerung und den aufgebrachten Putzschichten ergibt.

2.4.2 Zweischalige massive Bauteile

Mit zweischaligen Bauteilen kann gegenüber einschaligen Bauteilen gleicher flächenbezogener Masse eine deutlich höhere Schalldämmung erreicht werden. Zweischalige Konstruktionen eignen sich deshalb besonders für solche Bereiche, in denen hohe Schalldämm-Maße erreicht werden sollen. Bei **Haustrennwänden** sind zweischalige Konstruktionen mit biegesteifen Schalen und **durchgehenden Trennfugen** die übliche Ausführung, da sie bei fehlerfreier Ausführung sehr hohe Schalldämm-Maße ermöglichen.

Bei **zweischaligen Außenwänden** sind die Schalen wegen der nach DIN EN 1996/NA einzubauenden Luftschichtanker zwar nicht vollständig getrennt, dennoch erreichen solche Wände eine deutlich höhere Schalldämmung als einschalige Außenwände.

Zweischalige Wände ohne durchgehende Trennfuge (z.B. bei durchlaufenden Decken) sind zu vermeiden. Insbesondere bei dünneren biegesteifen Einzelschalen (z.B. 11,5 cm) wird der resultierende Schallschutz nicht höher, sondern eher niedriger als bei einer gleich schweren einschaligen Wand.

3. Schallschutz zwischen Wunsch und Wirklichkeit

3.1 Die Erwartungen der Bewohner

Lärm belästigt und belastet. Je nach Art, Intensität und Einwirkungsdauer des Lärms ergeben sich unterschiedliche Lärmwirkungen, die von der zeitweiligen Belästigung bis hin zur dauerhaften gesundheitlichen Beeinträchtigung führen können (Bild 7).

In einer zunehmend von Lärm erfüllten Umwelt steigt das Bedürfnis, zumindest in den eigenen vier Wänden noch seine Ruhe finden zu können. Werden Bauherren danach befragt, welche Anforderungen eine Wohnung erfüllen soll, dann wird regelmäßig ein guter Schallschutz ganz an vorderer Stelle genannt. Dieses elementare Anliegen findet regelmäßig seinen Niederschlag in Untersuchungsergebnissen, wenn Bewohner zum erwünschten Schallschutz ihrer Wohnungen befragt werden. So zeigt eine Trendbefragung aus dem Jahr 2008 [13], dass über 70 % der Bevölkerung sich in ihrer Wohnung durch Lärm gestört fühlen (Bild 8) und für 61 % Lärmbelästigungen sogar ein Umzugsgrund sind (Bild 9).

Mehrere Untersuchungen unter Bewohnern verschiedener europäischer Länder ergaben, dass erst ein deutlich höherer Schallschutz, als er in den Mindestanforderungen festgelegt ist, als zufriedenstellend oder gut empfunden wird.

3.2 Der eigene Wohnbereich

Wenn von baulichem Schallschutz die Rede ist, wird zuerst an den Schallschutz gedacht, wie er in den (verbindlichen) Anforderungen der DIN 4109-1 formuliert wird. Gemeint sind dort Geräusche, die außerhalb des eigenen Wohnbereichs entstehen (z.B. Luft- und Trittschall der Nachbarn) und gegen die der eigene Bereich geschützt werden soll. Unbestritten besteht aber auch ein großes Bedürfnis nach einem angemessenen Schallschutz im eigenen Wohnbereich. Dieser ist zwar normativ nicht geregelt, jedoch werden in anderen Regelwerken (z.B. DEGA-Memorandum BR 0104 [42]) Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohnbereich ausgesprochen. Daher sollte er in einem vollständigen Schallschutzkonzept Berücksichtigung finden und als Planungsziel eindeutig festgelegt werden.

3.3 Objektive Kriterien für den Schallschutz

3.3.1 Grundlagen und Zusammenhänge

Im Gegensatz zur DIN 4109 mit ihrem quasi historisch überlieferten Schallschutzniveau können durchaus nachvollziehbare Kriterien für die Festlegung von Anforderungen benannt werden. Objektiv quantifizierbar ist der Schutz der Vertraulichkeit. Wenn das gesprochene Wort im Nachbarbereich verstanden wird (oder man selbst ungewollt die Worte der Nachbarn versteht), ist die Vertraulichkeit nicht mehr gegeben. Die Sprachverständlichkeit ist somit ein wichtiges Kriterium zur Festlegung und Beurteilung eines ausreichenden Schallschutzes. In der VDI-Richtlinie 4100 erfolgt deshalb die Bestimmung des notwendigen Schallschutzes zwischen Räumen aufgrund von Sprachverständlichkeitskriterien.

Tafel 6 zeigt beispielhaft die Sprachverständlichkeit in Abhängigkeit von der vorhandenen Schalldämmung. Weitere objektive Kriterien, die in der VDI-Richtlinie 4100 genannt werden, sind die Hörbarkeit von Geräuschen und deren Störwirkung.

Der Zusammenhang zwischen der Sprachverständlichkeit und den maßgeblichen Einflussgrößen (Schallpegel der Sprache, Fläche des Trennbauteils, Volumen und Halligkeit des Empfangsraums, Grundgeräuschpegel im Empfangsraum) kann nach [15] analytisch hergeleitet und dargestellt werden. Von besonderer Bedeutung ist dabei der Einfluss des Grundgeräuschs.

INFO

Je geringer das aus der Umgebung vorhandene Grundgeräusch ist (z.B. bei ruhigen Wohnlagen), desto leichter kann Sprache verstanden werden und desto höher muss die notwendige Schalldämmung sein.

Derselbe Schallschutz kann also in unterschiedlich lauter Umgebung zu unterschiedlichen Vorgaben an die benötigte Schalldämmung führen. Als Beispiel zeigt Tafel 7, wie sich der Grundgeräuschpegel auf die Sprachverständlichkeit auswirkt. Während bei einer recht guten Schalldämmung von 57 dB und einem A-bewerteten Grundgeräuschpegel von 30 dB Sprache

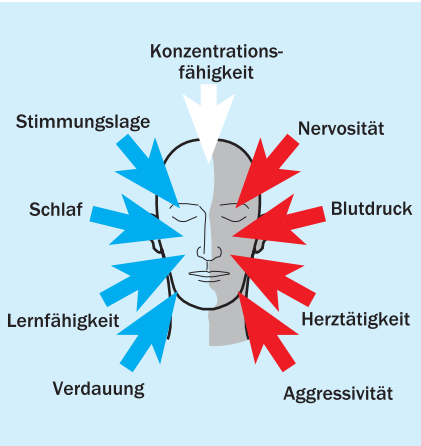


Bild 7 Auswirkungen und Störungen bei zu viel Lärm

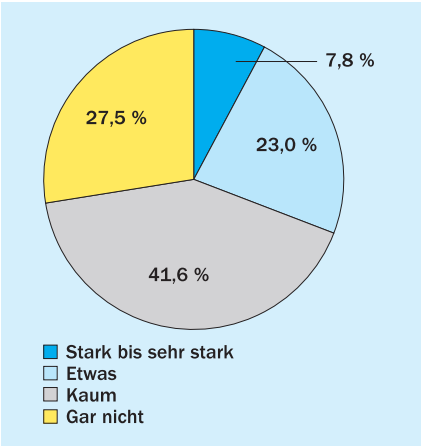


Bild 8 Wie sehr fühlen Sie sich in Ihrer Wohnung/Ihrem Haus durch Lärm belästigt? [13]

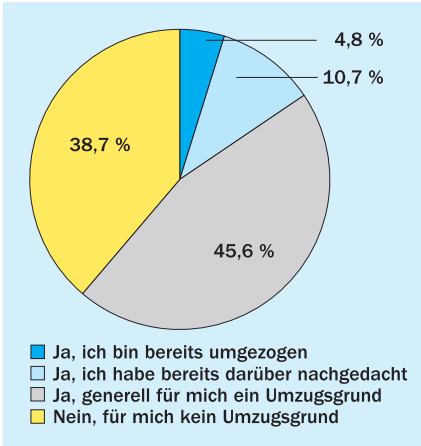


Bild 9 Würden Sie aufgrund von Lärmbelästigung einen Umzug in Erwägung ziehen? [13]

Tafel 6 Wahrnehmung von Sprache aus der Nachbarwohnung bei unterschiedlicher Schalldämmung zwischen den Wohnungen, abendlicher A-bewerteter Grundgeräuschpegel 20 dB, üblich große Aufenthaltsräume (nach [20])

Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß zwischen den Wohnungen		Sprache mit angehobener Sprechweise		
		im Allgemeinen verstehbar	im Allgemeinen nicht verstehbar	nicht verstehbar
R'_w [dB]	horizontal	53	56	59
	vertikal	54	57	60

Tafel 7 Bewertetes Schalldämm-Maß R'_w und das Durchhören von Sprache, (nach [16])

Sprachverständlichkeit	Erforderliches bewertetes Schalldämm-Maß R'_w [dB]	
	A-bewerteter Grundgeräuschpegel 20 dB	A-bewerteter Grundgeräuschpegel 30 dB
Nicht zu hören	67	57
Zu hören, jedoch nicht zu verstehen	57	47
Teilweise zu verstehen	52	42
Gut zu verstehen	42	32

nicht mehr zu hören ist, führt dieselbe Schalldämmung bei einem Grundgeräuschpegel von nur noch 20 dB dazu, dass die Sprache nun zu hören aber nicht zu verstehen ist. 20 dB entsprechen einem üblichen Grundgeräuschpegel in Wohnungen zur ruhigen Abendzeit.

Typische A-bewertete Grundgeräuschpegel liegen nach [17] bei folgenden Werten:

- Nachtgrundpegel in Mehrfamilienhäusern mit hohem Schallschutz in ruhiger Wohnlage: 15 bis 20 dB
- Tagesgrundpegel in Mehrfamilienhäusern mit hohem Schallschutz in ruhiger Wohnlage: 20 bis 25 dB
- Nachtgrundpegel in Wohnungen mit erhöhter Außenlärmbelastung: 25 bis 30 dB
- Nachtgrundpegel in Wohnungen mit hoher Außenlärmbelastung: 30 bis 40 dB

3.3.2 Wirksame Unterschiede im Schallschutz

Wenn gegenüber dem Mindestschallschutz ein so genannter erhöhter Schallschutz festgelegt werden soll, z.B. die Schallschutzstufen I bis III in der VDI-Richtlinie 4100 oder Schallschutzklassen im Rahmen der DEGA-Richtlinie 103-1 [18], muss der Unterschied zwischen Stufen oder Klassen zu einer wirksamen Erhöhung des Schallschutzes führen.

INFO

Grundsätzlich gilt: Der Wechsel zwischen zwei Stufen muss von den Bewohnern auch tatsächlich als ein wahrnehmbarer Unterschied in der schalltechnischen Qualität empfunden werden. Bei der Luftschalldämmung sollte der Unterschied zum Mindestschallschutz mindestens 3 dB betragen.

So wird es auch vom BGH formuliert, wenn in [19] gesagt wird: *„Ein die Mindestanforderungen überschreitender Schallschutz muss deutlich wahrnehmbar einen höheren Schutz verwirklichen.“* Offensichtlich handelt es sich hier um eine eher komplexe Fragestellung mit psychoakustischem Hintergrund. Neben der absoluten Höhe des Ausgangsniveaus hängt die Wahrnehmbarkeit eines verbesserten Schallschutzes auch von der Höhe des jeweils vorliegenden Grundgeräuschpegels ab.

In Zusammenhang mit [17] kommen entsprechende Untersuchungen in [14] zu dem Ergebnis, dass beim Luftschallschutz eine Abstufung nicht unterhalb von 3 dB und bei einer sehr hohen angestrebten Schallschutzqualität deutlich über 3 dB liegen sollte.

Diesem Ansatz folgt z.B. die VDI-Richtlinie 4100 von 2007 [20], deren Schallschutzstufen für den erhöhten Schallschutz sich beim Luftschallschutz um 3 bzw. 6 dB von den Mindestanforderungen der DIN 4109 unterscheiden. Auch die VDI-Richtlinie von 2012 [21] verfolgt bei den ersten beiden Stufen des erhöhten Schallschutzes diese Abstufung, allerdings auf der Basis von Standard-Schallpegeldifferenzen $D_{nT,w}$. In der dritten Stufe des erhöhten Schallschutzes wird dann ein Unterschied von 5 dB vorgesehen.

Für die DEGA-Richtlinie 103-1 wird in einem ersten Schritt ebenfalls eine Erhöhung von 3 dB gegenüber den Mindestanforderungen der DIN 4109 vorgegeben. Für die nachfolgenden Stufen wurde eine 5-dB-Abstufung gewählt.

INFO

Je höher die angestrebte Schallschutzqualität ist, desto größer sollten die Stufen gewählt werden.

Die deutliche Abstufung der in den genannten Regelwerken betrachteten Qualitätsstufen findet sich auch in der Baupraxis wieder. In einer Untersuchung von insgesamt über 1.000 Datensätzen [22], die durch Messungen im Geschosswohnungsbau ermittelt wurden, wird festgestellt, dass sich eine Einteilung der Wohnqualität in *Standard, Gehoben und Luxus* auch erkennbar in der Schallschutzqualität der Wohnungen niederschlägt. Die Untersuchung kommt zum Ergebnis, *„dass sich üblicherweise Wohnungen hinsichtlich ihrer offensichtlichen qualitativen Ausstattung auch in Bezug auf den Schallschutz unterscheiden. Eine Standardwohnung ohne zusätzliche Ansprüche an den Komfort entspricht schalltechnisch im Wesentlichen den Mindestanforderungen der DIN 4109. Gegenüber dem Standard hat eine Wohnung mit gehobener Ausstattung im Mittel einen deutlich wahrnehmbar höheren Luftschallschutz von ca. 3 dB (ca. 5 dB beim Trittschallschutz). Luxuswohnungen zeigen bei der durchgeführten Auswertung nochmals die gleiche Verbesserung gegenüber der gehobenen Ausstattung. Die ermittelten Unterschiede im Schallschutz in den drei Ausstattungskategorien Standard, Gehoben und Luxus entsprechen näherungsweise auch den in VDI 4100 und im DEGA Schallschutzausweis verwen-*

deten Abstufungen zwischen den Schallschutzstufen.“ Die Autoren kommen zusammenfassend zum Ergebnis, dass gegenüber dem Mindestschallschutz der DIN 4109-1 für Wohnungstrennwände ($R'_w \geq 53$ dB) für Komfortwohnungen ein $R'_w \geq 56$ dB und für Luxuswohnungen ein $R'_w \geq 59$ dB erreicht wird.

3.4 Anforderungen und Empfehlungen

Hinsichtlich der im baulichen Schallschutz gestellten Anforderungen entstehen immer wieder Unsicherheiten, wenn es um den geforderten Schallschutz und die Abgrenzung zwischen „normalem“ und erhöhtem Schallschutz geht. Im Einzelnen werden die Anforderungen und Empfehlungen vorhandener Regelwerke in Abschnitt 4 erläutert.

Grundsätzlich sind zu beachten:

- DIN 4109 Schallschutz im Hochbau:
  In jahrzehntelanger Tradition finden sich die Anforderungen an den baulichen Schallschutz in der DIN 4109.

Die aktuellen Anforderungen (Mindestanforderungen) enthält DIN 4109-1:2016 und 2018 [26, 35]. DIN 4109-5:2020-08 [72] nennt Werte für einen erhöhten Schallschutz.

- VDI 4100 Schallschutz von Wohnungen:
  Ziel der VDI-Richtlinie 4100 ist die schalltechnische Klassifizierung von Wohnungen für die Planung und Bewertung des Schallschutzes. Die Fassung der VDI 4100 aus dem Jahre 2007 [20] wurde vollständig überarbeitet und 2012 als Neufassung [21] herausgegeben. Während die 2007er Fassung in der SSt I noch mit DIN 4109:1989-11 übereinstimmte, wurde in der 2012er Fassung auch die SSt I nur noch für den erhöhten Schallschutz ausgelegt. Beide Fassungen sind bezüglich der Schallschutzstufen damit nicht direkt vergleichbar (Tafel 8).

- Veröffentlichungen der Deutschen Gesellschaft für Akustik (DEGA):
  Über die Normen und Regelwerke hinaus gibt es einige Schriften, die Stellung zum baulichen Schallschutz beziehen: Memorandum der DEGA BR 0101 [37], in welchem zum Verhältnis von DIN 4109 und den anerkannten Regeln der Technik Stellung genommen wird, und DEGA-Richtlinie 103-1 [18].

Tafel 8 Anforderungen und Empfehlungen zum baulichen Schallschutz [dB]

			DIN 4109-1:2018	DIN 4109-5:2020	Empfehlung Kalksandsteinindustrie[1]	VDI 4100:2007			VDI 4100:2012		
						SSt I	SSt II	SSt III	SSt I	SSt II	SSt III
Randbedingungen		Anwendungsgebiet	Mindestanforderungen	Empfehlungen für einen erhöhten Schallschutz (Vorschläge für vertragliche Vereinbarungen)							
		Schutzbedürftige Räume	Aufenthaltsräume						Räume mit Grundflächen ≥ 8 m²		
		Anforderungskenngrößen	R'_w / $L'_{n,w}$ / $L_{AF,max,n}$						$D_{nT,w}$ / $L'_{nT,w}$ / $L_{AF,max,nT}$		
Anforderungen/Empfehlungen	Mehrfamilienhaus	Luftschallübertragung horizontal	53	56	**56**	53	56	59	56	59	64
		Luftschallübertragung vertikal	54	57	**57**	54	57	60			
		Trittschallübertragung Decken	50	45	**45**	53	46	39	51	44	37
		Trittschallübertragung Treppen	53	45	**45**	58	53	46			
		Luftschallübertragung Tür: Treppenhaus – Flur	27[2]	37[2]	**37[2]**	–	–	–	–	–	–
		Luftschallübertragung Tür: Treppenhaus – Aufenthaltsraum	37[2]	42[2]	**–[3]**	–	–	–	–	–	–
		Gebäudetechnische Anlagen	30	27	**27**	30	30	25	30	27	24
		Luftschallübertragung horizontal im eigenen Wohnbereich (Wände ohne Türen)	–	–	**47**	–	–	–	48[4]	52[4]	–
	Reihen-/Doppelhaus	Luftschallübertragung (unterstes Geschoss)	59	62	**67**	57	63	68	65	69	73
		Luftschallübertragung (alle anderen Geschosse)	62	67[5]							
		Trittschallübertragung Decken	41	36	**36**	48	41	34	46	39	32
		Trittschallübertragung Bodenplatte	46	41	**41**						
		Trittschallübertragung Treppen	46	41	**41**	53	46	39			
		Gebäudetechnische Anlagen	30	27	**25**	30	25	20	30	25	22
		Luftschallübertragung horizontal im eigenen Wohnbereich (Wände ohne Türen)	–	–	**47**	–	–	–	48[4]	52[4]	–

[1] Für den Schutz gegen Außenlärm werden die Anforderungen von DIN 4109 empfohlen.
[2] Schalldämm-Maß R_w
[3] Bei erhöhten Anforderungen an den Schallschutz wird diese Art der Grundrissgestaltung nicht empfohlen.
[4] SSt EB1 bzw. SSt EB2, die Empfehlungen in VDI 4100:2012 zum verbesserten Schallschutz innerhalb des eigenen Wohnbereichs sind ggf. unabhängig von den weiteren Empfehlungen der Richtlinie separat zu vereinbaren.
[5] Bei einer Unterkellerung mit Weißer Wanne und durchlaufenden flankierenden Kelleraußenwänden gilt $R'_w = 64$ dB.

Tafel 9 Festlegungen zum baulichen Schallschutz, Geltungsbereich der Regelwerke

	Fremder Wohn- und Arbeitsbereich		Eigener Wohn- und Arbeitsbereich	
	öffentlich-rechtlich	privatrechtlich	öffentlich-rechtlich	privatrechtlich
Mindestanforderungen	DIN 4109-1	–	–	–
Erhöhter Schallschutz	–	■ DIN 4109-5 ■ VDI 4100:2007 VDI 4100:2012 ■ DEGA-Richtlinie 103-1	–	■ VDI 4100:2007 ■ DEGA-Richtlinie 103-1 ■ DEGA-Memorandum BR 0104 ■ VDI 4100:2012

Im September 2024 ist eine überarbeitete Ausgabe der Empfehlung (DEGA-Empfehlung 103 aus 2018) als neue Richtlinie erschienen. Neu hierbei ist vor allem, dass eine Beurteilung des Schallschutzes sowohl mit bauteilbezogenen Kenngrößen (R'_w, $L'_{n,w}$, ...) als auch mit raumbezogenen Kenngrößen ($D_{nT,w}$, $L'_{nT,w}$, ...) erfolgen kann.

Die aktuelle Situation belegt, dass die Festlegung von Schallschutzanforderungen kontrovers und mit unterschiedlicher Intention gesehen wird. Einen Überblick über den Geltungsbereich einzelner Regelwerke enthält Tafel 9.

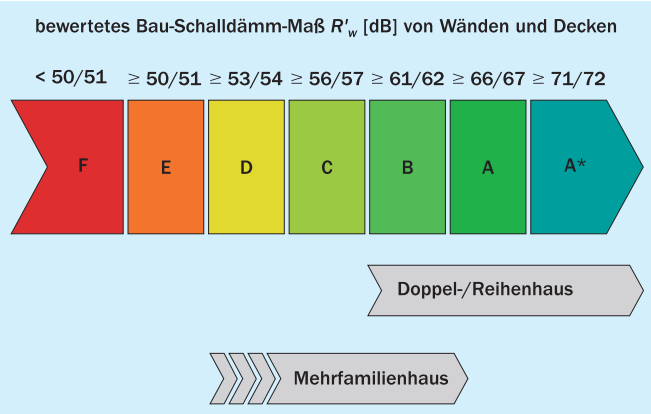


Bild 10 Bewertungsskala für Luftschall von Wänden/Decken der DEGA-Richtlinie 103-1 [18]

3.5 Zahlenmäßige Festlegungen des Schallschutzes

Die zahlenmäßigen Festlegungen der DIN 4109-1 und der VDI-Richtlinie 4100 betreffen die Luft- und Trittschalldämmung, die Geräusche haustechnischer Anlagen und Betriebe sowie die Außengeräusche. In DIN 4109-1 werden je nach Nutzungszweck (Wohngebäude, Beherbergungsstätten, Krankenhäuser, Schulen) unterschiedliche Festlegungen getroffen.

Die VDI 4100 beschäftigt sich nur mit Wohngebäuden. Für Wohngebäude vergleicht die tabellarische Zusammenstellung (Tafel 8) die Werte des Mindestschallschutzes nach DIN 4109-1 mit dem erhöhten Schallschutz nach DIN 4109-5, VDI 4100:2007 und VDI 4100:2012.

Zum Vergleich zeigen Tafel 10 und Bild 10 die Abstufung der Kennwerte für die sieben Schallschutzklassen der DEGA-Richtlinie 103-1. Schallschutzklasse D entspricht beim Luft- und Trittschall im Wesentlichen den Anforderungen der DIN 4109:1989 für Mehrfamilienhäuser.

3.6 Schallschutz und Rechtsprechung

3.6.1 Grundsätzliches

Ca. 20 % aller Baustreitigkeiten vor Gericht werden im Bereich des Schallschutzes ausgetragen. Die Gründe hierfür sind:

- Die Vereinbarungen über den geschuldeten Schallschutz sind unklar.
- Die Anforderungen an den Schallschutz nach DIN 4109 stimmen mit der Erwartungshaltung der Bewohner nicht überein.

Tafel 10 Anforderungen Luft- und Trittschall der DEGA-Richtlinie 103-1 für die einzelnen Schallschutzklassen [18]

		Schallschutzklasse						
		F	E	D	C	B	A	A*
		„bauteilbezogene“ Kenngrößen						
Luftschall	**Wände/Decken R'_w [dB]**	< 50/51	≥ 50/51	≥ 53/54	≥ 56/57	≥ 61/62	≥ 66/67	≥ 71/72
Trittschall	**Decken $L'_{n,w}$ [dB]**	> 60	≤ 60	≤ 53	≤ 46	≤ 39		
Trittschall	**Decken $L'_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ [dB]**						≤ 37	≤ 30
		„raumbezogene“ Kenngrößen						
Luftschall	**$D_{nT,w}$ [dB]**	< 51	≥ 51	≥ 54	≥ 57	≥ 62	≥ 67	≥ 72
Trittschall	**Decken $D_{nT,w}$ [dB]**	> 60	≤ 60	≤ 53	≤ 46	≤ 39		
Trittschall	**Decken $D_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ [dB]**						≤ 37	≤ 30

- Fehler werden in Planung und Ausführung gemacht, z.B. ungünstige Anordnung von schutzbedürftigen und nichtschutzbedürftigen Räumen, falsche Dimensionierung der flankierenden Bauteile, Körperschallbrücken bei zweischaligen Haustrennwänden und schwimmenden Estrichen.

Gerichtsurteile, juristische Kommentare und Sachverständigenaussagen zeigen, dass eine einheitliche Darstellung der Rechtslage nicht erwartet werden kann. Die nachfolgenden Ausführungen können und wollen deshalb keine juristisch abgerundete Darstellung sein, sondern lediglich die Problematik anhand solcher rechtlichen Aspekte aufzeigen, die im Bereich des baulichen Schallschutzes immer wieder für Diskussionen sorgen.

3.6.2 Öffentlich rechtliche Anforderungen (DIN 4109)

Die DIN 4109 definiert ihre Zielsetzungen in der Einleitung zu DIN 4109-1 mit Bezug auf die europäische Bauprodukten-Verordnung (2011) [38] wie folgt:

„Das Bauwerk muss derart entworfen und ausgeführt sein, dass der von den Bewohnern oder von in der Nähe befindlichen Personen wahrgenommene Schall auf einem Pegel gehalten wird, der nicht gesundheitsgefährdend ist und bei dem zufriedenstellende Nachtruhe-, Freizeit- und Arbeitsbedingungen sichergestellt sind.“

Zur Konkretisierung werden folgende Schallschutzziele genannt:

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

Im Unterschied zur Vorgängernorm von 1989 benennt DIN 4109-1:2016 explizit schon im Titel („Schallschutz im Hochbau – Mindestanforderungen“), dass es in dieser Norm um Mindestanforderungen geht.

INFO

Aus bauaufsichtlicher Sicht ist die Situation eindeutig: Geschuldet werden die (Mindest-) Anforderungen der DIN 4109. Also: kein erhöhter Schallschutz und kein Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich.

Privatrechtlich wird hingegen die Ordnungsgemäßheit der Leistung geschuldet.

3.6.3 Privatrechtliche Anforderungen

Allgemein anerkannte Regeln der Technik (a.a.R.d.T.)

Hinweise zu den privatrechtlichen Anforderungen gibt die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen [39] in:

- § 4 Nr. 2 (1): *„Der Auftragnehmer hat die Leistung unter eigener Verantwortung nach dem Vertrag auszuführen. Dabei hat er die anerkannten Regeln der Technik und die gesetzlichen und behördlichen Bestimmungen zu beachten.“*
- § 13 Nr. 1: *„Der Auftragnehmer hat dem Auftraggeber seine Leistung zum Zeitpunkt der Abnahme frei von Sachmängeln zu verschaffen. Die Leistung ist zur Zeit der Abnahme frei von Sachmängeln, wenn sie die vereinbarte Beschaffenheit hat und den anerkannten Regeln der Technik entspricht. Ist die Beschaffenheit nicht vereinbart, so ist die Leistung zur Zeit der Abnahme frei von Sachmängeln,*
  - *wenn sie sich für die nach dem Vertrag vorausgesetzte, sonst*
  - *für die gewöhnliche Verwendung eignet und eine Beschaffenheit aufweist, die bei Werken der gleichen Art üblich ist und die der Auftraggeber nach der Art der Leistung erwarten kann.“*

In erster Linie wird sich die Ordnungsgemäßheit der Leistung an den vertraglichen Regelungen orientieren. Erfahrungsgemäß fehlen diese im Bereich des baulichen Schallschutzes oft oder sind unbestimmt. Es gilt dann: Geschuldet wird eine Planung und Ausführung nach den a.a.R.d.T. Diese können schriftlich fixiert sein, müssen es aber nicht. Auch müssen sie nicht zwangsläufig mit geltenden DIN-Normen oder anderweitigen Regelwerken übereinstimmen. Im Zweifelsfall hat, mit Hilfe von Sachverständigen, das Gericht den geschuldeten Schallschutz nach den a.a.R.d.T. festzusetzen.

INFO

Gewährleistungsfälle treten immer wieder auf, wenn für Wohnobjekte mit gehobenem Komfort („Komfortwohnungen“, „gehobene Ansprüche“, „qualitativ hochwertige Ausstattung“ etc.) lediglich der Mindest-Schallschutz nach DIN 4109 eingehalten wird. Hier geht es um die Frage, ob stattdessen ein erhöhter Schallschutz zu erbringen sei und wie hoch dieser ggf. anzusetzen wäre.

Schallschutz für Komfortwohnungen

Die Einhaltung der (Mindest-) Anforderungen nach DIN 4109 schließt nicht grundsätzlich ein, dass in jedem Fall auch den Ansprüchen der a.a.R.d.T. Rechnung getragen wurde.

So wird im Urteil des OLG München vom 19.05.2009 [40] bestätigt, dass es (im vorliegenden Fall einer Doppelhaushälfte) nicht genügt, wenn für ein als attraktiv und komfortabel deklariertes Objekt lediglich die Mindestanforderungen der DIN 4109 von 1989 eingehalten werden. In DIN 4109-1:2016 wurden deshalb die Anforderungswerte für Reihen- und Doppelhäuser in Anlehnung an die im DEGA-Memorandum [37] genannten Anforderungswerte angepasst.

Schallschutz durch vereinbarte Bauweisen

Erhöhter Schallschutz kann auch durch die Vereinbarung bestimmter Bauweisen bzw. Baukonstruktionen vereinbart sein.

Der Bundesgerichtshof (BGH) führt in einem Urteil vom 14.06.2007 [19] zum vertraglich geschuldeten Schallschutz beim Bau einer Doppelhaushälfte hierzu aus:

„Können durch die vereinbarte Bauweise bei einwandfreier, den anerkannten Regeln der Technik hinsichtlich der Bauausführung entsprechender Ausführung höhere Schallschutzwerte erreicht werden, als sie sich aus den Anforderungen der DIN 4109 erge-

ben, sind diese Werte unabhängig davon geschuldet, welche Bedeutung den Schalldämm-Maßen der DIN 4109 sonst zukommt.“

In der Praxis haben sich für einige Bereiche der Bautechnik standardmäßige Grundkonstruktionen durchgesetzt. Der Einsatz dieser Konstruktionen kann als üblich erwartet werden und kann bewirken, dass höhere Schalldämmwerte erreicht werden, als in der DIN 4109 gefordert sind. Dies betrifft vor allem den Einsatz zweischaliger Haustrennwände (siehe z.B. [37] oder [40]). Da der Einsatz derartiger Konstruktionen mittlerweile als allgemein anerkannte Regel der Technik betrachtet wird, gelten auch die mit ihnen zu erreichenden schalltechnischen Kennwerte als allgemein anerkannte Regel der Technik.

Wenn also z.B. eine zweischalige Haustrennwand (Kalksandstein, 2 · 20 cm, RDK 2,0) als Konstruktion vereinbart wurde, ist diese in der Lage, mängelfrei (bei vollständiger Trennung der Schalen) ein Bau-Schalldämm-Maß $R'_w = 72$ dB zu erbringen. Falls sie lediglich $R'_w = 67$ dB erreicht, erfüllt sie zwar den erhöhten Schallschutz nach DIN 4109-5, ist aber dennoch nicht mängelfrei.

Zusätzlichen Diskussionsstoff liefert das schon genannte BGH-Urteil vom 14.06.2007, wenn es feststellt, die DIN 4109:1989 definiere lediglich Mindestanforderungen des Schallschutzes und entspreche nicht den anerkannten Regeln der Technik. Kann der Erwerber einer Wohnung nach dem Vertrag eine Ausführung erwarten, die einem üblichen Qualitäts- und Komfortstandard entspricht, dann ist nicht auf die Schalldämm-Maße der DIN 4109 abzustellen, da diese eben nicht den heute üblichen Qualitäts- und Komfortstandard wiedergeben, sondern lediglich Mindestanforderungen zur Vermeidung unzumutbarer Belästigungen.

Weiterhin heißt es vom BGH zum Mindestschallschutz der DIN 4109:1989 (mit Bezug auf den Mehrgeschoss-Wohnungsbau) in einem Urteil aus dem Jahr 2009 [41], dass *„…diese Werte in der Regel keine anerkannten Regeln der Technik für die Herstellung des Schallschutzes in Wohnungen sind, die üblichen Qualitäts- und Komfortansprüchen genügen.“*

Eigener Wohn- und Arbeitsbereich

Mit Bezug auf die a.a.R.d.T. ist auch klar, dass der von den bauaufsichtlichen Vorgaben nicht tangierte eigene Wohn- und Arbeitsbereich schalltechnisch kein rechtsfreier Raum ist, in welchem nichts geschuldet wird. Privatrechtlich kann der Bauherr in jedem Fall eine mängelfreie Leistung verlangen, deren Ausführung den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht. Dies erfordert, dass mindestens die üblichen Maßnahmen für den Schallschutz ausgeführt werden. Zur Festlegung des Schallschutzes werden Hinweise gegeben in VDI 4100 und der DEGA-Richtlinie 103-1 (siehe Tafel 20). Dazu kommt seit Februar 2015 das DEGA-Memorandum BR 0104 „Schallschutz im eigenen Wohnbereich“ [42].

3.7 Die Umsetzung von Schallschutz-Anforderungen

3.7.1 Erreichbarer Schallschutz

Grundsätzlich ist bei der Festlegung des vereinbarten Schallschutzes die Frage zu beantworten, welcher Schallschutz mit der gewählten Bauweise erreicht werden kann.

INFO

Mit den Planungsinstrumenten der DIN 4109 (Berechnungsverfahren in DIN 4109-2 und Bauteilkatalog in DIN 4109-31 bis -36) und deren Umsetzung in Berechnungsprogrammen (KS-Schallschutzrechner www.ks-schallschutzrechner.de) kann der Schallschutz wesentlich genauer und detaillierter geplant werden, so dass sich ein verlässliches Bild vom erreichbaren Schallschutz ergibt.

Leicht können mit dem aktuellen Berechnungsverfahren auch Planungsvarianten durchgespielt werden, aus denen sich die Wirksamkeit einzelner Maßnahmen erkennen lässt.

3.7.2 Grenzen des bauüblichen Schallschutzes

Bei der konventionellen Massivbauweise (einschalige, massive Bauteile) ist die resultierende Luftschalldämmung zwischen Wohnungen auf ca. 57 bis 58 dB begrenzt. Gründe sind die Schalllängsleitung über flankierende Bauteile und bauüblich ausgebildete Stoßstellen, die ohne zusätzliche aufwendige Maßnahmen keine höheren Werte erlauben.

Höherer Schallschutz ($R'_w \geq 60$ dB) muss konstruktiv umgesetzt werden: mehrschalige Konstruktionen, getrennte Bauteile wie z.B. zweischalige Wohnungstrennwände mit getrennten Flanken (Wände und Decken) und körperschalldämmende Bauteilverbindungen sind ohne Fachplaner in der Regel nicht zu bewältigen. Für diese Bauarten sind nicht nur höhere Kosten, sondern auch ein erhöhter Aufwand bei der Bauausführung und -überwachung einzuplanen.

INFO

Grundsätzlich gilt, dass bei höheren Anforderungen die schalltechnisch richtige Planung der Wohnungsgrundrisse von Beginn an bei der Entwurfsplanung berücksichtigt werden muss. Je höher die Anforderungen, desto sorgfältiger müssen die Flankenwege geplant werden.

3.8 Kosten des Schallschutzes

Immer wieder wird behauptet, dass der bauliche Schallschutz ein „Kostentreiber“ sei. Tatsächlich ist Schallschutz nur dann

teuer, wenn er falsch oder gar nicht geplant wurde, wenn er erst nachträglich realisiert wird oder gar erst durch „Reparaturmaßnahmen“ zustande kommt. Das kann aber nicht der Maßstab für eine sachgerechte Beurteilung sein.

Keine, geringe oder vertretbare Mehrkosten entstehen, wenn der Schallschutz bereits integraler Bestandteil der Planung ist, z.B. bei der Grundrissgestaltung und der Anordnung der Aufzugsanlage! Erhöhter Schallschutz und kostengünstiges Bauen können miteinander verbunden werden.

Bei erfahrenen Beratenden Ingenieuren wird dieser Ansatz in die Praxis umgesetzt.

Verwiesen sei auf entsprechende Studien, die sich bei differenzierter Betrachtung dieser Frage angenommen haben, z.B. [43], [44]. Im Wesentlichen kann jedoch davon ausgegangen werden, dass im Massivbau ein Schallschutzniveau nach Schallschutzstufe II der VDI 4100:2007 und entsprechend den Werten der DIN 4109-5 mit geringen Mehrkosten gegenüber den Mindestanforderungen der DIN 4109 realisiert werden kann.

In der ganzen Kostendiskussion hat sich allerdings noch nicht ausreichend herumgesprochen, dass zu einer guten Wohnung auch ein guter Schallschutz gehört. Hellhörige Wohnungen lassen sich schon jetzt schlecht vermieten oder verkaufen. Guter Schallschutz muss deshalb als eine wertsteigernde und zukunftssichere Investition betrachtet werden.

Diese Ansicht hat sich aber noch nicht generell durchgesetzt. So wird zwar bei vielen Kostenbetrachtungen ein möglicher Wohnflächenverlust mit „spitzem Griffel“ erfasst und in die Schallschutzkosten mit eingerechnet, auf der Habenseite fehlt aber oft die Wertsteigerung, die durch höheren Schallschutz entsteht. Bewusstseinsbildung tut hier Not.

INFO

Die Schallschutzqualität muss zu einem zentralen Wertgegenstand des Wohneigentums werden.

80 % aller Mieter sind bereit, in einen besseren Schallschutz mehr zu investieren, wenn sie überprüfbare Qualitätsstandards vorfinden. Vor diesem Hintergrund ist aufmerksam zu beobachten, wie sich Akzeptanz und Verbreitung der DEGA-Richtlinie 103 entwickeln.

4. Anforderungen an den baulichen Schallschutz

4.1 Regelwerke

Grundsätzlich muss bei Regelwerken unterschieden werden, ob sie Anforderungen an den Schallschutz oder Nachweisverfahren enthalten. Beispielsweise ist die harmonisierte europäische Schallschutznorm **EN 12354-1** ein Regelwerk, das keine Anforderungen an den Schallschutz enthält, sondern nur Nachweisverfahren festlegt. Dies ist auch richtig so, weil Anforderungen national gestellt werden. Weiterhin gibt es Regelwerke, wie z.B. die **VDI-Richtlinie 4100**, die zwar Anforderungen enthalten, aber keine Nachweise selbst regeln, sondern dazu auf andere Regelwerke verweisen. Die **DIN 4109** ist das klassische Beispiel für ein Regelwerk, welches sowohl Anforderungen als auch Nachweisverfahren regelt und damit den Schallschutz komplett behandelt.

Den Geltungsbereich der jeweiligen Regelwerke enthält Tafel 9. Vergleichende Zahlenwerte der Anforderungen enthält die Tafel 8. Die Anforderungen aus der DEGA-Richtlinie 103-1 enthält Tafel 10.

4.1.1 Festlegung von Anforderungen in DIN 4109-1

Die DIN 4109 ist nicht das einzige Regelwerk für den baulichen Schallschutz, aber sie ist das einzige Regelwerk, das die bauaufsichtlichen Anforderungen und Nachweise festlegt. Hinzu kommt, dass sie über den bauaufsichtlichen Bereich hinaus noch das maßgebende Instrument für die bauakustische Planung darstellt.

Anwendungsbereich und Zweck

In der DIN 4109-1 werden Anforderungen festgelegt, die zur Wahrung des Gesundheitsschutzes notwendig sind. Sie gelten für den Schallschutz in Gebäuden, die ganz oder teilweise dem Aufenthalt von Menschen dienen und für den Schallschutz von schutzbedürftigen Räumen in Kommunal- und anderen Zweckbauten. Die Anforderungen dieser Norm an zu schützende Räume berücksichtigen die Vertraulichkeit bei normaler Sprechweise und den Schutz vor unzumutbaren Belästigungen.

Die Anforderungen innerhalb eines Gebäudes gelten nur dem Schutz vor Schallübertragung aus einem fremden Wohn- oder Arbeitsbereich in einen schutzbedürftigen Raum (Tafel 11). Der eigene Wohn- oder Arbeitsbereich ist nicht Gegenstand der Anforderungen. Eine Ausnahme sind in DIN 4109-1 die Anforderungen an maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen in der eigenen Wohnung, erzeugt von raumlufttechnischen Anlagen im eigenen Wohnbereich. Ergänzend zu dieser Regelung werden in einem informativen Anhang Empfehlungen für maximal zulässige Schalldruckpegel im eigenen Wohnbereich gestellt, die von heiztechnischen Anlagen im eigenen Bereich erzeugt werden. Neben den Anforderungen innerhalb eines Gebäudes gibt es außerdem noch Anforderungen gegenüber Außenlärm.

Vorgesehenes Schallschutzniveau

In DIN 4109-1 heißt es: *„Es kann nicht erwartet werden, dass Geräusche von außen oder aus benachbarten Räumen nicht mehr bzw. als nicht belästigend wahrgenommen werden, auch wenn die in dieser Norm festgelegten Anforderungen erfüllt werden. Daraus ergibt sich insbesondere die Notwendigkeit, gegenseitig Rücksicht zu nehmen.“*

Mit dieser Formulierung und der Absicht, den Gesundheitsschutz sicherzustellen, Vertraulichkeit bei normaler Sprechweise zu wah-

ren und unzumutbare Belästigungen zu vermeiden, ist offensichtlich, dass der Schallschutzanspruch der DIN 4109 ein Niveau definiert, das nicht grundsätzlich ungestörtes Wohnen gewährleistet.

INFO

Durch ihre bauaufsichtliche Einführung regelt die DIN 4109 rechtsverbindlich u.a. den Schutz gegen Schallübertragung aus fremden Wohn- und Arbeitsräumen.

Anforderungen

Durch die bauaufsichtliche Einführung der Schallschutzanforderungen der DIN 4109 sind diese öffentlich-rechtlich geschuldete Eigenschaften. Sie sind als Mindestanforderungen zu verstehen, die nicht unterschritten werden dürfen. DIN 4109-1:2018 trägt dem dadurch Rechnung, dass sie im Titel nun explizit „Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen“ heißt.

Außerhalb des bauaufsichtlichen Bereichs enthält DIN 4109-5 [71] Werte für einen erhöhten Schallschutz.

Beim Schallschutz innerhalb eines Gebäudes mit Wohnungen und Arbeitsräumen geht es in DIN 4109-1 ausdrücklich nur um den Schutz gegen Schallübertragung aus einem fremden Wohn- oder Arbeitsbereich. Der eigene Wohn- und Arbeitsbereich ist nicht Gegenstand der Anforderungen. Als einzige Ausnahme von diesem Prinzip sind in DIN 4109-1 zum ersten Mal Anforderungen an die maximalen Schallpegel raumlufttechnischer Anlagen im eigenen Wohnbereich festgelegt worden. Darüber hinaus regelt die DIN 4109-1 die schalltechnischen Anforderungen an Beherbergungsstätten (Hotels), Schulen sowie Krankenanstalten und Sanatorien.

Für die in den letzten Jahren zunehmend errichteten „Seniorenheime“ bleibt es in der DIN 4109-1 offen, welche Anforderungen gestellt werden. In [45] wird dazu folgendermaßen Stellung genommen:

„Die in DIN 4109:1989-11, Tab. 3 gestellten Anforderungen decken bereits eine Vielzahl von Situationen ab, können jedoch niemals vollständig sein und alle denkbaren, unterschiedlichen Situationen erfassen. Durch Vergleich der unbekannten Situation mit der bekannten Situation lässt sich die passende Anforderung ermitteln.

Die Bewohner von Seniorenwohnungen wohnen langfristig (also nicht nur Tage oder Wochen) in ihren Wohnungen im Seniorenwohnheim und wollen dort ebenso vor unzumutbaren Belästigungen durch Schallübertragung geschützt sein und erwarten die gleiche Vertraulichkeit, wie die Bewohner in einem Mehrfamilienhaus. Dies gilt auch und besonders für Pflegezimmer, deren pflegebedürftige Bewohner besonders benachteiligt sind, da sie dem Lärm nicht ausweichen und in ein anderes Zimmer wechseln können. Insofern sind hier auch die gleichen Anforderungen wie an Wohnungstrennwände zu stellen. Dagegen sind Krankenräume nur für einen befristeten Aufenthalt (für Kurzzeit oder Tagespflege) vorgesehen, wofür ein geringerer Schallschutz vertretbar ist.“

Tafel 11 Raumbezeichnungen nach DIN 4109-1

schutzbedürftige Räume Beispiele	nicht schutzbedürftige Räume Beispiele
Aufenthaltsräume ■ Wohnräume ■ Wohndielen ■ Wohnküchen ■ … ■ Schlafräume ■ Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten ■ … ■ Bettenräume in Krankenhäusern und Santorien ■ Unterrichtsräume in ■ Schulen ■ Hochschulen ■ … ■ Arbeitsräume ■ Büroräume ■ Praxisräume ■ Sitzungsräume ■ …	■ Küchen ■ Bäder ■ Toilettenräume ■ Flure ■ Haustechnikräume ■ Abstellräume ■ Räume, die infolge der Nutzung dauerhaft Schallpegel $L_{AF,95}$ > 40 dB aufweisen ■ …

4.1.2 DIN 4109-5: 2020

Die in Abschnitt 3.6 genannten Urteile bezüglich der privatrechtlichen Anforderungen an den Schallschutzes im Wohnungsbau und die damit verbundene Unsicherheit bezüglich des geschuldeten Schallschutzes führten besonders in Kreisen der Immobilienwirtschaft zu der Forderung, einen „erhöhten“ Schallschutz in der DIN 4109-Reihe zu normen.

Vorarbeiten wurden hierzu in der DIN SPEC 91314 [75] (Schallschutz im Hochbau – Anforderungen für einen erhöhten Schallschutz im Wohnungsbau) geleistet.

INFO

Die DIN SPEC ist ein Normungsdokument, das von einer Arbeitsgruppe in relativ kurzer Zeit erarbeitet werden kann. Die Erarbeitung einer DIN SPEC erfolgt in Workshops und nicht zwingend unter Einbeziehung aller interessierten Kreise, wobei bestehende Normen nicht tangiert werden dürfen.

Das Zusammenführen von DIN 4109 Beiblatt 2:1989-11 [20] und DIN SPEC 91314 [75] in DIN 4109-5:2020-08 (Schallschutz im Hochbau – Teil 5: Erhöhte Anforderungen) [72] führte zu einer Klarstellung bezüglich der Anforderungen im Wohnungsbau. Die Änderung des Namens der Norm von „erhöhter Schallschutz“ hin zu „erhöhte Anforderungen“ soll deutlich machen, dass hier gegenüber den Mindestanforderungen zwar höhere Werte gefordert werden, ein über den in diesem Dokument genannten Werten liegender erhöhter Schallschutz jedoch weiter vereinbart bzw. geschuldet werden kann.

Im Bereich des Luftschallschutzes liegen in DIN 4109-5 die geforderten bewerteten Bau-Schalldämm-Maße meist um 3 dB über den Mindestanforderungen. Im Bereich des Trittschallschutzes liegen die zulässigen bewerteten Norm-Trittschallpegel meist um 7 dB unter den zulässigen Werten in DIN 4109-1. Auch bei den gebäudetechnischen Anlagen sind 3 dB schärfere Anforderungen genannt, während beim Außenlärm die Anforderungswerte gegenüber den Mindestanforderungen unverändert bleiben.

INFO

Höhere Schalldämmwerte der Außenbauteile führen bei relativ hohen und konstanten Außenlärmpegeln zu einem geringeren Grundgeräuschpegel in der Wohnung. Hierdurch wird aber auch die Verdeckung gegenüber Geräuschen aus angrenzenden Wohnungen reduziert und diese Geräusche können stärker wahrgenommen werden.

Das Anforderungsniveau von DIN 4109-5 wird von den Planern in aller Regel bei mehrgeschossigen Wohngebäuden angewendet, die einen üblichen Komfort bieten. Bei Gebäuden mit Kalksandsteinwänden sind die „erhöhten Anforderungen“ der DIN 4109-5 gegenüber dem Mindestschallschutz nach 4109-1 bei entsprechender Planung meist ohne besondere Mehrkosten sicherzustellen.

4.1.3 Das Normenpaket der DIN 4109

4.1.3.1 Aktuelle Normungssituation

Im Juli 2016 wurde die Neufassung der DIN 4109 als Weißdruck veröffentlicht. Aufgrund von Widersprüchen zwischen der neuen Schallschutznorm und der zeitgleich überarbeiteten Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV) wurden bereits im Januar 2017 zu DIN 4109-1 und DIN 4109-2 die Änderungsblätter E DIN 4109-1 [33] und E DIN 4109-2 [34] veröffentlicht. Nach Abschluss der Einspruchsphase zu diesen beiden Entwürfen wurden die Änderungen im Rahmen einer konsolidierten Neufassung der beiden betroffenen Normen als DIN 4109-1:2018-01 [35] und DIN 4109-2:2018-01 [36] neu herausgegeben. Zu DIN 4109-2 folgte noch ein Normenentwurf E DIN 4109-2/A1:2020-05 [71], der noch nicht im Weißdurck erschienen ist. Ebenfalls 2020 wurde dann DIN 4109-5:2020-08 [72] veröffentlicht, die erhöhte Anforderungen für den baulichen Schallschutz nennt und den erhöhten Schallschutz aus DIN 4109 Beiblatt 2 1989 [24] ersetzt. Ergänzungen zum Bauteilkatalog von 2016 erschienen als DIN 4109-34/A1:2019-12 [73] und DIN 4109-35/A21:2019-12 [74].

Bei den Anforderungswerten selbst gibt es gegenüber DIN 4109:1989 keine wesentlichen Änderungen. Lediglich beim Trittschall wurde eine geringe Absenkung der Normtrittschallpegel und bei der Luftschalldämmung in Doppel- und Reihenhäusern eine moderate Erhöhung der Werte vorgesehen. Einige Anforderungswerte werden in Tafel 8 dargestellt.

Dass die DIN 4109 neben den Mindestanforderungen in Teil 1 auch Werte für erhöhte Anforderungen in Teil 5 nennt, ist für das Bauen mit Kalksandstein von untergeordneter Bedeutung, da die verfügbaren bautechnischen Lösungen die Einhaltung unterschiedlichster Schallschutzniveaus erlauben.

Aktuell (2025) ist eine komplette Überarbeitung der DIN 4109-Reihe geplant. Hierzu wurden bereits interne Normungsdokumente erstellt, so dass bis Ende 2025 mit Normentwürfen gerechnet werden kann. Im Wesentlichen sollen bei den Anforderungen in DIN 4109-1 die Anforderungsgrößen an den Außenlärm durch eine Berücksichtigung der Spektrumanpassungswerte C und C_{tr} und an die gebäudetechnischen Anlagen durch den Wechsel von $L_{AF,max,n}$ auf $L_{AF,max,nT}$ geändert werden. Bei den Berechnungsverfahren in DIN 4109-2 soll mit einer detaillierteren Berechnung der flankierenden Übertragung beim Trittschall zum einen eine höhere Genauigkeit erreicht werden, zum anderen die Berechnung der Schallübertragung in horizontal oder diagonal angrenzende Aufenthaltsräume verbessert werden. Der Bauteilkatalog (DIN 4109 Teile 31 bis 36) wird ebenfalls überarbeitet, wobei sich hier für den Massivbau keine wesentlichen Änderungen ergeben werden. Allerdings sollen Daten zu neuartigen Konstruktionen des Leichtbaus (Massivholz-, Stahlblech-Bauteile, etc.) aufgenommen werden. Weiter werden fehlende Spektrum-Anpassungswerte von Außenbauteilen ergänzt.

4.1.3.2 Struktur der DIN 4109

Die DIN 4109-1 legt Anforderungen fest und definiert, wie die Erfüllung der Anforderungen nachzuweisen ist. Um dieser Aufgabe gerecht zu werden, gliedert sich die DIN 4109 in folgende fünf Teile (Bild 11):

- DIN 4109-1: Mindestanforderungen [35]
- DIN 4109-2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen [36], [71]
- DIN 4109-31 bis DIN 4109-36:
  Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) [6] und [27–31], [73], [74]
- DIN 4109-4: Bauakustische Prüfungen [32]
- DIN 4109-5: Erhöhte Anforderungen [72]

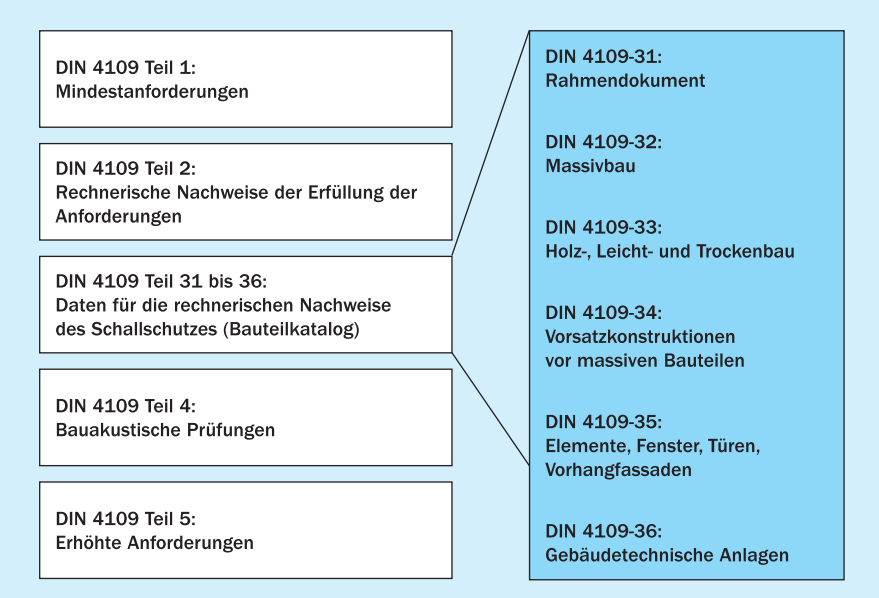


Bild 11 Gliederung der DIN 4109

Jeder Teil dieser Norm behandelt eigenständig und ausschließlich einen bestimmten Aspekt der Schallschutznormung. Nachfolgend werden die Grundzüge der einzelnen Teile vorgestellt.

INFO

Die DIN 4109 liefert mit den Teilen 2 und 31 bis 36 auf Grundlage der europäischen Berechnungsverfahren der DIN EN 12354 [3, 46–50] einen systematischen und vollständigen Ansatz für die bauakustische Planung.

4.1.3.3 Bauaufsichtliche Einführung der DIN 4109

Die Grundlage für die bauaufsichtliche Einführung technischer Regelwerke bildet die Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB), die den Bundesländern als Vorlage für die durch die jeweilige Landesbauordnung eingeführte Verwaltungsvorschrift technische Baubestimmungen (VV TB) dient. In der MVV TB vom 31.08.2017 wurden unter Abschnitt A5 die Regeln zur Grundanforderung Schallschutz erstmals unter Bezug auf die neue DIN 4109 formuliert. Inzwischen ist die MVV TB in allen Bundesländern eingeführt. Die bauaufsichtliche Einführung der Anforderungen bezieht sich nur auf die Mindestanforderungen aus DIN 4109-1, und zwar in der Ausgabe von 2018-01. In Anlage A 5.2/2 heißt es zu den Nachweisen: „Der schalltechnische Nachweis ist nach DIN 4109-2:2018-01 in Verbindung mit DIN 4109-31:2016-07, DIN 4109-32:2016-07, DIN 4109-33:2016-07, DIN 4109-34:2016-07, DIN 4109-34/A1:2019-12, DIN 4109-35:2016-07, DIN 4109-35/A1:2019-12 und DIN 4109-36:2016-07 zu führen. Für Bauteile im Massivbau kann der Nachweis auch nach Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989-11 geführt werden. Wenn Mauerwerk aus Lochsteinen zur Anwendung kommt, gilt dies nur für Mauerwerk, welches den Bedingungen in DIN 4109-32:2016-07, Abschnitt 4.1.4.2.1, entspricht. Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989-11 darf jedoch nicht für den Nachweis von massiven Treppen herangezogen werden.“

Durch diese Festlegung wird DIN 4109:1989 Beiblatt 1 auch weiterhin für die schalltechnischen Nachweise im Massivbau (Luftschall und Trittschall jeweils in Mehrfamilienhäusern und zwischen Reihen- und Doppelhäusern, Außenlärm, gebäudetechnische Anlagen etc.) als alternatives Nachweisverfahren zu DIN 4109-2 zugelassen. Somit stehen für die rechnerischen Nachweise im Massivbau gemäß MVV TB auf breiter Front zwei Möglichkeiten zur Auswahl.

DIN 4109:1989 Beiblatt 1 wurde im Wesentlichen in der Zeit zwischen 1975 und 1985 erarbeitet und war für die Planung damals üblicher Bauweisen (Grundrisssituationen, Baustoffe, Bauelemente etc.) ausgelegt. Sie entspricht in vielen Bereichen nicht mehr dem aktuell anerkannten Stand der Technik und ist für heutige Bauweisen nur eingeschränkt anwendbar. Es ist seit vielen Jahren bekannt, dass die Nachweisverfahren im zurückgezogenen Beiblatt 1 in verschiedenen Situationen zu deutlichen Fehleinschätzungen in der schalltechnischen Dimensionierung von Bauteilen führen (z.B. bei einschaligen Trennbauteilen mit leichten flankierenden Bauteilen oder beim Trittschall von Treppenläufen). Daraus resultieren erhebliche Haftungsrisiken für den Planer, da in privatrechtlicher Hinsicht immer die vereinbarte Beschaffenheit geschuldet ist und diese im Bereich des Schallschutzes im Zweifelsfall mit einer Messung überprüft wird.

Im Gegensatz zu den alten Nachweisverfahren in Beiblatt 1 ermöglichen die aktuellen Nachweisverfahren in DIN 4109-2 zusammen mit dem Bauteilkatalog in DIN 4109-31 bis DIN 4109-36 eine zielgerichtete und wirtschaftliche Dimensionierung aller an der Schallübertragung beteiligten Bauteile. Es besteht Einigkeit darüber, dass diese Verfahren den aktuell anerkannten Stand der Technik darstellen. Aus diesem Grund werden die Nachweisverfahren aus DIN 4109:1989 nachfolgend nicht weiter behandelt. Von deren Anwendung im Rahmen schalltechnischer Nachweise wird dringend abgeraten.

4.1.3.4 Anforderungskonzept der DIN 4109

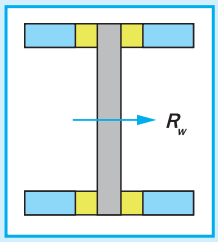
Ein vollständiges Anforderungskonzept kann sich nicht mit der Nennung der Anforderungswerte begnügen. Es muss auch sagen, wie die Erfüllung der Anforderungen nachgewiesen werden muss und mit welchen Instrumenten das zu geschehen hat. So gesehen bildet die DIN 4109 mit ihren fünf Teilen eine zusammenhängende Einheit, die den gesamten Bereich der Anforderungen und der Nachweise abdeckt.

In DIN 4109-1 werden die Anforderungen beim Luftschall durch das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w und beim Trittschall durch den bewerteten Norm-Trittschallpegel im Bau $L'_{n,w}$ formuliert. Auch wenn der Blick bei diesen Größen primär auf die trennenden Bauteile gerichtet ist, werden immer alle an der Schallübertragung beteiligten Wege berücksichtigt. Im Gegensatz dazu sind die Größen R_w und $L_{n,w}$ reine Bauteileigenschaften, da sie ausschließlich die Schallübertragung über das betreffende trennende Bauteil beschreiben (Bild 12).

INFO

Auch wenn in DIN 4109-1 die Anforderungen wie in der Vorgängernorm primär an die trennenden Bauteile formuliert werden, so ändert sich doch im Nachweisverfahren nach DIN 4109-2 die Bedeutung der flankierenden Bauteile und der Stoßstellen erheblich. Dadurch kann auch die schalltechnische Bemessung der Trennbauteile erheblich beeinflusst werden.

DIN 4109-2:
Bewertetes Schalldämm-Maß R_w
R_w beschreibt die Leistungsfähigkeit eines Bauteils ohne Flankeneinflüsse.



DIN 4109-2:
Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß R'_w
R'_w beschreibt die Leistungsfähigkeit eines Bauteils mit Flankeneinflüssen. Das sind die Flanken-Eigenschaften, die Flanken-Übertragung und die Einwirkungen der Stoßstellen.

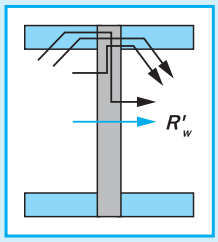


Bild 12 Bewertetes Schalldämm-Maß R_w und bewertetes Bau-Schalldämm-Maß R'_w

4.1.3.5 Anforderungen in DIN 4109-1

Die Anforderungen der DIN 4109-1 decken denselben Umfang wie bislang ab:

- Schutz von Aufenthaltsräumen gegenüber Schallübertragung zwischen unterschiedlichen fremden Nutzungseinheiten (Luft- und Trittschallschutz)
- Schutz gegen Geräusche von Anlagen der Technischen Gebäudeausrüstung (einschließlich der Wasserinstallation)
- Schutz gegen Geräusche aus Gewerbe- und Industriebetrieben im selben oder in baulich damit verbundenen Gebäuden
- Schutz gegen Außenlärm (Verkehrslärm, Lärm aus Gewerbe- und Industriebetrieben)

In Zusammenhang mit ihrer bauaufsichtlichen Einführung sind diese Anforderungen, wie es jetzt auch im Titel der Norm zum Ausdruck gebracht wird, als Mindestanforderungen zu verstehen, die nicht unterschritten werden dürfen.

Einen Auszug der Anforderungen enthält Tafel 8.

4.1.3.6 Sicherheitsbeiwert

Die Eigenschaften der verwendeten Baustoffe und die Qualität der Bauausführung sind Schwankungen unterlegen. Dies und die Tatsache, dass eine Berechnung den messtechnisch in der jeweiligen Bausituation erreichten Schallschutz nur bedingt abbilden kann, wird in DIN 4109-2 mit dem Sicherheitsbeiwert u_{prog} berücksichtigt. Der Sicherheitsbeiwert berücksichtigt die Unsicherheiten infolge dieser Schwankungen und reduziert das prognostizierte Schalldämm-Maß. Dadurch liegt der schalltechnische Nachweis „auf der sicheren Seite“. Der um den Sicherheitsbeiwert reduzierte Rechenwert muss größer sein, als der mindestens erforderliche Wert der Anforderungskenngröße:

$$R'_w - u_{prog} \geq R'_{w,erf}$$

Der Sicherheitsbeiwert beträgt für die Luftschalldämmung pauschal 2 dB und für die Trittschalldämmung 3 dB. Wird ein Nachweis zu bauaufsichtlich relevanten Anforderungen oder zum erhöhten Schallschutz nach DIN 4109-5 geführt, so sind diese Sicherheitsbeiwerte verbindlich.

Wird hingegen ein Nachweis über ein privatrechtlich auf anderer Grundlage vereinbartes Niveau geführt, liegt die Festlegung der Prognose-Unsicherheit in der Verantwortung des Planers [4]. Langjährige durch schalltechnische Messungen abgesicherte Erfahrungen innerhalb der Kalksandsteinindustrie zeigen, dass der Sicherheitsbeiwert auf ein Maß von 1 dB reduziert werden kann, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Es handelt sich um Geschosswohnungsbau mit einschaligen Trennwänden sowie Innen- und Außenwänden aus KS-Mauerwerk und Geschossdecken aus Stahlbeton mit schwimmendem Estrich.
- Die Ausführungsempfehlungen des Abschnitts 4 werden eingehalten.
- Alle Bauteilanschlüsse werden starr ausgebildet (vgl. Abschnitt 4), da einfache Anschlussdetails ein deutlich geringeres Risiko der fehlerhaften Bauausführung aufweisen, als komplizierte und aufwendige Sonderkonstruktionen wie z.B. planmäßige Entkopplungen.
- Die Wohnungstrennwand wird durch die Außenwand „durchgeführt“ (Bild 22). Dadurch ist ein in der Baupraxis nicht sicher zu verhindernder Abriss der vermörtelten Fugen zwischen Trennwand und Flanken nicht nachteilig für den Schallschutz, sondern führt sogar zu einer Verbesserung der Flankendämmung.
- Der Planer verfügt über ausreichend Erfahrung im Bereich der schallschutztechnischen Planung und Realisierung von Objekten in Kalksandstein-Bauweise.

4.1.4 VDI-Richtlinie Schallschutz von Wohnungen

4.1.4.1 Allgemeines

Ziel der VDI-Richtlinie 4100 ist die schalltechnische Klassifizierung von Wohnungen für die Planung und Bewertung des Schallschutzes. Sie ist im Rahmen zivilrechtlicher Vereinbarungen anwendbar. Als Adressaten nennt diese Richtlinie Planer, akustische Berater, Bauherren, Vermieter, Mieter, Käufer und Verkäufer von Wohnungen.

Grundlage der festgelegten Schallschutzwerte sind objektivierbare Kriterien wie z.B. das Durchhören von Sprache. Subjektive Vorstellungen können anhand einfacher Entscheidungskriterien präzisiert und in ein entsprechendes Anforderungsniveau umgesetzt werden.

4.1.4.2 VDI-Richtlinie 4100:2007

Unterschieden werden drei Schallschutzstufen (SSt I, II und III). SSt I stimmt mit den Mindestanforderungen der (alten) DIN 4109:1989 überein. Die SSt II nennt Werte, *„bei deren Einhaltung die Bewohner […] im Allgemeinen Ruhe finden […]. Bei Einhaltung der Kennwerte der SSt III können die Bewohner ein hohes Maß an Ruhe finden.“* Die Schallschutzstufen der VDI 4100 schließen auch den eigenen Wohn- und Arbeitsbereich ein.

Die zahlenmäßigen Anforderungen der einzelnen Schallschutzstufen sind in Tafel 8 aufgeführt.

4.1.4.3 VDI-Richtlinie 4100:2012

Nach einer grundlegenden Überarbeitung hat die VDI 4100:2012 das Anforderungskonzept auf so genannte nachhallzeitbezogene Kenngrößen umgestellt (siehe dazu Abschnitte 3.2 und 7.2.2 der Richtlinie) und die Schallschutzstufen (SSt) neu definiert. Es gibt weiterhin drei Schallschutzstufen, die aber in ihren verbalen Schallschutzzuweisungen nicht mehr mit denjenigen der alten Richtlinie übereinstimmen. Während die alte SSt I mit den Mindestanforderungen der alten DIN 4109:1989 übereinstimmte, beschreibt die neue SSt I bereits einen gegenüber der DIN 4109:1989 erhöhten Schallschutz. Somit behandelt die neue VDI-Richtlinie nur noch den erhöhten Schallschutz.

Unterschieden werden drei Schallschutzstufen (SSt I, II und III), die alle einen gegenüber der DIN 4109 erhöhten Schallschutz beschreiben. Während die DIN 4109 und die VDI 4100:2007

ihre Anforderungen auf schutzbedürftige Aufenthaltsräume wie Wohn- und Schlafräume begrenzen, sind bei der VDI 4100:2012 alle Räume einer Wohnung mit mindestens 8 m² Grundfläche einbezogen, also z.B. auch größere Badezimmer.

In SSt I sollen *„Belästigungen in benachbarten Wohnräumen auf ein erträgliches Maß abgesenkt werden. Sie (die SSt I) sollte man bei einer (neu erstellten) Wohnung erwarten können, bei welcher die Ausführung und Ausstattung gegenüber einer einfachsten Ausführung und Ausstattung angehoben ist."*

Weiterhin heißt es: *„Die Schallschutzstufe SSt II ist beispielsweise bei einer Wohnung zu erwarten, die auch in ihrer sonstigen Ausführung und Ausstattung durchschnittlichen Komfortansprüchen genügt."*

Die dritte Stufe wird so beschrieben: *„Die Schallschutzstufe SSt III ist beispielsweise bei einer Wohnung zu erwarten, die auch in ihrer sonstigen Ausführung und Ausstattung sowie Lage besonderen Komfortansprüchen genügt."*

Dass erst der neuen SSt II, die mit ihren Anforderungswerten mit der alten Stufe III vergleichbar ist, *„durchschnittliche Komfortansprüche"* zugesprochen werden und die neue SSt I (vergleichbar mit der alten SSt II) lediglich als *„angehoben gegenüber einer einfachsten Ausführung und Ausstattung"* beschrieben wird, ist kritisch zu bewerten.

Die Schallschutzstufen der VDI 4100:2012 schließen gegenüber der Vorgängerversion den eigenen Wohn- und Arbeitsbereich nicht mehr obligatorisch ein. Für diesen Zweck werden nun die Schallschutzstufen SSt EB I und SSt EB II definiert.

INFO

Die Schallschutzstufen von VDI 4100:2012 sind nicht vergleichbar mit den Schallschutzstufen von VDI 4100:2007. Sie geben ausschließlich Empfehlungen für den erhöhten Schallschutz.

4.1.5 DIN 8989: Schallschutz in Gebäuden – Aufzüge

Die DIN 8989 [51] beschäftigt sich mit den von Aufzugsanlagen ausgehenden Geräuschen in Gebäuden. Behandelt werden sowohl aufzugstechnische als auch bauseitige Aspekte. Da bei der bauakustisch notwendigen Auslegung nach wie vor große Unsicherheiten herrschen, beschränkt sich diese Richtlinie bei den Maßnahmen zum baulichen Schallschutz auf allgemeine Planungsgrundsätze und Vorgaben für die flächenbezogenen Massen von Bauteilen. Weitere Angaben zum Schallschutz bei Aufzugsanlagen finden sich in Abschnitt 6.1.4.

4.1.6 Veröffentlichungen der Deutschen Gesellschaft für Akustik (DEGA)

Über die Normen und Regelwerke hinaus gibt es einige Schriften, die Stellung zum baulichen Schallschutz beziehen:

- Memorandum der DEGA BR 0101 [37], in dem zum Verhältnis von DIN 4109 und den anerkannten Regeln der Technik Stellung genommen wird
- DEGA-Richtlinie 103-1: Schallschutz im Wohnungsbau, Teil1: Schallschutzklassen und erhöhter Schallschutz [18]
- Memorandum der DEGA BR 0104 [42]: Schallschutz im eigenen Wohnbereich

Die DEGA-Empfehlung 103 wurde 2009 erstmalig veröffentlicht und 2018 sowie 2024 überarbeitet. Sie beschreibt ein Konzept zur Klassifizierung von Wohneinheiten mittels Schallschutzklassen. Die sieben Schallschutzklassen (Tafel 10) werden als Ergänzung der Schallschutzanforderungen der Norm DIN 4109 definiert. Im Wesentlichen werden folgende Ziele verfolgt:

- Schaffung eines mehrstufigen Systems zur differenzierten Planung und Kennzeichnung des baulichen Schallschutzes zwischen Raumsituationen unabhängig von der Art des Gebäudes
- Entwicklung eines Punktesystems auf dieser Basis zur einfachen Kennzeichnung des Schallschutzes von ganzen Wohneinheiten oder Gebäuden

Die Anforderungen der einzelnen Schallschutzklassen für Luft- und Trittschallschutz enthält Tafel 10. Die aktuelle Situation belegt, dass die Festlegung von Schallschutzanforderungen kontrovers und mit unterschiedlicher Intention gesehen wird.

Die DEGA-Empfehlung 103 ist als DEGA-Richtlinie 103-1 in einer überarbeiteten Version im September 2024 erschienen. Eine Zusammenführung der Richtlinie mit der VDI 4100 wird angestrebt, um zukünftig eine Klassierung des Schallschutzes von Wohngebäuden deutschlandweit in einem Dokument zu regeln.

Da die Frage nach der Auslegung des Schallschutzes im eigenen Wohnbereich zunehmend an Bedeutung gewinnt, hat die DEGA 2015 im Memorandum BR 0104 drei Qualitätsstufen und die zugehörigen Kennwerte für den eigenen Wohnbereich empfohlen, die für verschiedene Raumsituationen angegeben werden. Außerdem enthält dieses Memorandum Planungshinweise für den Schallschutz im eigenen Wohnbereich. Die empfohlenen Werte werden auszugsweise in Tafel 20 genannt.

4.2 Hinweise zur Festlegung des Schallschutzniveaus

Wie das Schallschutzniveau im konkreten Fall festgelegt werden soll, kann nicht allgemeingültig ohne Berücksichtigung der aktuellen Umstände definiert werden. Einige Hinweise können jedoch gegeben werden:

Die gesetzlich festgelegten Anforderungen der DIN 4109-1 sind Mindestanforderungen, die zufriedenstellende akustische Bedingungen nicht zwangsläufig sicherstellen.

Vor dem Hintergrund der aktuellen Rechtsprechung ist eine schwindende Akzeptanz gegenüber den (Mindest-) Anforderungen der DIN 4109-1 festzustellen, insbesondere bei den Werten für die Luftschalldämmung, nicht aber bei den Anforderungen zum Schutz gegen Außenlärm. Das bedeutet aber nicht, dass nun grundsätzlich nicht mehr nach diesen Anforderungen gebaut werden kann. Allerdings ist im Einzelfall zu klären, ob das damit vorgegebene Schallschutzniveau in allen Belangen unstrittig ist. Der auf einem solchen Niveau vorgese-

hene Schallschutz sollte in eine widerspruchsfreie Vertragsgestaltung eingebunden sein. Im Zweifelsfall sollte ein höherer Schallschutz vorgesehen werden.

Bezüglich des Schallschutzes ist die Beratungspflicht des Planers/Architekten ernst zu nehmen. Bauherrenwünsche, gesetzliche Vorgaben und Wirtschaftlichkeit sind zu erörtern und in die Planung bei der Festlegung des Schallschutzes einzubinden. Über die Festlegungen sind klare und widerspruchsfreie vertragliche Vereinbarungen zu treffen.

Insbesondere, wenn nur die Mindestanforderungen der DIN 4109-1 realisiert werden sollen, sind für das Abweichen von einem üblichen Standard strenge Maßstäbe anzulegen. Vom BGH heißt es dazu [41]: *„Kann der Erwerber nach den Umständen erwarten, dass die Wohnung in Bezug auf den Schallschutz üblichen Qualitäts- und Komfortstandards entspricht, dann muss der Unternehmer, der hiervon vertraglich abweichen will, deutlich hierauf hinweisen und den Erwerber über die Folgen einer solchen Bauweise für die Wohnqualität aufklären.“*

Der heutzutage durchschnittlich erreichte Schallschutz im Wohnungsbau liegt über den Werten der DIN 4109-1. Um dieser Tatsache und dem Schutzbedürfnis der Bewohner Rechnung zu tragen, sollte ein Schallschutz über dem Standard der DIN 4109-1 vorgesehen werden.

Erhöhter Schallschutz muss dann realisiert werden, wenn vom Nutzungszweck erkennbar ist, dass es sich um höherwertige Wohnungen, wie z.B. Eigentums- und Komfortwohnungen handelt.

In der Baupraxis kann das höhere Qualitätsniveau einer Wohnung unmittelbar mit einem höheren Schallschutz in Verbindung gebracht werden (siehe [22] und Abschnitt 3.3.2).

Die Festlegung der Zahlenwerte für einen erhöhten Schallschutz kann letztlich nicht allgemeingültig, sondern nur objektbezogen getroffen werden, da der geschuldete Schallschutz aus rechtlicher Sicht stets im Einzelfall zu ermitteln ist. Orientierung können die Vorschläge geben, wie sie z.B. in DIN 4109-5, der VDI 4100 oder der DEGA-Richtlinie 103-1 veröffentlicht wurden. Auf internationaler Normungsebene wurde als ISO-Dokument ISO/TS 19488 ein Klassifizierungsschema für den Schallschutz von Wohnungen erarbeitet, das für die Einstufung der Schallschutzqualität herangezogen werden kann [52]. Ein Schallschutz auf dem Niveau des zurückgezogenen Beiblatts 2 zu DIN 4109:1989 sollte für einen erhöhten Schallschutz nicht in Betracht gezogen werden, da er sich nach aktueller Einschätzung nicht ausreichend vom Mindestschallschutz unterscheidet. Ein erkennbarer Qualitätsunterschied gegenüber den Anforderungen der DIN 4109-1 liegt dann vor, wenn der Luftschallschutz um mindestens 3 dB ($R'_w \geq 56$ dB horizontal, $R'_w \geq 57$ dB vertikal) verbessert wird. Dies wird in der Empfehlung der Kalksandsteinindustrie vorgeschlagen (Tafel 8).

Die Höhe des geschuldeten Schallschutzes kann sich auch aus der gewählten Konstruktion ergeben, so dass im Sinne einer mängelfreien Leistung der Schallschutz geschuldet wird, der von der gewählten Konstruktion in fehlerfreiem Zustand erwartet werden kann. Im Urteil des BGH vom 14. Juni 2007 [19] heißt es dazu: *„Ist eine Bauweise nicht vereinbart worden, so kann der Bauunternehmer sich zudem nicht auf Mindestanforderungen nach DIN 4109-1 zurückziehen, wenn die von ihm gewählte Bauweise bei einwandfreier Ausführung höhere Schalldämm-Maße ergibt.“*

Für die Luftschalldämmung bei Reihen- und Doppelhäusern sollte die Abstufung gegenüber dem Mindestschallschutz der DIN 4109-1 mindestens 5 dB betragen, da sich gezeigt hat, dass die erkennbaren Qualitätsstufen bei höherer Schalldämmung größer anzusetzen sind [14]. Ausgehend von DIN 4109-1 mit $R'_w = 62$ dB für Haustrennwände zu Aufenthaltsräumen, unter denen mindestens ein Geschoss (erdberührt oder nicht) des Gebäudes vorhanden ist, kommt man dadurch als Empfehlung auf $R'_w \geq 67$ dB (entsprechend den Anforderungen in DIN 4109-5). Gut dimensionierte, ausreichend schwere, zweischalige Haustrennwände sind in der Lage, dieses Niveau zu erreichen oder zu überschreiten. Einschränkungen sind bei nicht unterkellerten Gebäuden im Erdgeschoss zu beachten. Zu berücksichtigen ist aus rechtlicher Sicht, dass diejenige Schalldämmung geschuldet wird, die die vereinbarte Konstruktion mängelfrei erbringen kann. Das können im Einzelfall mehr als die empfohlenen 67 dB sein.

INFO

Zusammengefasste Empfehlungen:

- **DIN 4109-1 reicht meist nicht aus. Durchschnittlich erreichte Schallschutzwerte im Wohnungsbau liegen heutzutage über den Werten der DIN 4109-1.**
- **Erkennbare Qualitätsunterschiede ergeben sich beim Luftschallschutz, wenn gegenüber DIN 4109-1 mindestens um 3 dB höhere Werte erreicht werden.**
- **Beratungspflicht des Planers/Architekten ist ernst zu nehmen. Bauherrenwünsche sind zu erörtern.**
- **Erhöhter Schallschutz kommt insbesondere bei Eigentums- und Komfortwohnungen zum Tragen. Bei zweischaligen Reihenhaustrennwänden ist ein R'_w von 67 dB zu empfehlen.**
- **Eine mängelfreie Ausführung ist geschuldet. Das kann im Einzelfall, wenn das Bauteil mehr kann als der vereinbarte Schallschutzwert, zu höheren Anforderungen führen.**
- **Vorzusehender Schallschutz ist in widerspruchsfreie Vertragsgestaltung einzubinden.**
- **Das Planungsziel für den Schallschutz muss für alle Beteiligten, vom Fachingenieur bis zum Makler, eindeutig definiert werden.**

4.3 Planungsgrundlagen des Schallschutzes mit den Kenngrößen R'_w und $D_{nT,w}$

Anforderungsgröße der DIN 4109-1 ist beim Luftschall das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w. In einem informativen Anhang der DIN 4109-1 wird ergänzend auf die so genannten nachhallzeitbezogenen Größen zur Beschreibung des Schallschutzes hingewiesen (beim Luftschall ist das $D_{nT,w}$). In DIN 4109-2 werden ebenfalls in einem informativen Anhang Angaben zur „Er-

mittlung von Kenngrößen zur Planung des Schallschutzes“ gegeben. Damit sind ebenfalls die nachhallzeitbezogenen Größen gemeint. Die VDI 4100:2012 hat diese nachhallzeitbezogenen Größen zur Grundlage ihrer Schallschutzstufen für den erhöhten Schallschutz gemacht. Auch im ISO-Dokument ISO/TS 19488 zur Klassifizierung des Schallschutzes von Wohnungen [52] werden diese nachhallzeitbezogenen Größen zugrunde gelegt. Es soll deshalb auf beide Beschreibungsmethoden im Rahmen der bauakustischen Planung eingegangen werden.

Planung mit R'_w

R'_w ist für die Luftschallübertragung die primäre Berechnungsgröße im Berechnungsmodell der DIN 4109-2. Sie ergibt sich direkt als Endergebnis der Prognoseberechnung und steht nach Berücksichtigung eines Sicherheitsabschlags (Vorhaltemaß) unmittelbar zum Vergleich mit den Anforderungen zur Verfügung. Aufgrund unterschiedlicher Größe des Trennbauteils und unterschiedlicher Geometrie und Bauteilkonstruktion der flankierenden Bauteile ergeben sich innerhalb eines nachzuweisenden Gebäudes für nominell gleiche Bauteile (Wohnungstrennwand, oder -decke) unterschiedliche bewertete Bau-Schalldämm-Maße. Mit etwas Erfahrung muss jedoch nicht ein Nachweis für jede Raumsitiuation erfolgen, sondern es werden vom Planer die schalltechnisch ungünstigsten Raumsituationen (z.B. bei Wohnungstrenndecken die kleinen Eckräume) nachgewiesen.

Planung mit $D_{nT,w}$

Die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ als Kenngröße für die Beschreibung des Schallschutzes zwischen zwei Räumen kann im Anschluss an die Berechnung von R'_w aus dieser Größe errechnet werden. Sie muss nicht in einer separaten Prognoserechnung ermittelt werden (siehe Abschnitt 2.2, Gleichung (2.4))

Für unterschiedlich große Volumina der Empfangsräume und unterschiedliche Flächen des Trennbauteils kann sich bei gleicher Schalldämmung der Bauteile eine sehr unterschiedliche Schallpegeldifferenz ergeben, so dass auch der realisierte Schallschutz unterschiedlich wahrgenommen wird (Bild 6).

Im Planungsprozess geht der Planer den Weg vom Schallschutz zur Gebäudekonstruktion und zur bauakustischen Dimensionierung der einzelnen Bauteile. Er hat die Aufgabe, aus dem erforderlichen $D_{nT,w}$ die erforderlichen schalltechnischen Eigenschaften der Bauteile abzuleiten, um die Erfüllung der Anforderungen sicherzustellen. Er muss deshalb die Schallschutzgröße so „übersetzen“, dass sie ihm die erforderliche Schalldämmung liefert, die von den Bauteilen zu erbringen ist. Das notwendige bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w, welches der Bauteildimensionierung zugrunde gelegt wird, ergibt sich durch

$$R'_w = \text{erf. } D_{nT,w} + 10 \lg\left(\frac{3{,}1 \cdot S}{V}\right) \text{ [dB]} \qquad (4.1)$$

mit
S den beiden Räumen gemeinsame Trennfläche
V Raumvolumen

Wegen der Trennflächen- und Volumenabhängigkeit muss dieser Vorgang raumspezifisch erfolgen. Bei gleichem erf. $D_{nT,w}$ ergibt sich für kleine Räume ein größeres notwendiges R'_w als bei großen Räumen.

Die Einhaltung des benötigten R'_w muss planerisch sichergestellt werden durch die Festlegung geeigneter Decken- und Wandkonstruktionen. Dabei muss die (Direkt-) Dämmung des Trennbauteils und die Flankendämmung der flankierenden Bauteile berücksichtigt werden. Dies geschieht mit Hilfe des in Abschnitt 5.2.3 beschriebenen Berechnungsverfahrens, das im KS-Schallschutzrechner implementiert ist. Analog wird bei der Realisierung des Trittschallschutzes verfahren.

Bei der planerischen Umsetzung des neuen Schallschutzkonzepts sind einige Punkte zu beachten:

- Der vorhandene Schallschutz ($D_{nT,w}$) hängt von der Übertragungsrichtung ab. Die Schalldämmung (R'_w) nicht.
- Bei gleicher Schalldämmung der übertragenden Bauteile ergibt sich je nach Trennfläche und Volumen des zu betrachtenden Empfangsraums ein unterschiedliches $D_{nT,w}$. Unterschiedliche $D_{nT,w}$ ergeben sich trotz gleicher Konstruktionen auch dann, wenn sich bei versetzten Räumen die gemeinsame Trennfläche ändert. Tafel 12 zeigt als Beispiel, dass sich für das $D_{nT,w}$ je nach Raumvolumen und Grundrisssituation unterschiedliche Werte zwischen 52 und 58 dB ergeben, obwohl das vorhandene bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w in allen betrachteten Fällen 53 dB beträgt (Umrechnung mit Gleichung 2.3).
- Im Sinne des Schallschutzes muss der Nachweis für die jeweils ungünstigste Situation erbracht werden: bei Schallübertragung zwischen unterschiedlich großen Räumen vom größeren in den kleineren Raum, bei unterschiedlich lauten Räumen vom lauteren in den leiseren Raum.

Tafel 12 Vergleich von R'_w und $D_{nT,w}$ bei horizontaler Übertragung für verschiedene Raumsituationen

Raumbeschreibung (Raumhöhe 2,5 m)	Kleiner Empfangsraum, Raumtiefe 2,5 m		Großer Empfangsraum, Raumtiefe 5 m	
	Trennwandlänge 4 m	Versetzter Grundriss	Trennwandlänge 4 m	Versetzter Grundriss
Trennfläche S	10 m²	5 m²	10 m²	5 m²
Grundfläche	10 m²	10 m²	20 m²	20 m²
Raumvolumen V	25 m³	25 m³	50 m³	50 m³
R'_w	**53 dB**	**53 dB**	**53 dB**	**53 dB**
$D_{nT,w}$	**52 dB**	**55 dB**	**55 dB**	**58 dB**

- Die Übertragungsrichtung spielt bei der vertikalen Schallübertragung keine große Rolle, da die Räume innerhalb eines Wohngebäudes üblicherweise gleich hoch sind. Bei üblichen Raumhöhen von etwa 2,5 m muss das zu planende R'_w um etwa 1 dB größer als das erforderliche $D_{nT,w}$ sein.
- Diese Aussage gilt allerdings nur bei gleichen übereinanderliegenden Grundrissen. Bei versetzten Räumen

können sich je nach Größe der verbleibenden (gemeinsamen) Trennbauteilfläche erhebliche Unterschiede ergeben.

- Bei der horizontalen Übertragung kann als Abschätzung für kleinere Empfangsräume (Raumtiefe etwa 3 m) $D_{nT,w} \approx R'_w$ angesetzt werden. Bei größeren Empfangsräumen (Raumtiefe etwa 6 m) kann $D_{nT,w} \approx R'_w + 3$ dB abgeschätzt werden.

5. Bemessung des Schallschutzes und der Schalldämmung

5.1 Die Schallschutznorm DIN EN 12354 als Grundlage der Berechnungsverfahren in DIN 4109-2

5.1.1 Einführung

Auch wenn gelegentlich zu hören ist, dass insbesondere für die Berechnungsverfahren auf europäischer Ebene kein Normungsbedarf bestünde, ist hierfür durch die EU-Vereinbarungen ein eindeutiger Normungsauftrag erteilt worden. Dies ist im Sinne eines gemeinsamen Marktes folgerichtig, da Handelshemmnisse nicht nur beim Warenaustausch, sondern auch im Dienstleistungsbereich abgebaut werden sollen. Konsequenterweise sollen deshalb nicht nur die Produkteigenschaften einheitlich gekennzeichnet werden, sondern auch die Berechnungsverfahren über die Grenzen hinweg gemeinsamen Grundsätzen folgen. Für die Prognose des Schallschutzes in Gebäuden wurde das bei CEN zuständige Technische Komitee CEN/TC 126 beauftragt, in sechs Teilen Rechenverfahren für die Prognose des Schallschutzes zu erarbeiten.

- DIN EN ISO 12354-1: Luftschalldämmung zwischen Räumen [3]
- DIN EN ISO 12354-2: Trittschalldämmung zwischen Räumen [46]
- DIN EN ISO 12354-3: Luftschalldämmung gegen Außenlärm [47]
- DIN EN ISO 12354-4: Schallübertragung von Räumen ins Freie [48]
- DIN EN 12354-5: Installationsgeräusche [49]
- DIN EN 12354-6: Schallabsorption in Räumen [50]

5.1.2 Nationale Umsetzung in der DIN 4109

Bei der Umsetzung im Rahmen der DIN 4109-2 und im Bauteilkatalog DIN 4109-31 bis DIN 4109-36 spielten die ersten beiden Teile der DIN EN ISO 12354 die wichtigste Rolle.

Luftschalldämmung

Insbesondere zum Teil 1 (Luftschalldämmung) wurden für den Massivbaubereich umfangreiche Untersuchungen durchgeführt, die sich mit der Anwendung des Berechnungsverfahrens und der Erarbeitung von Daten für den Bauteilkatalog in DIN 4109-32 beschäftigen. Grundsätzlich wird beim Schallschutznachweis nach DIN 4109-2 auf das so genannte „Vereinfachte Modell“ der DIN EN 12354-1 zurückgegriffen: Die gesamte Berechnung wird nicht frequenzabhängig (wie im „Detaillierten Modell“), sondern mit Einzahlwerten durchgeführt. Bei den genannten Untersuchungen hat sich herausgestellt, dass für den Massivbau im vereinfachten Modell eine Prognosegenauigkeit wie im Detaillierten Modell erreicht wird.

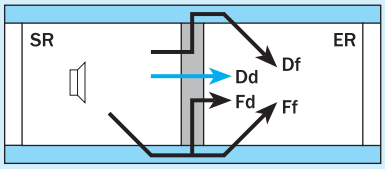
Trittschalldämmung

Auch bei der Umsetzung von Teil 2 (Trittschalldämmung) wird auf das Vereinfachte Modell zurückgegriffen. Dieses basiert auf dem äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,eq,0,w}$ und der bewerteten Trittschallminderung ΔL_w und berücksichtigt aber zusätzlich für die flankierende Trittschallübertragung einen Korrekturwert K, der in Abhängigkeit von der mittleren flächenbezogenen Masse der flankierenden Bauteile ermittelt wird:

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + K \text{ [dB]} \qquad (5.1)$$

In der anstehenden Aktualisierung von DIN 4109-2 wird als Standard-Nachweisverfahren das in DIN EN ISO 12354-2:2017-11 neu aufgenommene Vereinfachte Verfahren für die Trittschalldämmung eingeführt, das auf Einzahlwerten basiert. Die Grundidee entspricht dem Verfahren für die Luftschalldämmung. Neben der direkten Trittschallübertragung über die Decke kann nun auch explizit die flankierende Trittschallübertragung über angrenzende Bauteile berücksichtigt werden. Dabei kommen wie bei der Luftschallübertragung auch hier die Stoßstellendämm-Maße ins Spiel. Neben trittschallmindernden Deckenauflagen können in diesem Verfahren nun auch Unterdecken an der Trenndecke und Vorsatzschalen an den flankierenden Wänden berücksichtigt werden. Ebenso ist neben der vertikalen Übertragung auch die direkte Berechnung der horizontalen und diagonalen Trittschallübertragung möglich. Damit werden die Möglichkeiten des Trittschallnachweises deutlich erweitert.

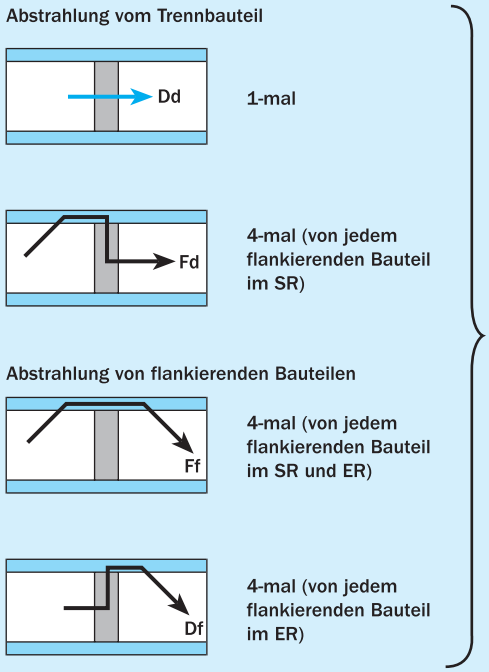
Die für das DIN 4109-Konzept benötigten Inhalte der DIN EN ISO 12354 wurden – konform mit europäischen Normungsgepflogenheiten – für die nationale Anwendung aufbereitet und in die einzelnen Teile der DIN 4109 [6, 27–31, 36] eingearbeitet. Die in DIN 4109-2 enthaltenen Rechenverfahren und die im Bauteilkatalog DIN 4109, Teile 31 bis 36, enthaltenen Bauteildaten entsprechen sinngemäß einem „Nationalen Anwendungsdokument (NA)“, wie es von den Eurocodes bekannt ist.



SR: Senderaum, ER: Empfangsraum

Bezeichnung der Übertragungswege:
D und d: direkte Übertragung über das Trennbauteil
F und f: flankierende Übertragung über die Flankenbauteile

Bild 13 Zu berücksichtigende Schallübertragungswege beim Vereinfachten Modell



SR: Senderaum, ER: Empfangsraum

Bild 14 Direkte und flankierende Übertragungswege zwischen zwei Räumen

$$R'_w = -10 \lg \left[10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^{n} 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^{n} 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^{n} 10^{-R_{Fd,w}/10} \right] \text{ [dB]} \qquad (5.2)$$

R'_w	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß
$R_{Dd,w}$	Bewertetes Schalldämm-Maß des Trennbauteils auf dem Übertragungsweg Dd
$R_{Ff,w}$, $R_{Df,w}$ und $R_{Fd,w}$	Bewertete Flankenschalldämm-Maße

Bild 15 Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes R'_w nach DIN 4109-2

Im Folgenden werden nur noch die in DIN 4109 enthaltenen Angaben behandelt.

5.2 DIN 4109

5.2.1 Normenkonzept der DIN 4109 für die Berechnung des Schallschutzes

Im Einzelnen liegen mit der DIN 4109 seit der Ausgabe von 2016 für die rechnerischen Nachweise folgende Normteile vor (Bild 11):

- DIN 4109-2 Schallschutz im Hochbau – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen [36]
- DIN 4109-31; Schallschutz im Hochbau – Teil 31: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Rahmendokument [27]
- DIN 4109-32; Schallschutz im Hochbau – Teil 32: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Massivbau [6]
- DIN 4109-33; Schallschutz im Hochbau – Teil 33: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Holz-, Leicht- und Trockenbau [28]
- DIN 4109-34; Schallschutz im Hochbau – Teil 34: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen [29], [73]
- DIN 4109-35; Schallschutz im Hochbau – Teil 35: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden [30], [74]
- DIN 4109-36; Schallschutz im Hochbau – Teil 36: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Gebäudetechnische Anlagen [31]

Die Teile 2 und 31 bis 36 der DIN 4109 liefern somit einen systematischen und vollständigen Ansatz, der weit über die Möglichkeiten der alten DIN 4109:1989 hinausgeht und nicht nur in der Fachöffentlichkeit seit langem anerkannt ist. Sie stellen für die Bemessung (Prognose) des Schallschutzes grundsätzlich den allgemein anerkannten Stand der Technik dar.

5.2.2 Rechenverfahren für die Luftschalldämmung

Die Rechenverfahren in DIN 4109-2 folgen im Wesentlichen den physikalisch nachvollziehbaren Gegebenheiten [3]. Das Grundprinzip ist einfach: Berücksichtigt werden alle Schallübertragungswege, deren einzelne Beiträge zur gesamten Schallübertragung aufsummiert werden. Jeder Weg kann unabhängig von den anderen Wegen behandelt und berechnet werden. Bild 13 und 14 zeigen die zu berücksichtigenden Wege für die Schallübertragung über das Trennbauteil und die flankierenden Bauteile.

Besondere Beachtung wird der flankierenden Übertragung beigemessen. Bild 14

zeigt, dass bei der üblichen Übertragungssituation (ein Trennbauteil, vier flankierende Bauteile) insgesamt dreizehn verschiedene Übertragungswege zu berücksichtigen sind. Davon entfallen zwölf Wege auf die flankierende Übertragung.

Für jeden dieser Übertragungswege kann ein eigenes Schalldämm-Maß ermittelt werden. Die resultierende Schalldämmung R'_w unter Berücksichtigung aller flankierenden Wege ergibt sich dann durch „energetische“ Addition der einzelnen Schalldämm-Maße (Bild 15).

Es ist klar, dass diese Berechnung unter praktischen Bedingungen nicht von Hand, sondern mit Hilfe geeigneter Berechnungsprogramme durchgeführt wird (siehe Abschnitt 5.3). Schon an dieser Stelle zeigt sich, welcher Vorteil sich durch den vorliegenden Berechnungsansatz ergibt: Der Anteil jedes Übertragungsweges an der Gesamt-Schalldämmung kann einzeln betrachtet werden und bezüglich seines Einflusses auf das Endresultat beurteilt werden. Für jeden einzelnen Übertragungsweg können nun außerdem bei Bedarf dessen konstruktive Eigenschaften variiert und die Auswirkungen der Änderungen auf den zu planenden Schallschutz beurteilt werden.

Den physikalischen Gegebenheiten folgend werden nicht nur die Eigenschaften der einzelnen Bauteile, sondern auch die akustischen Eigenschaften von Bauteilverbindungen (Stoßstellen) einbezogen. Die dafür benötigte Größe ist das so genannte Stoßstellendämm-Maß K_{ij}, durch welches die Schallübertragung über die Bauteilverbindung hinweg charakterisiert wird.

5.2.3 Schalldämmung einschaliger Wände nach DIN 4109-2 und DIN 4109-32

5.2.3.1 Von DIN EN 12354-1 zu DIN 4109:2016

Schon bald nachdem sich der Überarbeitungsbedarf der DIN 4109:1989 und die Umsetzung der europäischen Normen des baulichen Schallschutzes mit all ihren Konsequenzen abzeichneten, wurde seitens der Kalksandsteinindustrie ein umfangreiches Programm in die Wege geleitet mit dem Ziel, für das Bauen mit Kalksandsteinen die Weichen für die neuen Vorgehensweisen zu stellen. Insbesondere ging es dabei um die folgenden Aufgaben:

- Verifizierung des Rechenverfahrens nach DIN EN 12354-1 für das Bauen mit Kalksandsteinen
- Bereitstellung abgesicherter Eingangsdaten (Direktschalldämm-Maße und Stoßstellendämm-Maße) für die Berechnung
- Erarbeitung von Planungshilfen im Rahmen des neuen Schallschutzkonzepts von DIN 4109

Entsprechende umfangreiche Untersuchungen wurden an der Hochschule für Technik Stuttgart durchgeführt. Endergebnis dieser Untersuchungen [4] sind abgesicherte Bauteil-Kennwerte für KS-Mauerwerk, die als realistische und verlässliche Beschreibung der Bauteileigenschaften betrachtet werden können und ein Berechnungsverfahren, das für die Anwendung unter den vorliegenden Massivbaubedingungen mit Kalksandsteinen zur bestmöglichen Prognose führt. Der schalltechnische Nachweis für das Bauen mit KS-Mauerwerk kann komplett durch die Angaben im neuen Bauteilkatalog, insbesondere der DIN 4109-32, abgedeckt werden, ohne dass auf Angaben aus Prüfzeugnissen zurückgegriffen werden muss. Für die Durchführung der Berechnungen wurde ein Berechnungsprogramm entwickelt [53] (siehe Abschnitt 5.3).

5.2.3.2 Direktschalldämmung

Allgemeines

Die Direktschalldämmung eines Bauteils ist die maßgebliche Eigenschaft zur Beschreibung seiner schalltechnischen Leistungsfähigkeit (Bild 12). Sie kann entweder direkt aus dem Bauteilkatalog der DIN 4109 (Teile 31 bis 36) oder aus Prüfzeugnissen entnommen werden. Bei Bauteildaten, die nicht aus dem Bauteilkatalog stammen und für bauaufsichtliche Nachweise verwendet werden sollen, ist ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP) erforderlich. Zu berücksichtigen ist, dass die in den informativen Anhängen der europäischen Berechnungsnormen genannten Daten nicht als verbindliche Angaben zu betrachten sind. Sie haben vielmehr beispielhaften, unverbindlichen Charakter, so dass je nach Anwendungsbereich vom Nutzer selbst definierte oder auf nationaler Ebene vereinbarte Bauteildaten verwendet werden können. Die in DIN 4109-32 enthaltenen Daten für die Schalldämmung massiver Bauteile wurden im Rahmen umfangreicher Forschungsvorhaben (z.B. [4]) ermittelt. Sie sind im Rahmen der Schallschutznachweise der DIN 4109 verbindlich.

Im Massivbau spielt die Direktschalldämmung einschaliger Bauteile eine besondere Rolle, da sie nicht nur zur Beschreibung der direkten Schallübertragung über ein trennendes Bauteil, sondern auch zur Ermittlung der flankierenden Übertragung (siehe hierzu Abschnitt 5.2.3.4) benötigt wird. Außerdem ist sie Ausgangspunkt für die Ermittlung weiterer relevanter Eigenschaften wie der Schalldämmung von Bauteilen mit Vorsatzkonstruktionen oder entkoppelter Bauteile. Auf solche Aspekte wird nachfolgend eingegangen.

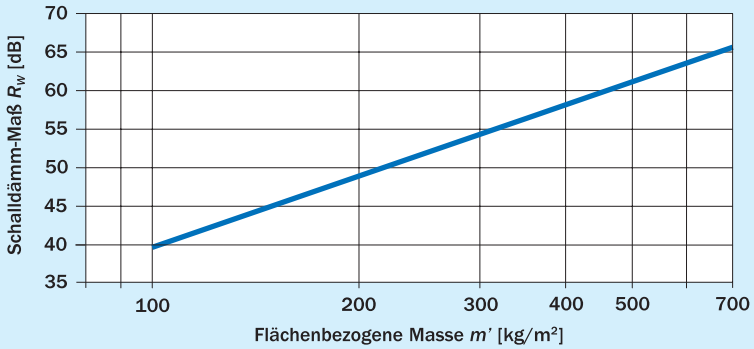


Bild 16 Massekurve für Kalksandstein

Vorsatzkonstruktionen

Häufig werden vor einschaligen Bauteilen Vorsatzkonstruktionen wie z.B. Vorsatzschalen vor einschaligen Wänden, abgehängte Unterdecken unter oder schwimmende Estriche auf massiven Decken angebracht. Solche Vorsatzkonstruktionen verändern die Schalldämmung der einschaligen massiven Grundbauteile. Die Änderungen können je nach akustischer Auslegung in Form von Verbesserungen oder auch Verschlechterungen der Schalldämmung des einschaligen Grundbauteils berücksichtigt werden.

Die Wirkung einer Vorsatzschale wird durch die so genannte Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes ΔR_w beschrieben. Die messtechnische Ermittlung dieser Größe erfolgt nach DIN EN ISO 10140-1/Anhang G [7]. Damit kann die Schalldämmung der Gesamtkonstruktion gemäß DIN 4109-2 aus dem Schalldämm-Maß der massiven Wand und der Verbesserung ΔR_w additiv zusammengesetzt werden.

Für Vorsatzschalen, die sich auf die Direktschalldämmung eines Trennbauteils auswirken, gilt:

$$R_{w,Dd} = R_w + \Delta R_w \text{ [dB]} \qquad (5.3)$$

mit

$R_{w,Dd}$ Bewertetes Schalldämm-Maß des Trennbauteils mit Vorsatzkonstruktion
R_w Bewertetes Schalldämm-Maß der Grundkonstruktion
ΔR_w Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes durch die Vorsatzkonstruktion

Die Vorsatzkonstruktionen können sowohl bei trennenden Bauteilen für die Direktschalldämmung als auch bei flankierenden Bauteilen für die Flankendämmung berücksichtigt werden. Wie Vorsatzschalen zur Verbesserung der Flankendämmung eingesetzt werden können, zeigt Gleichung (5.5). Weitere Ausführungen zur Behandlung von Vorsatzkonstruktionen finden sich in Abschnitt 7.4 (WDVS) und Abschnitt 6.1.3.1 (Vorsatzschalen).

Von Laborbedingungen zu Gebäudebedingungen (In-situ-Korrektur)

Mit der so genannten In-situ-Korrektur (in situ =„am Ort“) wird dem physikalischen Phänomen Rechnung getragen, dass die Direktschalldämmung eines massiven trennenden Bauteils nicht nur von den Bauteileigenschaften selbst abhängt, sondern auch von der Einbausituation des Bauteils. Je nach Art der Ankopplung an benachbarte Bauteile, die von starrer Anbindung bis zu völliger Entkopplung (z.B. durch Trennfugen oder elastische Zwischenschichten) reichen kann, wird vom trennenden Bauteil in unterschiedlichem Maße Schallenergie auf die benachbarten Bauteile weitergeleitet. Durch diese Weiterleitung wird die Luftschallabstrahlung des Bauteils verändert, so dass sich auch seine Direktschalldämmung ändert. Sie wird also von der Einbausituation beeinflusst. Dieser Effekt kann bei völliger Entkopplung eines Bauteils von der umgebenden Gebäudestruktur zu einer Verminderung der Direktschalldämmung bis zu etwa 6 dB führen. Diese Abhängigkeit von der Einbausituation wird durch die so genannte In-situ-Korrektur bei der Berechnung der realen Schalldämmung berücksichtigt.

Tafel 13 Stoßstellenarten und Auswirkungen auf die flankierende Übertragung

Stoßstelle	T-Stoß	Kreuzstoß (X-Stoß)	Winkelstoß	Hinweise
Beispiel	Trennwand an Außenwand	Innere Trennwand	Versetzte Grundrisse	
1. Schalltechnisch starrer Anschluss				Stumpfstoß[1] und verzahnter Stoß sind in der Berechnung akustisch gleichwertig.
2. Flankierendes Bauteil durchgehend, Trennbauteil einseitig abgekoppelt				Erhöhte Übertragung über das flankierende Bauteil und Trennbauteil
3. Trennbauteil durchgehend, flankierendes Bauteil einseitig abgekoppelt				Erheblich verringerte Übertragung über das flankierende Bauteil
4. Trennbauteil durchgehend, flankierendes Bauteil beidseitig abgekoppelt				Keine Übertragung über das flankierende Bauteil und erhöhte Übertragung über das Trennbauteil

[1] Bei Baustoffen mit unterschiedlichem Verformungsverhalten ist immer ein akustisch wirksamer Trennriss (= Entkopplung) entsprechend den Beispielen 2 bis 4 anzunehmen.

Tafel 14 Bewertete Schalldämm-Maße R_w (ohne Flankenwege) von Kalksandsteinwänden[1] der RDK 2,0[2] entsprechend Massekurve (Bild 16)

Wanddicke t [cm]	Flächenbezogene Masse m' [kg/m²]	Bewertetes Schalldämm-Maß R_w [dB]
7	153	45,3
10	210	49,6
11,5	238,5	51,3
15	305	54,6
17,5	352,5	56,5
20	400	58,2
24	476	60,5
30	590	63,4

[1] jeweils zzgl. beidseitig 10 mm Putz
[2] Bei anderen RDK oder Putzdicken ergeben sich abweichende flächenbezogene Massen. Bei RDK 2,2 ergeben sich etwa 1,3 dB höhere Schalldämm-Maße als bei RDK 2,0.

Im üblichen Massivbau können die Verhältnisse durch eine typische Einbausituation beschrieben werden, die in DIN 4109-32 bereits in den Schalldämm-Maßen der massiven einschaligen Bauteile enthalten ist. Für solche Bauteile muss für übliche Einbausituationen also keine In-situ-Korrektur mehr durchgeführt werden, da sie in den Massekurven bereits berücksichtigt ist. Das gilt auch für die KS-Massekurve, wie sie in Abschnitt 5.2.3.3 und Bild 16 beschrieben wird.

Entkoppelte Bauteile

Eine Ausnahme von diesem vereinfachten Vorgehen bilden diejenigen Einbausituationen, bei denen massive einschalige Bauteile an mehr als einer Kante von den umgebenden Bauteilen entkoppelt sind. Eine Entkopplung liegt z.B. bei Trennfugen vor oder wenn (leichte) massive Bauteile durch Entkopplungsstreifen von den umliegenden Bauteilen entkoppelt werden. Unterschiedliche Fälle von Stoßstellenausbildungen mit Trennfugen/Entkopplungen werden in Tafel 13 dargestellt. Als akustisch entkoppelt ist eine Bauteilkante nur dann zu betrachten, wenn das trennende Bauteil im Bereich der entkoppelten flankierenden Bauteile endet. Durchlaufende Trennbauteile dürfen wie starr angebundene Bauteile behandelt werden. Wenn mindestens zwei solcher entkoppelter Kanten vorliegen, ist das Schalldämm-Maß des trennenden Bauteils nach unten zu korrigieren. Die dafür im Rahmen der DIN 4109-32 vorgesehene Korrektur kann je nach flächenbezogener Masse der entkoppelten Bauteile und der Anzahl der entkoppelten Kanten bis zu 6 dB betragen. Im KS-Schallschutzrechner (Abschnitt 5.3) wird diese Korrektur bereits berücksichtigt.

Eine verminderte Energieweiterleitung tritt auch an Stoßstellen mit Bauteilen in Leicht- oder Holzbauweise auf, so dass die dortigen Bauteilränder ebenfalls wie entkoppelte Kanten zu behandeln sind. Das kann z.B. im Dachgeschoss zu einer Verminderung der Schalldämmung massiver Trennbauteile führen.

5.2.3.3 Massekurve für KS-Mauerwerk

Für den Massivbau spielt der Zusammenhang zwischen der flächenbezogenen Masse von einschaligen biegesteifen Decken und Wänden und der Schalldämmung eine zentrale Rolle. Dieser Zusammenhang kann mathematisch durch eine „Massekurve“ beschrieben werden. Da im Gegensatz zur alten DIN 4109 für die Berechnungen nach DIN EN ISO 12354 auch in DIN 4109-2 für die Schalldämmung der Bauteile nur noch R_w-Werte zu verwenden sind, wurde eine neue Massekurve auf der Basis von R_w-Werten benötigt. Aufgrund umfangreicher Prüfstandsmessungen wurde eine Datenbasis gewonnen (Tafel 14), aus der eine neue, abgesicherte Massekurve für KS-Mauerwerk generiert werden konnte. Die Massekurve in Bild 16 wird durch folgende Gleichung beschrieben:

$$R_w = 30{,}9 \lg\left(\frac{m'_{ges}}{m'_0}\right) - 22{,}2 \text{ [dB]} \qquad (5.4)$$

mit der Bezugsgröße $m'_0 = 1$ kg/m²

INFO

Die R_w-Werte dieser Massekurve können nicht mit den R'_w-Werten der bisherigen Massetabelle aus Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989 verglichen werden, da es sich um zwei grundsätzlich unterschiedliche Größen handelt.

Der in Gleichung (5.4) dargestellte Zusammenhang berücksichtigt bereits eine typische Einbausituation, wie sie im üblichen Massivbau anzusetzen ist (siehe Abschnitt 5.2.3.2, In-situ-Korrektur).

5.2.3.4 Flankenschalldämmung

Durch das Rechenverfahren der DIN 4109-2 rückt die flankierende Schallübertragung in den Mittelpunkt des Interesses. Dies wird allein schon dadurch deutlich, dass von den dreizehn im Regelfall zu berücksichtigenden Übertragungswegen zwölf die flankierende Übertragung betreffen.

Insgesamt lässt sich für jeden der zwölf Flankenwege das bewertete Flankenschalldämm-Maß $R_{ij,w}$ für die Übertragung von einem Bauteil (i) auf ein Bauteil (j) wie folgt beschreiben:

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w}}{2} + \frac{R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \lg \frac{S_s}{l_0 \cdot l_f} \text{ [dB]} \qquad (5.5)$$

mit

$R_{i,w}$ bzw. $R_{j,w}$	Bewertetes Schalldämm-Maß des flankierenden Bauteils auf der Sende- bzw. Empfangsseite
$\Delta R_{ij,w}$	Verbesserung der Schalldämmung durch Vorsatzschalen auf den Bauteilen des Flankenweges auf der Sende- und/oder Empfangsseite
K_{ij}	Stoßstellendämm-Maß
S_s	Trennwandfläche
l_f	Gemeinsame Kantenlänge von Trenn- und Flankenbauteil
$l_0 = 1\ m$	Bezugslänge

Man erkennt, dass auch bei der Flankendämmung die Direktschalldämmung der beteiligten Bauteile eine wichtige Rolle spielt. Dazu kommt die flankierende Schallübertragung

über die Knotenpunkte von Bauteilen hinweg („Stoßstellen“), die durch das so genannte Stoßstellendämm-Maß K_{ij} charakterisiert wird. K_{ij} wird damit zu einer zentralen Größe für die Berechnung der Schallübertragung im Gebäude.

Die zusätzliche Berücksichtigung der Stoßstelleneigenschaften sorgt für eine exaktere Prognose der bauakustischen Eigenschaften eines Gebäudes und liefert der bauakustischen Planung neue Ansätze zur Optimierung des baulichen Schallschutzes.

Die Gleichung (5.5) ist insofern wesentlich, als sie über die reine Berechnung hinaus verdeutlicht, was getan werden muss, um zu einer möglichst hohen Flankenschalldämmung (und damit zu einer geringen flankierenden Übertragung) zu kommen:

- Die (Direkt-)Schalldämmung der flankierenden Wände (R_i und R_j) sollte möglichst hoch sein, da sie unmittelbar in die Flankendämmung eingeht.
- Das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} sollte ebenfalls möglichst hoch sein.
- Vorsatzkonstruktionen (z.B. Vorsatzschalen oder schwimmende Estriche) entlang des Flankenweges erhöhen die Flankendämmung um $\Delta R_{ij,w}$ (siehe hierzu auch Gleichung (5.3)).

Gleichung (5.5) zeigt aber auch, dass eine kleine Fläche S_s des trennenden Bauteils die Flankendämmung mindert und damit den Anteil der flankierenden Übertragung an der Gesamtdämmung erhöht. Das kann sich bei der Planung der Schalldämmung in Übertragungssituationen mit kleinen Trennflächen als problematisch herausstellen.

DIN 4109-1 schreibt deshalb in den Fällen, bei denen die gemeinsame Trennfläche < 10 m² ist oder es keine gemeinsame Trennfläche (z.B. diagonale Übertragungssituationen) gibt, vor, dass die Anforderung an die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ (siehe Abschnitt 2.2) gestellt wird. Es gelten dafür die Anforderungswerte für R'_w. Bei den rechnerischen Nachweisen in DIN 4109-2 und den messtechnischen Nachweisen in Gebäuden nach DIN 4109-4 wird diese Regelung entsprechend umgesetzt.

INFO

Im Falle gemeinsamer Trennflächen < 10 m² wird die Anforderung in DIN 4109-1:2016-07 an $D_{n,w}$ gestellt, was dem Ansatz einer Mindesttrennbaufläche von 10 m² entspricht.

5.2.4 Schalldämmung zweischaliger Haustrennwände nach DIN 4109-2 und DIN 4109-32

5.2.4.1 Akustisches Verhalten zweischaliger Haustrennwände

Akustisch kann die zweischalige Haustrennwand im einfachsten Fall wie ein Feder-Masse-System betrachtet werden, bei dem die Massen m'_1 und m'_2 durch die beiden Wandschalen und die Feder s' durch die Steifigkeit des Schalenzwischenraums (Dämmschicht) gebildet wird (Bild 17).

Die Resonanzfrequenz f_0 [Hz] dieses Schwingungssystems kann berechnet werden durch

$$f_0 = 160 \sqrt{s' \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \text{ [Hz]} \qquad (5.6)$$

mit

m'_1 und m'_2 Flächenbezogene Massen der Wandschalen in kg/m²

s' Dynamische Steifigkeit der Dämmschicht im Schalenzwischenraum in MN/m³

Der prinzipielle Verlauf der Schalldämmung der zweischaligen Konstruktion mit drei charakteristischen Frequenzbereichen wird in Bild 18 dargestellt und mit der Schalldämmung einer gleichschweren einschaligen Wand verglichen.

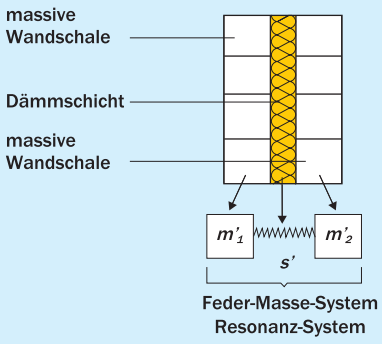
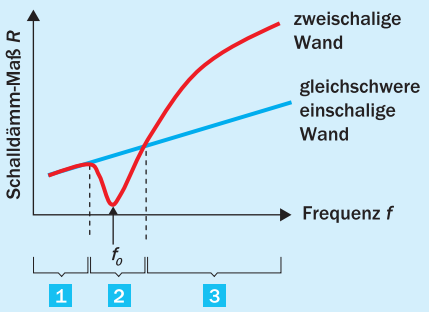


Bild 17 Zweischalige Wand als Feder-Masse-System



1 Der Bereich unterhalb der Resonanzfrequenz, bei dem sich die zweischalige Konstruktion so verhält wie die gleichschwere einschalige. Die Zweischaligkeit bringt hier also keine Vorteile.

2 Der Frequenzbereich um die Resonanzfrequenz f_0 herum: Hier tritt sogar eine deutliche Verschlechterung gegenüber der Schalldämmung der gleichschweren einschaligen Wand auf.

3 Der Frequenzbereich oberhalb der Resonanzfrequenz: Hier wird mit zunehmender Frequenz die Schalldämmung immer besser und erreicht Werte weit über denen der gleich schweren einschaligen Wand.

Bild 18 Schalldämmung einer zweischaligen und einer gleichschweren einschaligen Wand

Für die Dimensionierung der zweischaligen Wand heißt das demnach: die Resonanzfrequenz f_0 ist so tief wie möglich zu legen, damit der Einbruch der Schalldämmung im interessierenden bauakustischen Frequenzbereich keinen Schaden anrichtet und damit gleichzeitig ein möglichst großer Teil des Frequenzbereichs von der Verbesserung durch die Zweischaligkeit profitiert. Eine übliche Dimensionierung sieht vor, dass $f_0 \leq 80$ Hz gelegt wird.

INFO

Eine hohe flächenbezogene Masse der beiden Wandschalen und eine weiche Zwischenschicht führen zu einer tiefen Lage der Resonanzfrequenz f_0 und somit zu einem hohen Schalldämm-Maß einer zweischaligen Haustrennwand.

Durch die zweischalige Ausführung von Haustrennwänden kann gegenüber gleichschweren einschaligen Wänden eine wesentlich höhere Schalldämmung erreicht werden. Wichtig ist dabei die schalltechnisch richtige Ausführung der massiven zweischaligen Konstruktion. DIN 4109-32 enthält dafür detaillierte Vorgaben, die schon in Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989 enthalten waren und mit denen eine fehlerfreie Ausführung und die Einhaltung der Anforderungen gewährleistet werden soll.

Neben den bisher genannten Einflussgrößen, die sich aus den grundsätzlichen physikalischen Betrachtungen für die zweischalige Konstruktion ergeben, spielen für das praktische Verhalten die konstruktiven Vorgaben des Gebäudes eine wesentliche Rolle. Bild 19 zeigt, dass die Schallübertragung über die Wand allein nur in denjenigen Stockwerken wirklich zum Tragen kommt, in denen keine zusätzliche flankierende Übertragung erfolgt. Im Dachgeschoss muss in diesem Zusammenhang die Übertragung über das Dach und im Fundamentbereich die Übertragung über eine gemeinsame Bodenplatte oder ein gemeinsames Fundament zusätzlich berücksichtigt werden (siehe hierzu die Ausführungen zur Berechnung der Schalldämmung in Abschnitt 5.2.4.3). Oft spielen diese Flankenwege sogar die Hauptrolle und vermindern die Schalldämmung der zweischaligen Konstruktion in den betroffenen Stockwerken erheblich.

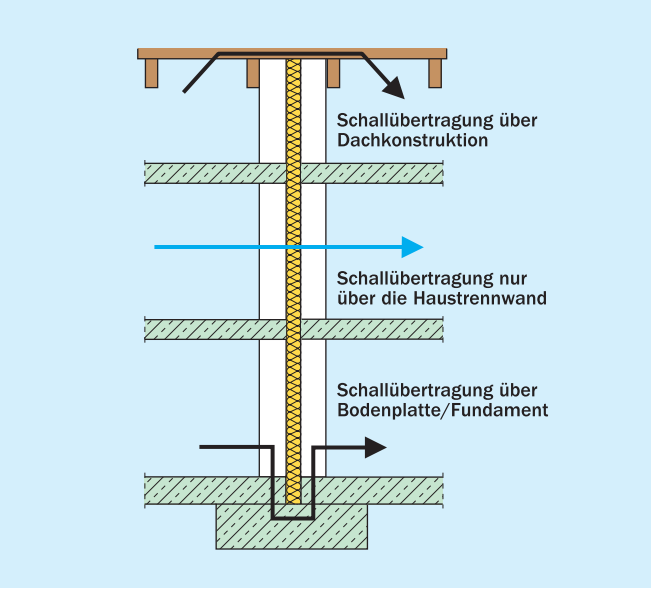


Bild 19 Schallübertragungswege zwischen Doppel- und Reihenhäusern mit zweischaliger Haustrennwand

5.2.4.2 Geringere Schalldämmung bei unvollständiger Trennung

Im untersten Geschoss wird eine vollständige Trennung der Schalen aus baupraktischen Gründen oft nicht ausgeführt. Durchgehende Bodenplatten, Fundamente oder Außenwände bewirken eine Kopplung der Schalen und vermindern dadurch die bei vollständiger Trennung erreichbare Schalldämmung. Der ungünstigste Fall für die Schalldämmung einer durch Schalen- und Fugenausbildung festgelegten Haustrennwandkonstruktion ergibt sich, wenn der Keller als so genannte „Weiße Wanne“ ausgeführt wird, d.h. Bodenplatte und Kelleraußenwände nicht getrennt sind. In diesem Fall ist sogar die Schalldämmung im Erdgeschoss vermindert.

INFO

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 Fundaments jedoch von entscheidender Bedeutung.

Im Wesentlichen sind die in Tafel 15 dargestellten Fälle zu unterscheiden:

Fall 1 Durchlaufende Bodenplatte
Fall 2 Getrennte Bodenplatten, gemeinsames Fundament
Fall 3 Getrennte Bodenplatten, getrennte Fundamente
Fall 4 Vollständige Trennung

Unvollständige Trennung liegt dabei für die Fälle 1 bis 3 vor.

5.2.4.3 Prognose des Schalldämm-Maßes zweischaliger Haustrennwände in DIN 4109-2

Zur vereinfachten Prognose von bewerteten Schalldämm-Maßen zweischaliger massiver Haustrennwände wird in DIN 4109-2 statt eines pauschalen Zuschlags von 12 dB (wie zuvor in Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989) ein abgestufter Zuschlag (Zweischaligkeitszuschlag $R_{w,Tr}$) vergeben, der in 3-dB-Stufen die unterschiedlichen Kopplungsbedingungen im Fundamentbereich bei unvollständiger Trennung und unterschiedliche Raumsituationen berücksichtigt. Die berücksichtigten Situationen werden zusammen mit den dafür geltenden Zweischaligkeitszuschlägen in Tafel 15 dargestellt.

Für vollständige Trennung der Schalen (Fall 4) entspricht das Verfahren mit einem Zuschlag von 12 dB dem früheren Vorgehen in Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989. Für nicht vollständige Trennung der Schalen im untersten Geschoss ergeben sich je nach vorliegender Situation Zuschläge von 3, 6 oder 9 dB. Der Ansatz zu diesem Verfahren stützt sich auf einen Vorschlag in [54] und Untersuchungen in [55].

Dieser Dimensionierung liegt ein Schalenabstand von mindestens 30 mm zugrunde. Falls der Schalenabstand mindestens 50 mm beträgt und der Fugenhohlraum mit Mineralwolle-Dämm-

platten nach DIN EN 13162, Anwendungskurzzeichen WTH nach DIN 4108-10 ausgefüllt wird, können die Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$ in denjenigen Situationen um 2 dB erhöht werden, in denen die Schallübertragung über Fundament und Bodenplatte keine signifikante Rolle spielt.

In DIN 4109-32 wird darauf hingewiesen, dass bei Fugenhohlräumen größer 30 mm eine Dämmstoffdicke von 30 mm ausreichend ist. Ein ungedämmter Fugenhohlraum ist nicht zulässig.

Eine zusätzliche Erweiterung des vorherigen Nachweisverfahrens berücksichtigt den Einfluss flankierender Decken und Wände. Das prognostizierte Schalldämm-Maß ergibt sich damit nach folgender Formel:

$$R'_{w,2} = R'_{w,1} + \Delta R_{w,Tr} - K \text{ [dB]} \quad (5.7)$$

mit

$R'_{w,2}$ Bewertetes Schalldämm-Maß der zweischaligen Haustrennwand

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

$\Delta R_{w,Tr}$ Zweischaligkeitszuschlag in Abhängigkeit von der Kopplung im Fundamentbereich, s. Tafel 15

K Korrekturwert zur Berücksichtigung der Übertragung über flankierende Decken und Wände

$R'_{w,1}$ kann aus der flächenbezogenen Masse m' der gleichschweren einschaligen Wand ermittelt werden:

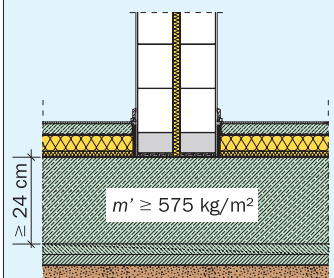
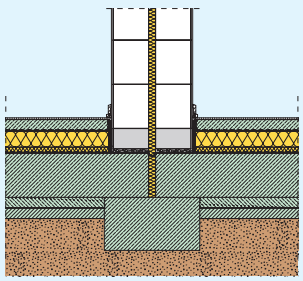
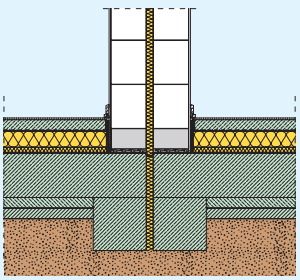
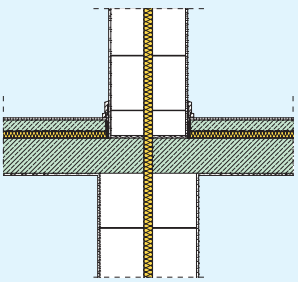
$$R'_{w,1} = 28 \lg(m') - 18 \text{ dB} \quad (5.8)$$

Da der Korrekturwert K die Schallübertragung flankierender Wände und Decken nur in den Fällen berücksichtigt, in denen die Übertragung im Fundamentbereich vernachlässigt werden kann, muss er nur dort angesetzt werden, wo auch der volle Zweischaligkeitszuschlag von 12 dB gilt. Das ist der Fall bei den Räumen, die nicht mit der Bodenplatte in Verbindung stehen, sich also mindestens eine Etage über dem Fundamentbereich befinden.

Der Korrekturwert wird aus der mittleren flächenbezogenen Masse der auf die Haustrennwand stoßenden massiven flankierenden Bauteile und der flächenbezogenen Masse einer Schale der Haustrennwand berechnet. Er kann bis zu 4 dB betragen und ist umso höher, je leichter die massiven Flankenbauteile gegenüber der Haustrennwand werden. Zu leichte massive Flankenbauteile sind also zu vermeiden. Im KS-Schallschutzrechner wird diese Korrektur berücksichtigt. Bei üblichen KS-Konstruktionen kommt die Korrektur der Flankenübertragung nicht zum Tragen.

Mit dem Korrekturwert wird nur der Einfluss massiver flankierender Bauteile erfasst. Eine mögliche Flankenübertragung über leichte Dachkonstruktionen kann damit nicht berücksichtigt werden. Die mit Gleichung (5.7) berechneten Werte werden in der obersten Etage nur erreicht, wenn die flankierende Übertragung über das Dach keine Rolle spielt. Dafür ist eine ausreichende akustische Trennung der Dachkonstruktion im Bereich der Haustrennwand erforderlich (siehe hierzu Abschnitt 6.2.5 und Bild 19). Die Dachkonstruktion sollte so ausgelegt werden, dass für ihre Normflankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w} > R'_{w,} + 5$ dB gilt. Entsprechende Angaben für flankierende Dachkonstruktionen sind in DIN 4109-33 zu finden.

Tafel 15 **Zweischaligkeitszuschlag $\Delta R_{w,Tr}$ für zweischalige Haustrennwände in Abhängigkeit von der Fundamentausbildung und der Raumsituation (flankierende Bauteile mit mittlerer flächenbezogener Masse $m'_{t,m}$ = 300 kg/m²)**

Fall 1: gemeinsame Bodenplatte	Fall 2: getrennte Bodenplatten, gemeinsames Fundament	Fall 3: getrennte Bodenplatten, getrennte Fundamente	Fall 4: durchgehende Trennfuge bis zum Fundament
Räume direkt über der Bodenplatte	Räume direkt über den Bodenplatten	Räume direkt über den Bodenplatten	Räume mindestens 1 Etage über dem Fundament
$\Delta R_{w,Tr}$ = + 6 dB	$\Delta R_{w,Tr}$ = + 6 dB	$\Delta R_{w,Tr}$ = + 9 dB [1)]	$\Delta R_{w,Tr}$ = + 12 dB [1)]
$\Delta R_{w,Tr}$ = + 3 dB Bei durchgehenden Außenwänden (m' ≥ 575 kg/m²) im Keller	Es konnten deutlich höhere Werte gemessen werden [55], jedoch wurde wegen der noch geringen Datenmenge eine Erhöhung des Zuschlags um 3 dB noch nicht vorgenommen.		$\Delta R_{w,Tr}$ = + 9 dB [1)] Bei durchgehenden Außenwänden (m' ≥ 575 kg/m²) im Keller
			

[1)] Bei einem Schalenabstand ≥ 50 mm und Ausfüllung des Schalenzwischenraums mit Mineralwolle-Dämmplatten (Typ WTH gemäß 4108-10) darf der Zuschlagswert $\Delta R_{w,Tr}$ um 2 dB erhöht werden.

5.3 KS-Schallschutzrechner

Angesichts des Umfangs der Berechnungsverfahren für Schallschutznachweise nach DIN 4109-2 ist es naheliegend, dafür ein geeignetes Berechnungsprogramm einzusetzen. Auf der Grundlage der Vorgaben der DIN 4109-2 wurde deshalb für Kalksandstein eine eigene Software – der KS-Schallschutzrechner [53] – entwickelt.

Der KS-Schallschutzrechner ermöglicht neben der Berechnung der Luftschalldämmung in Mehrfamilienhäusern (in horizontaler, vertikaler und diagonaler Richtung) die Berechnung des Trittschallschutzes. Darüber hinaus kann die Luftschalldämmung zweischaliger Haustrennwände sowie der Schallschutz gegenüber Außenlärm berechnet werden. Alle Berechnungen erfolgen mit Einzahlwerten, so wie es im Rahmen der DIN 4109-2 vorgesehen ist. Die Eingangsdaten stammen aus dem Bauteilkatalog der DIN 4109 (Teile 31 bis 36). Der Anwendungsschwerpunkt liegt im Massivbaubereich. Mit Hilfe des KS-Schallschutzrechners können aber auch mehrschalige Leichtbauteile, als Trennbauteil oder als Flanke, in die Berechnung einbezogen werden.

Damit sind Schallschutznachweise nach DIN 4109 für die wesentlichen dort definierten Anforderungskenngrößen sowie die relevanten Gebäudetypen möglich.

INFO

Durch die einfache Handhabung, die exakte Ermittlung der Flankendämmung sowie schnelle Variantenvergleiche mit dem KS-Schallschutzrechner (www.ks-schallschutzrechner.de) kann ein schneller, sicherer Nachweis mit einer effektiven Schwachstellenanalyse betrieben werden.

Der KS-Schallschutzrechner beinhaltet ein umfangreiches Programmhandbuch (Manual) in dem alle Grundlagen der Rechenmodule sowie deren Handhabung und Bedienung ausführlich erläutert sind.

Beim Nachweis des Luftschallschutzes einschaliger Bauteile ist es von besonderer Bedeutung, neben der Schallübertragung in horizontaler Richtung (Wände) immer auch die vertikale Übertragungsrichtung (Geschossdecken) zu berücksichtigen, da diese oft bemessungsrelevant im Hinblick auf die Auslegung der flankierenden Bauteile ist.

Ein Dimensionierungsbeispiel mit dem KS-Schallschutzrechner für den Fall der horizontalen Schallübertragung zeigt Tafel 16. Variiert werden dabei die Eigenschaften des Trennbauteils

Tafel 16 Dimensionierung mit dem KS-Schallschutzrechner, Variationsrechnung horizontale Übertragung

Horizontale Übertragung über Wohnungstrennwand 2,5 m · 5 m = 12,5 m², Werte mit Sicherheitsbeiwert von 2 dB									
Wohnungstrennwand[1]		Boden[2] Decke	Außenwand[1]			Innenwand[1]			R'_w
d [cm]	RDK	d [cm]	d [cm]	RDK	Kopplung	d [cm]	RDK	Kopplung	[dB]
24	1,8	18	17,5	1,8	starr	11,5	1,8	starr	**54,0**
24	2,0								**55,1**
24	2,2								**56,1**
30	2,0								**57,3**
24	2,0	24	20	2,0	starr	20	2,0	starr	**56,0**
30	2,0								**58,3**
24	2,0		17,5	1,8	entk.[3]	11,5	1,8		**56,1**
24	2,2								**57,1**
30	2,0					24,0			**59,0**

[1] Inkl. 10 mm Putz
[2] Boden mit 45 mm schwimmendem Estrich
[3] Wohnungstrennwand läuft bis Außenkante durch und die Außenwand ist planmäßig entkoppelt.

Tafel 17 Dimensionierung mit dem KS-Schallschutzrechner Online, Variationsrechnung vertikale Übertragung in einem Eckraum (4 x 5 m = 20,0 m²)

Vertikale Übertragung in einem Eckraum 4 m · 5 m = 20 m², Werte mit Sicherheitsbeiwert von 2 dB							
Geschossdecke[1]	Außenwand[2]		Innenwand[2]		Wohnungstrennwand[2]		R'_w
d [cm]	d [cm]	RDK	d [cm]	RDK	d [cm]	RDK	[dB]
18	17,5	1,8	11,5	1,8	24,0	1,8	56,8
18	17,5	2,0	11,5	2,0	24,0	2,0	57,3
24	17,5	2,0	11,5	2,0	24,0	2,0	59,4
24	20,0	2,0	20,0	2,0	24,0	2,0	60,2

[1] Boden mit 45 mm schwimmendem Estrich [2] Inkl. 10 mm Putz

und der flankierenden Bauteile. Außerdem wird die Bauteilverbindung an der Außenwand alternativ starr oder akustisch entkoppelt betrachtet. Das resultierende Bau-Schalldämm-Maß R'_w unterscheidet sich bei den einzelnen Varianten um bis zu 5 dB. Bei den angegebenen R'_w-Werten wurde zur Berücksichtigung der Unsicherheiten vom Berechnungsergebnis ein Abschlag von 2 dB vorgenommen. Dies entspricht dem für die DIN 4109 neu eingeführten Konzept zur Berücksichtigung von Unsicherheiten im Prognoseverfahren (siehe Abschnitt 4.1.3.6) und dem dort vorgesehenen pauschalen Sicherheitsbeiwert. Ein zu Tafel 16 analoges Dimensionierungsbeispiel für die Luftschalldämmung in vertikaler Richtung zeigt Tafel 17.

Anhand solcher Berechnungsvarianten lässt sich schnell erkennen, was mit einer bestimmten Auslegung erreicht werden kann und wie eine sinnvolle Schallschutzplanung aussehen muss, um ein gefordertes Schallschutzniveau zu erreichen. Durch die Erweiterung des KS-Schallschutzrechners um eine Funktion zum Variantenvergleich kann die Variante identifiziert werden, die im jeweiligen Fall das Optimum darstellt.

Zusätzlich kann der Trittschallschutz bereits detailliert entsprechend den Vorgaben in DIN EN ISO 12354-2 und der geplanten Überarbeitung in DIN 4109-2 (siehe Abschnitt 4.1.3.1) für die einzelnen flankierenden Übertragungswege berechnet werden. Mit dem KS-Schallschutzrechner kann der bauordnungsrechtlich geforderte Nachweis nach DIN 4109 erstellt werden. Aber auch eine detaillierte Planung eines darüber hinaus gehenden erhöhten Schallschutzes ist einfach und intuitiv möglich. Der Vergleich verschiedener Wanddicken, Rohdichteklassen oder Anschlusssituationen ermöglicht eine zielgenaue Prognose und gezielte und wirtschaftliche Optimierung des Schallschutzes.

INFO

Mit dem KS-Schallschutzrechner können folgende Berechnungen durchführen werden:

- **Schalldämmung R'_w einschaliger massiver Wände und Decken zwischen zwei Räumen, horizontal, vertikal und diagonal,**
- **Schallschutz $D_{nT,w}$ zwischen zwei Räumen horizontal, vertikal und diagonal,**
- **Bauteile auch mit Vorsatzschalen oder schwimmenden Estrichen und abgehängten Decken,**
- **frei wählbare Stoßstellenausbildungen bzw. Kopplungen zu Flankenbauteilen,**
- **Schalldämmung bzw. Schallschutz zweischaliger Haustrennwände,**
- **Trittschalldämmung $L'_{n,w}$ bzw. Trittschallschutz $L_{nT,w}$ für Decken,**
- **Schallschutz gegen Außenlärm,**
- **Schallschutz bei Aufzugsanlagen.**

Er ermöglicht die

- **Eingabe mehrschaliger Bauteile (Leichtbau), Berücksichtigung von Vorsatzschalen**
- **Berücksichtigung von Spektrum-Anpassungswerten C oder wahlweise C_{tr}.**

6. Hinweise zur Planung und Ausführung

Ein guter Schallschutz muss planerisch und konstruktiv richtig ausgeführt werden.

Die Hinweise dieses Abschnitts erläutern, welche schalltechnischen Fragestellungen bei Wänden in unterschiedlichen Funktionen (Wohnungstrennwand, Installationswand, Schachtwand von Aufzügen, Außenwand, Haustrennwand) zu lösen sind, wie die flankierende Übertragung beherrscht wird, wie lästige Installationsgeräusche vermieden werden und wie der Schallschutz im eigenen Wohnbereich gestaltet werden kann.

6.1 Einschalige Wände

6.1.1 Einschalige Wohnungstrennwände

Beim Schallschutz zwischen Nachbarräumen steht die Wohnungstrennwand im Mittelpunkt des Interesses. Durch die Vorgehensweise der Berechnungsverfahren in DIN 4109-2 wird nun klar erkennbar, an welcher Stelle deren Bauteileigenschaften und an welcher Stelle die Gebäudeeigenschaften für den resultierenden Schallschutz im Gebäude verantwortlich sind. Eine saubere Trennung der beiden Bereiche gemäß den Ausführungen in Abschnitt 2.2 sorgt für Klarheit bei der schalltechnischen Planung.

6.1.1.1 Schalltechnisches Gesamtkonzept

Schallschutz ist eine Gebäudeeigenschaft. Die Bauteileigenschaften der Trennwand liefern für das resultierende Ergebnis einen wesentlichen, aber nicht den einzigen Beitrag. Beispielhaft zeigt Tafel 16, wie die Direktschalldämmung R_w verschiedener Wohnungstrennwände durch den Einfluss der flankierenden Übertragung gemindert wird und sich im Endergebnis eine niedrigere resultierende Schalldämmung R'_w im Gebäude ergibt. Das erreichte Ergebnis hängt maßgeblich von der Gestaltung der Flankenbauteile ab.

INFO

Die Wohnungstrennwand muss in ein schalltechnisches Gesamtkonzept eingebunden werden und kann nicht isoliert betrachtet werden.

Der Einfluss der Flankenübertragung kann mit Hilfe der erläuterten Rechenverfahren detailliert beschrieben werden. Die Einbindung der Trennwand in das bauakustische Gesamtkonzept lässt sich leicht erkennen, wenn unterschiedliche Varianten für Trennwand und Flankenbauteile durchgespielt werden. Hier ist die Dimensionierung mit dem KS-Schallschutzrechner hilfreich. Ein Beispiel dafür zeigt Tafel 16.

Weitere Beispiele für realisierbaren Schallschutz mit KS-Wänden zeigt Bild 20. In Abhängigkeit von der Wanddicke und der Rohdichteklasse wird für verschiedene Kalksandstein-Konstruktionen der Einsatzbereich anhand des berechneten Schallschutzes aufgezeigt. Für die Beispielrechnung (Bild 20) wurden folgende Bedingungen gewählt:

- Trennwand variabel
- zwei nebeneinander liegende, nicht versetzte Räume
- Innenwand KS 11,5 cm RDK 2,0
- Außenwand KS 17,5 cm RDK 2,0
- Boden und Decke Normalbeton 24 cm
- Flankenanschlüsse alle starr

Bei der angenommen Raumtiefe (senkrecht zur Trennwand) von 3 m ergeben sich in diesem Fall für R'_w und $D_{nT,w}$ dieselben Zahlenwerte.

6.1.1.2 Hinweise zur flankierenden Schallübertragung

Die Anforderungen an die Schalldämmung der Flankenwege müssen umso höher sein, je höher das gewählte Schallschutzniveau ist. Die beste Direktschalldämmung einer Wohnungstrennwand nützt nichts, wenn die flankierenden Bauteile die Gesamtdämmung bestimmen.

INFO

Erhöhter Schallschutz erfordert eine konsequente Berücksichtigung der Flankendämmung.

Zwei Einflussgrößen müssen nach Gleichung (5.5) schalltechnisch berücksichtigt werden: die Direktschalldämmung der beteiligten Bauteile und die Stoßstellendämmung.

Die grundsätzliche Forderung lässt sich aus den dargestellten Verhältnissen ableiten:

- Die flankierenden Bauteile sollen eine hohe Direktschalldämmung aufweisen. Im Massivbau wird eine hohe Direktschalldämmung durch eine große flächenbezogene Masse erreicht. Vorteilhaft sind dabei hohe Rohdichten, um die Wanddicken trotz großer flächenbezogener Massen so klein wie möglich zu halten. Diese Aussage gilt gleichermaßen für Innenwände wie für Außenwände.
- Das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} soll möglichst groß werden. Am Knotenpunkt mit einem Flankenbauteil kann das Stoßstellendämm-Maß auf dem Weg Ff erhöht werden, wenn das Flankenbauteil leichter wird. Gleichzeitig sinkt die Direktschalldämmung dieser Bauteile. Beide Effekte kompensieren sich jedoch nicht. Der Einfluss der Direktschalldämmung überwiegt.

6.1.1.3 Stoßstellendämm-Maß und Direktschalldämmung von Flankenbauteilen

Das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} ist unter baupraktischen Bedingungen keine unabhängige Größe, sondern wird durch die Wahl der an der Stoßstelle beteiligten Bauteile festgelegt. Vorausgesetzt wird dabei, dass es sich um eine kraftschlüssige (schalltechnisch biegesteife) Verbindung zwischen den Bauteilen handelt. Das Stoßstellendämm-Maß hängt dann vom Verhältnis der flächenbezogenen Massen der beteiligten Bauteile ab.

Für das Beispiel Wohnungstrennwand gilt: Der Weg über die flankierende Innen- oder Außenwand in Bild 13 (Weg Ff) erreicht ein umso höheres Stoßstellendämm-Maß K_{ij}, je leichter das flankierende Bauteil im Verhältnis zur Wohnungstrennwand wird. Es wäre aber konstruktiv die falsche Lösung, aus diesem Grund nun die Flankenbauteile möglichst leicht machen zu wollen.

Die Summe aus den Direktschalldämm-Maßen der beteiligten Bauteile und dem Stoßstellendämm-Maß bestimmt die resultierende Flankendämmung. Es ist bei Variationsberechnungen mit dem KS-Schallschutzrechner sofort erkennbar, dass mit leichteren Flankenbauteilen zwar das Stoßstellendämm-Maß erhöht werden kann, dass aber gleichzeitig (Massegesetz!) die Direktschalldämmung dieser Bauteile sinkt. Berechnungen und die praktische Erfahrung zeigen, dass sich diese beiden gegenläufigen Effekte nicht kompensieren.

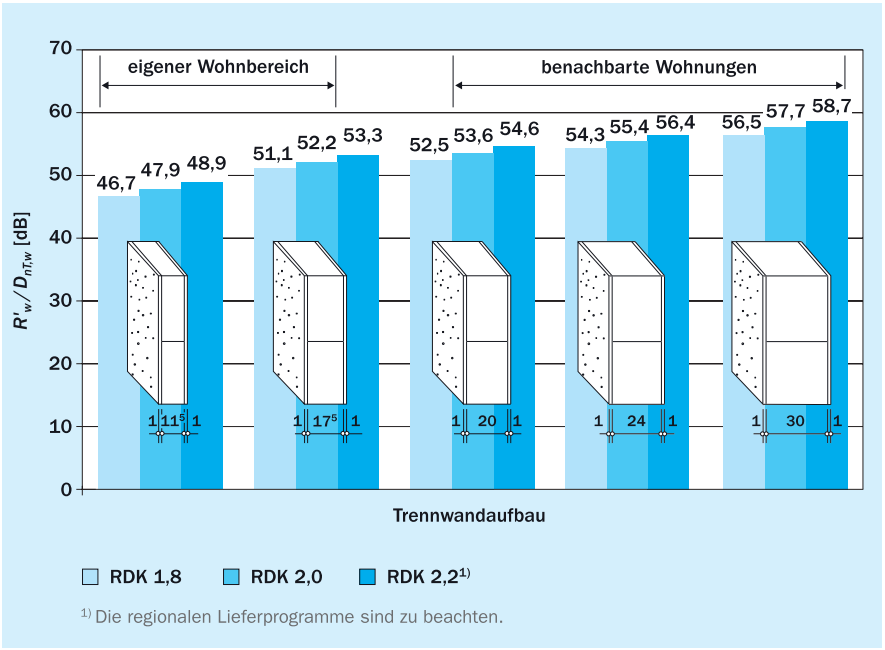


Bild 20 **Beispiele für Schalldämm-Maße in Abhängigkeit von Wanddicke und Wandrohdichte**

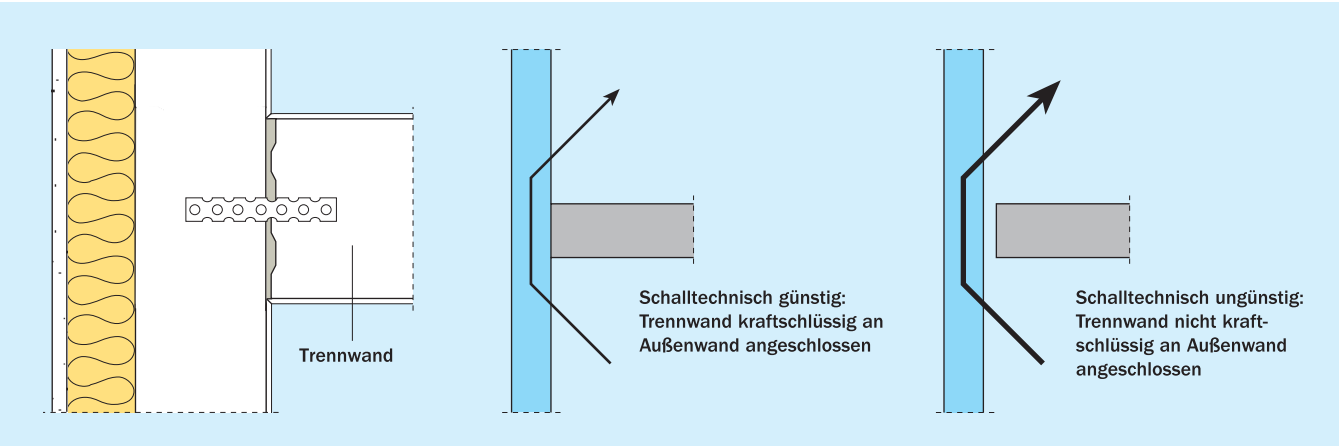


Bild 21 T-Stoß: flankierende Außenwand durchgehend, Trennwand stumpf angeschlossen

Vielmehr wirkt sich in der Gesamtbilanz die erhöhte Direktschalldämmung bei schwereren Flankenbauteilen stärker aus als die verringerte Stoßstellendämmung. Das Planungsziel ist deshalb wie folgt zu formulieren:

- Die flankierenden Bauteile (Außenwände, Innenwände und Decken) ausreichend schwer machen. Wie schwer, muss anhand des gewählten Schallschutzniveaus festgelegt werden.
- Bei horizontaler Übertragung über die Wohnungstrennwand hinweg zusätzlich dafür sorgen, dass die Stoßstelle in der vorgegebenen Bauteilkombination (schwere Wohnungstrennwand, flankierende Außen- oder Innenwand) die maximal mögliche Stoßstellendämmung auch tatsächlich erreicht. Dies setzt eine schalltechnisch biegesteife Verbindung zwischen den Bauteilen voraus.
- Bei vertikaler Übertragung über die Wohnungstrenndecke hinweg kann das Prinzip der erhöhten Stoßstellendämmung gezielt eingesetzt werden: Wenn die Festlegungen für die flankierenden Außen- und Innenwände getroffen worden sind, kann die flankierende Übertragung über diese Bauteile dadurch zusätzlich vermindert werden, dass die Trenndecke möglichst schwer ausgeführt wird. Eine größere flächenbezogene Masse sorgt hier für eine höhere Stoßstellendämmung (Bild 13: Weg Ff). Als günstig erweisen sich aus schalltechnischer Sicht Stahlbetondecken von mindestens 20 cm Dicke.

Falls die zweite Voraussetzung nicht erfüllt ist (z.B. durchlaufende flankierende Wand und Trennwand mit Trennfuge angeschlossen) ist die „Festhaltefunktion“ der Trennwand nicht mehr gegeben. Die Übertragung über das Flankenbauteil erhöht sich dramatisch. Dies ist ein wichtiger Hinweis für die Ausführung (z.B. bei der Ausführung des Stumpfstoßes).

Die exakte Festlegung der konstruktiven Eigenschaften, insbesondere der flächenbezogenen Massen, richtet sich nach dem gewählten Schallschutzniveau. Hier zeigt sich der Vorteil des KS-Schallschutzrechners, mit welchem leicht verschiedene konstruktive Varianten durchgespielt werden können.

6.1.1.4 Ausführung der Stoßstellen mit Stumpfstoß

Die vorhergehenden Ausführungen haben gezeigt, dass die Stoßstellendämmung für die resultierende Schalldämmung eine bedeutende Rolle spielt. Im Sinne eines schalltechnischen Gesamtkonzepts muss konsequenterweise dafür gesorgt werden, dass die Stoßstelle auch konstruktiv so behandelt wird,

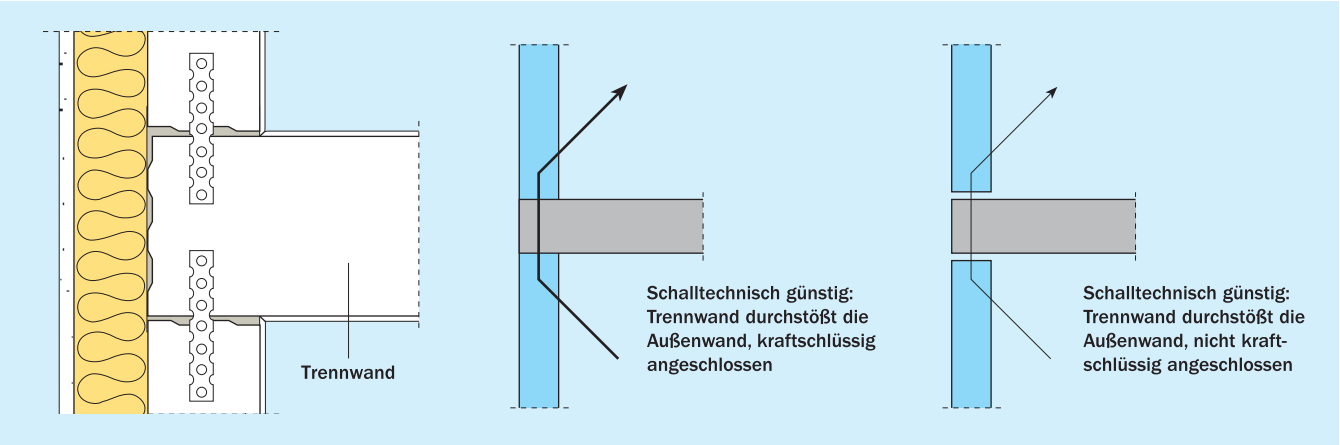


Bild 22 T-Stoß: Trennwände durchgehend, flankierende Wände stumpf angeschlossen

dass ihre bauakustisch gewünschten Eigenschaften optimiert und gewährleistet werden.

Wenn Stoßstellen massiver Bauteile mit dem Rechenverfahren nach DIN 4109-2 berechnet werden, wird aus physikalischer Sicht von einer Bauteilverbindung ausgegangen, wie sie typischer Weise durch einen verzahnten Knotenpunkt dargestellt wird. Die aufeinander stoßenden Bauteile werden lediglich durch ihre flächenbezogenen Massen charakterisiert. In der heutigen Praxis des Mauerwerkbaus wird dagegen weitgehend der Stumpfstoß angewendet (Bild 21).

Schalltechnisch sind beide Varianten gleichwertig, wenn die beim Stumpfstoß vorliegende Bauteilverbindung als starr angenommen werden kann. Die Stoßstellendämmung entspricht dann derjenigen des verzahnten Stoßes. Dies konnte durch Messreihen an KS-Wänden mit unterschiedlich gestalteten Knotenpunktausbildungen bestätigt werden [57].

INFO

Damit die geforderte schalltechnisch biegesteife Verbindung beim Stumpfstoß zustande kommt, ist es erforderlich, dass die Stumpfstoßfuge zwischen beiden Wänden vollflächig sorgfältig vermörtelt ist. Wenn dies nicht gewährleistet werden kann, ist bereits in der Schallschutzplanung ein nicht biegesteif verbundener Stoß anzunehmen. Bei reiner Kalksandsteinbauweise bedeutet dies eine Verminderung der Schalldämmung um ca. 1 bis 2 dB. Bei leichten Außenwänden kann diese Verminderung erheblich größer sein.

Wenn im Gegensatz zur biegesteifen Verbindung gelegentlich versucht wird, den Knotenpunkt als Stumpfstoß mit Trennfuge (und Dämmmaterial in der Fuge) auszuführen, dann handelt es sich um eine schalltechnisch riskante Lösung. Selbst wenn durch vollständige Abdichtung der Fuge eine ausreichende Direktschalldämmung über das trennende Bauteil erreicht wird, ist das Problem in Form der flankierenden Übertragung vorprogrammiert. Die durchlaufende flankierende Wand wird nicht mehr im Knotenpunkt von der Trennwand festgehalten. Die flankierende Übertragung über diese Wand steigt dramatisch an. Dies wird üblicherweise als ein schalltechnischer Schadensfall bezeichnet.

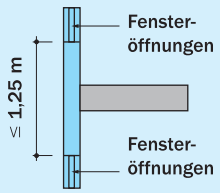
Unter diesem Aspekt ist erkennbar, dass die schalltechnische Funktionsfähigkeit des Stumpfstoßes davon abhängt, dass die schalltechnisch biegesteife Anbindung sorgfältig und dauerhaft hergestellt wurde. Unter baupraktischen Bedingungen wird es aber nicht mit völliger Sicherheit zu vermeiden sein, dass es zum Abreißen zwischen beiden Bauteilen kommt. Wie verschiedene Messungen in Prüfständen und Gebäuden gezeigt haben, muss dann damit gerechnet werden, dass der biegesteife Anschluss nicht mehr ausreichend funktioniert und die Schallübertragung über das flankierende Bauteil zunimmt. Offensichtlich ist es dazu nicht erforderlich, dass die Fuge vollständig getrennt wird.

Aus akustischer Sicht stellt sich die Frage, wie die derzeitige Stumpfstoßkonstruktion noch betriebssicherer und einfacher ausgeführt werden kann. Die Stumpfstoßtechnik, auf die im heutigen Baubetrieb nicht mehr verzichtet werden kann, muss dauerhaft und in allen Situationen anwendungssicher sein. Die vorgesehene Lösung folgt dem in Bild 22 dargestellten Prinzip.

Die Wohnungstrennwand durchstößt die Außenwand vollständig. Für den Wärmeschutz entstehen dabei keine nachteiligen Auswirkungen, da die Außenwand als Kalksandsteinwand stets mit einer außenseitigen Wärmedämmung versehen ist.

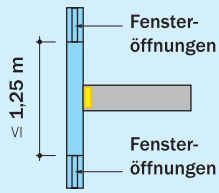
Variante 1: Stumpfstoß, wenn Außenwandlänge ≤ 1,25 m

Variante 1a: Stumpfstoß, akustisch kraftschlüssig



Akustische Trennung ist anzusetzen bei mangelhafter handwerklicher Ausführung und Baustoffen mit unterschiedlichem Verformungsverhalten.

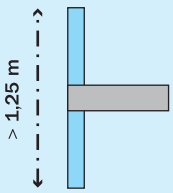
Variante 1b: Stumpfstoß, akustisch entkoppelt



Diese Ausführung ist nicht zu empfehlen. Eine Verschlechterung der Schalldämmung ist möglich.

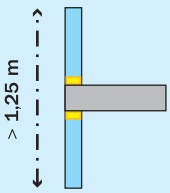
Variante 2: „Durchführen", wenn Außenwandlänge > 1,25 m

Variante 2a: „Durchführen", akustisch kraftschlüssig



Die bauübliche handwerkliche Ausführung neigt zu einem akustischen Abriss
→ Schalltechnische Verbesserung!

Variante 2b: „Durchführen", akustisch entkoppelt



Die planmäßige schalltechnische Entkopplung ist bei hohen Anforderungen (R'_w > 57 dB) zu empfehlen.

Bis zu einer Pfeilerlänge der Außenwand von ≤ 1,25 m ist die auf den Nachbarraum übertragene Schallenergie bei nahezu raumhohen Fensteröffnungen gering. Daher können aus baupraktischen Gründen dort Stumpfstöße ausgeführt werden.

Bild 23 Ausführungsvarianten der Stoßstelle zwischen Außenwand und Wohnungstrennwand unter Berücksichtigung der Baupraxis

Schalltechnisch dagegen entsteht eine gegen Ausführungsfehler und mechanische Belastungen unempfindliche Konstruktion. Wie die Untersuchungen in [57] zeigen, ist auch dieser Stoß schalltechnisch gleichwertig zur biegesteifen Variante aus Bild 21 zu betrachten. Rechnerisch kann er im Rahmen des Berechnungsverfahrens deshalb wie der herkömmliche T-Stoß angesetzt werden. Wenn es bei dieser Stumpfstoßlösung auch zum Abreißen zwischen Außen- und Wohnungstrennwand kommen sollte, verbessert sich die Flankendämmung über die Außenwand sogar, da die Schallübertragung über die abgerissene Verbindung behindert oder sogar verhindert wird.

INFO

Die konstruktive Variante, bei der anstelle des Stumpfstoßes die Wohnungstrennwand die flankierende Wand durchstößt, stellt eine dauerhafte, verlässliche Lösung dar und sorgt damit für Planungs- und Ausführungssicherheit.

Für die Praxis ist zusätzlich wichtig, dass der Stoß für kleine Pfeilerlängen beidseitig der Wohnungstrennwand bis zu einer Gesamtbreite von ≤ 1,25 m auch mit durchlaufender Außenwand ausgeführt werden darf, wie in Bild 23 dargestellt.

6.1.1.5 Flankenübertragung über die Außenwand

Immer wieder zeigt sich in der Baupraxis, dass die Außenwand als kritisches Flankenbauteil in Erscheinung tritt, denn der Schallschutz innerhalb des Gebäudes wird durch die Außenwand maßgeblich beeinflusst. Im Regelfall ist es bei der Außenwand somit nicht der Schutz gegen Außenlärm, der besondere Aufmerksamkeit erfordert, sondern der Luftschallschutz im Gebäudeinneren.

Wie die Außenwand in das schalltechnische Gebäudekonzept eingebunden ist, zeigt Bild 24.

In schalltechnischer Hinsicht interessieren bei Außenwänden somit zwei Eigenschaften:

- Die direkte Schalldämmung: Sie muss beim **Schutz gegen Außenlärm** beachtet werden. Da der Schall in diesem Fall auf seinem Weg von außen nach innen den kompletten Wandaufbau durchläuft, spielen dabei die Eigenschaften der außenliegenden Schichten, z.B. WDVS eine Rolle (siehe dazu Abschnitt 7.4).

- Die Flankendämmung: Sie muss beim Schutz gegen **Schallübertragung innerhalb des Gebäudes** beachtet werden. Dabei müssen die Eigenschaften des WDVS nicht berücksichtigt werden. Darauf wird in den folgenden Erläuterungen eingegangen.

Aus dem in Bild 24 beschriebenen Zusammenhang ist sofort zu erkennen, dass beim Schallschutz im Gebäudeinneren die Außenwände auch in ihrer Funktion als flankierende Bauteile bei der schalltechnischen Planung zu berücksichtigen sind. Dies gilt sowohl in der horizontalen Richtung zwischen nebeneinander liegenden als auch in vertikaler Richtung zwischen übereinander liegenden Wohnungen (Bild 25).

Falls eine Wärmedämmung auf der Wand angebracht ist, ergibt sich je nach Lage der Dämmschicht für die flankierende Übertragung eine unterschiedliche Situation. Die flankierende Übertragung findet bei innen liegender Dämmschicht über die innen liegende Schale statt. Da diese oftmals mit viel zu steifen Dämmschichten ausgebildet wird, sind aufgrund ungünstiger Resonanzschwingungen starke Verschlechterungen der Flankendämmung gegenüber der Wand ohne Dämmsystem möglich.

Im Gegensatz zu innen liegenden Dämmschichten hat die außen liegende Wärmedämmung (z.B. als WDVS oder bei zweischaligem Außenmauerwerk) keine schädlichen Auswirkungen auf die Flankendämmung (Bild 26). Die Eigenschaften der Massivwand können für die Flankendämmung voll ausgeschöpft werden. Vorteilhaft sind dabei grundsätzlich Wände mit hoher flächenbezogener Masse. Während bei der Direktschalldämmung die kleinere Masse des Resonanzsystems (d.h. die Putzschicht) entscheidend ist, kann nun für die Flankendämmung die schwerere Masse der Massivwand genutzt werden.

Die konstruktive Trennung von Wärmeschutz (z.B. WDVS) und Schallschutz (durch die Massivwand) erweist sich schalltechnisch als sinnvoll.

Die massive Wand muss keine wärmedämmende Funktion übernehmen und kann deshalb schwer sein. Für die Flankendämmung kann die gesamte Masse der massiven Wand genutzt werden. Ausreichend schwere Wände mit WDVS oder Verblendschale sind damit in der Lage, auch erhöhten Anforderungen an die Luftschalldämmung und damit auch an die flankierende Übertragung gerecht zu werden.

Der Zielkonflikt zwischen Schall- und Wärmeschutz ist durch die funktionale Trennung beider Bereiche aufgehoben. Während beim Außenlärm eine differenzierte Betrachtung der Verhältnisse erforderlich ist, um richtige Festlegungen für das WDVS zu treffen (siehe Abschnitt 7.4), ist dies bei der flankierenden Schallübertragung nicht erforderlich.

Werden Trennwände als leichte mehrschalige Bauteile (z.B. Metallständerwände mit Gipskartonplatten beplankt) ausgeführt, ist die Stoßstellendämmung auf dem Übertragungsweg über die massive Außenwand sehr gering bzw. entspricht einem Mindestwert $K_{ij,min}$, so dass das Flanken-Schalldämm-Maß in etwa dem Direktschalldämm-Maß der massiven Außenwand entspricht. Der Mindestschallschutz zwischen den Räumen ist dann nur mit sehr schweren Außenwänden, ein erhöhter Schallschutz nur mit zusätzlichen Maßnahmen (z.B. Vorsatzschalen vor der Außenwand) zu erreichen.

6.1.2 Ausführungsfragen bei einschaligen Wänden mit Schallschutzanforderungen

Bei der Ausführung einschaliger Wände sind wesentliche Aspekte zu berücksichtigen. Das aus der flächenbezogenen Masse zu erwartende Schalldämm-Maß (siehe Massekurve) einer Mauerwerkswand kann nur dann erreicht werden, wenn nicht Installationen, Fugen, Schlitze oder Undichtigkeiten die Schalldämmung verringern.

6.1.2.1 Putzschichten und unvermörtelte Stoßfugen

Immer wieder wird vermutet, dass die Schalldämmung bei offenen Fugen auch deshalb leidet, weil die flächenbezogene Masse der Wand reduziert wird. Falls offene Fugen im Mauerwerk

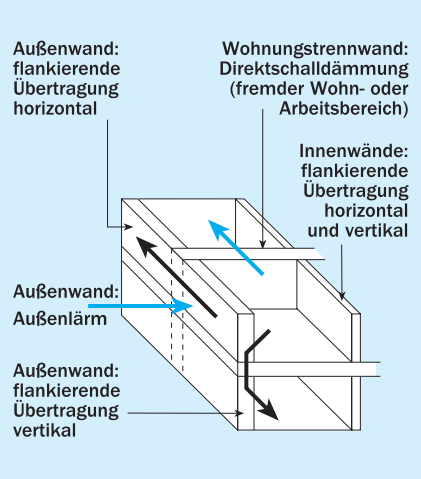


Bild 24 Einbindung der Außenwand in das schalltechnische Gebäudekonzept

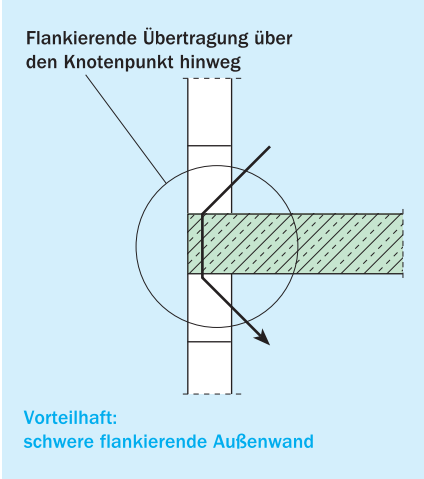


Bild 25 Flankierende Übertragung (vertikal) über die Außenwand

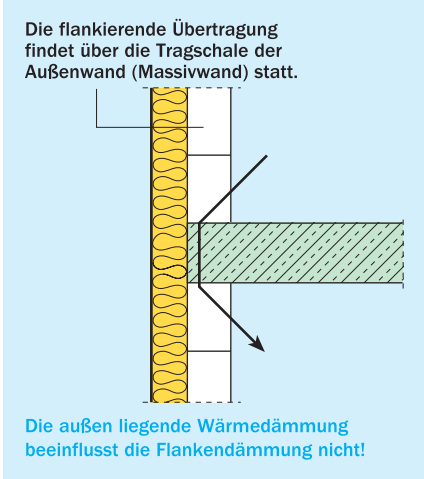


Bild 26 Flankierende Übertragung (vertikal) über die Außenwand mit außenseitiger Wärmedämmung (WDVS)

vorhanden sind, verringert sich die flächenbezogene Masse in etwa proportional zum Anteil der Fugenfläche an der Gesamtfläche. Selbst wenn offene Fugenflächen im ungünstigsten Fall einen Flächenanteil von 1 % haben sollten, fällt die Verminderung der flächenbezogenen Masse schalltechnisch nicht ins Gewicht, so dass dadurch keine Minderung der Schalldämmung zu berücksichtigen ist.

Kritisch ist bei offenen Fugen vielmehr der direkte Schalldurchgang, der die Schalldämmung erheblich mindern kann. Der in Gleichung (5.4) angegebene Zusammenhang zwischen flächenbezogener Masse m' und bewertetem Schalldämm-Maß R_w der Wand setzt einen Aufbau voraus, der keine sichtbar bleibenden offenen Fugen aufweist.

Die Wand muss im schalltechnischen Sinne abgedichtet werden, z.B. mit Putz. Zu beachten ist dabei die Vorgabe der Mauerwerksnorm DIN EN 1996/NA, die vorschreibt, dass bei Mauerwerk ohne Stoßfugenvermörtelung bei nicht knirsch verlegten Steinen mit Fugenbreiten > 5 mm die Fugen an der Außenseite beim Mauern mit Mörtel verschlossen werden müssen.

Untersuchungen belegen, dass für eine ausreichende schalltechnische Abdichtung von Wänden mit unvermörtelten Stoßfugen bereits dünne Putze auf beiden Seiten ausreichend sind. In [56] wird anhand von Laboruntersuchungen für eine KS-Wand (17,5 cm KS-Vollsteine, unvermörtelte Stoßfugen mit Nut-Feder-System) gezeigt, dass mit beidseitigem Dünnlagenputz (mittlere Dicke ca. 5 mm) die schalltechnische Dichtigkeit hergestellt werden kann. Bei dickeren Putzschichten steigt die Schalldämmung dann nur noch entsprechend dem Massezuwachs an, ohne dass schalltechnisch die Dichtigkeit weiter erhöht würde.

INFO

Schon ein einseitig aufgetragener Putz mit z.B. 10 mm Dicke erfüllt die schalltechnischen Anforderungen. Der Putz ist bis auf OK Rohdecke zu führen, damit im Fußbodenbereich keine Undichtigkeiten verbleiben.

Bei sichtbar belassenem Mauerwerk müssen die Stoßfugen sorgfältig vermörtelt sein, auch wenn die Stirnseiten der Steine mit Nut- und Feder-System ausgestattet sind. Falls diese Vermörtelung nicht erfolgt, muss die Wand durch einen vollflächig haftenden Putz bzw. durch eine entsprechende Beschichtung gegen unmittelbaren Schalldurchgang abgedichtet werden.

Wird bei einer schalltechnisch undichten Rohbauwand ein Wand-Trockenputz durch Einbau von Gipskartonplatten mit einzelnen Gipsbatzen oder -streifen an der Wand befestigt, ist mit einer Verringerung der Schalldämmung gegenüber nass verputzten Wänden zu rechnen. Bei Verwendung von Trockenputzen muss die Wand schalltechnisch dicht sein bzw. vor dem Aufbringen des Trockenputzes z.B. durch Zuspachteln der Fugen abgedichtet werden. Trotz dieser Maßnahmen ist bei Trockenputz mit Gipsbatzen oder Ähnlichem mit Verschlechterungen zu rechnen. Vollflächig angesetzter Trockenputz auf schalltechnisch abgedichteten Wänden ist dagegen problemlos.

6.1.2.2 Trennwände mit Installationen und Einbauten

Schlitze und Einbauten wie z.B. Elektroinstallationen verringern die Wanddicke und damit die flächenbezogene Masse der Wand im Bereich der Einbaufläche, so dass die dort verbleibende Restwand eine verringerte Schalldämmung aufweist. Formal kann eine solche Wand mit Einbauten wie ein zusammengesetztes Bauteil mit Teilflächen unterschiedlicher Schalldämmung betrachtet werden, für das die resultierende Schalldämmung berechnet werden kann (siehe Gleichung 7.3).

Steckdosen

Messungen in einem Prüfstand zeigen, dass selbst mehrere Steckdosen aufgrund ihrer kleinen Teilfläche und der ausreichend hohen Restdämmung der hinter dem Dosenbereich verbleibenden Wand bei Wohnungstrennwänden (m' > 410 kg/m^2) die resultierende Schalldämmung nicht verringern.

INFO

Auch bei beidseitiger Installation von Steckdosen muss nicht mit einer Minderung der Schalldämmung gerechnet werden, sofern die Öffnungen für die Steckdosen von beiden Seiten separat ohne durchgehende Bohrung hergestellt werden [58]. Bei Kalksandsteinen mit durchlaufenden Kanälen (KS -E-Steine) sind die Elektrodosen mit Gipsbatzen einzusetzen.

Zählerschränke

Zählerschränke, die z.B. im Geschosswohnungsbau in Treppenraumwände eingebaut werden, führen bei dichter Ausführung der Zählerschranktür nach Untersuchungen von Karl Gösele zu einer Verringerung der Schalldämmung von etwa 1 bis 2 dB. Zur Einhaltung der Anforderung an die Luftschalldämmung kann es erforderlich sein, die Zählerschränke ohne Verringerung des Wandquerschnitts einzubauen oder an anderer Stelle zu planen.

Wasser- und Abwasserleitungen

Falls Wände für die Unterputzverlegung von Rohrleitungen geschlitzt werden, sind die einschlägigen Regeln der Mauerwerksnormen zu berücksichtigen. Dem Schlitzen von Wänden sind damit deutlich engere Grenzen gesetzt, als es in der Praxis immer wieder zu beobachten ist. Lassen sich Schlitze für die Wasserinstallation nicht vermeiden, so müssen die erforderlichen Schlitze bereits bei der Planung berücksichtigt und als gemauerte Schlitze ausgeführt werden. Die Restwand darf nicht beschädigt oder undicht sein. Ihre flächenbezogene Masse zum schutzbedürftigen Raum hin soll mindestens 220 kg/m^2 betragen. In DIN 4109-36 heißt es: *„Die Verlegung von Leitungen innerhalb massiver Wände oder Decken ist auch bei Verwendung schalldämmender Ummantelungen wenn möglich zu vermeiden.“*

Aus akustischer Sicht gelten die zuvor schon erläuterten Bedingungen bei zusammengesetzten Bauteilen. Im Unterschied zu Steckdosen oder anderen kleinen Einbauten ist hier aber die Teilfläche mit verringerter Schalldämmung größer und die verbleibende Wanddicke kleiner, so dass die resultierende Schalldämmung verringert wird. Wird z.B. in einer 9 m^2 großen Wand (d = 240 mm, m' > 410 kg/m^2, R'_w = 53 dB bei einer mittleren flächenbezogenen Masse der Flankenbauteile von etwa 300 kg/m^2) ein Schlitz von 100 mm Breite und 100 mm Tiefe über die gesamte Höhe der Wand angebracht, so sinkt die resultierende Schalldämmung um 0,5 dB. Würde der Schlitz dagegen mit 150 mm Tiefe und 150 mm Breite ausgeführt, so würde die resultierende Schalldämmung der Wand um ca. 2 dB vermindert werden. Damit wäre die Einhaltung der Schallschutzanforderungen nach DIN 4109 an eine Wohnungstrennwand (erf. $R'_w \geq$ 53 dB) nicht mehr gegeben. Bei der Verlegung von Abwasserleitungen in Wandschlitzen sollte die flächenbezogene Masse der Restwand zum schutzbedürftigen Raum hin mindestens 220 kg/m^2 betragen. Bei einer Wohnungstrennwand von 240 mm Dicke (Steinrohdichte 1,8) entspräche dies einer Restwanddicke von ca. 130 mm bzw. einer maximal möglichen Schlitztiefe von ca. 110 mm.

Körperschallisolierung bei Rohrleitungen

Bei der Unterputzverlegung von Rohrleitungen besteht das schalltechnische Hauptproblem neben einer möglichen Minderung der Schalldämmung vor allem in der verstärkten Übertragung von Leitungsgeräuschen. Ohne vollständige und sorgfältig ausgeführte Körperschallisolierung in Form von geeigneten Rohrummantelungen besteht nämlich die Gefahr, dass die auf den Rohrwandungen vorhandenen Schwingungen über Körperschallbrücken auf die Wand übertragen werden. Eine verstärkte Weiterleitung der Installationsgeräusche und in der Regel eine Überschreitung der für Wasserinstallationen zulässigen Schallpegel sind die Folge.

INFO

Unterputzverlegung von Rohrleitungen benötigt eine sorgfältig ausgeführte Körperschallisolierung in Form von geeigneten, lückenlos angebrachten Rohrummantelungen. Körperschallbrücken bewirken eine verstärkte Weiterleitung der Installationsgeräusche und in der Regel eine Überschreitung der für Wasserinstallationen zulässigen Schallpegel.

Vorwandinstallation

Grundsätzlich kann die Körperschallentkopplung der Sanitärinstallation von der Installationswand als die wirksamste Maßnahme zur Minderung der Installationsgeräusche betrachtet werden. Darum gehören nicht nur Rohrleitungen, sondern alle Komponenten der Sanitärinstallationen vor die Wand. Die Vorwandinstallation stellt deshalb die einzige schalltechnisch sinnvolle und zeitgemäße Installationsweise dar. Die Verlegung von Leitungen in Wandschlitzen dagegen ist hochgradig durch Körperschallbrücken gefährdet.

INFO

Nur mit geeigneten körperschallentkoppelnden Produkten (Nachweis durch Prüfzeugnisse!) und bei absolut fehlerfreier (d.h. körperschallbrückenfreier) Verlegung der Leitungen ist eine Unterputzmontage verantwortbar.

In diesem Zusammenhang weist die DIN 4109-1 als Voraussetzung zur Erfüllung des zulässigen Schalldruckpegels darauf hin, dass die verantwortliche Bauleitung benannt und zu einer Teilabnahme vor Verschließen bzw. Verkleiden der Installation herangezogen werden muss. Weitere Details sind in einem ZVSHK-Merkblatt [59] beschrieben. Dieses Merkblatt enthält in einem umfangreichen Anhang schalltechnische Planungs- und Ausführungshinweise für verschiedene Bereiche der Sanitärinstallation sowie darüber hinaus auch für Heizungsanlagen und raumlufttechnische Anlagen. Es stellt damit eine wirkungsvolle Hilfestellung zur Bewältigung der vielfachen schalltechnischen Aufgaben im Installationsbereich dar.

6.1.2.3 Einsatz des KS-Wärmedämmsteins

Wärmebrücken an kritischen Stellen, wie z.B. an Fußpunkten von Wänden können vermindert werden, wenn als unterste Lage der Wand KS-Wärmedämmsteine verwendet werden. Diese weisen eine geringere Wärmeleitfähigkeit und eine geringere Rohdichte als das restliche KS-Mauerwerk auf. Aus schalltechnischer Sicht stellt sich die Frage, ob dadurch die Schalldämmung der gesamten Wand vermindert wird. Eine rechnerische Überprüfung und Untersuchungen im Prüfstand [60] an zwei bis

auf die unterste Steinlage identischen Wandaufbauten ergaben, dass sich zwischen den Varianten „mit KS-Wärmedämmstein“ und „ohne KS-Wärmedämmstein“ kein Unterschied im bewerteten Schalldämm-Maß ergibt. Der messtechnische Nachweis erfolgte an einer 11 m² großen, 24 cm dicken Wand aus KS-Steinen KS -R P 1,8 – 8 DF, jeweils mit und ohne unterste Lage aus KS-Wärmedämmsteinen der Rohdichteklasse 1,2. Rechnerisch zeigt sich, dass die KS-Wärmedämmsteine auch bei 24 cm dicken Wänden der RDK 2,0 zu keiner merkbaren Verminderung der Schalldämmung führen. Sofern sich der Wärmedämmstein komplett in der Ebene des schwimmenden Estrichs befindet, kann auch bei höheren RDK eine Auswirkung auf die Schalldämmung vermieden werden.

6.1.3 Einschalige Wände mit besonderen Eigenschaften und Anforderungen

Neben der einschaligen Wohnungstrennwand sind in der Baupraxis noch andere Wände von Bedeutung, die sich durch besondere Eigenschaften bzw. Anforderungen auszeichnen.

6.1.3.1 Trennwände mit biegeweichen Vorsatzschalen

Biegeweiche Vorsatzschalen werden vor massiven einschaligen Wänden angebracht, um deren Schalldämmung zu verbessern. Die Schalldämmung der Gesamtkonstruktion kann nach Gleichung (5.3) berechnet werden. Das Grundprinzip besteht darin, dass zusammen mit der zweiten Schale ein zweischaliges Bauteil gebildet wird, das oberhalb seiner Resonanzfrequenz eine starke Erhöhung der ursprünglichen Schalldämmung besitzt. Dieses Prinzip wird in Bild 38 verdeutlicht, das auch für die akustischen Verhältnisse einer Vorsatzschale herangezogen werden kann. Beispiele für solche Vorsatzschalen zeigt Tafel 18.

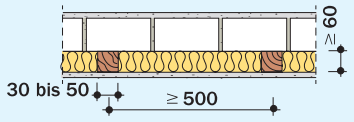
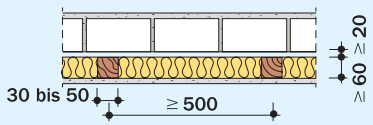
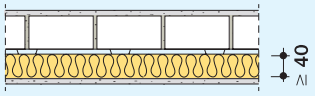
Bild 38 verdeutlicht, dass die Lage der Resonanzfrequenz entscheidend für die Wirkung der Vorsatzschale ist. Aus bauakustischer Sicht sollte diese so tief wie möglich liegen (Empfehlung: $f_0 \leq 50$ Hz), damit die Verbesserung der Schalldämmung in einem möglichst großen Frequenzbereich zur Geltung kommt und die Verminderung der Schalldämmung durch den Resonanzeinbruch bei f_0 nicht störend in Erscheinung tritt. Werden allerdings Vorsatzschalen mit bauakustisch falsch dimensionierter Resonanzfrequenz verwendet, dann führt das statt zu Verbesserung zu einer Verschlechterung der Schalldämmung. Die Werte für ΔR_w werden in diesem Fall negativ. Das ist z.B. der Fall, wenn aus Gründen der Wärmedämmung an einschalige, massive Wände Dämmplatten hoher dynamischer Steifigkeit – z.B. Holzwolle-Leichtbauplatten oder nicht elastifizierte Hartschaumplatten – vollflächig oder punktweise angesetzt werden, die durch Putz oder Fliesen abgedeckt werden. Die Resonanzfrequenz beträgt dann $f_0 \geq 200$ Hz. Stattdessen sollten weich federnde Dämmschichten, d.h. Dämmschichten mit geringer dynamischer Steifigkeit, verwendet werden. Werte für die Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes ΔR_w durch Vorsatzkonstruktionen enthält Tafel 19. Sie stammen aus der DIN 4109-34. Tafel 19 zeigt, dass die erreichte Verbesserung ΔR_w nicht nur von der Vorsatzschale selbst, sondern auch von der verwendeten massiven Wand abhängt. Die dort genannten Werte gelten für Vorsatzkonstruktionen vor Decken und Wänden, also insbesondere Vorsatzschalen und schwimmende Estriche. Verbesserungen der Schalldämmung sind nur erreichbar, wenn die Resonanzfrequenz nicht höher als 160 Hz liegt. Die Verbesserung kann dann nach Gleichung (6.1) ermittelt werden.

$$\Delta R_w = (74{,}4 - 20 \lg f_0 - \frac{R_w}{2}) \geq 0 \text{ [dB]} \qquad (6.1)$$

Werden biegeweiche Vorsatzschalen an Sende- und Empfangsseite eines Übertragungsweges an trennenden oder flankierenden Bauteilen angebracht, so ist bei der Berechnung der resultierenden Gesamt-Schalldämmung entlang dieses Pfades die Vorsatzschale mit dem kleineren ΔR_w-Wert nur mit ihrem halben Wert anzusetzen.

Biegeweiche Vorsatzschalen können mit dem KS-Schallschutzrechner berücksichtigt werden.

Tafel 18 Beispiele für Vorsatzschalen vor massiven Wänden

	Wandausbildung	Beschreibung
1		Vorsatzschale aus Gipskartonplatten nach DIN 18180, Dicke 12,5 oder 15 mm Ausführung nach DIN 18181 oder aus Spanplatten nach DIN 68763, Dicke 10 bis 16 mm; mit Hohlraumfüllung[1)]; Unterkonstruktion an massiver Wand befestigt[2)]
2		Ausführung wie Zeile 1, jedoch Holzstiele (Ständer) mit Abstand ≥ 20 mm vor massiver Wand freistehend
3		Vorsatzschale aus Gipskartonplatten nach DIN 18180, Dicke 12,5 oder 15 mm und Fassadendämmplatten[3)], Ausführung nach DIN 18181, an massiver Wand streifenförmig angesetzt

[1)] Faserdämmstoffe nach DIN 4108-10 i.V.m. DIN EN 13162, Typ WAB Nenndicke 40 bis 60 mm, längsbezogener Strömungswiderstand $\Xi \geq 5$ kN · s/m⁴
[2)] Bei den Beispielen nach Zeilen 1 und 2 können auch Ständer aus Blech-C-Profilen nach DIN 18183-1 verwendet werden.
[3)] Faserdämmstoffe nach DIN 4108-10 i.V.m. DIN EN 13162, Typ WAP, Nenndicke ≥ 40 mm, $s' \leq 5$ MN/m³

Tafel 19 **Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes ΔR_w durch Vorsatzschalen (auch schwimmende Estriche) in Abhängigkeit von der Resonanzfrequenz**

Resonanzfrequenz f_0 der Vorsatzschale [Hz]	ΔR_w [dB]
≤ 80	nach Gleichung (6.1)
100	
125	
160	
200	- 1
250	- 3
315	- 5
400	- 7
500	- 9
630 bis 1.600	- 10
> 1.600 ≤ 5.000	- 5

- Für Resonanzfrequenzen unter 200 Hz beträgt der Mindestwert von ΔR_w 0 dB.
- Für Resonanzfrequenzen, die zwischen den tabellierten Frequenzwerten liegen, können die Werte für ΔR_w durch Interpolation ermittelt werden.
- R_w bezeichnet das bewertete Schalldämm-Maß der Bezugswand/Bezugsdecke.

6.1.3.2 Trennwände im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich

Zwar werden an den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich keine bauaufsichtlichen Anforderungen gestellt, aber dennoch ist Schallschutz dafür ein Thema. Deshalb werden von verschiedenen Seiten Empfehlungen gemacht, die für Wände ohne Türen in Tafel 20 wiedergegeben sind.

Falls für Wände im eigenen Wohnbereich (EW) Schalllschutzanforderungen geplant werden, sollten die betreffenden Wände mit einer ausreichend hohen flächenbezogenen Masse geplant werden. Hinweise zur Auslegung solcher Wände in KS-Bauweise finden sich in Bild 20. Es gelten sinngemäß die Ausführungen für Wohnungstrennwände.

Wenn solche Wände als nicht tragende innere Trennwände ausgeführt werden sollen, sind die oberen Deckenanschlüsse und die seitlichen Wandanschlüsse besonders zu beachten. Beispiele für solche Anschlüsse enthalten die Tafeln 21 und 22. Falls sich Türen in den Wänden befinden, können die in Tafel 20 genannten Empfehlungen nicht eingehalten werden.

Wenn Schallschutzanforderungen an die Direktschalldämmung dieser Trennwände gestellt werden, ist bei der Ausführung entkoppelter Anschlüsse zu beachten, dass die Direktschalldämmung nach DIN 4109-2 durch Korrekturwerte abzumindern ist, die je nach flächenbezogener Masse der entkoppelten Bauteile und der Anzahl der entkoppelten Kanten bis zu 6 dB betragen können. Im KS-Schallschutzrechner (Abschnitt 5.3) wird diese Korrektur bereits berücksichtigt. Die Kalksandsteinindustrie empfiehlt für Wände ohne Türen ein Bau-Schalldämm-Maß von 47 dB. Dies entspricht nach dem DEGA-Memorandum BR 0104 [42] und der DEGA-Richtlinie 103-1 der Schallschutzklasse EW3 innerhalb des eigenen Wohnbereichs. Diese wird wie folgt beschrieben: *„Guter Schallschutz für den eigenen Bereich mit hoher Zufriedenheit. Geräusche aus dem eigenen Bereich sind nur noch teilweise hörbar."*

Als flankierende Bauteile können nicht entkoppelte, leichte, massive Wände erheblich zur Schallübertragung beitragen und damit die resultierende Schalldämmung beträchtlich vermindern. Dieser schädliche Einfluss kann durch entkoppelte Wand- und Deckenanschlüsse verhindert werden (siehe Abschnitt 6.1.1.4)

INFO

Trennwände mit hohen Anforderungen an die Schalldämmung sollten schwer sein. Entkoppelte Anschlüsse verringern die Direktschalldämmung. Trennwände als Flankenbauteil sollten aus akustischen Gründen dann entkoppelt werden, wenn sie eine geringere flächenbezogene Masse als 200 kg/m² aufweisen. Bei 11,5 cm dicken Wänden RDK 1,8 ist keine Entkopplung aus Gründen der Schalllängsleitung erforderlich.

6.1.3.3 Installationswände

Ergänzend zu den Hinweisen zur Verlegung von Leitungen und Installationen an Wänden in Abschnitt 6.1.2.2 sind für Installationswände weitere Hinweise zu beachten.

Schalltechnische Anforderungen an Wände mit Wasserinstallationen sind in der DIN 4109 nicht direkt formuliert. In DIN 4109-36 [31] wird für den schalltechnischen Nachweis jedoch eine so genannte einschalige Massivbau-Musterinstallationswand definiert, die unter Berücksichtigung von Putzschichten eine flächenbezogene Masse von mindestens 220 kg/m² haben muss. Mit dieser Musterinstallationswand kann unter Einhaltung der in DIN 4109-36 beschriebenen Konstruktionsmerkmale und Randbedingungen der Nachweis zur Erfüllung der Anforderungen aus DIN 4109-1, Tabelle 9 geführt werden. Gemäß diesen Anforderungen dürfen die Geräusche der Wasserinstallation in schutzbedürftigen Räumen einen maximal zulässigen Schalldruckpegel $L_{AF,max,n}$ von 30 dB(A) nicht überschreiten. Abweichend von der für Installationsgeräuschmessungen in Gebäuden heranzuziehenden DIN EN ISO 10052 [61] wird bei messtechnischer Überprüfung am Bau auf die Messung in der lautesten Raumecke verzichtet (siehe auch DIN 4109-4).

Die Einhaltung dieser Anforderung hängt von der vorhandenen Gesamtsituation ab. Hierzu gehören:

- die schalltechnischen Eigenschaften der verwendeten Installationen

Tafel 20 **Vorschläge für den Luftschallschutz im eigenen Wohnbereich (Wände ohne Türen)**

DEGA-Richtlinie 103-1 und DEGA-Memorandum BR 0104 R'_w [dB]		
EW1	EW2	EW3
≥ 40	≥ 43	≥ 47

- die Montagebedingungen der Installationen (Ankoppelung an den Baukörper)
- die schalltechnischen Eigenschaften der Installationswände
- die Körperschallübertragung über flankierende Bauteile
- die Grundrisssituation

Die Installationswand kann deshalb nicht isoliert betrachtet werden, wenn es um die Einhaltung der Anforderungen geht. Aus schalltechnischer Sicht liegt das Ziel darin, dass die Installationswand von den Komponenten der Wasserinstallation (Armaturen, Rohrleitungen der Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung, Sanitärobjekte wie Dusch- oder Badewannen, Waschtische, Spülkästen etc.) möglichst wenig angeregt wird und dass möglichst wenig Schallenergie von der Installationswand abgestrahlt und auf benachbarte Bauteile weitergeleitet wird. Die Forderung nach geringer Luftschallabstrahlung betrifft im Wesentlichen die Schallübertragung in die direkt hinter der Installationswand liegenden Räume. Bei einer vernünftigen Grundrissplanung sind diese nach Bild 27 in der Regel allerdings Räume des eigenen Wohnbereichs, so dass dafür die Anforderungen der DIN 4109-1 nicht gelten.

Der in Bild 27 diagonal unter der Installationswand liegende Raum ist dann im Sinne der DIN 4109 der nächste schutzbedürftige Raum im fremden Wohnbereich. Für solche Räume dominiert in der Regel die Körperschallübertragung. Installationsgeräusche in fremden schutzbedürftigen Räumen sind deshalb in erster Linie ein Körperschallproblem. Erfahrungsgemäß kann unter Massivbaubedingungen davon ausgegangen werden, dass die Installationsgeräusche im diagonal unter der Installationswand liegenden Raum etwa 5 dB(A) leiser als im direkt dahinter liegenden Raum sind.

Eine möglichst geringe Anregung der Installationswand kann dadurch erzielt werden, dass die Installationskomponenten von der Wand körperschallentkoppelt werden. Eine wirkungsvolle Körperschallentkopplung kann am ehesten bei der Vorwandinstallation erreicht werden. Die Einmauerung der Installationskomponenten ist dabei wegen unkontrollierter Körperschallbrücken aus schalltechnischer Sicht abzulehnen. Schalltechnisch sinnvoll dagegen ist die in Trockenbauweise ausgeführte Vorwandinstallation. Zur Körperschallentkopplung der Installationskomponenten selbst stehen mit elastischen Rohrschellen und körperschallisolierenden Rohrummantelungen, mit so genannten Schallschutzsets für Bade- und Duschwannen sowie Waschtischen und mit schalltechnisch entkoppelten Sanitärbausteinen inzwischen zahlreiche geeignete Produkte zur Verfügung. Sie sollten insbesondere dann zum Einsatz kommen, wenn erhöhte Anforderungen an den Schallschutz gestellt werden.

Eine möglichst geringe Anregung der Installationswand wird auch dadurch erreicht, dass sie eine möglichst hohe flächenbezogene Masse besitzt und damit der Anregung einen großen Widerstand entgegensetzt.

Nach DIN 4109-36 muss die für die schalltechnischen Nachweise für Installationsgeräusche herangezogene massive Musterinstallationswand eine flächenbezogene Masse von mindestens 220 kg/m² aufweisen.

Die genannte Forderung wird beispielsweise erfüllt von einer 11,5 cm dicken Wand mit RDK 1,8 und beidseitiger Putzschicht. Die Direktschalldämmung einer solchen Wand beträgt $R_w = 50$ dB.

Untersuchungen in Installationsprüfständen belegen, dass Mauerwerkswände in Verbindung mit schalltechnisch günstigen Installationen auch mit einer geringeren flächenbezogenen Masse als 220 kg/m² in der Lage sind, die Anforderungen der DIN 4109-1 zu erfüllen. Dies sollte allerdings stets durch aussagekräftige Prüfungen nachgewiesen werden.

INFO

Während die flächenbezogene Masse der Installationswand auf die Übertragung des von Sanitärinstallationen verursachten Körperschalls in den hinter der Installationswand liegenden Raum einen signifikanten Einfluss hat, gilt dies für die Übertragung in den diagonal nach unten gelegenen Raum nicht mehr in demselben Maße. Bei kleiner werdender flächenbezogener Masse wächst nämlich die Stoßstellendämmung zwischen Installationswand und Boden an und wirkt damit in gewisser Weise der stärkeren Anregbarkeit der Wand entgegen. Die in DIN 4109-36 für massive Installationswände vorausgesetzte flächenbezogene Masse von mindestens 220 kg/m² ist für diese Übertragungssituation deshalb nicht zwingend geboten, aber zu empfehlen.

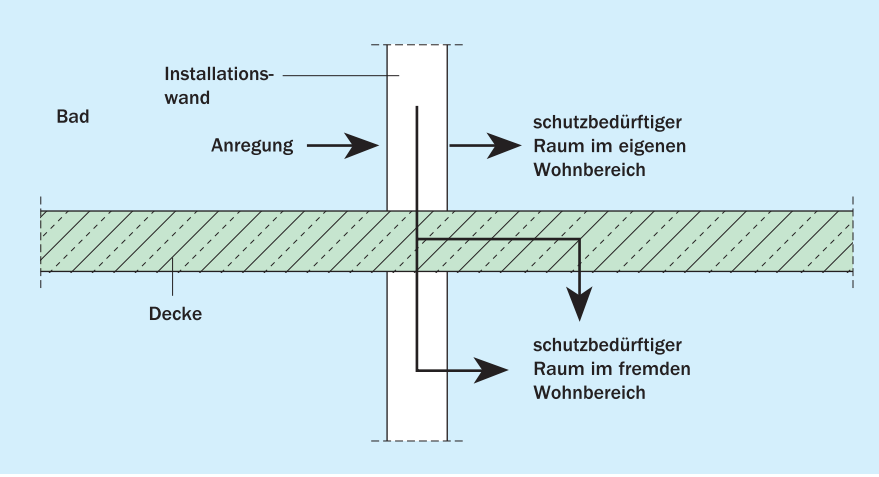
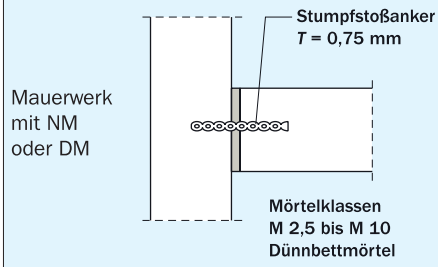
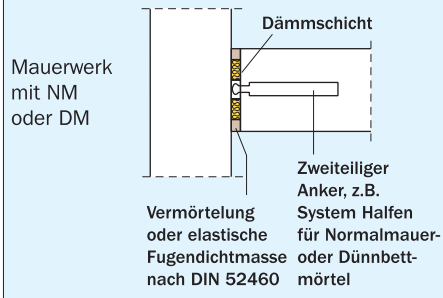
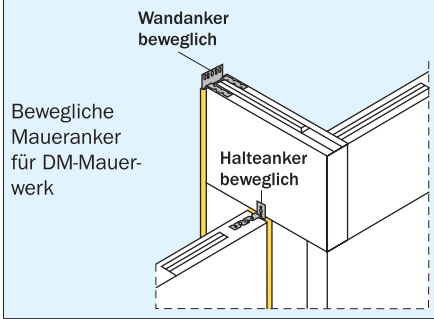
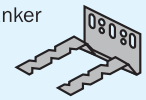
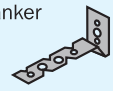
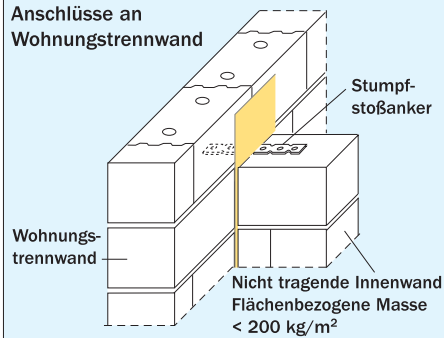


Bild 27 Übertragung von Installationsgeräuschen in benachbarte Räume

Tafel 21 Seitliche Wandanschlüsse für nicht tragende Innenwände unter Berücksichtigung von Statik, Schall- und Brandschutz

Anschlussdetail Fuge	Statik	Schallschutz	Brandschutz[1)]
Anschlüsse im eigenen Wohnbereich  	**Starr gehalten** durch Maueranker und vollflächig satt vermörtelte Anschlussfuge mit NM oder DM	**Schalltechnisch biegesteif und dicht** Bei Baustoffen mit unterschiedlichem Verformungsverhalten oder nicht vollflächiger Vermörtelung ist ggf. eine Entkopplung und Undichtigkeit anzunehmen.	**Anschlussfuge voll vermörtelt mit NM oder DM** EI 90 ab Wanddicke ≥ 100 mm und Wanddicke 70 mm mit beidseitig 10 mm Putz; sonst EI 60
Anschlüsse im eigenen Wohnbereich  	**Gelenkig gehalten** durch in Ankerschiene eingelegte Maueranker	**Schalltechnisch weitestgehend entkoppelt** bei Einlage von z.B. Kork-, Mineralfaserstreifen, bzw. Streifen aus bitumenimprägnierter Wollfilzpappe[2)] **Schalltechnisch dicht** mit beidseitigem elastischem Fugendichtstoff	**Dämmschicht nichtbrennbar** Schmelzpunkt ≥ 1.000 °C Rohdichte ≥ 30 kg/m³ Lagesicherung erforderlich, EI 90 ab Wanddicke ≥ 100 mm und Wanddicke 70 mm mit beidseitig 10 mm Putz; sonst EI 60
Anschlüsse im eigenen Wohnbereich  	**Gelenkig gehalten** durch Wandanker  durch Halteanker 	**Schalltechnisch weitestgehend entkoppelt** bei Halteankern und Einlage von z.B. Kork-, Mineralfaserstreifen, bzw. Streifen aus bitumenimprägnierter Wollfilzpappe[2)] **Schalltechnisch dicht** mit beidseitigem elastischem Fugendichtstoff	**Dämmschicht nichtbrennbar** Schmelzpunkt ≥ 1.000 °C Rohdichte ≥ 30 kg/m³ Lagesicherung erforderlich, EI 90 ab Wanddicke ≥ 100 mm und Wanddicke 70 mm mit beidseitig 10 mm Putz; sonst EI 60
Anschlüsse an Wohnungstrennwand  	**Gelenkig gehalten** durch Mauerwerksanker und nachgiebiger Füllung mit Mineralfaserstreifen des Stumpfstoßanschlusses	**Schalltechnisch weitestgehend entkoppelt** bei Einlage von z.B. Kork-, Mineralfaserstreifen, bzw. Streifen aus bitumenimprägnierter Wollfilzpappe[2)] **Schalltechnisch dicht** mit beidseitigem elastischem Fugendichtstoff	**Dämmschicht nichtbrennbar** Schmelzpunkt ≥ 1.000 °C Rohdichte ≥ 30 kg/m³ Lagesicherung erforderlich, EI 90 ab Wanddicke ≥ 100 mm und Wanddicke 70 mm mit beidseitig 10 mm Putz; sonst EI 60

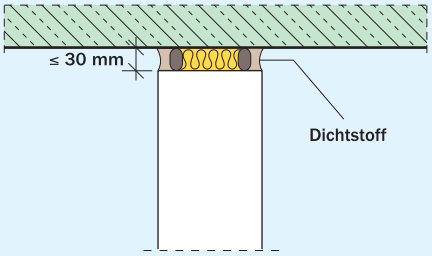
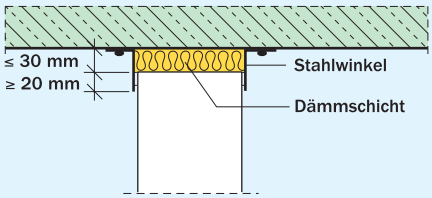
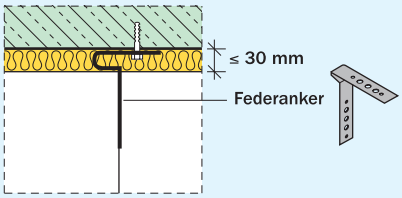
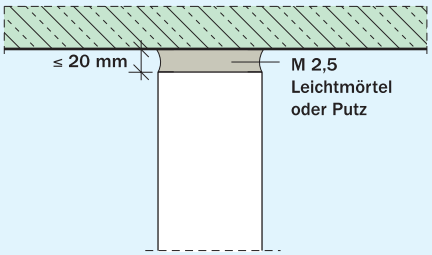
[1)] Die Klassifizierung des Wandanschlusses entspricht der Klassifizierung der Wand, wenn die angegebenen Bedingungen eingehalten werden. Nicht tragende raumabschließende Wände EI nach DIN EN 13501-2

[2)] Der Putz ist bei entkoppelten Anschlüssen mit einem Kellenschnitt zu trennen und nachträglich z.B. mit Acryl zu schließen.

Empfehlungen für die Ausführung von nicht tragenden Innenwänden:

- Wände grundsätzlich auf eine Trennschicht (z.B. R 500) stellen
- Seitliche Anschlüsse an Treppenhaus- und Wohnungstrennwände akustisch entkoppelt ausführen, wenn die flächenbezogene Masse der nicht tragenden Trennwände < 200 kg/m² beträgt
- Seitliche Anschlüsse untereinander vermörtelt, schalltechnisch biegesteif (kraftschlüssig) ausführen
- Bei kraftschlüssiger Ausführung der oberen Anschlussfuge ist Mörtel geringer Festigkeit (z.B. Leichtmörtel oder Putz) zu wählen.

Tafel 22 Obere Wandanschlüsse für nicht tragende Innenwände unter Berücksichtigung von Statik, Schall- und Brandschutz

Anschlussdetail Fuge	Statik	Schallschutz	Brandschutz[1]
	**Oberer Rand nicht gehalten** die Wand ist 3-seitig zu halten die Stoßfugen sind grundsätzlich zu vermörteln	**Schalltechnisch entkoppelt und dicht** mit beidseitigem Fugendichtstoff	**Dämmschicht nichtbrennbar** Schmelzpunkt ≥ 1.000 °C Rohdichte ≥ 30 kg/m³ Lagesicherung durch Dichtstoff, EI 90 ab Wanddicke ≥ 100 mm und Wanddicke 70 mm mit beidseitig 10 mm Putz; sonst EI 60 Die Fugen müssen dicht ausgestopft werden. Für EI 30 mind. 50 mm; für EI 60 mind. 60 mm und für EI 90 und „Brandwände“ mind. 100 mm Breite der jeweiligen Wanddicke.
	**Oberer Rand gehalten** die Wand kann 4-seitig bzw. 3-seitig gehalten sein, mit einem freien vertikalen Rand	**Schalltechnisch entkoppelt und nicht dicht** Als trennendes Bauteil nur geeignet mit zusätzlichem Fugendichtstoff in der Anschlussfuge	**Dämmschicht nichtbrennbar** Schmelzpunkt ≥ 1.000 °C Rohdichte ≥ 30 kg/m³ Lagesicherung durch Stahlwinkel, EI 90 ab Wanddicke ≥ 100 mm und Wanddicke 70 mm mit beidseitig 10 mm Putz; sonst EI 60
 Die Stoßfugen mit Federanker sind zu vermörteln.	**Oberer Rand gehalten** die Wand kann 4-seitig bzw. 3-seitig gehalten sein, mit einem freien vertikalen Rand	**Schalltechnisch entkoppelt und dicht** mit beidseitigem Fugendichtstoff	**Dämmschicht nichtbrennbar** Schmelzpunkt ≥ 1.000 °C Rohdichte ≥ 30 kg/m³ Lagesicherung erforderlich, EI 90 ab Wanddicke ≥ 100 mm und Wanddicke 70 mm mit beidseitig 10 mm Putz; sonst EI 60
	**Oberer Rand gehalten** mit Auflast infolge Kriechen und Schwinden der Stahlbetondecke[2] die Wand kann 4-seitig bzw. 3-seitig gehalten sein, mit einem freien vertikalen Rand Anschlussfuge vollständig durch M 2,5, Leichtmörtel oder Putz ausgefüllt	**Schalltechnisch biegesteif und dicht** Bei Wänden mit Schallschutzanforderungen sollte diese Ausführungsvariante gewählt werden.	EI 90 ab Wanddicke ≥ 100 mm und Wanddicke 70 mm mit beidseitig 10 mm Putz; sonst EI 60

[1] Nicht tragende raumabschließende Wände EI nach DIN EN 13501-2

[2] Bei Wandlängen > 5 m sollte dieser Anschluss mit dem Tragwerksplaner abgestimmt werden.

Empfehlungen für die Ausführung von nicht tragenden Innenwänden:

- Wände grundsätzlich auf eine Trennschicht (z.B. R 500) stellen
- Seitliche Anschlüsse an Treppenhaus- und Wohnungstrennwände akustisch entkoppelt ausführen, wenn die flächenbezogene Masse der nicht tragenden Trennwände < 200 kg/m² beträgt
- Seitliche Anschlüsse untereinander vermörtelt, schalltechnisch biegesteif (kraftschlüssig) ausführen
- Bei kraftschlüssiger Ausführung der oberen Anschlussfuge ist Mörtel geringer Festigkeit (z.B. Leichtmörtel oder Putz) zu wählen.

6.1.4 Schallschutz bei Aufzugsanlagen

Geräusche von Aufzugsanlagen können als Luftschall abgestrahlt oder als Körperschall in das Gebäude eingeleitet werden. In schutzbedürftigen Räumen sind deshalb störende Einwirkungen möglich, die den Anforderungen der DIN 4109-1 unterliegen und deren Nichteinhaltung immer wieder zu Beanstandungen und Streitfällen führt.

6.1.4.1 Luftschall

Luftschallabstrahlung von Schaltgeräten vor dem Schacht oder Geräusche von Türbewegungen sind so zu begrenzen, dass sie in benachbarten schutzbedürftigen Räumen keine unzulässigen Störungen hervorrufen. Notwendige Schallschutzmaßnahmen zwischen Aufzugsvorraum und schutzbedürftigem Raum (z.B. die Schalldämmung von Wohnungseingangstüren) können aus den A-bewerteten Schalldruckpegeln von Schalt- und Türgeräuschen abgeleitet werden. Nach DIN 8989 [51] darf der maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel im gesamten Schacht 75 dB(A) bei Aufzügen ohne Triebwerksraum nicht überschreiten. Das ist bei den üblichen schweren Schachtwänden (siehe Abschnitt 6.1.4.8) in der Regel unproblematisch, da deren Luftschalldämmung ausreichend hoch ist.

6.1.4.2 Körperschall

Der in schutzbedürftigen Räumen von Aufzügen verursachte Schalldruckpegel wird in der Regel durch Körperschalleinleitung in das Gebäude verursacht. Maßnahmen gegen Körperschallerzeugung und Körperschallübertragung stehen bei der Lärmminderung deshalb im Vordergrund. Die Körperschalleinleitung erfolgt an den Schnittstellen des Aufzugs mit dem Gebäude.

Während eines Betriebszyklus können unterschiedliche Aufzugskomponenten an der Körperschallerzeugung beteiligt sein. In VDI 4100:2007 heißt es dazu: *„Treten störende Geräusche durch den Betrieb sonstiger haustechnischer Anlagen auf, ist im Regelfall eine mangelhafte Körperschalldämmung zwischen der Anlage und dem Bauwerk die Ursache. Daher ist bei der Planung und Ausführung derartiger Anlagen immer die körperschallgedämmte Aufstellung, Aufhängung oder Befestigung aller körperschallführenden Anlagenteile eine Grundvoraussetzung für ausreichenden Schallschutz neben der Auswahl geräuscharmer Anlagen und Anlagenbauteile.“*

6.1.4.3 Geräuschübertragung

Aus Kostengründen und zur Minimierung des Raumbedarfs werden heute Aufzugsanlagen in Wohngebäuden in der Regel ohne Triebwerksraum ausgeführt. Die Aufzugstechnik muss dann vollständig innerhalb des vorhandenen Aufzugschachtes angeordnet werden. Für die Körperschallübertragung ins Gebäude sind die Schachtwände deshalb die maßgebliche Schnittstelle. Neben der konstruktiven Auslegung der Schachtwände (einschalige oder zweischalige Konstruktion, flächenbezogene Masse) ist ihre Anordnung in Bezug auf schutzbedürftige Räume von entscheidender Bedeutung. Zu berücksichtigen ist darüber hinaus noch die Schallübertragung über die an den Schachtwänden angekoppelten flankierenden Bauteile, insbesondere die Geschossdecken.

Bereits bei der Gebäudeplanung können durch eine schalltechnisch günstige Anordnung des Aufzugsschachts die Voraussetzungen für einen guten Schallschutz geschaffen werden. Schutzbedürftige Räume sollten nicht unmittelbar neben Aufzugsschächten oder Triebwerksräumen angeordnet werden. Dies ist z.B. der Fall, wenn der Schacht ins Treppenhaus integriert ist (siehe Bild 28, Bausituation A) oder wenn sich Pufferräume ohne Schallschutzanforderungen zwischen schutzbedürftigen Räumen und dem Aufzugsschacht befinden (siehe Bild 28, Bausituation C). Ungünstiger ist es, wenn Schachtwände unmittelbar an schutzbedürftige Räume angrenzen (siehe Bild 28, Bausituation B).

6.1.4.4 Lärmminderungsmaßnahmen

Die Geräuschproblematik bei Aufzugsanlagen ist derjenigen bei Installationsgeräuschen (siehe Abschnitt 6.1.3.3) vergleichbar, bei denen erst das Zusammenspiel geeigneter sanitärtechnischer und baukonstruktiver Festlegungen zu einem stimmigen Konzept zur Einhaltung der vorhandenen Anforderungen führt. So genügt es auch hier nicht, Maßnahmen an der Aufzugsanlage oder am Gebäude separat zu planen und auszuführen. Vielmehr müssen die Maßnahmen im Zusammenhang betrachtet werden. Der Schallschutz bei Aufzugsanlagen sollte von Anfang an bei der Planung berücksichtigt werden, da nachträgliche Maßnahmen nahezu unmöglich sind oder mit hohem Aufwand und damit hohen Kosten verbunden sind.

Grundsätzlich sind bei der Planung und Ausführung der erforderlichen Maßnahmen zur Lärmminderung folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Planung der Grundrisse: schalltechnisch günstige Lage des Aufzugschachtes gegenüber schutzbedürftigen Räumen
- Schallschutzmaßnahmen an der Anlagentechnik: geräuscharme Komponenten der Anlage und Entkopplung der körperschallerzeugenden Komponenten gegenüber dem Gebäude
- Bauakustische Maßnahmen: Auslegung der Schachtwände und der daran angekoppelten flankierenden Bauteile

Ein wesentliches Potenzial der möglichen Geräuschminderung kann durch anlagentechnische Maßnahmen in Form von geräuschgünstigen Komponenten und Entkopplungsmaßnahmen sowie einer sorgfältigen Montage ausgeschöpft werden. Untersuchungen in [62] zeigen anhand von gemessenen Schalldruckpegeln von 23 Aufzugsanlagen unterschiedlicher Hersteller in vergleichbarer Baukonstruktion eine Bandbreite von 12 dB. Diese große Streuung wird *„weitestgehend auf die eingesetzten Aufzugsprodukte und deren Ausführungsqualität“* zurückgeführt.

6.1.4.5 Anforderungen

Um in schutzbedürftigen Räumen eines Gebäudes einen guten Schutz vor Geräuschen aus Aufzugsanlagen zu erreichen, werden in verschiedenen Regelwerken Anforderungen an zulässige Schalldruckpegel in Zusammenhang mit der Anordnung von Fahrstuhlschächten und der Ausbildung der Bauteile gestellt.

In DIN 4109-1 werden als Mindestanforderungen maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel in fremden schutzbedürftigen Räumen, erzeugt von gebäudetechnischen Anlagen, festgelegt. Gemeint ist damit ein $L_{AF,max,n}$, der auch die

Geräuschspitzen berücksichtigt, wie sie bei Aufzugsanlagen beispielsweise beim Anfahren, Bremsen oder beim Öffnen und Schließen der Aufzugstüren entstehen können. Nach DIN 4109-1 gilt: $L_{AF,max,n} \leq 30$ dB bei Wohn- und Schlafräumen und $L_{AF,max,n} \leq 35$ dB bei Unterrichts- und Arbeitsräumen.

Für einen erhöhten Schallschutz bei gebäudetechnischen Anlagen wird im DEGA-Schallschutzausweis für Schallschutzklasse C $L_{AF,max,n} \leq 27$ dB, für Schallschutzklasse B $L_{AF,max,n} \leq 24$ dB und für Schallschutzklassen A und A* $L_{AF,max,n} \leq 20$ dB gefordert.

Weitere Empfehlungen zu maximalen A-bewerteten Schalldruckpegeln gebäudetechnischer Anlagen für erhöhte Komfortstandards enthalten DIN 4109-5, VDI 4100:2007 und VDI 4100:2012 (Tafel 8).

6.1.4.6 DIN 8989

Die DIN 8989 [51] beschäftigt sich mit den von Aufzugsanlagen ausgehenden Geräuschen in Gebäuden. Sie gilt für Aufzugsanlagen mit und ohne Triebwerksraum. In Wohngebäuden wird überwiegend auf den Triebwerksraum verzichtet. Behandelt werden sowohl aufzugstechnische als auch bauseitige Aspekte des Schallschutzes:

- Einzuhaltende Schallemmissionskennwerte für durch den Aufzug eingeleitete Beschleunigungspegel (Körperschall) und für A-bewertete Schalldruckpegel im Schacht und vor Schachttüren
- Einzuhaltende flächenbezogene Massen von Wänden und Decken zur Erreichung der Schallschutzziele
- Hinweise zur Verbesserung des Schallschutzes an Aufzugskomponenten
- Festlegungen zur Durchführung von Luftschall- und Körperschallmessungen

Auf das Verhältnis von DIN 8989 und DIN 4109 wird in 6.1.4.9 eingegangen.

6.1.4.7 Nachweise

Rechnerische Nachweise

Es existieren in DIN 4109 derzeit noch keine genormten rechnerischen Prognoseverfahren, mit denen die Einhaltung der Geräusche von Aufzugsanlagen sichergestellt werden kann. Es können ersatzweise, wie in [62] vorgeschlagen, die Prognoseverfahren für die Luft- und Trittschallübertragung aus EN 12354 bzw. DIN 4109-2 sinngemäß herangezogen und mit messtechnisch ermittelten Daten bestimmter Aufzugsanlagen kombiniert werden, so dass von bekannten Bausituationen auf Verhältnisse in einer anderen Bausituation umgerechnet werden kann. Zukünftig sollen in DIN 4109-2 die Rechenverfahren nach DIN EN ISO 12354-5 implementiert werden.

Messtechnische Nachweise

Die Messung der Anlagengeräusche im fertigen, eingebauten Zustand erfolgt (im Sinne einer Güteprüfung) mit den nach DIN 4109-4 vorgesehenen Messverfahren der DIN EN ISO 10052 [61]. Die Messungen sind bei einem charakteristischen Arbeitszyklus (auf und ab) durchzuführen. Nach DIN 4109-4 ist der lauteste Betriebszustand zur Beurteilung heranzuziehen.

6.1.4.8 Bauliche Maßnahmen

Im Wohnungsbau werden in der Regel Aufzugsanlagen ohne Triebwerksraum ausgeführt. Die wesentliche bauakustische Festlegung betrifft in diesem Fall die flächenbezogene Masse der Schachtwand und bei Bedarf die Treppenraumwand, unmittelbar verbundene Decken und unmittelbar verbundene flankierende Wände. Für unterschiedliche bauliche Gegebenheiten nennt die DIN 8989 die erforderlichen flächenbezogenen Massen der trennenden bzw. flankierenden Bauteile, die eingehalten werden müssen, um den maximal zulässigen A-bewerteten Schalldruckpegel $L_{AFmax,n} = 30$ dB einhalten zu können. Mit Bezug auf diese Vorgaben der DIN 8989 zeigt Bild 28 in Verbindung mit Tafel 24 Lösungsvarianten mit KS-Mauerwerk.

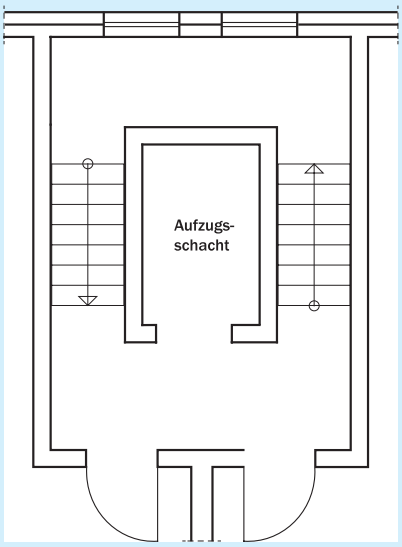
INFO

Wie die Beispiele zeigen, können auch Schachtwände für Aufzugsanlagen kostengünstig aus Kalksandstein ausgeführt und damit die Zielwerte der DIN 8989 erreicht werden. Ein Baustoffwechsel innerhalb eines Kalksandstein-Gebäudes ist somit nicht erforderlich. Dadurch kann ein reibungsloser Bauablauf gewährleistet werden.

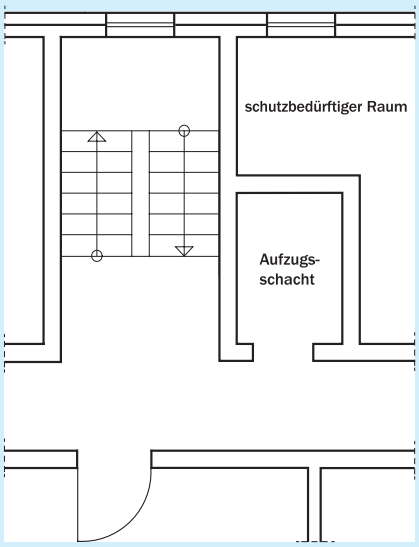
Es kann eine ein- oder zweischalige Schachtkonstruktion vorgesehen werden. Einschalige Konstruktionen sind in der Regel aus Gründen der Bauwerksstabilität vorzuziehen. Zweischalige Konstruktionen sind frei von Schallbrücken auszuführen. Eine komplett schallbrückenfreie Ausführung ist jedoch schwer sicherzustellen und bedarf erhöhter Sorgfalt.

6.1.4.9 DIN 8989 und DIN 4109

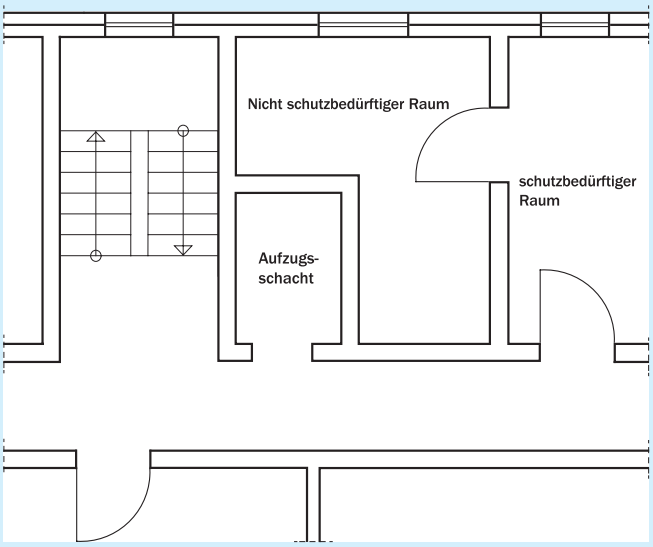
Die im August 2019 erschienene DIN 8989 legt unter anderem Anforderungen an die schalltechnischen Eigenschaften von Aufzügen und Gebäuden fest. Sie folgt dabei einem anderen Vorgehen als DIN 4109 (Schallschutz im Hochbau), was immer wieder zu Fragen führt, wie diese Festlegungen umzusetzen sind. DIN 4109-1 stellt für gebäudetechnische Anlagen die Anforderungen an den maximal zulässigen Schalldruckpegel in einem schutzbedürftigen Raum. Es gibt deshalb keine eigenen Anforderungen an die schalltechnischen Eigenschaften einer Anlage oder an die bauakustische Auslegung des Gebäudes. Gefordert wird nur die Einhaltung des maximal zulässigen Pegels. Wie das erreicht wird, überlässt die DIN 4109 den verantwortlichen Planern. Mit dieser Regelung berücksichtigt DIN 4109, dass das von einer gebäudetechnischen Anlage in einen schutzbedürftigen Raum übertragene Geräusch weder allein von den Eigenschaften der Anlage noch allein von den Gebäudeeigenschaften abhängt. Vielmehr kommt es stets auf das Zusammenwirken anlagentechnischer und gebäudespezifischer Eigenschaften und deren sinnvolle Abstimmung aufeinander an. DIN 4109 überlässt es deshalb den Planern, mit welchen Maßnahmen die Einhaltung der Anforderungen gewährleistet wird. Aus diesem Grund werden für Anlagen keine bestimmten Emissionswerte und für das Gebäude (bezogen auf gebäudetechnische Anlagen) keine besonderen Festlegungen, z.B. an die flächenbezogenen Massen der an der Übertragung beteiligten Bauteile getroffen.



a) Bausituation A nach DIN 8989 – Aufzugsschacht ins Treppenhaus integriert



b) Bausituation B nach DIN 8989 – Aufzugsschacht grenzt an schutzbedürftigen Raum



c) Bausituation C nach DIN 8989 – zwischen Aufzugsschacht und schutzbedürftigen Räumen befinden sich nicht schutzbedürftige Räume

Bild 28 Bausituationen von Aufzugsschächten

DIN 8989 weicht von dem in DIN 4109 gewählten Weg ab, indem sie entgegen dem Ansatz der DIN 4109 in Abschnitt 6 explizite Anforderungen an den Aufzug und in Abschnitt 7 explizite Anforderungen an das Gebäude stellt. Tabelle 3 nennt dazu für den Körperschall die einzuhaltenden Kennwerte bezüglich des Beschleunigungspegels und Tabelle 4 für die flächenbezogenen Massen der relevanten Bauteile die mindestens einzuhaltenden Kennwerte. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, „dass zur Erreichung der vereinbarten Schallschutzziele die Kennwerte in Tabelle 4 in Verbindung mit den Kennwerten nach Tabelle 3 angewendet werden müssen“. Die genannten Werte für Anlage und Gebäude werden also als verbindlich dargestellt und müssen im Sinne dieser Norm eingehalten werden. Dieses Vorgehen ist nicht kompatibel mit dem Ansatz der DIN 4109. Im Gegensatz zu DIN 4109, die es (weitgehend) offen lässt, welche Maßnahmen an Anlage und Gebäude ergriffen werden, um zum vorgegebenen Ziel zu gelangen, wird hier also eine verbindliche Vorgabe an die Eigenschaften der Anlage und des Gebäudes getroffen.

Es wird dabei allerdings übersehen, dass eine solche strikte Festlegung lediglich den Charakter einer Musterlösung haben kann, die grundsätzlich andere Lösungsmöglichkeiten nicht ausschließt – und auch nicht ausschließen darf. Im Sinne des Planungsprozesses bedeutet der Ansatz der DIN 8989 trotz anderer verfügbarer Lösungen eine Beschränkung auf eine mögliche Variante, die als verbindlich dargestellt wird. Dieser Sichtweise ist aus technischer und planerischer Sicht zu widersprechen. Es wird außer Acht gelassen, dass ein beträchtlicher Spielraum bei der Gestaltung der schalltechnischen Eigenschaften der Aufzüge, aber (bei vorgegebener Grundrissgestaltung) nur ein beschränkter Spielraum bei der Gebäudekonstruktion besteht. Akzeptiert werden kann ein solcher Ansatz lediglich dann, wenn er im Sinne einer Musterlösung als eine mögliche Variante betrachtet wird, die aber keinen Ausschließlichkeitscharakter beanspruchen darf und andere Lösungen zulässt. Als kritisch sind die teilweise hohen Anforderungen an die flächenbezogenen Massen der Bauteile zu betrachten, die außer Betracht lassen, dass mit oft deutlich geringerem Aufwand eine schalltechnische Verbesserung der Aufzugstechnik und der Montagebedingungen möglich ist.

Die in DIN 8989 nach Grundrissanordnung der schutzbedürftigen Räume getroffene Unterscheidung mit höheren flächenbezogenen Massen bei kritischeren Immissionsverhältnissen ist vom Grundsatz her richtig. Jedoch darf der Einfluss der flächenbezogenen Massen nicht überschätzt werden. Schon zum vorhergehenden Regelwerk VDI 2566 hieß es dazu in [62]: „Deren Anforderungen an die Baukonstruktion stehen jedoch bei Fachleuten in der Kritik, da sie in der baupraktischen Anwendung in Teilen überdimensioniert erscheinen.“ Zu Recht wird an derselben Stelle aber auch darauf hingewiesen, dass „eine fundierte Vorgehensweise für eine belegbare systematische Überprüfung und Bewertung der baulichen Ausführung des Aufzugsschachtes“ bislang fehlt. Anhand von rechnerischen Untersuchungen wird weiterhin gefolgert: „Der Einfluss der flankierenden Bauteile auf den resultierenden Schalldruckpegel im Raum wird bislang überschätzt. Die Schachtwanddicke hat vergleichsweise geringen Einfluss auf die resultierenden Schalldruckpegel.“

Tafel 23 Einzuhaltende flächenbezogene Massen von Schachtwänden und Dimensionierung der Schachtwandkonstruktion

			Bausituation A nach Bild 28		Bausituation B nach Bild 28		Bausituation C nach Bild 28	
Raumvolumen V [m³]	Schachtwand		Flächenbezogene Masse von Wänden [kg/m²]	Wandaufbau nach Tafel 24	Flächenbezogene Masse von Wänden [kg/m²]	Wandaufbau nach Tafel 24	Flächenbezogene Masse von Wänden [kg/m²]	Wandaufbau nach Tafel 24
bis 31,25	einschalig		490	3 oder 4	580	5	490	3 oder 4
	zweischalig	innere Schale:			380	7	380	7
		äußere Schale:			250		250	
> 31,25 bis 62,5	einschalig		580	5	670	6	580	5
	zweischalig	innere Schale:			380	7	380	7
		äußere Schale:			250		250	
> 62,5 bis 125	einschalig		670	6	740	[1]	670	6
	zweischalig	innere Schale:			490	8	490	8
		äußere Schale:			250		250	

[1] Eine flächenbezogene Masse von 740 kg/m² kann mit üblichen einschaligen Mauerwerkskonstruktionen aus Kalksandstein nicht realisiert werden. In diesem Fall sollte mit dem verantwortlichen Aufzugsplaner eine entsprechende Vereinbarung bzgl. der schalltechnischen Qualität der Aufzugstechnik getroffen werden.

Die mit Hinblick auf die Mindestanforderungen der DIN 4109-1 bei steigendem Raumvolumen erforderlichen größeren flächenbezogenen Massen sind in DIN 8989 vor allem den per Definition festgelegten besonderen Eigenschaften des Norm-Schalldruckpegels $L_{AF,max,n}$ als Kenngröße für die Anforderungen der DIN 4109 geschuldet, haben aber mit dem wirklich wahrnehmbaren Schallschutz nichts zu tun. Diese Festlegung der DIN 4109 erweist sich als nachteilig für die Auslegung der erforderlichen schalltechnischen Maßnahmen, sowohl bei der Aufzugtechnik als auch beim Gebäude. Bei größeren Räumen führt diese Kenngröße zu Auslegungen, die hinsichtlich eines wahrnehmbaren Schallschutzes nicht erforderlich sind. In der aktuellen Überarbeitung von DIN 4109 ist vorgesehen, als Anforderungsgröße $L_{AF,max,n}$ durch den Standard-Schalldruckpegel $L_{AF,max,nT}$ zu ersetzen. Dieser ist zur Formulierung von Anforderungen an gebäudetechnische Anlagen die geeignetere Größe, da er besser mit der tatsächlichen Wahrnehmung in schutzbedürftigen Räumen korreliert und einen praktikableren messtechnischen Nachweis ermöglicht.

6.2 Zweischalige Haustrennwände

6.2.1 Hinweise zur erforderlichen Schalldämmung bei Doppel- und Reihenhäusern

Die Erwartungen der Bauherren an den Schallschutz von Doppel- und Reihenhäusern sind deutlich höher als bei Wohnungen in Geschosshäusern.

Im DEGA-Memorandum BR 0101 [37] wird die zweischalige Haustrennwand als die den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechende Konstruktion bezeichnet, die bei unterkellerten Häusern als Schalldämm-Maß mindestens 62 dB und bei nicht unterkellerten Häusern mindestens 60 dB erbringen muss.

Die DIN 4109-1 hat sich dieser Ansicht weitgehend angenähert, indem sie für Haustrennwände zu Aufenthaltsräumen, die im untersten Geschoss (erdberührt oder nicht) eines Gebäudes gelegen sind, als erforderliche Schalldämmung $R'_w \geq 59$ dB und für Haustrennwände zu Aufenthaltsräumen, unter denen mindestens ein Geschoss (erdberührt oder nicht) des Gebäudes vorhanden ist, $R'_w \geq 62$ dB festgelegt hat. Selbst diese Erhöhung

Tafel 24 Schachtwandkonstruktionen zur Erfüllung der Anforderungen nach DIN 8989:2019-08

Wandaufbau		Bauteilbeschreibung: Rohdichteklasse RDK [–]	Bauteilbeschreibung: Wanddicke d [cm]	Flächenbezogene Masse m' [kg/m²]
		Einschalige Wandkonstruktionen (unverputzt)		
1		≥ 1,8	≥ 24	> 380
2		≥ 2,0	≥ 20	> 380
3		≥ 1,8	≥ 30	> 490
4		≥ 2,2	≥ 24	> 490
5		≥ 2,0	≥ 30	> 580[1]
6		≥ 2,0	≥ 36,5	> 670
		Zweischalige Wandkonstruktionen[2]		
7	innere Schale:	≥ 2,0	≥ 20	> 380
	äußere Schale:	≥ 2,0	≥ 15	> 250
8	innere Schale:	≥ 2,2	≥ 24	> 490
	äußere Schale:	≥ 2,0	≥ 15	> 250

[1] Mit einseitig 10 mm Putz
[2] Zweischalig mit Schalenabstand 30 mm, im Fugenhohlraum Ausfüllung mit Mineralwolle-Dämmplatten nach DIN EN 13162, Anwendungskurzzeichen WTH nach DIN 4108-10

der Anforderungen schafft den genannten Konflikt nicht wirklich aus der Welt. Gemessen an den Erwartungen der Bewohner sollte ein erkennbar über diesen Mindestanforderungen liegender Schallschutz vorgesehen werden.

Die VDI 4100:2012 mit ihren drei Schallschutzstufen für den erhöhten Schallschutz trägt diesem Anspruch zwar Rechnung, ist aber bei SST III zurzeit noch nicht ausreichend mit Messungen von Konstruktionen belegt. Eine Zusammenstellung der Anforderungswerte für die Luftschalldämmung in DIN 4109 und VDI 4100 findet sich in Tafel 8.

Als Planungsziel sollte bei unterkellerten Doppel- und Reihenhäusern ein erhöhter Schallschutz mit $R'_w = 67$ dB angestrebt werden. Hierbei sind jedoch konstruktive Randbedingungen zu beachten, die hier noch näher betrachtet werden.

Ausführungen zur akustischen Bemessung der zweischaligen Haustrennwand finden sich in Abschnitt 5.2.4.

6.2.2 Gestaltung der Trennfuge

Nach DIN 4109-2 wird für die Berechnung des Schalldämm-Maßes der zweischaligen Haustrennwand vorausgesetzt, dass die Trennfuge von der Oberkante des Fundaments bis zur Dachhaut lückenlos durchgeführt wird (Bilder 32 bis 34).

Für die Fugengestaltung sind die in DIN 4109-32 formulierten Grundsätze zu berücksichtigen, die in dieser Form schon in Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989 vorausgesetzt wurden.

Das Füllen des Schalenzwischenraums mit Mineralwolle-Dämmplatten nach DIN EN 13162, Anwendungskurzzeichen WTH nach DIN 4108-10 ist aus zwei Gründen wichtig:

- Mörtelbrücken werden vermieden.
- Mit Mineralwolledämmplatten ausgefüllte zweischalige Haustrennwände weisen in der Praxis eine höhere Schalldämmung auf als vergleichbare Wände ohne Füllung.

Die Füllung des Schalenzwischenraums mit steifen Dämmstoffen (z.B. nicht elastifizierte Polystyrol-Hartschaumplatten) führt zu einer starren Koppelung der Haustrennwände, so dass der Schallschutz deutlich verschlechtert wird. Für solche Materialien kann der Nachweis nicht geführt werden.

INFO

Um eine möglichst gute Schalldämmung zu erzielen und die Sicherheit der Ausführung zu verbessern, wird empfohlen, die Trennfuge mindestens 4 cm dick auszuführen und in den Hohlraum vollflächig Mineralwolle-Dämmplatten nach DIN EN 13162, Anwendungskurzzeichen WTH nach DIN 4108-10, Dicke 40/35 mm, einzubringen.

Die Erhöhung des Schalenabstandes wirkt sich günstig auf den Schallschutz aus. Dies gilt nicht bei üblichen Schalenabständen im untersten Geschoss, wenn die Fußpunkte der Schalen (z.B. durch gemeinsame Bodenplatten und/oder Fundamente) gekoppelt sind (siehe hierzu auch Abschnitt 5.2.4.3). Hier wirkt sich die Erhöhung der flächenbezogenen Masse der Schalen deutlicher aus als eine Erhöhung des Schalenabstandes.

6.2.3 Unterkellerte und nicht unterkellerte Doppel- und Reihenhäuser

Für die Einhaltung der Anforderungen ist es entscheidend, ob von unterkellerten Gebäuden ausgegangen wird, bei denen im Kellergeschoss keine schutzbedürftigen Räume mit Anforderungen an den Schallschutz liegen, oder ob sich schutzbedürftige Räume direkt über Fundament und Bodenplatte befinden. In den meisten Fällen wird das Fundament als gemeinsames Fundament ausgebildet (Bild 34), möglicherweise noch mit durchgehender Bodenplatte. Damit ergibt sich eine starke Körperschallbrücke zwischen den beiden Schalen.

Bild 29 zeigt, dass für den über die Wandschalen und das gemeinsame Fundament gehenden Übertragungsweg für die Räume im Erdgeschoss zusätzlich zur Stoßstellendämmung am Fundament noch zweimal die Stoßstellendämmung zwischen Wandschale und Boden zu berücksichtigen ist. Die Schallübertragung auf diesem Weg wird dadurch gegenüber dem direkten Übertragungsweg unmittelbar über den Hohlraum so klein, dass sie in der Gesamtbilanz nicht berücksichtigt werden muss. Für die im Untergeschoss liegenden Räume dagegen entfallen diese zusätzlichen Stoßstellen, so dass die starke Körperschallbrücke in Form des gemeinsamen Fundaments voll zum Tragen kommt. Dies ist dann unbedenklich, wenn im Fundamentbereich keine schutzbedürftigen Räume an die Haustrennwand angrenzen (was im UG meistens erfüllt ist). Eine ähnlich schädliche Wirkung als Körperschallbrücke ergibt sich übrigens, wenn die zweischalige Haustrennwand im Kellergeschoss nur einschalig ausgeführt wird. Die dadurch verursachte starke Kopplung beider Wandschalen macht sich im Erdgeschoss durch eine drastische Minderung der Schalldämmung bemerkbar.

Eine vergleichbare Situation findet man bei solchen Doppel- und Reihenhäusern, die auf die Unterkellerung verzichten. Dies ist mittlerweile zu einer häufigen Ausführungsvariante geworden. Das gemeinsame (bzw. unvollständig getrennte) Fundament liegt nun im Erdgeschoss-Bereich. Damit wird das Schallbrückenproblem in den Bereich der schutzbedürftigen Räume verlagert (Bild 30). Eine Abschätzung der hier vorliegenden Körperschallübertragung zeigt, dass diese nun gegenüber der Direktübertragung dominiert.

Prinzipiell kommen für den Fundamentbereich die in Tafel 15 dargestellten konstruktiven Lösungen in Frage. Diese unterscheiden sich hinsichtlich der Körperschallübertragung, was in DIN 4109-2 in den unterschiedlichen Werten für den Zweischaligkeitszuschlag berücksichtigt wird.

Um der verstärkten Übertragung im Fundamentbereich entgegen zu wirken, können bei nicht unterkellerten Gebäuden einige Maßnahmen ergriffen werden, die sich positiv auf die erreichbare Schalldämmung auswirken:

- Haustrennwand mit hoher flächenbezogener Masse der Wandschalen (Kalksandstein, z.B. mit $d = 24$ cm und RDK $\geq 1{,}8$)
- Flankierende Wände (Innen- und Außenwände) ebenfalls mit möglichst hoher flächenbezogener Masse (Kalk-sandstein mit $d = 17{,}5$ cm und RDK $\geq 1{,}8$)

- Nicht tragende Innenwände, die auf der Bodenplatte stehen, ebenfalls schwer (z.B. 11,5 cm und RDK ≥ 1,8)
- Auf einen schwimmenden Estrich auf der Bodenplatte kann aus schalltechnischen Gründen auf keinen Fall verzichtet werden.
- Durch eine geeignete Grundrissanordnung kann dafür gesorgt werden, dass schutzbedürftige Räume nicht unmittelbar an die Haustrennwand angrenzen.

Für eine getrennte Bodenplatte wurde in Tafel 15 sicherheitshalber nur derselbe Zweischaligkeitszuschlag vorgesehen wie für eine gemeinsame Bodenplatte. Trotz dieser vorsichtigen Bemessung können in praktischen Fällen deutlich bessere Werte erreicht werden, so dass die Trennung der Bodenplatte eine schalltechnisch günstige Option darstellt.

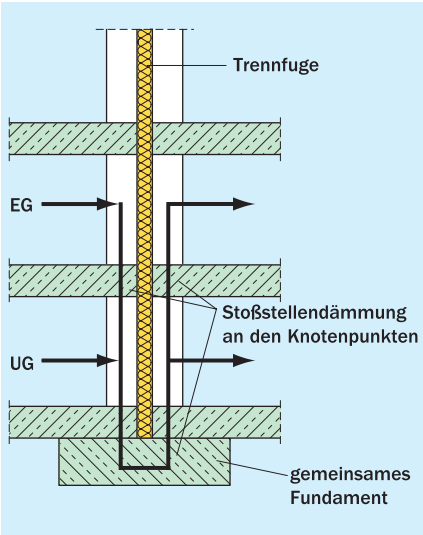


Bild 29 Flankierende Übertragung über den Fundamentbereich

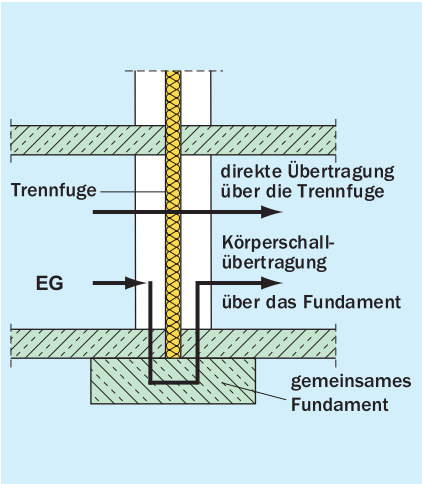
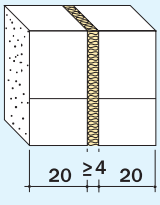
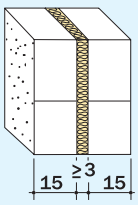


Bild 30 Direkte und flankierende Übertragung über eine zweischalige Haustrennwand für schutzbedürftigen Raum über der Bodenplatte

6.2.4 Ausführungsbeispiele zweischaliger Haustrennwände

Wie ein erhöhter Schallschutz von R'_w = 67 dB realisiert werden kann, zeigt Tafel 25. Bei der ersten Ausführung mit zweimal 20 cm Kalksandstein, RDK 2,0 und beidseitigem Dünnlagenputz wird vorausgesetzt, dass sich schutzbedürftige Räume direkt über der Bodenplatte befinden, für die die Anforderungen ebenfalls erfüllt sein sollen (z.B. Erdgeschoss eines nicht unterkellerten Gebäudes). Die Bodenplatte ist in diesem Fall getrennt auszuführen, die Trennfuge (Füllung Mineralwolle-Dämmplatten nach DIN EN 13162, Anwendungskurzzeichen WTH nach DIN 4108-10) geht bis zum Fundament durch (Fall 2 in Tafel 15),

Tafel 25 Ausführungsbeispiele zweischaliger Haustrennwände für einen erhöhten Schallschutz R'_w = 67 dB

Haustrennwand zwischen Doppel-/Reihenhäusern Voraussetzungen:	Lösung mit Kalksandstein		
	Wandaufbau [3] [cm]	Steinrohdichteklasse (RDK)	R'_w [dB]
■ Ohne Untergeschoss oder mit hochwertig genutztem Untergeschoss (*mit* Anforderungen an den Schallschutz im Untergeschoss) ■ Getrennte Bodenplatte ■ Trennfuge ≥ 4 cm und mit Mineralfaserplatten Typ WTH gefüllt ■ Trennfuge durchgehend bis auf das Fundament		≥ 2,0	67 [1]
■ Mit Untergeschoss (*ohne* Anforderungen an den Schallschutz im Untergeschoss) ■ Trennfuge ≥ 3 cm ■ Trennfuge durchgehend bis auf das Fundament		≥ 1,8	67 [2]

Schwimmende Estriche werden bei allen Vorschlägen vorausgesetzt, Trennfugen sollten generell mit 4 cm Dicke und einer geeigneten Mineralfaserplatte ausgeführt werden.
Flankierende Bauteile mit $m'_{L,M}$ ~ 300 kg/m²
Die Beispielkonstruktionen sind – soweit nicht anders beschrieben – mit beidseitig Dünnlagenputz (mittlere Dicke je Seite: 5 mm) oder mit Stoßfugenvermörtelung auszuführen.
[1] Ausführung nach [63], siehe Bild 31
[2] Zuschlag zur Zweischaligkeit angesetzt mit 12 dB, siehe Tafel 15.

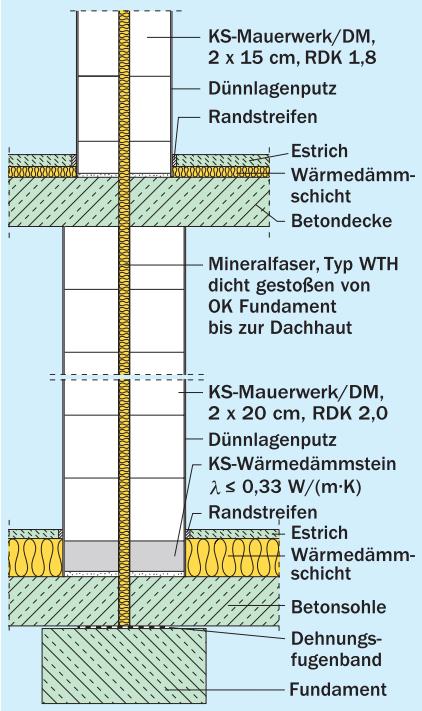


Bild 31 Beispiel nach [63] für ein nicht unterkellertes Gebäude mit getrennter Bodenplatte und Schallschutzanforderungen 67 dB auch im untersten Geschoss

und für die Trennfuge wird eine Breite von mindestens 4 cm vorgesehen. Die Ausführungsdetails dieser Lösung [63] sind in Bild 31 dargestellt. Das zweite Beispiel in Tafel 25 mit zweimal 15 cm dicken Wandschalen, RDK 1,8 und einer Fugenbreite von mindestens 3 cm kann angewendet werden, wenn sich direkt über der Bodenplatte keine schutzbedürftigen Räume mit Anforderungen befinden (unterkellertes Gebäude). Hier kann nach Tafel 15 der Zuschlag für Zweischaligkeit mit 12 dB angesetzt werden. Diese Lösung entspricht auch der im ersten Beispiel für das Obergeschoss gewählten Ausführung, da hier ein Einfluss von Fundament und Bodenplatte nicht mehr besteht (Zweischaligkeitszuschlag deshalb 12 dB). Die im Erdgeschoss erforderliche Trennfugenbreite von 4 cm wurde im OG beibehalten.

Für unterschiedliche zweischalige Haustrennwände können nach Tafel 26 die bewerteten Schalldämm-Maße R'_w in Abhängigkeit vom Zweischaligkeitszuschlag $\Delta R_{w,Tr}$ ermittelt werden. Diese Werte gelten für KS-Mauerwerk in Normalmauer- und Dünnbettmörtel mit einem Schalenabstand von mindestens 3 cm. Eine Erhöhung des Schalenabstandes wirkt sich günstig auf das Schalldämm-Maß aus. Die jeweils anzusetzenden Werte für $\Delta R_{w,Tr}$ können Tafel 15 entnommen werden. Nach Abschnitt 5.2.4.3 und Gleichung (5.7) wäre in Tafel 25 noch der Korrekturwert K zur Berücksichtigung der flankierenden Übertragung über massive flankierende Bauteile zu berücksichtigen, da er im Nachweisverfahren vorgesehen ist. Dieser wird hier (und genauso in der vorhergehenden Tafel 25) zur Vereinfachung mit $K = 0$ dB angesetzt. Dies entspricht den Verhältnissen in üblicher KS-Bauweise, wenn die einzelnen Schalen der Haustrennwand eine flächenbezogene Masse bis etwa 300 kg/m² haben. Bei mehr als 300 kg/m² wäre bei üblicher KS-Bauweise der Korrekturwert mit 1 dB anzusetzen. Im konkreten Planungsfall sollte mit den genannten Methoden, wie sie auch im KS-Schallschutzrechner implementiert sind, die Anwendung des Korrekturwerts überprüft werden.

Eine Zusammenstellung von Beispiellösungen für bewertete Schalldämm-Maße R'_w zweischaliger KS-Haustrennwände in Abhängigkeit vom Zweischaligkeitszuschlag $\Delta R_{w,Tr}$ findet sich in Tafel 26.

6.2.5 Flankierende Übertragung im Fundament- und Dachbereich

Fundamentbereich

Zu Recht haben Planung und Ausführung der Trennfuge eine herausragende Bedeutung für den Schallschutz zweischaliger Haustrennwände. Dabei wird allerdings oft vergessen, dass trotz Trennfuge auch die flankierende Schallübertragung bei Doppel- und Reihenhäusern eine Rolle spielen kann. Bild 32 und 34 weisen auf die flankierende Übertragung im Dach- und Fundamentbereich hin. Aber auch der Einfluss von Außen- und Innenwänden auf die Gesamtschalldämmung kann nicht völlig vernachlässigt werden. Zwar gibt es bei richtiger Trennfugengestaltung (außer bei der „Weißen Wanne“) keine durchlaufenden Wände, jedoch sind die an die Wandschalen angekoppelten Außen- und Innenwände in der Lage, der zweischaligen Konstruktion zusätzliche Schallenergie zuzuführen bzw. auf der anderen Seite zusätzliche Schallenergie abzustrahlen. Untersuchungen in ausgeführten Doppel- und Reihenhäusern zeigen, dass zu leichte massive Flankenwände durchaus zu einer Erhöhung der Schallübertragung führen. Die dafür nach DIN 4109-2 anzusetzende Korrektur wird in Abschnitt 5.2.4.3 behandelt.

Dachbereich

Oft wird festgestellt, dass die Schalldämmung zwischen Doppel- und Reihenhäusern im Dachgeschoss deutlich schlechter ausfällt als in den darunter liegenden Stockwerken. Ursache ist hier die flankierende Übertragung über die Dachkonstruktion. Insbesondere wenn der Dachgeschossausbau in Eigenleistung erfolgt, sorgen Fehler beim Dachaufbau und den Anschlussdetails im Trennwandbereich zu einer verstärkten Schalllängsleitung. Minderungen der Schalldämmung im Dachgeschoss von mehr als 10 dB sind bei falsch geplanter bzw. ausgeführter Dachkonstruktion keine Seltenheit.

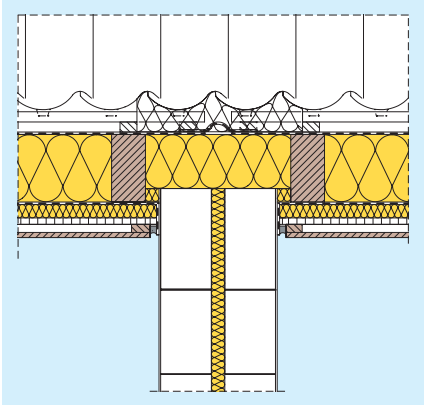


Bild 32 Dachanschluss bei einer zweischaligen Haustrennwand ohne durchlaufende Dachlatten (Brandschutz der LBO beachten)

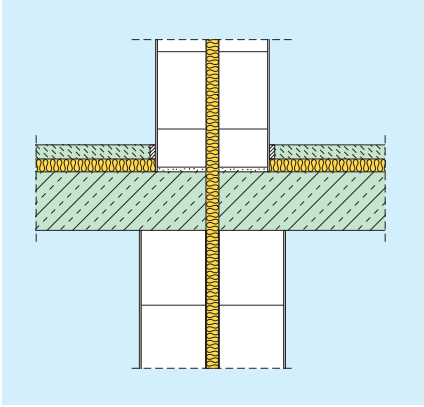


Bild 33 Zwischendeckenanschluss einer zweischaligen Haustrennwand

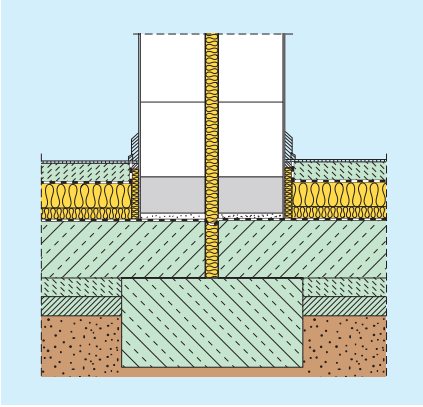


Bild 34 Fundamentanschluss einer zweischaligen Haustrennwand

Wichtig ist eine schalltechnisch dichte innenseitige Verkleidung der Dachkonstruktion, z.B. durch Gipskartonplatten, nicht aber durch Nut- und Federschalung, die keine ausreichende schalltechnische Dichtigkeit herstellt. Die Fugen zu den Trennwandschalen sind akustisch dicht auszuführen. Eine ausreichend starke Unterbrechung der Längsleitung wird nur dann erreicht, wenn die Trennwand die Dachkonstruktion mindestens 10 cm tief durchdringt. Starken Einfluss auf die flankierende Übertragung hat die Hohlraumdämpfung in Dachaufbau. Vorteilhaft ist eine Dämmung aus Mineralwolle zwischen den Sparren (je mehr, desto besser). Ungünstig sind Dämmungen aus Hartschaumplatten, da diese zur Hohlraumbedämpfung nichts beitragen.

Ungünstig sind, falls keine besonderen Vorkehrungen gegenüber einer erhöhten Schalllängsleitung getroffen werden, aufsparrengedämmte Dachkonstruktionen mit einer Wärmedämmung aus Hartschaumplatten. Hier ist zumindest eine Unterbrechung der Hartschaumplatten im Trennwandbereich erforderlich. Weitere Hinweise zur schalltechnisch richtigen Gestaltung im Dachbereich mit entsprechenden Ausführungsdetails finden sich z.B. in [64].

6.2.6 Fehlervermeidung bei Ausführung der Haustrennwand

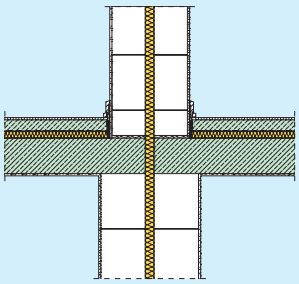
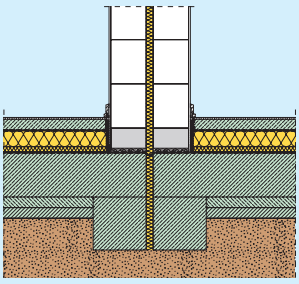
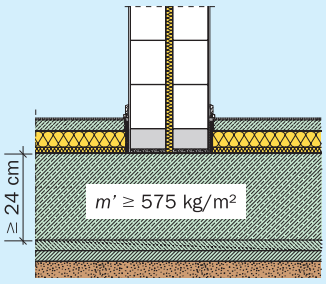
Die schalltechnische Funktionsfähigkeit der Trennfuge erlaubt keinerlei Körperschallbrücken. Hier werden in der Baupraxis die meisten Fehler gemacht. Die Fuge muss von Oberkante Fundament bis zum Dach durchgehend und frei von Körperschallbrücken durchgeführt werden. Auf die Problematik im Fundament- und Dachbereich wurde bereits zuvor eingegangen.

Besondere Sorgfalt erfordert das Betonieren der Stahlbetondecken, damit dort keine Körperschallbrücken entstehen. Rohrleitungen dürfen nicht durchgeführt werden.

Zu vermeiden ist auch eine Überbrückung der Trennfuge durch Putzschichten auf den Außenwänden. Wärmedämm-Verbundsysteme müssen ebenfalls im Bereich der Trennfuge unterbrochen werden. Geeignete Fugenabdichtungen (Fugenprofile, Dichtbänder) an der Gebäudeaußenseite sind vorzusehen.

Dämmplatten im Fugenhohlraum vermeiden bei vollflächiger Verlegung Körperschallbrücken durch Mörtelreste, Bauschutt und dergleichen. Sie dürfen allerdings nicht zu steif sein, da-

Tafel 26 **Beispiellösungen für bewertete Schalldämm-Maße R'_w zweischaliger KS-Haustrennwände in Abhängigkeit vom Zweischaligkeitszuschlag $\Delta R_{w,Tr}$; Werte für $\Delta R_{w,Tr}$ sind nach Tafel 15 auf ganze dB abgerundet.**

Wandaufbau (Beispiele) Mauerwerk nach DIN EN 1996 mit Normal- oder Dünnbettmörtel, beidseitig verputzt (2 x 10 mm Putz ≙ je Seite 10 kg/m²), Trennfuge ≥ 3 cm	RDK	Flächen bezogene Masse [kg/m²]	R'_w [dB]		
			Inkl. $\Delta R_{w,Tr}$ = + 12 dB[2)3)] 	Inkl. $\Delta R_{w,Tr}$ = + 9 dB[3)] z.B. Erdgeschoss mit getrennten Fundamenten 	Inkl. $\Delta R_{w,Tr}$ = + 6 dB z.B. Erdgeschoss mit gemeinsamer Bodenplatte 
2 x 11,5 cm	**1,8**	≥ 410	65	62	59
2 x 11,5 cm	**2,0**	≥ 450	66	63	60
2 x 15 cm[1)]	**1,8**	≥ 520	68	65	62
2 x 15 cm[1)]	**2,0**	≥ 580	69	66	63
2 x 17,5 cm[1)]	**1,8**	≥ 605	69	66	63
2 x 17,5 cm[1)]	**2,0**	≥ 675	71	68	65
2 x 20 cm[1)]	**1,8**	≥ 690	71	68	65
2 x 20 cm[1)]	**2,0**	≥ 770	72	69	66
2 x 24 cm	**1,8**	≥ 825	73	70	67[4)]

Flankierende Bauteile mit $m'_{L,M}$ ~ 300 kg/m²
Die regionalen Lieferprogramme sind zu beachten.

[1)] Bereits mit beidseitig Dünnlagenputz (2 x 5 mm)

[2)] Bei durchgehenden Keller-Außenwänden (m' ≥ 575 kg/m²) gilt: a) im Kellergeschoss: $\Delta R_{w,Tr}$ = +3 dB b) im Erdgeschoss: $\Delta R_{w,Tr}$ = +9 dB c) in den Obergeschossen: $\Delta R_{w,Tr}$ = +12 dB

[3)] Bei einem Schalenabstand ≥ 50 mm und Ausfüllung des Schalenzwischenraums mit Mineralwolle-Dämmplatten (Typ WTH gemäß 4108-10) darf der Zuschlagswert $R_{w,Tr}$ um 2 dB erhöht werden.

[4)] Alternativ nach [63]: 2 x 20 cm mit RDK 2,0 und beidseitigem Dünnlagenputz (2 x 5 mm) sowie Trennfuge ≥ 4 cm, gefüllt mit Mineralfaserplatten, Typ WTH, Bodenplatte getrennt auf gemeinsamem Fundament.

mit es nicht zu einer schädlichen Kopplung der beiden Wandschalen kommt. Nach DIN 4109-32 sind Mineralwolle-Dämmplatten nach DIN EN 13162, Anwendungskurzzeichen WTH nach DIN 4108-10, vorzusehen. Früher häufig verwendete bituminierte Weichfaserdämmplatten sind zu steif. Dasselbe gilt auch für nicht elastifizierte Hartschaumplatten.

Größere Fugenbreiten als die in DIN 4109-32 mindestens vorgeschriebenen 30 mm sind nicht nur vom schalltechnischen Verhalten her, sondern auch zur Vermeidung von Körperschallbrücken vorteilhaft. Selbst bei Fugen mit mehr als 30 mm Breite darf zur Vermeidung von Körperschallbrücken nicht auf das Einlegen geeigneter Dämmplatten verzichtet werden.

INFO

- **Trennfuge muss vom Fundament bis zum Dach durchlaufen, ohne Körperschallbrücken**
- **Trennfuge mind. 30 mm, besser 40 mm dick mit Mineralwolle-Dämmplatten nach DIN EN 13162, Anwendungskurzzeichen WTH nach DIN 4108-10, ausführen**
- **im Fundamentbereich (unterstes Geschoss) ggf. schwerere KS-Wände als in den oberen Geschossen anordnen**
- **Randabschalungen für Stahlbetondecken verwenden, keine Rohrleitungen durch Haustrennwände führen**
- **im Dachbereich auf ausreichende (schalltechnische) Dichtigkeit achten**
- **die Trennwand muss mindestens 10 cm tief in die Dachkonstruktion einbinden**
- **durchlaufende Installationskanäle bei Reihenhäusern vermeiden**

Bild 35 **Dicht gestoßene Mineralfaserplatten Typ WTH vermeiden Schallbrücken**

7. Außenlärm

7.1 Anforderungen

Zum Schutz gegen Außenlärm werden in DIN 4109-1 Anforderungen an die Außenbauteile von Aufenthaltsräumen gestellt. Dazu soll deren Schalldämmung so hoch sein, dass der eindringende Lärm einen zumutbaren Schallpegel nicht überschreitet. Falls Außenbauteile aus mehreren Teilflächen unterschiedlicher Schalldämmung bestehen (z.B. Wände, Fenster, Türen, Rollladenkästen, Lüftungseinrichtungen), gelten die Anforderungen an das aus den einzelnen Schalldämm-Maßen der Teilflächen berechnete gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$. Es wird die Gesamtlärmbelastung zugrunde gelegt, die je nach Situation die Anteile der Geräuscheinwirkung von Straßen-, Schienen- und Wasserverkehr sowie von Gewerbe- und Industrieanlagen erfasst. Die Anforderungen gelten nicht für den Schutz gegen Fluglärm, soweit die Schallschutzmaßnahmen durch das „Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm“ [65] geregelt sind.

Die bisherige Aufteilung in Lärmpegelbereiche mit einer groben „5 dB-Stufung“ in DIN 4109:1989 und DIN 4109-1:2016-07 zur Festlegung der Anforderung an Außenbauteile wurde in einem Änderungsblatt zu DIN 4109 [33] bzw. [35] aufgehoben und in eine „dB-genaue“ Ermittlung der Anforderung überführt:

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

Dabei werden die folgenden drei Raumarten, die sich nach Nutzungsart und Anforderungshöhe unterscheiden, zugrunde gelegt:

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

Für den Fall dass – z.B. in Bebauungsplänen – ausschließlich die bisherigen Lärmpegelbereiche angegeben sind, wird in der Änderung zu DIN 4109 [33] bzw. [35] eine Tabelle mit der Zuordnung maßgeblicher Außenlärmpegel zu den entsprechenden Lärmpegelbereichen angegeben (Tafel 27). Die Ermittlung der Anforderung an die Luftschalldämmung zwischen Außen und Räumen in Gebäuden erfolgt auch in diesem Fall nach Gleichung 7.1, wobei für Bettenräume mindestens erf. $R'_{w,ges}$ = 35 dB und für alle weiteren schutzbedürftigen Räume mindestens erf. $R'_{w,ges}$ = 30 dB eingehalten werden müssen.

Ist erf. $R'_{w,ges} \geq 50$ dB, sind die Anforderungen aufgrund der örtlichen Gegebenheiten festzulegen. Damit ergeben sich für die Obergrenzen der maßgeblichen Außenlärmpegel der bisherigen Lärmpegelbereiche die in Tafel 27 dargestellten Anforderungen.

Für unterschiedliche maßgebliche Außenlärmpegel an unterschiedlich orientierten Außenflächen eines Raums werden sowohl bei der Berechnung von $R'_{w,ges}$ als auch der zu betrachtenden Fassadenfläche S_s alle schallbeanspruchten Außenbauteile des betrachteten Raums berücksichtigt. Um die an den jeweiligen Fassadenflächen anliegenden unterschiedlichen Lärmpegel zu berücksichtigen, wird für jeden Lärmpegelbereich, der vom maximal vorliegenden Lärmpegelbereich abweicht, ein Korrekturwert berechnet und auf alle Schalldämm-Maße der diesem Lärmpegelbereich zugeordneten Fassadenteile addiert.

Die Anforderungen in DIN 4109-1 enthalten bereits indirekt einen Korrekturwert von 5 dB zur Spektrum-Anpassung, welcher im Fall von Verkehrslärm (hohe Anteile tieffrequenten Lärms) und üblichen Außenbauteilen häufig in etwa zutreffend ist [66]. Im Rahmen einer Änderung zu DIN 4109-2:2016-07 [34] bzw. [36] wird für Schienenverkehrslärm eine pauschale Minderung des Beurteilungspegels von 5 dB festgelegt. Die Grundlage für diese Minderung ist die übliche Frequenzzusammensetzung von Schienenverkehrsgeräuschen in Verbindung mit dem Frequenzspektrum der Schalldämm-Maße von Außenbauteilen. Der oben erwähnte Korrekturwert von 5 dB wird durch die Minderung für Schienenverkehrslärm sozusagen wieder auf 0 zurück gesetzt. Die beschriebene Anwendung eines pauschalen Korrekturwerts lässt eine differenzierte Bemessung des Schallschutzes gegenüber Außenlärm, unter Berücksichtigung der spezifischen Schallspektren und spezifischen frequenzabhängigen Schalldämmung der an der Schallübertragung beteiligten Bauteile, nicht zu. Dies kann z.B. mit Hilfe von bauteilspezifischen Spektrum-Anpassungswerten erfolgen. Dazu findet sich in DIN 4109-2 die folgende informative Anmerkung:

„Für Planungszwecke außerhalb des Anwendungsbereichs von DIN 4109 können zur Berechnung der resultierenden Schalldämmung der Außenbauteile bei Bedarf zusätzlich auch die Spektrum-Anpassungswerte C oder C_{tr} verwendet werden, wenn die spektralen Eigenschaften des Außengeräuschs berücksichtigt werden sollen." In der VDI 4100: 2012 wird folgendermaßen auf diesen Sachverhalt hingewiesen:

„Es wird empfohlen, bei der Planung und Berechnung der erforderlichen Schalldämmung die Spektrum-Anpassungswerte (C und C_{tr}) nach DIN EN ISO 717-1 der für die Verwendung vorgesehenen Bauteile zu beachten, wenn es sich bei Außenlärm um auffällige Spektren handelt, z.B. Verkehrslärm mit tieffrequenten Schallanteilen."

Auf die Handhabung der Spektrum-Anpassungswerte bei Außenwänden mit WDVS wird in Abschnitt 7.4.3 eingegangen.

In der geplanten Überarbeitung der DIN 4109-1 werden die Anforderungen an Außenbauteile in Abhängigkeit vom Außenlärmspektrum, der Höhe des maßgeblichen Außenlärmpegels und der Raumnutzung gestellt. Das Außenlärmspektrum wird durch die beiden Spektrumanpassungswerte C und C_{tr} berücksichtigt. Durch die Verwendung der Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} bei der Anforderung an das Schalldämm-Maß der Außenbauteile ergibt sich trotz unterschiedlicher Anregespektren ein vergleichbar hoher Innengeräuschpegel. Für Außenlärm durch Straßenverkehr außerhalb geschlossener Ortschaften, Autobahnen, Bundes-, Landes- oder Kreisstraßen und Schienenverkehr (ohne

Tafel 27 Zuordnung zwischen Lärmpegelbereich und maßgeblichem Außenlärmpegel L_a sowie zugehörige Anforderungen gemäß [33] bzw. [35]

Zeile	Lärmpegelbereich	„Maßgeblicher Außenlärmpegel" L_a [dB]	Raumarten: Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien	Raumarten: Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume und Ähnliches	Raumarten: Büroräume[1] und Ähnliches
			erf. $R'_{w,ges}$ des Außenbauteils [dB]		
1	I	55	35	30	30
2	II	60	35	30	30
3	III	65	40	35	30
4	IV	70	45	40	35
5	V	75	50	45	40
6	VI	80	[2]	50	45
7	VII	80	[2]	[2]	50

[1] An Außenbauteile von Räumen, bei denen der eindringende Außenlärm aufgrund der in den Räumen ausgeübten Tätigkeiten nur einen untergeordneten Beitrag zum Innenraumpegel leistet, werden keine Anforderungen gestellt.
[2] Die Anforderungen sind hier aufgrund der örtlichen Gegebenheiten festzulegen.

Tafel 28 Korrekturwerte K_{AL} für das erforderliche gesamte Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ nach Tafel 27 in Abhängigkeit vom Verhältnis S_S/S_G

S_S/S_G	2,5	2,0	1,6	1,3	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4
Korrektur K_{AL} [dB]	+5	+4	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3

S_S: Gesamtfläche des Außenbauteils eines Aufenthaltsraums in m²
S_G: Grundfläche eines Aufenthaltsraums in m²

Straßenbahnverkehr nach § 4 PbefG) werden Anforderungen an die Summe aus $R'_w + C$ gestellt. Für Außenlärm durch Straßenverkehr auf Straßen innerhalb geschlossener Ortschaften sowie Straßen mit offenporigem Asphalt, Straßenbahnverkehr, Flugverkehr, Wasserverkehr, Gewerbe und bei Lärmschutzwänden wird die Anforderung an die Summe aus $R'_w + C_{tr}$ gestellt. Unterschieden wird beim maßgeblichen Außenlärmpegel der Tagzeitraum $L_{a,T}$ und der Nachtzeitraum $L_{a,N}$. Wie bereits in den Vorgängerversionen ergeben sich auch aufgrund der Raumnutzung (Wohnräume, Büroräume, …) unterschiedliche Anforderungen.

Für Anforderungen bezüglich des Spektrum-Anpassungswertes C_x gilt, wobei C_x für C bzw. C_{tr} je nach Außenlärmspektrum steht:

- für Bettenräume in Krankenhäusern gilt: erf. $(R'_w + C_x) = L_{a,T} - 30$ dB
- für Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume und Ähnliches gilt: erf. $(R'_w + C_x) = L_{a,T} - 35$ dB
- für Aufenthaltsräume mit Schlafnutzung gilt: erf. $(R'_w + C_x) = L_{a,N} - 25$ dB
- für Büroräume und Ähnliches gilt: erf. $(R'_w + C_x) = L_{a,T} - 40$ dB
- für Bettenräume in Krankenhäusern sind mindestens erforderlich: erf. $(R'_w + C_x) = 30$ dB
- für Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume, Büroräume und Ähnliches sind mindestens erforderlich: erf. $(R'_w + C) = 25$ dB

7.2 Nachweise

Für die Planung und den Nachweis des Schutzes gegen Außenlärm muss zuerst der maßgebliche Außenlärmpegel bekannt sein. Er wird in der Regel berechnet. Nur in Ausnahmefällen wird er durch Schallpegelmessungen vor Ort bestimmt. Er kann in Bebauungsplänen festgelegt sein, aus amtlichen Lärmkarten oder Lärmminderungsplänen entnommen oder beispielsweise für Verkehrslärm aus der Verkehrsbelastung von Straßen ermittelt werden. Je nach Art der Geräuschquellen sind bei der Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels unterschiedliche Regelungen zu berücksichtigen, die in DIN 4109-2 (Rechenverfahren) und DIN 4109-4 (messtechnische Nachweise) benannt werden.

Das gemäß Gleichung 7.1 ermittelte erforderliche gesamte Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ ist anschließend noch nach Gleichung (7.2) mit dem Korrekturwert K_{AL} hinsichtlich der Fassadenfläche und der Grundfläche des Empfangsraums zu korrigieren.

$$K_{AL} = 10 \lg \left(\frac{S_s}{0{,}8 \cdot S_G} \right) \text{ [dB]} \qquad (7.2)$$

mit

S_s Vom Raum aus gesehene gesamte Fassadenfläche
S_G Grundfläche des Raums

Vereinfacht können die Werte für K_{AL}, gerundet auf ganze Zahlen, auch der Tafel 28 entnommen werden.

Erst dieser korrigierte Wert stellt die tatsächliche Anforderung an die Schalldämmung der Außenbauteile dar. Unter Berücksichtigung des pauschalen Sicherheitsbeiwerts von 2 dB gilt damit für den Nachweis

$$R'_{w,ges} - 2 \text{ dB} \geq \text{erf. } R'_{w,ges} + K_{AL} \qquad (7.3)$$

Auch beim Außenlärm wird in den Fällen, bei denen die gemeinsame Trennfläche kleiner als 10 m² ist, nach DIN 4109-1 die Anforderung an die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ gestellt.

INFO

Die Anforderung gilt immer an das gesamte Außenbauteil. Wenn dieses aus verschiedenen Teilflächen mit unterschiedlicher Schalldämmung – und ggf. auch unterschiedlicher Orientierung – besteht, z.B. aus einer Wand mit Fenstern und Einbauten wie Rollladenkästen und Lüftungseinrichtungen, dann sind die einzelnen Teilflächen mit ihrer jeweiligen Schalldämmung einzubeziehen.

Im Zuge der Planung wird deshalb zuerst die resultierende Schalldämmung der gesamten Außenbauteilfläche errechnet. Dazu werden für die Gesamtfläche S_s der gesamten Bauteilfläche die Teilflächen S_i der einzelnen Elemente mit ihren jeweiligen bewerteten Schalldämm-Maßen $R_{i,w}$ berücksichtigt, so dass sich die resultierende Gesamtdämmung $R_{w,ges}$ des Außenbauteils wie folgt ergibt:

$$R_{w,ges} = -10 \lg \left(\frac{1}{S_s} \sum_{i=1}^{n} S_i \cdot 10^{\frac{-R_{i,w}}{10}} \right) \text{[dB]} \qquad (7.4)$$

Zu beachten ist bei dieser Rechnung, dass mit den Schalldämm-Maßen $R_{i,w}$ immer die Direktschalldämmung der einzelnen Elemente gemeint ist. Auch die resultierende Gesamtdämmung $R_{w,ges}$ beschreibt damit zuerst einmal nur die Direktschalldämmung der gesamten Außenbauteilfläche. Zur Erfüllung der Anforderungen muss aber ein Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ betrachtet werden. Das bedeutet, dass für die Gesamtübertragung des Außenlärms in den Empfangsraum außer der direkten Schallübertragung auch die Übertragung über flankierende Bauteile berücksichtigt werden muss. Die Flankenübertragung kann prinzipiell nach den Methoden der DIN 4109-2 (siehe Abschnitt 5.2.3.4, Gleichung (5.5)) berechnet werden und wird zu der nach Gleichung (7.3) berechneten Direktübertragung addiert. Der Anteil der flankierenden Übertragung ist im Einzelfall zu prüfen. Er ist in vielen Fällen unbedeutend und braucht deshalb meistens nicht berechnet zu werden.

Wenn jedoch biegesteife Fassadenbauteile (z.B. aus Mauerwerk) mit anderen biegesteifen Teilen des Empfangsraums (z.B. Decken oder Trennwänden) verbunden sind, kann die Flankenübertragung zur gesamten Schallübertragung beitragen. Rechnerisch muss sie dann berücksichtigt werden, wenn zur Erfüllung der Anforderungen das Schalldämm-Maß $R_{i,w}$ des massiven Außenbauteils mehr als 50 dB und das gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ mehr als 40 dB betragen soll.

Aus dem notwendigen Schalldämm-Maß der gesamten Fassade kann nicht unmittelbar auf die benötigte Schalldämmung der einzelnen Bauteile geschlossen werden. Eine schlechtere

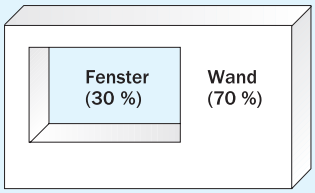
Schalldämmung des einen Bauteils kann (in gewissen Grenzen) durch eine bessere Schalldämmung eines anderen Bauteils ausgeglichen werden. So ist es die planerische Aufgabe, die Zusammenstellung der einzelnen Bauteile so vorzunehmen, dass sich hinsichtlich der Flächenanteile und Schalldämm-Maße der einzelnen Bauteile die geforderte resultierende Schalldämmung des gesamten Bauteils ergibt. Ein Beispiel für die mögliche Dimensionierung einzelner Bauteile bei vorgegebener Anforderung an die Gesamtdämmung findet sich in Tafel 31.

Ein einfaches Beispiel für den Nachweis zeigt Bild 36. Im vorliegenden Fall wird die resultierende Schalldämmung von den Fenstern bestimmt. Die schalltechnische Leistungsfähigkeit der Wand kommt nicht zum Tragen.

Für Fenster- und Türelemente kann die resultierende Schalldämmung in eingebautem Zustand von den Einbaufugen beeinflusst werden. DIN 4109-2 enthält Regelungen, wie bei schalltechnisch kritischen Einbausituationen die Fugen bei der Berechnung zu berücksichtigen sind. Kritische Einbausituationen liegen vor, wenn Fenster- oder Türelemente im Bereich einer Dämmebene eingebaut werden.

Auch in DIN 4109-2 werden sich im Rahmen der Überarbeitung der DIN 4109-Reihe aufgrund veränderter Anforderungsgrößen in DIN 4109-1 Änderungen ergeben. Im Wesentlichen bleibt der Nachweis gleich, allerdings mit den entsprechenden Größe $R'_w + C$ bzw. $R'_w + C_{tr}$.

Beispiel: Wohnraum



- maßgeblicher Außenlärmpegel L_a = 65 dB,
  erf. $R'_{w,ges} = L_a - K_{Raumart}$ = 65 dB - 30 dB = 35 dB
- Außenwand Kalksandstein 17,5 cm, RDK 2,0 mit WDVS:
  $R_{w\,(Wand)}$ = 56 dB nach Massekurve Kalksandstein (Gl. (5.4))
  WDVS mit Verbesserung der Schalldämmung ΔR_w = 2 dB
  $R_{w\,(Wand + WDVS)}$ = (56 + 2) dB = 58 dB
- Fenster:
  $R_{w\,(Fenster)}$ = 35 dB
  Fensterflächenanteil 30 %
- Resultierende Schalldämmung der Außenwand mit Fenstern nach Gl. (7.4):

$$R_{w,ges} = -10 \lg \left(0{,}7 \cdot 10^{\frac{-58}{10}} + 0{,}3 \cdot 10^{\frac{-35}{10}}\right) = 40 \text{ dB}$$

- Ermittlung des Bau-Schalldämm-Maßes $R'_{w,ges}$
  Annahme: wegen ausreichend schwerer Flankenbauteile keine Berücksichtigung der flankierenden Übertragung erforderlich
  $R'_{w,ges}$ = 40 dB
- Berücksichtigung der Flächenkorrektur nach Gl. (7.2)

Wohnraum mit Außenwandfläche	S_S = 10 m²
Grundfläche	S_G = 25 m²
Korrektur	$K_{AL} = -10 \lg \left(\frac{S_S}{0{,}8 \cdot S_G}\right)$ = -3 dB

- Für den Schallschutznachweis muss mit pauschalem Sicherheitsabschlag von 2 dB nach Gl. (7.3) gelten:
- $R'_{w,ges}$ - 2 dB ≥ erf. $R'_{w,ges} + K_{AL}$ bzw. $R'_{w,ges}$ - 2 dB - K_{AL} ≥ erf. $R'_{w,ges}$
- 40 dB - 2 dB + 3 dB = 41 dB ≥ 35 dB -> Nachweis erfüllt

Bild 36 **Beispiel für den Schallschutznachweis für eine KS-Außenwand mit WDVS und einem Fensteranteil von 30 %**

7.3 Zweischalige massive Außenwände

Derzeit ist die nach DIN 4109-2 vorgesehene Berechnung der Schalldämmung zweischaliger Außenwände nach DIN EN 1996/NA nicht möglich, da für die Luftschallverbesserung $\Delta R_{Dd,w}$ von massiven biegesteifen Verblendschalen aus Mauerwerk oder Vorsatzschichten aus Beton mit Luftschicht oder Dämmschicht noch keine abgesicherten Angaben vorliegen. Ersatzweise wird deshalb für zweischalige Außenwände mit Luftschicht für die Ermittlung der Schalldämmung der gesamten Konstruktion in Abschnitt 4.4.4. der DIN 4109-32 folgendes Verfahren vorgeschlagen:

„Bei zweischaligen Konstruktionen mit Luftschicht oder mit Kerndämmung aus mineralischen Faserdämmstoffen darf das bewertete Schalldämm-Maß $R_{Dd,w}$ aus der Summe der flächenbezogenen Massen der beiden Schalen […] 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 flächenbezogenen Masse der inneren Schale der Außenwand beträgt, darf das Schalldämm-Maß R_w um 8 dB erhöht werden."

Bei Sandwich-Elementen aus Beton oder bei Mauerwerk mit einer Kerndämmung, die unter Verwendung von Hartschaumstoffen hergestellt werden, wird in DIN 4109-32 übergangsweise vorgesehen, dass das bewertete Schalldämm-Maß $R_{Dd,w}$ aus den flächenbezogenen Massen beider Schalen abzüglich 2 dB ermittelt wird.

In der geplanten Überarbeitung der DIN 4109-Reihe erfolgt die Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes von zweischaligen massiven Außenwänden in DIN 4109-32 über die bewertete Luftschallverbesserung durch das Verblendmauerwerk. Dabei wird das Verblendmauerwerk als Vorsatzschale betrachtet. Das bewertete Schalldämm-Maß der Gesamtkonstruktion setzt sich dabei aus dem bewerteten Schalldämm-Maß der massiven Hintermauerung und der bewerteten Luftschallverbesse-

rung der Verblendschale zusammen. Die bewertete Luftschallverbesserung der Verblendschale wird aus dem Verhältnis der Gesamtmasse des Bauteils zur Masse der Hintermauerung sowie mittels einer Korrektur bezüglich der Kopplung der beiden Bauteile bestimmt.

7.4 Einschalige Außenwände mit WDVS

7.4.1 Außenwand zwischen Schall- und Wärmeschutz

Erhöhte Anforderungen an den Wärmeschutz können bei Mauerwerk durch konstruktive Maßnahmen realisiert werden. Als grundsätzliche Möglichkeiten kommen dabei in Frage:

- Verringerung der Steinrohdichte
- Vergrößerung der Wanddicke
- Mehrschichtige Aufbauten
- Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS)

Die aus wärmetechnischen Gründen erforderlichen Maßnahmen haben erfahrungsgemäß immer auch Auswirkungen auf den Schallschutz. Wesentlich ist dabei, dass sich wärmetechnische und schalltechnische Belange oftmals konträr verhalten, so dass wärmetechnische Verbesserungen zu teilweise signifikanten schalltechnischen Verschlechterungen führen können. Ursache solcher Verschlechterungen sind akustische Resonanzen der Wand- oder Steinstruktur, die bei den oben genannten wärmetechnischen Maßnahmen verstärkt in Erscheinung treten und die Direktschalldämmung mindern. Es besteht somit zwischen schall- und wärmetechnischen Anforderungen ein Zielkonflikt. Die genannten Resonanzerscheinungen mindern oft auch die Flankendämmung.

INFO

Vor allem treten immer wieder Probleme mit der Flankendämmung bei solchen Außenwänden auf, die aus wärmetechnischen Gründen leicht (und damit bezüglich der Flankendämmung zu leicht) gemacht wurden.

7.4.2 Schalltechnisches Verhalten einer massiven, einschaligen Wand mit WDVS

Für einschalige homogene Wände kann das bewertete Schalldämm-Maß in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse bestimmt werden. Für Außenwände aus Kalksandstein gilt dafür die Massekurve in Gleichung (5.4). Um die Wärmedämmung von Kalksandstein-Außenwänden zu realisieren, werden häufig auf der Außenseite WDVS angebracht, wodurch sich das schalltechnische Verhalten der einschaligen Wand verändert.

Akustisch verhält sich eine Massivwand mit WDVS wie ein Feder-Masse-System. Mit diesem einfachen Modell können bereits wesentliche akustische Eigenschaften einer Wand mit WDVS erklärt werden. Als Massen wirken die Massen der Wand und der Putzschicht. Als Feder fungiert die Dämmschicht (Bild 37).

Charakterisiert wird das Schwingungsverhalten durch die Resonanz des Feder-Masse-Systems bei der Resonanzfrequenz f_0. Das grundsätzliche schalldämmende Verhalten eines solchen zweischaligen Wandaufbaus zeigt Bild 38.

Unterhalb der Resonanzfrequenz verhält sich die Konstruktion wie eine gleichschwere einschalige Konstruktion. Die Schalldämmung steigt mit der Frequenz an, wie es für eine einschalige Wand zu erwarten ist. Im Frequenzbereich um f_0 wird aufgrund der großen Schwingungsamplituden die Schalldämmung drastisch vermindert. Oberhalb von f_0 hingegen kann die Schalldämmung gegenüber der gleichschweren einschaligen Konstruktion deutlich verbessert werden. Entscheidend ist also die Lage der Resonanzfrequenz. Da die (flächenbezogene) Masse der Wand sehr viel größer ist als diejenige der Putzschicht, kann sie bei der Berechnung der Resonanzfrequenz vernachlässigt werden. Für f_0 gilt dann:

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{s'}{m'}} \text{ [Hz]} \qquad (7.5)$$

mit

s' Dynamische Steifigkeit der Dämmschicht in MN/m³

m' Flächenbezogene Masse der Putzschicht in kg/m²

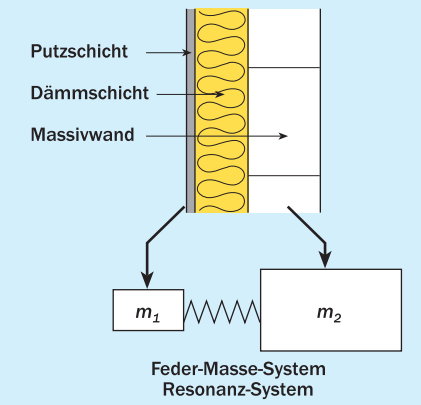


Bild 37 Wärmedämm-Verbundsystem als Feder-Masse-System

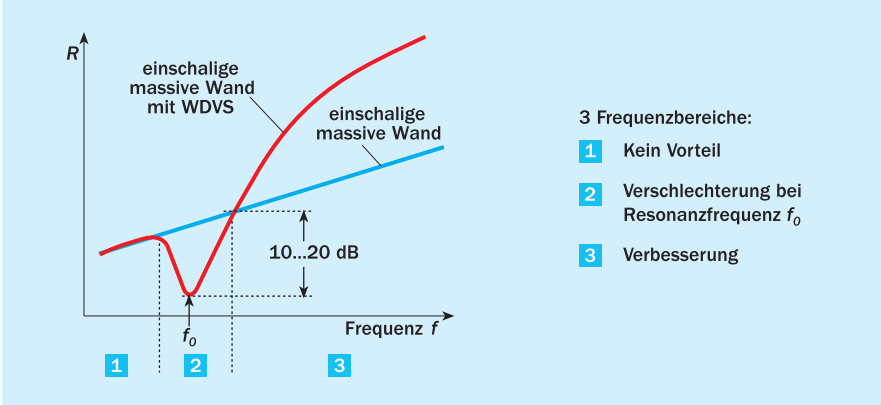


Bild 38 Schalldämmung R der einschaligen, massiven Wand ohne und mit WDVS

Üblicherweise wird eine möglichst tiefe Resonanzfrequenz angestrebt, da sie sich günstig auf das bewertete Schalldämm-Maß R_w auswirkt. Resonanzen im bauakustischen Frequenzbereich, vor allem bei mittleren Frequenzen, vermindern dagegen das bewertete Schalldämm-Maß der Konstruktion. Unter der Vorgabe eines möglichst hohen Schalldämm-Maßes heißt das für die konstruktiv zu bemessenden Einflussgrößen s' und m':

- Dickere und damit schwerere Putzschichten sind günstiger.
- Die Steifigkeit des Dämmmaterials sollte möglichst gering sein.

Dass unter Schallschutzaspekten die Auslegung des WDVS allerdings nicht grundsätzlich nach diesen Gesichtspunkten erfolgen muss, zeigt sich bei näherer Betrachtung der Frequenzeigenschaften des Außenlärms.

7.4.3 Außenlärm: tieffrequent oder hochfrequent?

In zahlreichen Fällen tritt durch das WDVS eine Verschlechterung des Schalldämm-Maßes auf, bei entsprechender Dimensionierung sind vielfach allerdings auch Verbesserungen möglich (siehe hierzu Abschnitt 7.4.4). Nach üblichem Verständnis erscheint es sinnvoll, ein möglichst hohes bewertetes Schalldämm-Maß anzustreben. Für die praktische Anwendung stellt sich die Situation jedoch etwas komplizierter dar. Ob das gewählte WDVS den Schallschutz gegen Außenlärm tatsächlich verbessern kann, hängt auch von der konkreten Lärmsituation ab. Innerstädtischer Verkehrslärm z.B. hat seine dominierenden Geräuschanteile eher bei tiefen Frequenzen (Bild 39).

Eine tief liegende Resonanzfrequenz – die ansonsten gewünscht wird – kann dann zur Erhöhung des über die gedämmte Außenwand übertragenen Schalls führen. Die Geräuschsituation im Gebäude wird entgegen den Erwartungen möglicherweise schlechter. Hier kann ein – eigentlich als ungünstiger bewertetes – WDVS mit härteren Dämmschichten im Endergebnis zu einem günstigeren Gesamtresultat führen.

Umgekehrt sind die Verhältnisse jedoch, wenn der vor der Außenwand anstehende Lärm durch mittlere und höhere Frequenzen geprägt wird (z.B. Schienenverkehrslärm, Straßenverkehr bei hohen Geschwindigkeiten). Hier sind dann tatsächlich die WDVS mit weichen Dämmschichten auch im Endresultat günstiger (Bild 40).

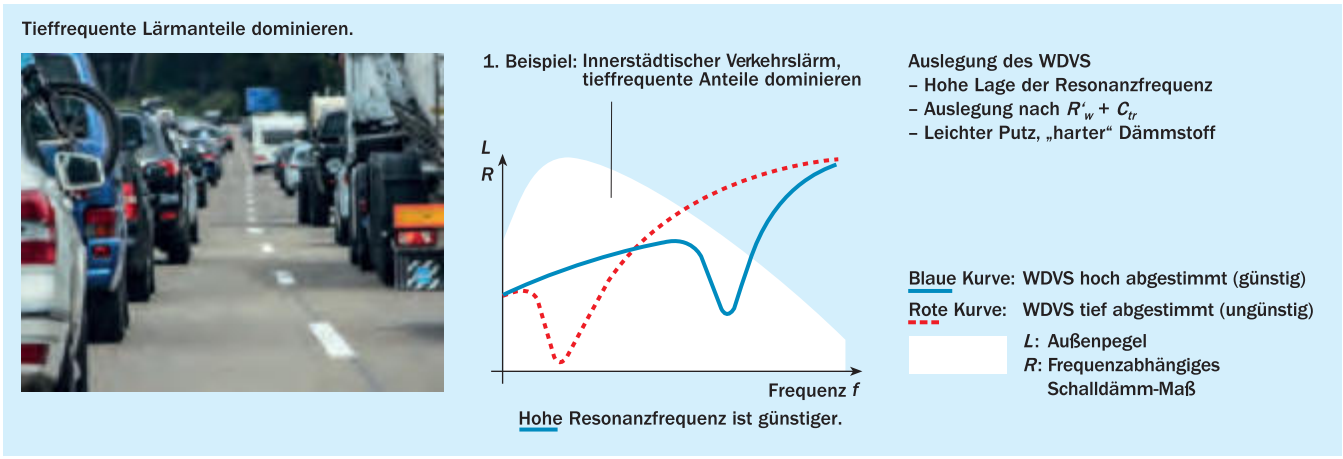


Bild 39 Reale Minderung von tieffrequentem Außenlärm

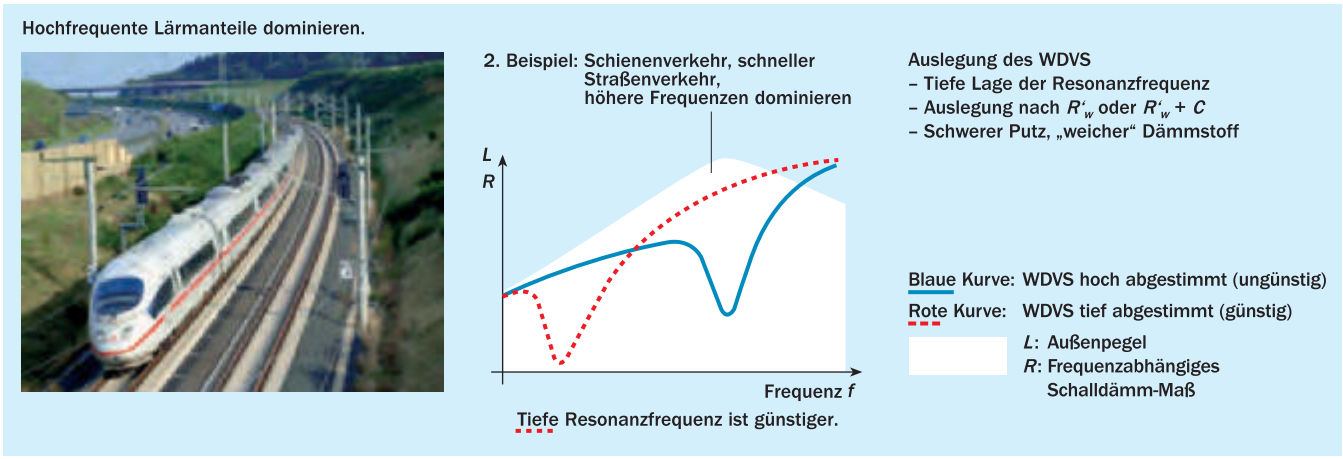


Bild 40 Reale Minderung von hochfrequentem Außenlärm

Als Fazit ergibt sich für die reale Minderung von Außenlärm:

- Das tatsächliche Geräuschspektrum spielt bei der Wirkung von WDVS eine Rolle.
- Eine am Schallschutz orientierte Planung sollte die aktuelle Geräuschsituation berücksichtigen.

Tafel 29 Spektrum-Anpassungswerte für eine einschalige, massive Wand ohne und mit WDVS, Beispiel

KS-Wand, d = 17,5 cm, RDK 1,8, geputzt, Fensterflächenanteil f = 30 %, ohne WDVS:	
Einzahlangaben	$R_w\ (C, C_{tr})$ = 51 (-1, -2) dB
Tieffrequente Wirkung	$R_w + C_{tr}$ = 51 - 2 = **49 dB**
KS-Wand, d = 17,5 cm, RDK 1,8, geputzt, Fensterflächenanteil f = 30 %, mit WDVS:	
Einzahlangaben	$R_w\ (C, C_{tr})$ = 53 (-2, -7) dB
Tieffrequente Wirkung	$R_w + C_{tr}$ = 53 - 7 = **46 dB**

Offensichtlich ist das bewertete Schalldämm-Maß als alleiniges Kriterium zur Auslegung des Schallschutzes nicht ausreichend. Um die frequenzabhängigen Eigenschaften in der aktuellen Geräuschsituation besser berücksichtigen zu können, haben die europäischen Regelwerke dafür die so genannten Spektrum-Anpassungswerte vorgesehen, die nach DIN EN ISO 717-1 als ergänzende Zahlenwerte zum bewerteten Schalldämm-Maß angegeben werden (Tafel 2) und in der geplanten Überarbeitung der DIN 4109-1 Eingang finden.

Die Spektrum-Anpassungswerte – je nach Bedarf C oder C_{tr} – können zum Wert des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w addiert werden, um mit einem neuen Einzahlwert die schalldämmende Wirkung einer Konstruktion gegenüber einer bestimmten Geräuschart zu charakterisieren. Als Beispiel zeigt Tafel 29 die Auswirkungen eines tief abgestimmten WDVS auf die Schalldämmung einer einschaligen, massiven Wand.

Im bewerteten Schalldämm-Maß R_w verbessert sich die Schalldämmung durch das WDVS von 51 dB um 2 dB auf 53 dB. Hinsichtlich der Dämmung von städtischem Verkehrslärm dagegen tritt eine Verschlechterung durch das WDVS von 49 dB um 3 dB auf 46 dB ein. Das Beispiel verdeutlicht, dass die adäquate Berücksichtigung der Außenlärmspektren je nach Problemstellung zu unterschiedlicher Beurteilung der schalltechnischen Eignung eines WDVS und zu unterschiedlichen konstruktiven Auslegungen führen kann.

INFO

Eine Ausrichtung nur am bewerteten Schalldämm-Maß R_w entspricht zwar der derzeitigen Praxis, die auch dem Nachweis der DIN 4109 für den Außenlärm entspricht, gewährleistet aber nicht in jedem Fall den sinnvollsten Schallschutz gegen Außenlärm.

Vielmehr ist in vielen Fällen von eher tieffrequent geprägten Geräuschspektren auszugehen, so dass die gehandhabte Praxis hier de facto zu Verschlechterungen führt. Eine auf schalltechnische Optimierung hin orientierte Planungsstrategie sollte die genannten Kriterien mit einbeziehen.

7.4.4 Schalltechnische Eigenschaften von Wärmedämm-Verbundsystemen

Ein WDVS auf einer massiven einschaligen Außenwand kann akustisch als Vorsatzschale betrachtet werden, die das Schalldämm-Maß R_w der Trägerwand verändert, was durch die so genannte Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes ΔR_w beschrieben wird (siehe hierzu Abschnitt 6.1.3.1). Zur Ermittlung von ΔR_w existiert ein durch die Zulassungen des DIBt [67] geregeltes Berechnungsverfahren, das in [68] ausführlich erläutert wird. Als Einflussgrößen werden neben der Resonanzfrequenz (siehe Gleichung (7.5)) die Trägerwand, die Verdübelung, die Klebefläche und (bei Dämmstoffen aus Mineralfaser) der Strömungswiderstand des WDVS berücksichtigt.

Ob durch WDVS eine Verschlechterung oder Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes der Trägerwand zustande kommt, hängt von den Eigenschaften des gewählten Aufbaus ab. Lange Zeit galten WDVS aufgrund steifer Wärmedämmschichten (Hartschäume) als schalltechnisch kritisch. Verschlechterungen des Schalldämm-Maßes bis maximal 10 dB sind im Vergleich zur unverkleideten Massivwand möglich. Bereits seit längerer Zeit sind Dämmschichten mit deutlich geringerer Steifigkeit verfügbar (Mineralfaserplatten, elastifizierte Hartschäume), die eine tiefere Resonanzfrequenz erlauben. Damit sind dann auch Verbesserungen des Schalldämm-Maßes möglich, die je nach Dämmmaterial, Putzschicht und Trägerwand deutlich über 10 dB liegen können. In den Zulassungsregeln des DIBt [67] wird das berechnete ΔR_w auf den Bereich von -6 bis +16 dB begrenzt.

INFO

Die Aussage, dass WDVS das bewertete Schalldämm-Maß verschlechtern, ist mit heutigen Systemen nicht mehr generell aufrecht zu erhalten.

Die Wahl des Dämmsystems entscheidet also, ob das Schalldämm-Maß verbessert oder verschlechtert wird.

Anhand von ΔR_w kann die Auswirkung eines WDVS auf die (Direkt)-Dämmung einer Wand wie folgt bestimmt werden:

$$R_{w,\ mit\ WDVS} = R_{w,\ ohne\ WDVS} + \Delta R_w\ [\text{dB}] \qquad (7.6)$$

Die Werte von ΔR_w können der jeweiligen bauaufsichtlichen Zulassung der Dämmstoff-Hersteller entnommen werden. Beispiele für Korrekturwerte finden sich in Tafel 30.

7.4.5 Einfluss der Fenster bei Außenwänden mit WDVS

Wenn Außenbauteile aus mehreren Teilflächen mit unterschiedlicher Schalldämmung bestehen, müssen zur Ermittlung der gesamten Schalldämmung nach Gleichung (7.3) die einzelnen Teilflächen mit ihren jeweiligen Schalldämm-Maßen be-

Tafel 30 Korrekturwerte des bewerteten Schalldämm-Maßes von Kalksandstein-Außenwänden mit WDVS entsprechend den jeweiligen Systemzulassungen – Richtwerte[1)] [69]

		Dünnputz ≤ 10 kg/m²	Dickputz > 10 kg/m²
Geklebtes Polystyrol-WDVS		-2 dB	-1 dB
Geklebtes WDVS mit elastifiziertem PS		0 dB	+1 dB
Geklebtes und verdübeltes Polystyrol-WDVS		-1 dB	-2 dB
Mineralfaser-Lamellensystem		-5 dB	-5 dB
Geklebtes und verdübeltes Mineralfaserdämmplatten-WDVS	d = 50 mm d = 100 mm	-4 dB -2 dB	-4 dB -2 dB
PS-System mit Schienenbefestigung		+2 dB	+2 dB

[1)] Die konkret anzusetzenden Korrekturfaktoren sind der bauaufsichtlichen Zulassung des gewählten WDVS zu entnehmen.

rücksichtigt werden. Den häufigen Fall, dass die Gesamtfläche aus Wandfläche und Fensterflächen besteht, zeigt Bild 41.

Da Fenster üblicherweise eine deutlich niedrigere Schalldämmung als die massive Außenwand haben, verringert sich die resultierende Schalldämmung der gesamten Fläche gegenüber der Schalldämmung der Wand ohne Fenster. So führt z.B. ein relativ gutes Fenster mit R_w = 35 dB und einem Fensterflächenanteil von 30 % bei einer einschaligen Außenwand mit R_w = 50 dB rechnerisch bereits zu einer Verminderung um 10,5 dB, so dass $R_{w,ges}$ auf 39,5 dB sinkt. Die geringere Schalldämmung solcher Bauteile muss im Bedarfsfall durch eine entsprechend höhere Schalldämmung der Wand ausgeglichen werden, damit insgesamt das geforderte resultierende Schalldämm-Maß der Außenbauteile erreicht wird.

Wird die Außenwand mit einem WDVS versehen, dann ist auch in diesem Fall das resultierende Schalldämm-Maß zu bestimmen. Anhand zweier Beispiele (Tafel 31) sollen die Auswirkungen des WDVS auf die resultierende Schalldämmung aufgezeigt werden, wobei zum Vergleich schalltechnisch unterschiedliche WDVS und Fenster berücksichtigt werden. In der mathematischen Darstellung von Tafel 31 ist die durch die Fenster verursachte Verminderung der Gesamtdämmung durch den negativen zweiten Summanden erkennbar.

Im ersten Fall werden gute Fenster mit R_w = 40 dB angesetzt. Wird nun die Wand mit einem WDVS versehen, durch welches ihr Schalldämm-Maß auf R_w = 54 dB erhöht wird, so ändert sich $R_{w,ges}$ gegenüber dem Ausgangszustand nur geringfügig auf 45 dB. Wird stattdessen ein WDVS verwendet, durch welches sich das Schalldämm-Maß der Wand auf 46 dB vermindert, so verringert sich $R_{w,ges}$ lediglich auf 43 dB. Änderungen der Schalldämmung der Außenwand durch ein aufgebrachtes WDVS wirken sich demnach im resultierenden Schalldämm-Maß kaum aus.

Zur gleichen Aussage, allerdings noch deutlicher, führt der zweite Fall, bei welchem ein immer noch gutes Fenster mit R_w = 35 dB angesetzt wird. Änderungen der resultierenden Schalldämmung mit oder ohne WDVS liegen hier rechnerisch bei 0,5 dB.

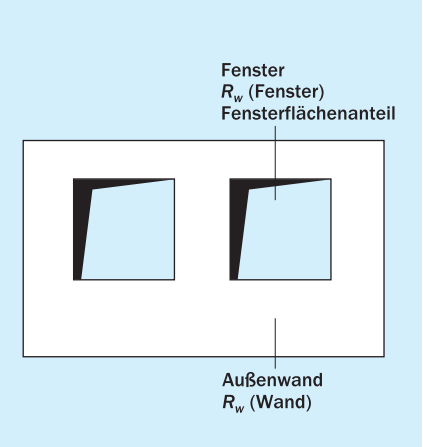


Bild 41 Wand mit Fenstern: Teilflächen unterschiedlicher Schalldämmung

Tafel 31 Einfluss unterschiedlicher Fenster und WDVS auf die Schalldämmung der Außenwand; Wand: KS 17,5 cm, RDK 1,8 mit Innenputz, Fensterflächenanteil 30 %

Beispiel 1: R_w (Fenster) = 40 dB	Beispiel 2: R_w (Fenster) = 35 dB
a) Wand ohne WDVS	a) Wand ohne WDVS
$R_{w,ges}$ = 50 dB - 6 dB = 44 dB	$R_{w,ges}$ = 50 dB - 10,5 dB = 39,5 dB
b) Wand mit WDVS (Verbesserung + 4 dB)	b) Wand mit WDVS (Verbesserung + 4 dB)
$R_{w,ges}$ = 54 dB - 9 dB = 45 dB	$R_{w,ges}$ = 54 dB - 14 dB = 40 dB
c) Wand mit WDVS (Verschlechterung - 4 dB)	c) Wand mit WDVS (Verschlechterung - 4 dB)
$R_{w,ges}$ = 46 dB - 3 dB = 43 dB	$R_{w,ges}$ = 46 dB - 7 dB = 39 dB

Als Fazit kann festgehalten werden:

- Schwachstelle ist (bei genügend schwerer Massivwand) in der Regel das Fenster.
- Änderungen der Schalldämmung der Außenwand durch WDVS wirken sich in diesem Fall nur gering aus.

Grundsätzlich kann mit der in Abschnitt 7.2 genannten Berechnungsmethode für jede beliebige Kombination aus Wand- und Fensterflächen bei unterschiedlicher Qualität der Schalldämmung von Wand und Fenstern die resultierende Gesamtdämmung ermittelt werden. Für die praktische Anwendung ist es notwendig, für bestimmte Kombinationen einer bestimmten Fensterdämmung und einer bestimmten Wanddämmung den maximal zulässigen Fensterflächenanteil zu kennen, damit die Anforderungen eines bestimmten Lärmpegelbereichs erfüllt werden können.

8. Schallabsorption

8.1 Begriffe

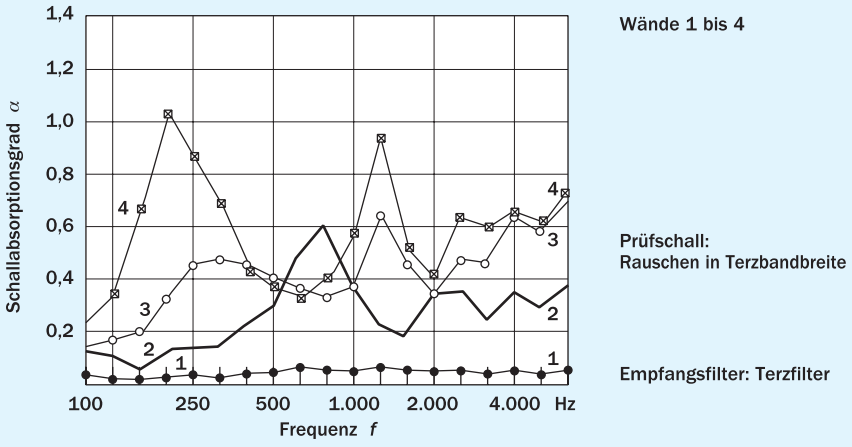
Wenn in der Bauakustik von Schalldämmung die Rede ist, dann bezeichnet man damit den Vorgang, dass der Schall durch Hindernisse an der Ausbreitung gehindert wird. Die Schallenergie selbst bleibt erhalten. Im Gegensatz dazu handelt es sich bei der Schallabsorption um die Umwandlung von Schallenergie in Wärme. Den Schallwellen wird durch absorbierende Materialien (z.B. poröse Absorber, in die die Schallwellen eindringen können) Energie entzogen, so dass ihre Intensität vermindert wird.

Die Fähigkeit eines bestimmten Materials oder einer bestimmten Konstruktion, Schall zu absorbieren, wird durch den so genannten Schallabsorptionsgrad α charakterisiert. Er ergibt sich aus dem Verhältnis der nicht reflektierten zur auffallenden Schallenergie. Bei vollständiger Absorption (d.h. es wird keine Schallenergie reflektiert) hat er den Wert 1. Bei vollständiger Reflexion (d.h. es wird nichts absorbiert) gilt $\alpha = 0$. Der Schallabsorptionsgrad ist frequenzabhängig und wird nach DIN EN ISO 354 [70] im Hallraum bestimmt.

Wenn man das vorhandene Schallabsorptionsvermögen einer absorbierenden Fläche oder eines absorbierenden Gegenstandes quantitativ charakterisieren möchte, dann geschieht das durch die so genannte äquivalente Absorptionsfläche *A*. Diese ist eine fiktive, vollständig absorbierende Fläche ($\alpha = 1$), die so groß gewählt wird, dass sie insgesamt genauso viel Schallenergie absorbiert wie die betreffende Fläche oder der betreffende Gegenstand.

Tafel 32 Ausführungsvarianten schallabsorbierender Vorsatzschalen

Wand	Konstruktionsbeschreibung	Mittlerer Schallabsorptionsgrad α
1	24 cm KS 12 – 1,8 – 2 DF	0,04
2	24 cm KS 12 – 1,8 – 2 DF 1 cm Mörtelfuge 11,5 cm KS L 12 – 1,4 – 2 DF Löcher sichtbar (nicht durchgestoßen) 36,5 cm	0,24
3	24 cm KS 12 – 1,8 – 2 DF 6 cm Luftschicht 11,5 cm KS L 12 – 1,4 – 2 DF Löcher sichtbar und durchgestoßen 41,5 cm	0,39
4	24 cm KS 12 – 1,8 – 2 DF 4 cm Mineralwolleplatten 11,5 cm KS L 12 – 1,4 – 2 DF Löcher sichtbar und durchgestoßen 39,5 cm	0,52



Mit der Nachhallzeit T wird die Zeit beschrieben, die die Schallenergie in einem Raum benötigt, um nach dem Abschalten der Schallquelle auf 1/1.000.000 des Anfangswerts abzuklingen. T ist die wichtigste raumakustische Kenngröße. Mit der äquivalenten Absorptionsfläche A und dem Raumvolumen V hängt sie über die Sabine'sche Gleichung zusammen:

$$T = 0{,}16 \cdot \frac{V}{A} \text{ [s]} \qquad (8.1)$$

Dabei wird T in s, V in m^3 und A in m^2 angegeben. Die Gleichung zeigt, dass die Nachhallzeit umso kleiner wird, je mehr Absorption sich im Raum befindet.

8.2 Einsatz von Schallabsorbern

Übliche Baustoffe, Bauteile oder Konstruktionen absorbieren nie vollständig und besitzen frequenzabhängige Absorptionsgrade. Für praktische Anwendungen sind Art und Fläche bzw. Anzahl der Absorber so zu wählen, dass im gewünschten Frequenzbereich die benötigte äquivalente Absorptionsfläche zur Verfügung steht. Dies kann erfolgen, um die Nachhallzeit im Raum gemäß Gleichung (8.1) zu regulieren. Es geht dabei um die raumakustische Qualität in Räumen, die eine optimale Nachhallzeit für Sprachdarbietungen oder Musikaufführungen benötigen. Zusätzliche Absorption ist aber auch dann erwünscht, wenn in lauten Räumen (z.B. Werkhallen) der Raumpegel gesenkt werden soll, um anwesende Personen vor Lärm zu schützen. Die Pegelminderung ΔL, die durch absorbierende Maßnahmen erreicht werden kann, ergibt sich aus der Absorptionsfläche ohne und mit durchgeführter Maßnahme:

$$\Delta L = 10 \lg \left(\frac{A_{mit}}{A_{ohne}} \right) = 10 \lg \left(\frac{T_{ohne}}{T_{mit}} \right) \text{ [dB]} \qquad (8.2)$$

INFO

Eine Verdoppelung der Absorptionsfläche führt im Raum zu einer Pegelminderung von 3 dB.

8.3 Schallabsorption mit KS-Wänden

Übliches Mauerwerk aus Kalksandstein besitzt aufgrund der schallharten Oberfläche nur geringe Absorptionsgrade im Bereich von $\alpha = 0{,}01$ bis 0,06. Für schallabsorbierende Zwecke ist es deshalb nicht interessant. Zusammen mit einer vorgemauerten Schale aus KS-Lochsteinen mit durchgehender Querlochung und 6 cm Luftspalt ohne und mit Mineralwolleinlage lassen sich jedoch hohe Schallabsorptionsgrade mit recht verschiedenartigen Frequenzverläufen verwirklichen. Messwerte des frequenzabhängigen Schallabsorptionsgrades werden für einige schallabsorbierende Konstruktionen aus Kalksandstein-Mauerwerk in Tafel 32 dargestellt.

Literatur

[1] DIN 4110: Technische Bestimmungen für die Zulassung neuer Bauweisen; 2. Ausgabe, Berlin 1938

[2] DIN 4109:1989-11: Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise

[3] DIN EN ISO 12354-1:2017-11: Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus Bauteileigenschaften – Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen

[4] Schneider, M.; Späh, M.; Blessing, S.; Fischer, H.-M.: Ermittlung und Verifizierung schalltechnischer Grundlagendaten für Wandkonstruktionen aus Kalksandstein-Mauerwerk auf der Grundlage neuer europäischer Normen des baulichen Schallschutzes; Abschlussbericht Nr. 1370 zum gleichnamigen AIF-Forschungsvorhaben der Hochschule für Technik Stuttgart, Februar 2002

[5] DIN 4109-2:2016-07: Schallschutz im Hochbau – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen

[6] DIN 4109-32:2016-07: Schallschutz im Hochbau – Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Teil 32: Massivbau

[7] DIN EN ISO 10140: Akustik–Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 1 bis Teil 5

[8] DIN EN ISO 16283-1:2014-06: Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen am Bau – Teil 1: Luftschalldämmung (ISO 16283-1:2014); Deutsche Fassung EN ISO 16283-1:2014

[9] DIN EN ISO 717-1:2021-05: Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung (ISO 717-1:2020); Deutsche Fassung EN ISO 717-1:2020

[10] Weber, L.; Koch, S.: Anwendung von Spektrum-Anpassungswerten, Teil 1: Luftschalldämmung. In: Bauphysik 21 (1999), H. 4, S. 167–170

[11] DIN EN ISO 10848: Akustik – Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen – Teil 1 bis Teil 4

[12] DIN EN ISO 16283-2: 2020-11: Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen am Bau – Teil 2: Trittschalldämmung (ISO 16283-2:2020); Deutsche Fassung EN ISO 16283-2:2020

[13] Trendbefragung für Immobilienscout 24, Infofact 03/2008

[14] Alphei, H.; Hils, T.: Welche Abstufung der Schalldämm-Maße sind bei Anforderungen an die Luftschalldämmung sinnvoll? In: wksb, H. 59, 2007

[15] Kötz, W.-D.; Moll, W.: Wie hoch sollte die Luftschalldämmung zwischen Wohnungen sein? In: Bauphysik (1988), H. 3, S. 72–76
[16] Gösele, K.; Schüle, W.; Künzel, H.: Schall, Wärme, Feuchte, Bauverlag Gütersloh 2000
[17] Moll, W.: Analytische Herleitung von Anforderungen an den Luftschallschutz zwischen Räumen. In: Bauphysik 31 (2009), H. 4, S. 235–243
[18] DEGA-Richtlinie 103-1:2024-09 Schallschutz im Wohnungsbau - Teil 1: Schallschutzklassen und erhöhter Schallschutz, Deutsche Gesellschaft für Akustik, Berlin
[19] BGH-Entscheidung vom 14.06.2007, Az. VII ZR 45/06 zur DIN 4109/Schallschutz
[20] VDI-Richtlinie 4100:2007-08: Schallschutz von Wohnungen, Kriterien für Planung und Beurteilung
[21] VDI 4100:2012-10: Schallschutz im Hochbau – Wohnun-gen – Beurteilung und Vorschläge für erhöhten Schallschutz
[22] Summ, J.; Schimmer, A.; Schneider, M.: Stand des Luft- und Trittschallschutzes im Geschosswohnungsbau in Deutschland, In: Bauphysik 37 (2015), Heft 6, S. 323–333
[23] DIN 4109 Beiblatt 1:1989-11: Schallschutz im Hochbau – Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren
[24] DIN 4109 Beiblatt 2:1989-11: Schallschutz im Hochbau – Hinweise für Planung und Ausführung – Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz – Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich
[25] DIN 4109 Beiblatt 3:1996-06: Schallschutz im Hochbau – Berechnung von $R'_{w,R}$ für den Nachweis der Eignung nach DIN 4109 aus Werten des im Labor ermittelten Schalldämm- Maßes R_w
[26] DIN 4109-1:2016-07: Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen
[27] DIN 4109-31:2016-07: Schallschutz im Hochbau – Teil 31: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Rahmendokument
[28] DIN 4109-33:2016-07: Schallschutz im Hochbau – Teil 33: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Holz-, Leicht- und Trockenbau
[29] DIN 4109-34:2016-07: Schallschutz im Hochbau – Teil 34: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen
[30] DIN 4109-35:2016-07: Schallschutz im Hochbau – Teil 35: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden
[31] DIN 4109-36:2016-07: Schallschutz im Hochbau – Teil 36: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Gebäudetechnische Anlagen
[32] DIN 4109-4:2016-07: Schallschutz im Hochbau – Teil 4: Bauakustische Prüfungen
[33] E DIN 4109-1/A1:2017-01: Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen; Änderung A1
[34] E DIN 4109-2/A1:2017-01: Schallschutz im Hochbau – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen; Änderung A1
[35] DIN 4109-1:2018-01: Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen
[36] DIN 4109-2:2018-01: Schallschutz im Hochbau – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen
[37] DEGA Memorandum: Die DIN 4109 und die allgemein anerkannten Regeln der Technik in der Bauakustik, Deutsche Gesellschaft für Akustik, DEGA BR 0101, Berlin, März 2011
[38] VERORDNUNG (EU) Nr. 305/2011 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates
[39] Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB), Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen, Ausgabe 2019
[40] Urteil OLG München vom 19.05.2009, Az.9 U 4198/08, nicht rechtskräftig
[41] BGH-Urteil vom 04.06.2009, Az. VII ZR 54/07
[42] DEGA-Memorandum BR 0104: Schallschutz im eigenen Wohnbereich, Deutsche Gesellschaft für Akustik, Berlin, Februar 2015
[43] Gösele, K.; Kandel, L.; Linhardt, A.: Schallschutzkosten im Wohnungsbau, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln 1991
[44] Kötz, W.-D.: Kosten des Schallschutzes im Wohnungsbau – Beispiele für kostengünstige Lösungen. In: Zeitschrift für Lärmbekämpfung (ZfL), Januar 2001, S. 20–22
[45] Kutzer D.: Schallschutz von Seniorenheimen – Schreiben vom 16.9.2009 und 30.9.2009 an den Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V.
[46] [46] DIN EN ISO12354-2:2017-11: Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus Bauteileigen- schaften – Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen
[47] DIN EN ISO 12354-3:2017-11: Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus Bauteileigen- schaften – Teil 3: Luftschalldämmung gegen Außenlärm
[48] DIN EN ISO 12354-4:2017-11: Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus Bauteileigen- schaften – Teil 4: Schallübertragung von Räumen ins Freie
[49] DIN EN 12354-5:2023-08 Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 5: Installationsgeräusche; Deutsche Fassung EN 12354-5:2023
[50] DIN EN 12354-6:2004-04: Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 6: Schallabsorption in Räumen
[51] DIN 8989:2019-08: Schallschutz in Gebäuden – Aufzüge
[52] ISO/TS 19488: Acoustics – Acoustic classification scheme for dwellings, 2021
[53] Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V. (Hrsg.): KS-Schallschutzrechner (www.kalksandstein.de)
[54] Maack, J.: Schallschutz zwischen Reihenhäusern mit unvollständiger Trennung, Abschlussbericht mit Anhang Prüfbericht zum BBR-Forschungsvorhaben BBR Z 6-5.4-02.19, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2005
[55] Fischer, H.-M.; Scheck, J.; Schneider, M.: Vorläufiges Verfahren zur Schalldämm-Maß-Prognose von zweischaligen Haustrennwänden aus Kalksandstein unter Berücksichtigung einer unvollständigen Trennung, Bericht Nr. 132-012 02P, Hochschule für Technik, Stuttgart 2007
[56] Fischer, H.-M.: Stellungnahme zur Schalldämmung einschaliger Wände aus Kalksandstein ohne Stoßfugenvermörtelung, Stuttgart 2001

[57] Bestimmung der Stoßstellendämmung an T-Stößen aus Kalksandsteinmauerwerk bei unterschiedlicher Knotenpunktausbildung. Berichte Nr. FEB/FS 07/00 und Nr. FEB/FS 07/00-1 der Forschungs- und Entwicklungsgemeinschaft für Bauphysik e.V. an der Fachhochschule Stuttgart/Hochschule für Technik
[58] Fischer, H.-M.: Stellungnahme zur Luftschalldämmung einer einschaligen Wand aus Kalksandstein ohne und mit Installationen, Stuttgart 2001
[59] ZVSHK-Merkblatt und Fachinformation „Schallschutz“. Zentralverband Sanitär Heizung Klima, Sankt Augustin 2003
[60] Fischer, H.-M.: Beurteilung des Einflusses von KS-ISO-Kimmsteinen auf die Schalldämmung von KS-Mauerwerk, Stuttgart 2000
[61] DIN EN ISO 10052:2021-11: Akustik – Messung der Luftschalldämmung und Trittschalldämmung und des Schalls von haustechnischen Anlagen in Gebäuden – Kurzverfahren (ISO 10052:2021); Deutsche Fassung EN ISO 10052:2021
[62] Meier, A.: Baulicher Schallschutz für Aufzugsanlagen, Fortschritte der Akustik – DAGA 2016 Aachen, S. 512–514
[63] Fischer, H.-M.: Stellungnahme zum zu erwartenden Schalldämm-Maß einer zweischaligen Haustrennwand aus Kalksandstein, Stuttgart 2007
[64] Focke, K.: Schallschutz bei zweischaligen Haustrennwänden von Doppel- und Reihenhäusern – Schalltechnische Anforderungen, Bauweisen und Nachweisverfahren. Mitteilungsblatt Nr. 255 der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. 2017
[65] Fluglärmgesetz, Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm, vom 31. Oktober 2007, BGBI Jahrgang 2007 Teil I Nr. 56, S. 2550–2556
[66] Meier, A.: Schallschutz gegen Außenlärm in DIN 4109 – Anforderungen und Hintergründe, Bauphysik 39, Heft 4, 2017
[67] Beschlussbuch des DIBt, SVA B2 Schalldämmung und Schalldämmstoffe, Beschluss-Nr. 3.22
[68] WDV-Systeme zum Thema Schallschutz, Technische Systeminfo 7 des Fachverbands Wärmedämm-Verbundsysteme e.V., Januar 2013
[69] Vogdt, F. U.: Außenwände. In: Kalksandstein. Planungshandbuch. Planung. Konstruktion. Ausführung. Hrsg.: Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V., 6. Auflage, Hannover 2013
[70] DIN EN ISO 354:2003-12: Akustik – Messung der Schallabsorption in Hallräumen (ISO 354: 2003); Deutsche Fassung EN ISO 354:2003
[71] E DIN 4109-2/A1:2020-05: Schallschutz im Hochbau – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen;Änderung A1
[72] DIN 4109-5:2020-08: Schallschutz im Hochbau – Teil 5: Erhöhte Anforderungen
[73] DIN 4109-34/A1:2019-12: Schallschutz im Hochbau –Teil 34: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) –Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen; Änderung A1
[74] DIN 4109-35/A1:2019-12: Schallschutz im Hochbau – Teil 35: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) –Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden; Änderung A1
[75] DIN SPEC 91314:2017 01: Schallschutz im Hochbau – Anforderungen für einen erhöten Schallschutz im Wohnungsbau

Bildnachweise

Bild S. 270: janvier/AdobeStock;
Bild S. 271 oben und unten: lezek glasner/AdobeStock;
Bild 39: pixabay; **Bild S. 282:** © Erich Spahn/KS-ORIGINAL

Bild S. 320: Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V.