

DIN 4109-2

ICS 91.120.20

Ersatz für
DIN 4109-2:2016-07

**Schallschutz im Hochbau –
Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen**

Sound insulation in buildings –
Part 2: Verification of compliance with the requirements by calculation

Protection acoustique dans le bâtiment –
Partie 2: Vérification par calcul de la conformité aux exigences

Gesamtumfang 88 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)



Inhalt

Seite

Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	8
4 Berechnungsverfahren	14
4.1 Allgemeines	14
4.2 Berechnung der Luftschalldämmung in Gebäuden	15
4.2.1 Grundprinzip	15
4.2.2 Luftschalldämmung im Massivbau	18
4.2.3 Luftschalldämmung in Gebäuden mit zweischaliger massiver Haustrennwand (Einfamilien- Reihenhäuser und Doppelhäusern)	21
4.2.4 Luftschalldämmung im Holz-, Leicht- und Trockenbau	25
4.2.5 Luftschalldämmung im Skelettbau und bei Mischbauweisen	26
4.3 Berechnung der Trittschalldämmung in Gebäuden	27
4.3.1 Grundprinzip	27
4.3.2 Trittschall im Massivbau	28
4.3.3 Trittschall im Holz-, Leicht- und Trockenbau	32
4.4 Berechnung der Luftschalldämmung von Außenbauteilen	37
4.4.1 Grundprinzip	37
4.4.2 Handhabung von Bauteildaten	40
4.4.3 Berücksichtigung und Bestimmung der bewerteten Flankendämm-Maße $R_{ij,w}$	42
4.4.4 Bestimmung des resultierenden Schalldämm-Maßes von Fenstern und Türen in einer Einbausituation	42
4.4.5 Festlegungen zur rechnerische Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels	45
4.5 Berechnung der Schallübertragung gebäudetechnischer Anlagen	48
4.5.1 Allgemeines	48
4.5.2 Sanitärtechnik	48
4.5.3 Sonstige gebäudetechnische Anlagen	49
4.6 Berechnung der Schallübertragung aus baulich mit dem Gebäude verbundenen Betrieben	49
5 Verwendung und Behandlung von Daten	49
5.1 Daten für die Berechnungsverfahren	49
5.2 Rundungsregeln	50
5.3 Berücksichtigung der Unsicherheiten der Eingangsdaten und der Berechnung	51
5.3.1 Sicherheitskonzept der DIN 4109	51
5.3.2 Prinzipielles Vorgehen	51
5.3.3 Vereinfachte Ermittlung der Sicherheitsbeiwerte	52
6 Hinweise für besondere Bausituationen	53
6.1 Allgemeines	53
6.2 Behandlung von Vorsatzkonstruktionen	53
6.3 Berücksichtigung von Fenstern und Türen	54

6.4	Zusammengesetzte Bauteile.....	54
6.5	Hinweise zu versetzten Räumen.....	54
6.6	Hinweise zu Bauteilverbindungen mit geringem Versatz.....	55
Anhang A (normativ) Symbole		56
Anhang B (informativ) Ermittlung von Kenngrößen zur Planung des Schallschutzes.....		59
B.1	Allgemeines	59
B.2	Schallschutz gegen Luftschallübertragung im Gebäude	60
B.3	Schallschutz gegen Trittschallübertragung.....	60
B.4	Schallschutz gegen Außenlärm	61
B.5	Berücksichtigung der Unsicherheit bei Kenngrößen für den Schallschutz.....	62
Anhang C (informativ) Detaillierte Ermittlung der Unsicherheit für die Schalldämmung.....		63
C.1	Die verschiedenen Unsicherheitsbeiträge.....	63
C.2	Berechnung des Anteils u_{rech} der Prognoserechnung	64
C.3	Pauschalwerte für die Unsicherheitsbeiträge	65
Anhang D (informativ) Rechenbeispiele.....		67
D.1	Allgemeines	67
D.2	Luftschallübertragung.....	67
D.2.1	Massivbau.....	67
D.2.2	Massive Doppel- und Reihenhäuser	71
D.2.3	Leichtbau/Holzbau	74
D.2.4	Skelettbau/Mischbauweisen.....	76
D.3	Trittschallübertragung.....	80
D.3.1	Massive Decken.....	80
D.3.2	Massive Treppen.....	81
D.3.3	Decke in Holzbauweise.....	82
D.4	Außenlärm	85
D.4.1	Allgemeines	85
D.4.2	Bauteilbeschreibung (Außenbauteile).....	85
D.4.3	Berechnung der Schalldämmung der Wand mit Wärmedämmverbundsystem	85
D.4.4	Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes.....	85
D.5	Gebäudetechnische Anlagen	87
Literaturhinweise.....		88

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), Arbeitsausschuss NA 005-55-75 AA „Nachweisverfahren, Bauteilkatalog, Sicherheitskonzept“ ausgearbeitet.

Die in dieser Norm im Vergleich zu DIN 4109-2:2016-07 vorgenommenen Änderungen wurden vom DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), Arbeitsausschuss NA 005-55-74 AA „DIN 4109“ ausgearbeitet.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

DIN 4109 *Schallschutz im Hochbau* besteht aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Mindestanforderungen
- Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen
- Teil 31: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Rahmendokument
- Teil 32: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Massivbau
- Teil 33: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Holz-, Leicht- und Trockenbau
- Teil 34: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen
- Teil 35: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden
- Teil 36: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Gebäudetechnische Anlagen
- Teil 4: Bauakustische Prüfungen

Zeichnerische Darstellungen und Bauteilbeschreibungen sind keine vollständigen Konstruktionsbeschreibungen, sie enthalten nur die bauakustisch relevanten Merkmale.

Es ist vorgesehen, DIN 4109-2 für einzelne Bereiche um Festlegungen zum rechnerischen Nachweis zu ergänzen. Dies betrifft insbesondere Nachweise für die Schalldruckpegel gebäudetechnischer Anlagen und von Gewerbebetrieben.

Änderungen

Gegenüber DIN 4109-2:2016-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) redaktionelle Überarbeitung;
- b) Überarbeitung des Abschnittes 2;
- c) Überarbeitung des Abschnittes 4.4.1;
- d) Überarbeitung des Abschnittes 4.4.5.1;
- e) Überarbeitung des Abschnittes 4.4.5.3;
- f) Überarbeitung des Abschnittes 4.4.5.5;
- g) Überarbeitung des Abschnittes 4.4.5.6;

Frühere Ausgaben

DIN 4109: 1944-04, 1989-11
 DIN 4109 Teil 2: 1962-09
 DIN 4109 Teil 3: 1962-09
 DIN 4109 Teil 5: 1963-04
 DIN 4109 Beiblatt 1: 1989-11
 DIN 4109 Berichtigung 1: 1992-08
 DIN 4109/A1: 2001-01
 DIN 4109 Beiblatt 1/A1: 2003-09
 DIN 4109 Beiblatt 1/A2: 2010-02
 DIN 4109-2: 2016-07

Einleitung

Die Normenreihe DIN EN ISO 12354 (bzw. bis Oktober 2017 DIN EN 12354) enthält Berechnungsverfahren und weitere Hinweise zur Berechnung des Schallschutzes von Gebäuden. Im Sinne eines Anwendungsdokumentes wurden einzelne Bestandteile der Normenreihe DIN EN 12354 (Stand Juli 2016) in dieser Norm so zusammengefasst und ergänzt, dass damit der bauordnungsrechtlich geforderte Schallschutznachweis ohne weiteren Rückgriff auf die Normenreihe DIN EN 12354 (Stand Juli 2016) durchgeführt werden kann. Die normativ festgelegten Bestandteile der Normenreihe DIN EN 12354 (Stand Juli 2016) wurden ohne Änderungen übernommen, wobei jeweils die vereinfachten Berechnungsverfahren herangezogen wurden.

Die Angaben in den informativen Anhängen von DIN EN 12354 (Stand Juli 2016) wurden bei Bedarf übernommen, angepasst oder durch anderslautende Festlegungen ersetzt.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt Berechnungsverfahren fest, mit denen die Schallübertragung in Gebäuden für

- Luftschall,
- Trittschall und
- Außenlärm

ermittelt werden kann.

Der Nachweis durch die in dieser Norm genannten Berechnungsverfahren für die zu erwartende Luft- und Trittschalldämmung und die zu erwartenden Schallpegel aus gebäudetechnischen Anlagen gilt für den bauordnungsrechtlich geforderten Nachweis als Eignungsnachweis für die in DIN 4109-1 gestellten Anforderungen.

Die in den nachfolgend beschriebenen Berechnungsverfahren herangezogenen Kenngrößen beschreiben die Schalldämmung für den Luftschall R'_w und den Trittschall $L'_{n,w}$. Sie entsprechen den Kenngrößen für die Anforderungen in DIN 4109-1.

Falls nach DIN 4109-1:2018-01, Anhang A Kenngrößen für die Planung des Schallschutzes ermittelt werden sollen, ist nach den Angaben in Anhang B dieser Norm zu verfahren. Dort wird beschrieben, wie die Kenngrößen R'_w und $L'_{n,w}$ in die entsprechenden Kenngrößen $D_{nT,w}$ und $L'_{nT,w}$ umzurechnen sind.

Außerdem enthält diese Norm einen informativen Anhang C zur detaillierten Behandlung der Unsicherheit und einen informativen Anhang D mit Rechenbeispielen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 1333, *Zahlenangaben*

DIN 4108-10, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe — Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe*

DIN 4109-1:2018-01, *Schallschutz im Hochbau — Teil 1: Mindestanforderungen*

DIN 4109-31, *Schallschutz im Hochbau — Teil 31: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Rahmendokument*

DIN 4109-32:2016-07, *Schallschutz im Hochbau — Teil 32: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Massivbau*

DIN 4109-33:2016-07, *Schallschutz im Hochbau — Teil 33: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Holz, Leicht und Trockenbau*

DIN 4109-34:2016-07, *Schallschutz im Hochbau — Teil 34: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen*

DIN 4109-35:2016-07, *Schallschutz im Hochbau — Teil 35: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden*

DIN 4109-36:2016-07, *Schallschutz im Hochbau — Teil 36: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Gebäudetechnische Anlagen*

DIN 4109-4, *Schallschutz im Hochbau — Teil 4: Bauakustische Prüfungen*

DIN 18005-1:2002-07, *Schallschutz im Städtebau — Teil 1: Grundlagen und Hinweise für die Planung*

DIN 18180, *Gipsplatten — Arten und Anforderungen*

DIN 45684-1, *Akustik — Ermittlung von Fluggeräuschemissionen an Landeplätzen — Teil 1: Berechnungsverfahren*

DIN 45684-2, *Akustik — Ermittlung von Fluggeräuschemissionen an Landeplätzen — Teil 2: Bestimmung akustischer und flugbetrieblicher Kenngrößen*

DIN EN 520, *Gipsplatten — Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren*

DIN EN 12354-1:2000-12, *Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften — Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen; Deutsche Fassung EN 12354-1:2000*

DIN EN 12354-2:2000-09, *Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften — Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen; Deutsche Fassung EN 12354-2:2000*

DIN EN 12354-3:2000-09, *Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften — Teil 3: Luftschalldämmung gegen Außenlärm; Deutsche Fassung EN 12354-3:2000*

DIN EN 12354-5, *Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften — Teil 5: Installationsgeräusche*

DIN EN 13162, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) — Spezifikation*

DIN EN 15283-2, *Faserverstärkte Gipsplatten — Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren — Teil 2: Gipsfaserplatten*

DIN EN ISO 717-1, *Akustik — Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen — Teil 1: Luftschalldämmung*

DIN EN ISO 717-2, *Akustik — Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen — Teil 2: Trittschalldämmung*

DIN EN ISO 10140-1, *Akustik — Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand — Teil 1: Anwendungsregeln für bestimmte Produkte*

DIN EN ISO 10140-2, *Akustik — Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand — Teil 2: Messung der Luftschalldämmung*

DIN EN ISO 10140-5:2014-09, *Akustik — Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand — Teil 5: Anforderungen an Prüfstände und Prüfeinrichtungen (ISO 10140-5:2010 + Amd.1:2014); Deutsche Fassung EN ISO 10140-5:2010 + A1:2014*

DIN EN ISO 10848-3, *Akustik — Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen — Teil 3: Anwendung auf leichte Bauteile, wenn die Verbindung wesentlichen Einfluss hat*

DIN EN ISO 12999-1, *Akustik — Bestimmung und Anwendung der Messunsicherheiten in der Bauakustik — Teil 1: Schalldämmung*

BImSchV 16, *Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung — 16. BImSchV)*

FluLärmG, *Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm*

TA Lärm, *Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm — TA Lärm)*¹⁾

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN 4109-1, DIN 4109-31 bis DIN 4109-36, DIN 4109-4 und die folgenden Begriffe.

3.1

A-bewerteter maximaler Norm-Schalldruckpegel

$L_{AF,max,n}$

mit der Zeitkonstante FAST gemessener und mit dem A-Filter bewerteter Maximalpegel, bezogen auf eine Bezugsabsorptionsfläche $A_0 = 10 \text{ m}^2$ für Einzelgeräusche haustechnischer Anlagen und fester Einrichtungen im Gebäude

Anmerkung 1 zum Begriff: Der A-bewertete maximale Norm-Schalldruckpegel wird in dB angegeben und nach DIN 4109-4 ermittelt.

3.2

äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel einer Rohdecke

$L_{n,eq,0,w}$

bewerteter Norm-Trittschallpegel zur Beschreibung der Trittschalldämmung von Rohdecken

Anmerkung 1 zum Begriff: Der äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel einer Rohdecke wird in dB angegeben und nach DIN EN ISO 717-2 ermittelt.

3.3

äquivalenter Dauerschallpegel

L_{eq}

zeitlich gemittelter Schalldruckpegel L

Anmerkung 1 zum Begriff: Der äquivalente Dauerschallpegel wird in dB angegeben.

3.4

bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz

$D_{n,f,w}$

Einzahlangabe der auf eine Bezugsabsorptionsfläche von $A_0 = 10 \text{ m}^2$ bezogenen Schalldruckpegeldifferenz, wenn die Übertragung nur über einen festgelegten Flankenweg stattfindet.

1) Zu beziehen bei: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz wird in dB angegeben und nach DIN EN ISO 717-1 ermittelt.

3.5

bewertete Norm-Schallpegeldifferenz

$D_{n,w}$

Einzahlangabe der Schallpegeldifferenz zwischen zwei Räumen unter Berücksichtigung aller in Frage kommenden Schallübertragungswege, bezogen auf eine Bezugsabsorptionsfläche von $A_0 = 10 \text{ m}^2$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz wird in dB angegeben und nach DIN EN ISO 717-1 ermittelt.

3.6

bewertete Standard-Schallpegeldifferenz

$D_{nT,w}$

Einzahlangabe der unter Baubedingungen in Terzbändern ermittelten Schallpegeldifferenz zwischen zwei Räumen, bezogen auf eine Bezugsnachhallzeit $T_0 = 0,5 \text{ s}$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz wird in dB angegeben und nach DIN EN ISO 717-1 ermittelt.

3.7

bewertete Trittschallminderung

ΔL_w

Einzahlangabe zur Kennzeichnung der Verbesserung der Trittschalldämmung einer Massivdecke durch eine Deckenauflage

Anmerkung 1 zum Begriff: Die bewertete Trittschallminderung wird in dB angegeben und nach DIN EN ISO 717-2 ermittelt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Trittschallminderung kann z. B. durch schwimmenden Estrich erzielt werden.

3.8

bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch eine Vorsatzkonstruktion

ΔR_w

Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes durch eine auf einem Bauteil (Trenn- oder Flankenbauteil) zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktion

Anmerkung 1 zum Begriff: Die bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch eine Vorsatzkonstruktion wird in dB angegeben.

3.9

bewerteter Norm-Trittschallpegel

$L_{n,w}$

Einzahlangabe des Trittschallpegels einer Decke ohne flankierende Übertragung, bezogen auf eine Bezugsabsorptionsfläche von $A_0 = 10 \text{ m}^2$

Anmerkung 1 zum Begriff: Der bewertete Norm-Trittschallpegel im Prüfstand wird in dB angegeben und nach DIN EN ISO 717-2 ermittelt.

3.10

bewerteter Norm-Trittschallpegel im Bau

$L'_{n,w}$

Einzahlangabe des Trittschallpegels einer Decke am Bau unter Berücksichtigung aller in Frage kommenden Schallübertragungswege, bezogen auf eine Bezugsabsorptionsfläche von $A_0 = 10 \text{ m}^2$

Anmerkung 1 zum Begriff: Der bewertete Norm-Trittschallpegel im Bau wird in dB angegeben und nach DIN EN ISO 717-2 ermittelt.

3.11

bewertetes Bau-Schalldämm-Maß

R'_w

Einzahlangabe der Schalldämmung zwischen zwei Räumen unter Berücksichtigung aller in Frage kommenden Schallübertragungswege

Anmerkung 1 zum Begriff: Das bewertete Bau-Schalldämm-Maß wird in dB angegeben und nach DIN EN ISO 717-1 ermittelt.

3.12

bewertetes Direktschalldämm-Maß

$R_{Dd,w}$

Einzahlangabe der Schalldämmung eines Bauteils, bei der ausschließlich die Schallübertragung über das Bauteil selbst unter Ausschluss jeglicher anderer Übertragungswege betrachtet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Das bewertete Direktschalldämm-Maß wird in dB angegeben und nach DIN EN ISO 717-1 ermittelt.

3.13

bewertetes flächenbezogenes Schalldämm-Maß von Elementen

$R_{e,i,w}$

auf die übertragende Gesamtfläche S_s bezogenes bewertetes Schalldämm-Maß des Elementes i

Anmerkung 1 zum Begriff: Das bewertete flächenbezogene Schalldämm-Maß von Elementen wird in dB angegeben.

3.14

bewertetes Flankendämm-Maß

$R_{ij,w}$

Einzahlangabe des Schalldämm-Maßes für die flankierende Übertragung auf dem Übertragungsweg ij, bei welchem das Bauteil i im Senderaum angeregt und über das Bauteil j im Empfangsraum Schallleistung abgestrahlt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die über einen Flankenweg übertragene Schallleistung wird auf die auf das Trennbauteil auftreffende Schallleistung bezogen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Indizes ij stehen verallgemeinernd für die Übertragungswege Df, Fd und Ff (siehe Bild 1).

Anmerkung 3 zum Begriff: Das bewertete Flankendämm-Maß wird in dB angegeben und nach DIN EN ISO 717-1 ermittelt.

3.15

bewertetes Schalldämm-Maß

R_w

Einzahlangabe des Schalldämm-Maßes eines Bauteils ohne flankierende Übertragung

Anmerkung 1 zum Begriff: Das bewertete Schalldämm-Maß wird in dB angegeben und nach DIN EN ISO 717-1 ermittelt.

3.16

flächenbezogene Masse

m'

Masse je Flächeneinheit eines flächigen Bauteils

Anmerkung 1 zum Begriff: Die flächenbezogene Masse wird in kg/m^2 angegeben.

3.17

Flankenübertragung

Schallübertragung auf solchen Übertragungswegen, die mindestens ein flankierendes Bauteil enthalten

3.18

gesamte bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch Vorsatzkonstruktionen

$\Delta R_{ij,w}$

Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes durch auf dem betrachteten Übertragungsweg ij zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktionen im Sende- (i) und/oder im Empfangsraum (j)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die gesamte bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch Vorsatzkonstruktionen wird in dB angegeben.

3.19

Holz-, Leicht- und Trockenbau

Tragkonstruktion, bestehend aus Ständern oder Unterzügen einschließlich Bekleidungen und (bei Bedarf) einer Wärmedämmung

3.20

Korrekturwert Außenlärm

K_{AL}

Wert zur Festlegung der Anforderung an den Schallschutz von Außenbauteilen unter Berücksichtigung des Verhältnisses der schallübertragenden Fassadenfläche zur Grundfläche des Empfangsraumes

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Korrekturwert K_{AL} wird in dB angegeben.

[QUELLE: DIN 4109-1:2018-01, 2.17]

3.21

Korrekturwert Außenlärmpegel an unterschiedlichen Fassadenflächen

K_{LPB}

Wert zur Berücksichtigung der Differenz des höchsten an der Gesamtfassade des betrachteten Empfangsraumes vorhandenen maßgeblichen Außenlärmpegels und des auf die jeweils betrachtete Fassadenfläche einwirkenden geringeren maßgeblichen Außenlärmpegels

3.22

Korrekturwert Flankenübertragung Trittschall Holzbau Df

K_1

Wert zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg Df bei Trittschallanregung im Holzbau

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Korrekturwert K_1 wird in dB angegeben.

3.23

Korrekturwert Flankenübertragung Trittschall Holzbau DFf

K_2

Wert zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg DFf bei Trittschallanregung im Holzbau

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Korrekturwert K_2 wird in dB angegeben.

3.24

Korrekturwert Flankenübertragung Trittschall Massivbau

K

Wert zur Berücksichtigung der flankierenden Übertragung bei Trittschallanregung

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Korrekturwert K wird in dB angegeben.

3.25

Korrekturwert räumliche Zuordnung Trittschall

K_T

Wert für die räumliche Zuordnung von Sende- und Empfangsraum zur Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Korrekturwert K_T wird in dB angegeben.

3.26

Kopplungslänge

gemeinsame Kantenlänge zweier miteinander verbundener Bauteile an einem Knotenpunkt (Stoßstelle)

3.27

Massivbau

Tragkonstruktion, bestehend aus Mauerwerk, Beton, Stahlbeton oder Spannbeton und (bei Bedarf) einer Wärmedämmung

3.28

Mischbauweise

Bauausführung, bei der Massivbau und/oder Leichtbau und/oder Skelettbauweise (auch in Teilen) miteinander kombiniert werden

3.29

mittlerer Bauverlustfaktor

$\eta_{\text{Bau,ref}}$

Kenngröße für die gesamten Energieverluste eines massiven Bauteils, wie sie im üblichen Massivbau im Mittel auftreten

3.30

Schalldruckpegel

L

Kenngröße zur Beschreibung eines Luftschallsignals, ermittelt aus dem zehnfachen Logarithmus des Verhältnisses des Quadrats des Schalldrucks p zum Quadrat des Bezugsschalldrucks p_0

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Schalldruckpegel wird in dB angegeben.

3.31

Schalldruckpegeldifferenz

D

Differenz des räumlichen und zeitlichen Mittelwerts der Schalldruckpegel, ermittelt in zwei Räumen, wenn in einem dieser Räume ein Schalldruckpegel von einer oder mehreren Schallquellen erzeugt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Schalldruckpegeldifferenz wird in dB angegeben.

3.32**Schnellepegeldifferenz** $D_{v,ij}$

Differenz der räumlich und zeitlich gemittelten Schnellepegel eines Bauteils i und eines Bauteils j, wenn nur das Bauteil i angeregt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Schnellepegeldifferenz wird in dB angegeben.

3.33**Skelettbau**

räumliches Skelett als Verbundsystem mit aufeinander gebauten Elementen aus Holz, Stahl oder Beton mit Ausfachung aus nichttragenden Wandbaustoffen

3.34**Spektrumanpassungswert** C

Wert, addiert zur entsprechenden Einzahlangabe für die Luftschallübertragung (R_w , R'_w , $D_{nT,w}$), zur Berücksichtigung der Merkmale bestimmter Schallspektren und z. B. typischen Lärms innerhalb von Wohnungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Spektrumanpassungswert C wird in dB angegeben.

3.35**Spektrumanpassungswert Straßenverkehr** C_{tr}

Wert, addiert zur entsprechenden Einzahlangabe für die Luftschallübertragung (R_w , R'_w , $D_{nT,w}$), zur Berücksichtigung der Merkmale bestimmter Schallspektren und tieffrequenten Lärms, z. B. von innerstädtischem Straßenverkehr

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Spektrumanpassungswert C_{tr} wird in dB angegeben.

3.36**Spektrumanpassungswert Trittschall** C_l

Wert, addiert zur entsprechenden Einzahlangabe für die Trittschallübertragung ($L_{n,w}$, $L'_{n,w}$, $L_{nT,w}$), zur Berücksichtigung der Merkmale bestimmter Anregevorgänge und insbesondere hoher Trittschallpegel bei tiefen Frequenzen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Spektrumanpassungswert C_l wird in dB angegeben.

3.37**Stoßstellendämm-Maß** K_{ij}

Größe zur Beschreibung der Minderung der Körperschallübertragung an einer im Übertragungsweg liegenden Diskontinuität (Stoßstelle) nach DIN EN ISO 10848-1

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Stoßstellendämm-Maß wird in dB angegeben.

3.38**Trennbauteil**

Bauteil (im Regelfall Wand oder Decke), das einen schutzbedürftigen Raum (Empfangsraum) von einem anderen, benachbarten Raum (Senderraum) trennt

3.39

Trennfläche

dem Sende- und Empfangsraum gemeinsame Fläche des Trennbauteils

3.40

Verlustfaktorkorrektur

Umrechnung der Direktschalldämmung eines Bauteils von der Prüfsituation im Labor auf die Situation in einem bestimmten Gebäude anhand der Gesamtverlustfaktoren, die für diese Situationen vorliegen

Anmerkung 1 zum Begriff: In dieser Norm wird für die Verlustfaktorkorrektur im Massivbau der mittlere Bauverlustfaktor herangezogen.

3.41

Vorsatzkonstruktion

eine vor einem massiven einschaligen Bauteil mit Abstand angebrachte zusätzliche Schale aus biegesteifen oder biegeweichen Platten

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Abstand kann durch Zwischenschichten (Dämmmaterialien) oder einen Hohlraum (mit oder ohne Hohlraumdämmung) und mit oder ohne Ständerwerk hergestellt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Durch die Vorsatzkonstruktion entsteht ein zweischaliges Bauteil, dadurch verändert sich die Direktdämmung des Grundbauteils, wobei es je nach Lage der Resonanzfrequenz zu Erhöhung oder Verminderung der Schalldämmung kommen kann.

Anmerkung 3 zum Begriff: Als Vorsatzkonstruktion kann z. B. eine Vorsatzschale, eine abgehängte Unterdecke oder ein schwimmender Estrich verwendet werden.

3.42

Zweischaligkeitszuschlag

$\Delta R_{w,Tr}$

Berücksichtigung der höheren Schalldämmung von massiven zweischaligen Trennwänden (Haustrennwänden) gegenüber der gleichschweren einschaligen Konstruktion

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Zweischaligkeitszuschlag wird in dB angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Zweischaligkeitszuschlag hängt von der akustischen Kopplung der beiden Schalen im untersten Geschoss ab.

4 Berechnungsverfahren

4.1 Allgemeines

Die nachfolgend dargestellten Berechnungsverfahren zur Berechnung der Luft- und Trittschalldämmung sind in der Normenreihe DIN EN 12354 (Stand Juli 2016) ausführlich dargestellt. Für die rechnerischen Nachweise der Erfüllung der Anforderungen nach DIN 4109-1 sind die nachfolgenden beschriebenen Umsetzungen dieser Verfahren heranzuziehen.

Zur Unterscheidung von den nachfolgend berechneten Werten R'_w und $L'_{n,w}$ werden die in DIN 4109-1 genannten Anforderungsgrößen R'_w und $L'_{n,w}$ mit erf. R'_w und zul. $L'_{n,w}$ bezeichnet.

4.2 Berechnung der Luftschalldämmung in Gebäuden

4.2.1 Grundprinzip

4.2.1.1 Allgemeines

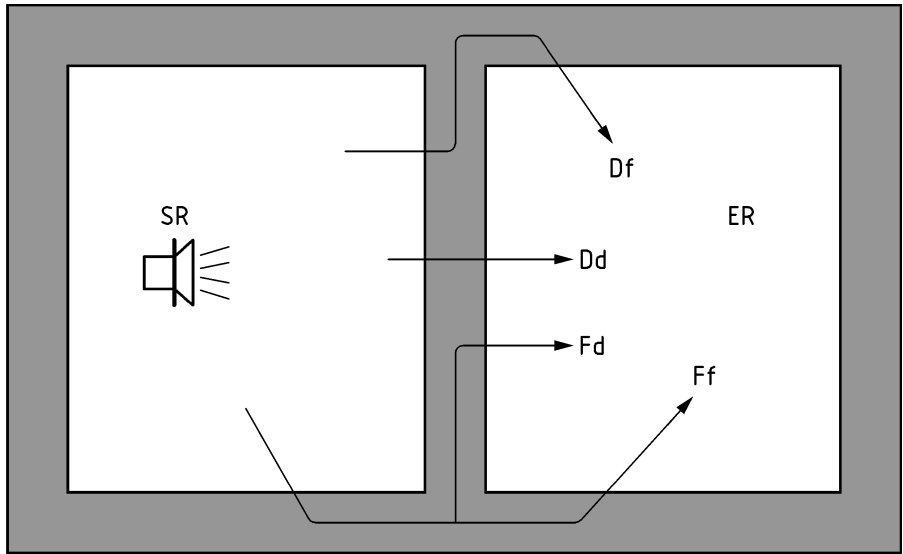
Mit dem nachfolgenden Berechnungsverfahren wird das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w ermittelt. Im Rahmen des Nachweises muss der so errechnete Wert von R'_w um den in 5.3.2 (Sicherheitskonzept) in Gleichung (45) festgelegten Sicherheitsbeiwert vermindert werden. Für die vereinfachte Ermittlung der Unsicherheit gelten die Festlegungen in 5.3.3.

Entsprechend dem vereinfachten Verfahren nach der Normenreihe DIN EN 12354 (Stand Juli 2016) werden für die resultierende Luftschallübertragung zwischen zwei Räumen die direkte Schallübertragung über das Trennbauteil und die Schallübertragung über alle Flankenwege berücksichtigt. Deren einzelne Beiträge werden zur gesamten Schallübertragung summiert. Hierbei wird jeder Weg unabhängig von den anderen Wegen berechnet. Es werden nicht alle denkbaren Nebenwege berücksichtigt, sondern lediglich die flankierenden Übertragungswege über eine Stoßstelle hinweg. Weitere Nebenwege wie z. B. die Übertragung über Kanäle, Korridore oder Raumlufsysteme müssen bei Erfordernis gesondert bei Berechnungen berücksichtigt werden.

Aufgrund der konstruktiven Unterschiede bei der Schallübertragung in unterschiedlichen Bauweisen wird dieses Rechenmodell für den Schallschutznachweis unterschiedlich umgesetzt. Nachfolgend wird unterschieden zwischen

- Massivbau,
- Gebäude mit zweischaliger massiver Haustrennwand (Doppel- und Reihenhäuser),
- Holz-, Leicht- und Trockenbau,
- Skelettbau und Mischbauweisen.

Bild 1 zeigt die zu berücksichtigenden Wege für die Schallübertragung über das Trennbauteil und die flankierenden Bauteile.



Legende

SR	Senderraum
ER	Empfangsraum
Dd, Df, Ff, Fd	Die Buchstabenkombinationen Dd, Df, Ff und Fd kennzeichnen die verschiedenen Schallübertragungswege, wobei der Buchstabe f für ein flankierendes Bauteil, der Buchstabe d für das trennende Bauteil steht. Großbuchstaben kennzeichnen das angeregte Bauteil im Senderraum, Kleinbuchstaben das abstrahlende Bauteil im Empfangsraum. Nachfolgend werden verallgemeinernd diese Übertragungswege mit deren beteiligten Bauteilen durch die Buchstabenkombination ij beschrieben.

Bild 1 — Zu berücksichtigende Schallübertragungswege bei der Berechnung der Luftschalldämmung

Besondere Beachtung wird bei der Berechnung des Schallschutzes der flankierenden Übertragung beige-messen. Bei der üblichen Übertragungssituation (ein Trennbauteil, vier flankierende Bauteile) sind insgesamt 13 verschiedene Übertragungswege zu berücksichtigen. Davon entfallen 12 Wege auf die flankierende Übertragung.

Für jeden Übertragungsweg wird ein Schalldämm- bzw. Flankendämm-Maß ermittelt. Die resultierende Schalldämmung R'_w unter Berücksichtigung aller flankierenden Wege ergibt sich dann durch energetische Addition der einzelnen Flankendämm-Maße:

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

$R_{Dd,w}$ stellt dabei das Direktschalldämm-Maß für das Trennbauteil und $R_{Ff,w}$, $R_{Df,w}$ und $R_{Fd,w}$ die Flanken-Schalldämm-Maße auf den in Bild 1 gezeigten Schallübertragungswegen dar.

ANMERKUNG Für Planungszwecke können einzelne Übertragungswege durch energetische Addition zusammengefasst werden. Beispielsweise können die an einem Bauteil für die Schallabstrahlung verantwortlichen Übertragungswege zusammengefasst werden (Wege Df und Ff für jedes Flankenbauteil j und Wege Dd und alle Wege Fd für das Trennbauteil), oder für jede Stoßstelle wird die Übertragung der dort vorhandenen Wege Df, Fd und Ff zusammengefasst.

Die in Gleichung (1) genannten Flankendämm-Maße werden je nach Bauweise unterschiedlich bestimmt:

- In Gebäuden in Massivbauweise werden die einzelnen Anteile an der Gesamtübertragung auf den verschiedenen Schallübertragungswegen aus der Direktschalldämmung der Bauteile und dem Stoßstellendämm-Maß berechnet und anschließend summiert.
- Bei Gebäuden mit zweischaliger massiver Haustrennwand (Doppel- und Reihenhäuser) in Massivbauweise wird für die resultierende Schallübertragung über diese Haustrennwand aus zwei getrennten biegesteifen Schalen das Schalldämm-Maß R'_w aus der flächenbezogenen Masse der beiden Wandschalen ermittelt. Die flankierende Übertragung im Fundamentbereich wird im so genannten Zweischaligkeitszuschlag berücksichtigt. Die flankierende Übertragung über die auf die biegesteifen Wandschalen stoßenden massiven Bauteile wird durch eine zusätzliche Korrektur berücksichtigt.
- Im Leicht-, Holz- und Trockenbau wird die Flankenübertragung pauschal mit den bewerteten Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ des jeweiligen flankierenden Bauteils berechnet und zur Direktschalldämmung des Trennbauteils energetisch addiert.
- Im Skelettbau und bei Mischbauweise wird bei den flankierenden massiven Bauteilen entsprechend dem Massivbau die Flankendämmung aus der Direkt- und Stoßstellendämmung berechnet, während bei den Leichtbauteilen wie im Leichtbau die Flankenübertragung pauschal über die bewerteten Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ bestimmt wird.

Bei den Übertragungswegen für die direkte und flankierende Übertragung können Vorsatzkonstruktionen berücksichtigt werden. Bei massiven Bauteilen werden zur Ermittlung der Direktschalldämmung Grundbauteil und Vorsatzkonstruktion (z. B. Massivdecken mit Unterdecken, Massivdecken mit schwimmenden Estrich, Wände mit biegeweichen Vorsatzschalen) schalltechnisch separat beschrieben und zum Gesamtbau teil rechnerisch zusammengefügt. Bei der Ermittlung der Flankendämmung von Bauteilen aus massiven Grundbauteil und Vorsatzkonstruktion wird ebenso verfahren, wenn die Vorsatzkonstruktion (Unterdecke, schwimmender Estrich, Vorsatzschale) durch das trennende Bauteil vollständig unterbrochen wird, d. h. dass es an das Grundbauteil (Massivbauteil) direkt angeschlossen ist.

Bei mehrschaligen Konstruktionen des Leicht- und Holzbaus sowie bei Bauteilen aus massiven Grundbauteilen mit durchlaufender Vorsatzkonstruktion im Bereich des Anschlusses des trennenden Bauteils werden zur Ermittlung der Flankendämmung die Vorsatzkonstruktionen als Teil der Gesamtkonstruktion nicht separat betrachtet.

Die Berechnungen der Flankendämmung erfolgt in diesem Fall durch die in Prüfständen ermittelte bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ konstruktionsabhängig.

4.2.1.2 Übertragungssituationen mit Trennflächen < 10 m² oder ohne gemeinsame Trennfläche

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.

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

$$D_{n,w} = R'_w - 10 \lg \frac{S_s}{10 \text{ m}^2} \text{ (dB)} \quad (2)$$

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

$$D_{n,w} = -10 \lg \left[\sum_{F,f=1}^2 10^{-D_{n,Ff,w}/10} \right] \text{ (dB)} \quad (3)$$

ANMERKUNG Üblicherweise sind bei der diagonalen Raumsituation vier Übertragungswege Ff mit den jeweiligen bewerteten Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,Ff,w}$ zu berücksichtigen.

4.2.2 Luftschalldämmung im Massivbau

4.2.2.1 Direktschalldämmung

Das bewertete Schalldämm-Maß $R_{Dd,w}$ für die direkte Übertragung wird aus nachfolgender Gleichung aus dem Eingangswert für das trennende Bauteil ermittelt:

$$R_{Dd,w} = R_{s,w} + \Delta R_{Dd,w} \quad (4)$$

Dabei ist

$R_{Dd,w}$ das bewertete Schalldämm-Maß für den direkten Schallübertragungsweg, in dB;

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

$\Delta R_{Dd,w}$ die gesamte bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktionen auf der Sende- und/oder Empfangsseite des trennenden Bauteils, in dB.

Für $\Delta R_{Dd,w}$ gilt bei einseitiger Anbringung einer Vorsatzkonstruktion

$$\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_{D,w} \text{ oder } \Delta R_{Dd,w} = \Delta R_{d,w} \quad (5)$$

Dabei ist

$\Delta R_{D,w}$ die bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch eine zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktion auf der Senderaumseite des trennenden Bauteils, in dB;

$\Delta R_{d,w}$ die bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch eine zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktion auf der Empfangsraumseite des trennenden Bauteils, in dB.

Für die gesamte bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes $\Delta R_{Dd,w}$ gilt bei beidseitiger Anbringung von Vorsatzkonstruktionen, wenn mindestens eine der beiden bewerteten Verbesserungen größer 0 dB ist:

$$\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_{D,w} + \Delta R_{d,w}/2 \quad \text{für } \Delta R_{D,w} \geq \Delta R_{d,w} \text{ und } \Delta R_{D,w} > 0 \text{ dB} \quad (6)$$

oder

$$\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_{d,w} + \Delta R_{D,w}/2 \quad \text{für } \Delta R_{d,w} \geq \Delta R_{D,w} \text{ und } \Delta R_{d,w} > 0 \text{ dB} \quad (7)$$

Wenn beide bewerteten Verbesserungen kleiner 0 dB sind, gilt:

$$\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_{D,w} + \Delta R_{d,w}/2 \quad \text{für } |\Delta R_{D,w}| \geq |\Delta R_{d,w}| \quad (8)$$

$$\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_{d,w} + \Delta R_{D,w}/2 \quad \text{für } |\Delta R_{d,w}| \geq |\Delta R_{D,w}| \quad (9)$$

Das in der Gleichung (4) verwendete Direktschalldämm-Maß ist bei entkoppelten Bauteilen entsprechend DIN 4109-32:2016-07, 4.2.2, zu korrigieren.

4.2.2.2 Flankendämmung

Bei massiven Bauteilen sowie massiven Bauteilen mit im Anschlussbereich des Trennbauteils unterbrochenen Vorsatzkonstruktionen werden bei der Berechnung der Flankendämm-Maße $R_{ij,w}$ für die Übertragung vom Bauteil i im Senderaum auf das Bauteil j im Empfangsraum nicht nur die Eigenschaften der einzelnen Bauteile sondern auch die akustischen Eigenschaften von Bauteilverbindungen (Stoßstellen) berücksichtigt.

Die dafür benötigte Größe ist das sogenannte Stoßstellendämm-Maß K_{ij} , durch welches die Schallübertragung über die Bauteilverbindung hinweg charakterisiert wird. Insgesamt lässt sich das Flankendämm-Maß dann wie folgt beschreiben:

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

Dabei ist

$R_{ij,w}$ das bewertete Flankendämm-Maß für den Schallübertragungsweg vom Bauteil (i) auf das Bauteil (j), in dB;

$R_{i,w}$ das bewertete Schalldämm-Maß des flankierenden massiven Bauteils im Senderaum, in dB;

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

$\Delta R_{ij,w}$ die gesamte bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktionen auf dem Sende- (i) und/oder Empfangsbauteil (j) des betrachteten Übertragungsweges, in dB; es sind nur die raumseitig angebrachten Vorsatzkonstruktionen zu berücksichtigen;

K_{ij} das Stoßstellendämm-Maß auf dem Übertragungsweg ij, in dB;

S_s Fläche des trennenden Bauteils, die beiden Räumen gemeinsam ist, in m²;

l_f die gemeinsame Kopplungslänge der Verbindungsstelle zwischen dem trennenden und dem flankierenden Bauteil, in m;

l_0 die Bezugskopplungslänge; $l_0 = 1 \text{ m}$.

Für Raumpaare ohne gemeinsame Trennfläche sind für die einzelnen Übertragungswege anstelle von Flankendämm-Maßen $R_{ij,w}$ Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,ij,w}$ zu berechnen.

$$D_{n,ij,w} = \frac{R_{i,w}}{2} + \frac{R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \lg \frac{10 \text{ m}^2}{l_0 \cdot l_f} \quad (11)$$

Für die gesamte bewertete Verbesserung $\Delta R_{ij,w}$ des Schalldämm-Maßes durch eine zusätzlich angebrachte, Vorsatzkonstruktion auf dem Sende- (i) oder Empfangsbauteil (j) eines flankierenden Übertragungsweges gilt

$$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{i,w} \text{ oder } \Delta R_{ij,w} = \Delta R_{j,w} \quad (12)$$

Dabei ist

$\Delta R_{i,w}$ die bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch eine zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktion auf dem betrachteten Sendebauteil, in dB;

$\Delta R_{j,w}$ die bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch eine zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktion auf dem betrachteten Empfangsbauteil, in dB.

Für die gesamte bewertete Verbesserung $\Delta R_{ij,w}$ des Schalldämm-Maßes durch zwei zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktionen auf dem Sende- (i) und Empfangsbauteil (j) eines flankierenden Übertragungsweges gilt, wenn mindestens eine der beiden bewerteten Verbesserungen größer 0 dB ist:

$$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{i,w} + \Delta R_{j,w}/2 \quad \text{für } \Delta R_{i,w} \geq \Delta R_{j,w} \text{ und } \Delta R_{i,w} > 0 \text{ dB} \quad (13)$$

oder

$$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{j,w} + \Delta R_{i,w}/2 \quad \text{für } \Delta R_{j,w} \geq \Delta R_{i,w} \text{ und } \Delta R_{j,w} > 0 \text{ dB.} \quad (14)$$

Wenn beide bewerteten Verbesserungen kleiner 0 dB sind, gilt:

$$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{i,w} + \Delta R_{j,w}/2 \quad \text{für } |\Delta R_{i,w}| \geq |\Delta R_{j,w}| \quad (15)$$

$$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{j,w} + \Delta R_{i,w}/2 \quad \text{für } |\Delta R_{j,w}| \geq |\Delta R_{i,w}| \quad (16)$$

Die in den Gleichungen (10) und (11) verwendeten Flankendämm-Maße sind bei entkoppelten Bauteilen entsprechend DIN 4109-32:2016-07, 4.2.2, zu korrigieren

ANMERKUNG Das bewertete Schalldämm-Maß kann für massive homogene Bauteile entsprechend DIN 4109-32:2016-07, 4.1.4.2, aus der flächenbezogenen Masse berechnet werden. Das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} kann für übliche starre Bauteilverbindungen nach DIN 4109-32:2016-07, 5.2.4.1, aus dem Verhältnis der flächenbezogenen Masse der an der Stoßstelle beteiligten Bauteile berechnet werden.

Wenn das nach DIN 4109-32:2016-07, 5.2.4, ermittelte oder aus Prüfberichten entnommene K_{ij} kleiner als ein Mindestwert $K_{ij,min}$ ist, so ist dieser Mindestwert zu nehmen. Dieser ist gegeben durch:

$$K_{ij,min} = 10 \lg \left[l_f l_0 \left(\frac{1}{S_i} + \frac{1}{S_j} \right) \right] \quad (17)$$

Dabei ist

$K_{ij,min}$ das anzusetzende minimale Stoßstellendämm-Maß auf dem Übertragungsweg ij, in dB;

l_f die gemeinsame Kopplungslänge der Verbindungsstelle zwischen dem trennenden und dem flankierenden Bauteil, in m;

l_0 die Bezugskopplungslänge; $l_0 = 1 \text{ m}$;

S_i die Fläche des angeregten Bauteils im Senderaum, in m^2 ;

S_j die Fläche des abstrahlenden Bauteils im Empfangsraum, in m^2 .

Hat das flankierende Bauteil sehr wenig oder gar keine bauliche Berührung mit dem trennenden Bauteil, so ist K_{Ff} gleich diesem Mindestwert anzunehmen und die Übertragungswege F_d und D_f sind zu vernachlässigen.

Für die Schallübertragung bei versetzten Räumen sind bezüglich der als Flankenbauteile zu definierenden Bauteile Angaben in 6.5 zu finden.

Bei der Berechnung der Schallübertragung über massive flankierende Bauteile bleiben Fenster- und Türflächen, solange sie nicht geschosshoch sind, unberücksichtigt. Geschosshohe Türen und Fensterflächen vermindern die schallübertragenden Flächen entsprechend 6.3. Die flankierende Übertragung von Leichtbauwänden erfolgt im Massivbau entsprechend den Vorgaben für den Holz-, Leicht- und Trockenbau über die bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ des flankierenden Bauteils auf dem Schallübertragungsweg F_f , wobei hier die Übertragungswege F_d und D_f zu vernachlässigen sind.

4.2.2.3 Handhabung der Verlustfaktorkorrektur (In-situ-Werte)

Für die Verwendung der Direktschalldämm-Maße $R_{s,w}$ in Gleichung (4) und $R_{i,w}$ bzw. $R_{j,w}$ in Gleichungen (10) und (11) wird im üblichen Massivbau das auf den mittleren Bauverlustfaktor $\eta_{Bau,ref}$ bezogene Schalldämm-Maß herangezogen. Bei den aus den flächenbezogenen Massen nach DIN 4109-32:2016-07, 4.1.4.2, bestimmten Schalldämm-Maßen ist diese Korrektur bereits berücksichtigt, ebenso bei den in Prüfberichten angegebenen Schalldämm-Maßen $R_{w,Bau,ref}$. Von üblichen Massivbaubedingungen kann dann ausgegangen werden, wenn das betrachtete Bauteil an mindestens 3 Kanten starr mit anderen massiven Bauteilen verbunden ist.

ANMERKUNG Näheres zum mittleren Bauverlustfaktor und zur Durchführung der Verlustfaktorkorrektur siehe DIN 4109-4:2016-07, A.7.

Bei Bauteilen, die an mehr als einer Kante von den umgebenden Bauteilen entkoppelt oder dort durch Bauteile in Holz- oder Leichtbauweise begrenzt sind, sind die auf den mittleren Bauverlustfaktor bezogenen Schalldämm-Maße nach DIN 4109-32:2016-07, 4.2.2, zu korrigieren.

4.2.3 Luftschalldämmung in Gebäuden mit zweischaliger massiver Haustrennwand (Einfamilien-Reihenhäuser und Doppelhäusern)

4.2.3.1 Ansatz des Berechnungsverfahrens

Durch die zweischalige Ausführung von Haustrennwänden kann gegenüber gleichschweren einschaligen Wänden eine wesentlich höhere Schalldämmung erreicht werden.

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

Das vorliegende Berechnungsverfahren ermöglicht eine Prognose der Schalldämmung von zweischaligen Haustrennwänden unter Berücksichtigung der unvollständigen Trennung im untersten Geschoss.

ANMERKUNG Es ist mit den Verfahren nach DIN EN 12354 (Stand Juli 2016) und den dafür vorgesehenen Eingangsdaten nicht kompatibel. Es ist vorgesehen, ein Verfahren aufzunehmen, das mit den Grundsätzen von DIN EN 12354 (Stand Juli 2016) übereinstimmt.

4.2.3.2 Vereinfachtes Berechnungsverfahren

Das bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,2}$ einer zweischaligen Wand ergibt sich aus dem bewerteten Schalldämm-Maß $R'_{w,1}$ einer gleichschweren einschaligen Wand, einem Zweischaligkeitszuschlag $\Delta R_{w,Tr}$, der in Abhängigkeit von der Übertragungssituation angesetzt werden muss (siehe auch DIN 4109:1989-11), und einem Korrekturwert K zur Berücksichtigung der Übertragung über flankierende Decken und Wände.

$$R'_{w,2} = R'_{w,1} + \Delta R_{w,Tr} - K \quad (18)$$

$R'_{w,1}$ wird nach folgender Beziehung aus der Summe der flächenbezogenen Massen beider Schalen $m'_{Tr,ges}$ ermittelt:

$$R'_{w,1} = 28 \lg(m'_{Tr,ges}) - 18 \text{ dB} \quad (19)$$

ANMERKUNG 1 $R'_{w,1}$ ist ein Bau-Schalldämm-Maß und enthält bereits eine mittlere flankierende Übertragung.

Die mit diesem Verfahren berechneten Werte werden in der obersten Etage nur erreicht, wenn die flankierende Übertragung über das Dach keine Rolle spielt. Eine ausreichende akustische Trennung der Dachkonstruktion im Bereich der Haustrennwand ist mit einer Norm-Flankenschallpegeldifferenz von 5 dB über dem in Gleichung (18) genannten Wert gegeben. Ausführungsbeispiele und Werte der Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ für Dachkonstruktionen finden sich in DIN 4109-33:2016-07, 5.2.

Die Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$ sind in Tabelle 1 für zweischalige Haustrennwände aufgeführt.

Der Korrekturwert K berücksichtigt zusätzlich die Schallübertragung flankierender Wände und Decken in den Fällen, in denen die Übertragung im Fundamentbereich vernachlässigt werden kann. Er muss deshalb nur für die Übertragungssituationen nach Tabelle 1, Zeile 1 berücksichtigt werden.

Der Korrekturwert K wird nach Gleichung (20) aus der flächenbezogenen Masse einer Schale der zweischaligen Wand $m'_{Tr,1}$ und der mittleren flächenbezogenen Masse der unverkleideten homogenen flankierenden Bauteile $m'_{f,m}$ berechnet. $m'_{Tr,1}$ und $m'_{f,m}$ sind für den gewählten Empfangsraum zu ermitteln.

$$K = 0,6 + 5,5 \lg\left(\frac{m'_{Tr,1}}{m'_{f,m}}\right) \text{ (dB)} \quad (20)$$

Die nach Gleichung (20) berechneten Werte sind mit einer Nachkommastelle anzugeben.

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

Bei unterschiedlich schweren Schalen der Trennwand und/oder unterschiedlich schweren Flankenbauteilen auf beiden Seiten können sich für K je nach Übertragungsrichtung unterschiedliche Werte ergeben. Beim rechnerischen Nachweis ist der ungünstigere Fall von K zu berücksichtigen.

ANMERKUNG 2 Mit dem Korrekturwert K wird nur der Einfluss flankierender homogener Bauteile berücksichtigt. Eine mögliche Flankenübertragung über leichte Dachkonstruktionen kann mit diesem Verfahren nicht berücksichtigt werden.

Sind eine oder mehrere massive Flankenbauteile durch Vorsatzkonstruktionen mit einer Resonanzfrequenz $f_0 < 125 \text{ Hz}$ belegt oder akustisch vom Trennbauteil entkoppelt, so werden die flächenbezogenen Massen der betreffenden Bauteile bei der Berechnung der mittleren flächenbezogenen Masse $m'_{f,m}$ der flankierenden Bauteile nicht berücksichtigt. $m'_{f,m}$ wird nach folgender Beziehung ermittelt:

$$m'_{f,m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m'_{f,i} \quad (21)$$

Dabei ist

$m'_{f,i}$ die flächenbezogene Masse des jeweiligen nicht verkleideten massiven Flankenbauteils i , in kg/m^2 ;

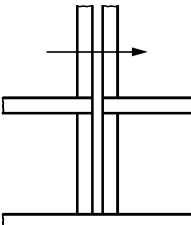
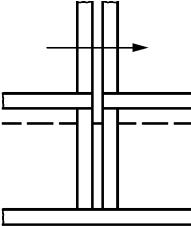
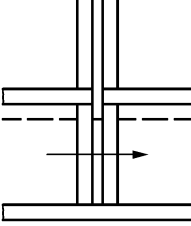
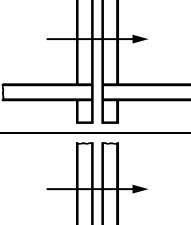
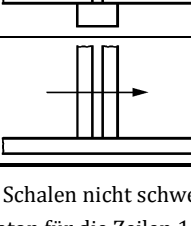
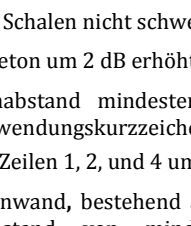
n die Anzahl der nicht verkleideten massiven Flankenbauteile.

Die Zuschlagswerte der Tabelle 1 für die „Zweischaligkeit“ der Konstruktion sind für unterschiedliche konstruktive Bedingungen und Übertragungssituationen angegeben. Zu unterscheiden ist dabei grundsätzlich, ob die Schallübertragung in Räumen direkt über der Bodenplatte oder in einem darüber liegenden Geschoss betrachtet wird.

ANMERKUNG 3 Räume direkt über der Bodenplatte liegen bei unterkellerten Gebäuden im Kellergeschoss, bei nichtunterkellerten Gebäuden im Erdgeschoss.

Die Werte der Tabelle 1 gelten für zweischalige Konstruktionen mit einem Schalenabstand von mindestens 30 mm und Hohlraumverfüllung mit Mineralwollgedämmplatten nach DIN EN 13162, Anwendungs-kurzzeichen WTH nach DIN 4108-10. Eine Vergrößerung des Schalenabstandes wirkt sich grundsätzlich positiv auf das bewertete Schalldämm-Maß aus.

Tabelle 1 — Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$ unterschiedlicher Übertragungssituationen (gekennzeichnet durch „Pfeil“) für zweischalige Haustrennwände^{a, b, c}

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

^a Falls die einzelnen Schalen nicht schwerer als 200 kg/m^2 sind, können die Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$ für zweischalige Haustrennwände aus Porenbeton für die Zeilen 1, 2, 3, und 4 um 3 dB und für die Zeilen 5 und 6 um 6 dB erhöht werden.

^b Falls die einzelnen Schalen nicht schwerer als 250 kg/m^2 sind, können die Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$ für zweischalige Haustrennwände aus Leichtbeton um 2 dB erhöht werden, wenn die Steinrohdichte $\leq 800 \text{ kg/m}^3$ ist.

^c Falls der Schalenabstand mindestens 50 mm beträgt und der Fugenhohlraum mit Mineralwolledämmplatten nach DIN EN 13162, Anwendungskurzzeichen WTH nach DIN 4108-10 ausgefüllt wird, können die Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$ bei allen Materialien in den Zeilen 1, 2, und 4 um 2 dB erhöht werden.

^d Für eine Haustrennwand, bestehend aus zwei Schalen je $17,5 \text{ cm}$ Porenbeton der Rohdichteklasse 0,60 (oder größer) mit einem Schalenabstand von mindestens 50 mm, verfüllt mit Mineralwolledämmplatten nach DIN EN 13162, Anwendungskurzzeichen WTH nach DIN 4108-10 kann insgesamt ein $\Delta R_{w,Tr}$ von + 14 dB angesetzt werden. Zuschläge nach Fußnote a sind in diesem Zuschlag bereits berücksichtigt.

4.2.4 Luftschalldämmung im Holz-, Leicht- und Trockenbau

Die Berechnung der Flankenübertragung nach Gleichung (10) anhand der Direktschalldämm-Maße und der Stoßstellendämm-Maße ist im Holz-, Leicht- und Trockenbau aufgrund der elementierten und stark inhomogenen Konstruktionen problematisch. Stattdessen wird die Flankenübertragung pauschal mittels der bewerteten Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ der an der Schallübertragung beteiligten flankierenden Bauteile berechnet.

Vorsatzschalen und Fußbodenaufbauten werden als integrierter Teil des Bauteils behandelt.

Das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w berechnet sich nach:

$$R'_w = -10 \lg \left[10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} \right] \quad (22)$$

mit

$$R_{Ff,w} = D_{n,f,w} + 10 \lg \frac{l_{lab}}{l_f} + 10 \lg \frac{S_s}{A_0} \quad (23)$$

Dabei ist

R'_w das bewertete Bau-Schalldämm-Maß zwischen zwei Räumen, in dB;

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

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

$D_{n,f,w}$ die bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz eines flankierenden Bauteils, in dB;

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

l_{lab} die Bezugskantenlänge, in m;

$l_{lab} = 2,8 \text{ m}$ für Fassaden und Innenwände bei horizontaler Übertragung;

$l_{lab} = 4,5 \text{ m}$ für Decken, Unterdecken und Fußbodenaufbauten bei horizontaler Übertragung sowie bei Fassaden und Innenwänden bei vertikaler Übertragung.

Sofern Daten aus Prüfberichten verwendet werden, ist als Bezugskantenlänge die dort genannte Kantenlänge l_{lab} zu verwenden.

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

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

A_0 die Bezugsabsorptionsfläche mit $A_0 = 10 \text{ m}^2$.

ANMERKUNG Die Einhaltung der Anforderung an das resultierende Schalldämm-Maß kann wie folgt abgeschätzt werden: Das Schalldämm-Maß des trennenden Bauteils $R_{Dd,w}$ und die bewerteten Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ aller flankierenden Bauteile müssen jeweils mindestens 5 dB über dem Anforderungswert liegen.

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

$$D_{n,w} = -10 \lg \left[\sum_{f=1}^2 10^{-D_{n,f,w}/10} \right] \text{ (dB)} \quad (24)$$

ANMERKUNG Üblicherweise sind bei der diagonalen Raumsituation im Holz-, Leicht- und Trockenbau zwei Übertragungswege mit deren bewerteten Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ zu berücksichtigen.

4.2.5 Luftschalldämmung im Skelettbau und bei Mischbauweisen

Die resultierende Schallübertragung wird auch im Skelettbau aus der Direktschallübertragung des trennenden Bauteils und der Übertragung der Flankenbauteile auf den entsprechenden Übertragungswegen berechnet (siehe Bild 2). Die Behandlung der flankierenden Übertragung von Massivbauteilen (auch mit Vorsatzkonstruktionen nach 4.2.2.2) erfolgt im Skelettbau genauso wie im Massivbau, wobei aufgrund der geringen Stoßstellendämmung der an das Massivbauteil angeschlossenen Leichtbauteile für das Stoßstellendämm-Maß der flankierenden Massivbauteile $K_{ij} = K_{ij,min}$ gesetzt werden kann. Bei der Anwendung der Gleichungen (4) und (10) sind die Direktschalldämm-Maße massiver Bauteile entsprechend DIN 4109-32:2016-07, 4.2.2, zu korrigieren, wenn diese an mehr als einer Kante durch biegeeweiche Konstruktionen begrenzt werden. Es wird in diesem Fall vorausgesetzt, dass das massive Bauteil am flankierenden Leichtbauteil endet.



Legende

- 1 flankierendes Bauteil
- 2 Trennbauteil

a) Trennbauteil, nicht entkoppelt

b) Trennbauteil, entkoppelt

Bild 2 — Trennbauteile

Die Berechnung der flankierenden Übertragung von Leichtbauteilen erfolgt im Skelettbau entsprechend den Vorgaben im Holz-, Leicht- und Trockenbau über die bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ des flankierenden Bauteils. Die Berechnung der flankierende Übertragung von massiven Bauteilen mit durchlaufenden Vorsatzkonstruktionen, (z. B. abgehängte Unterdecken) erfolgt im Skelettbau ebenso wie im Holz-, Leicht- und Trockenbau über die bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ des flankierenden Bauteils.

Von einer Mischbauweise wird in dieser Norm dann ausgegangen, wenn massive und biegeeweiche Bauteile in derselben Übertragungssituation vorkommen. Die Vorgehensweise für den Schallschutznachweis entspricht derjenigen im Skelettbau.

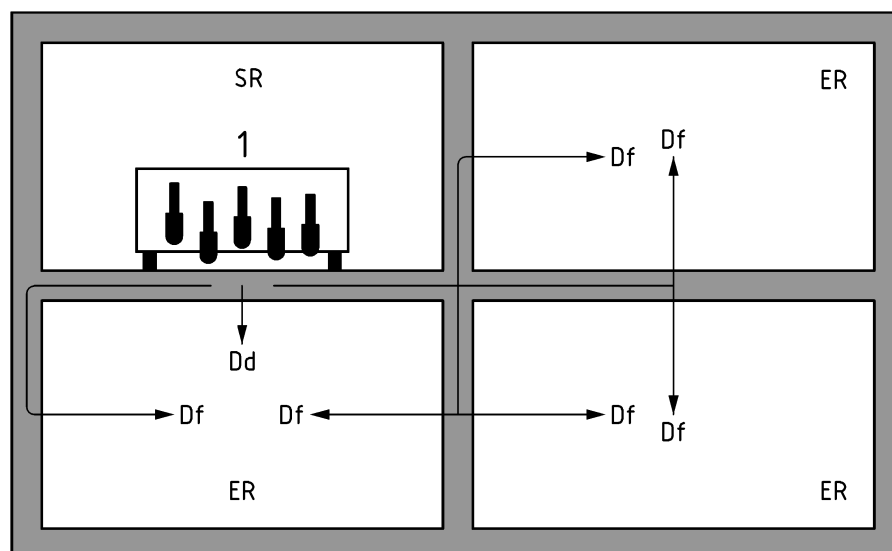
4.3 Berechnung der Trittschalldämmung in Gebäuden

4.3.1 Grundprinzip

Mit den nachfolgenden Berechnungsverfahren wird der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ ermittelt. Im Rahmen des Nachweises muss der so errechnete Wert von $L'_{n,w}$ um den in 5.3.2 (Sicherheitskonzept) in Gleichung (47) festgelegten Sicherheitsbeiwert erhöht werden. Für die vereinfachte Ermittlung der Unsicherheit ist hierfür ein Sicherheitsbeiwert nach 5.3.3, Gleichung (54), vorzusehen.

ANMERKUNG Beim Nachweis zur Erfüllung der Anforderungen an den Trittschall gelten für die Anrechenbarkeit von trittschallmindernden, leicht austauschbaren Bodenbelägen die Festlegungen in DIN 4109-1.

In DIN 4109-1 werden Anforderungen an die von Decken und Treppen ausgehende Trittschallübertragung gestellt. Für die von Decken verursachte Trittschallübertragung zeigt Bild 3 die zu berücksichtigenden Wege über die angeregte Decke und die flankierenden Bauteile. Dargestellt ist neben der hauptsächlich interessierenden Übertragung in einen darunter liegenden Raum auch die Übertragung in einen daneben liegenden und einen diagonal darunter liegenden Raum.



Legende

- ER Empfangsraum
- SR Senderraum
- Dd direkte Trittschallübertragung über die Decke
- Df flankierende Trittschallübertragung über Decke und Wände
- 1 Hammerwerk

Bild 3 — Schallübertragungswege für den Trittschall

Entsprechend dem vereinfachten Verfahren in DIN EN 12354-2:2000-09 wird der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ auf der Grundlage von Einzulangaben berechnet. Dieses Verfahren beschränkt sich auf den Trittschall von Decken. Es ist nur für die Trittschallübertragung zwischen zwei übereinander liegenden Räumen vorgesehen. Dazu berücksichtigt es den bewerteten Norm-Trittschallpegel der Deckenkonstruktion und die flankierende Trittschallübertragung über Flankenbauteile.

Aufgrund der konstruktiven Unterschiede bei der Schallübertragung in unterschiedlichen Bauweisen wird dieses Rechenmodell für den Schallschutznachweis in Abhängigkeit von der Deckenkonstruktion unterschiedlich umgesetzt. Nachfolgend wird unterschieden zwischen

- Trittschallübertragung über Massivdecken und bei Gebäuden mit zweischaliger massiver Haustrennwand (Einfamilien-Reihen- und Doppelhäusern),
- Trittschall bei leichten Decken in Holzbauweise und bei Metallträgerdecken.

Ergänzend zum Verfahren in DIN EN 12354-2:2000-09 können im Massivbau durch einen Korrekturwert K_T auch andere räumliche Zuordnungen (z. B. nebeneinander liegende oder diagonal angeordneten Räume) berücksichtigt werden. Für den Holz-, Leicht- und Trockenbau besteht diese Möglichkeit derzeit nicht.

Für den Trittschall von Treppen sind ebenfalls verschiedene Situationen zu berücksichtigen:

- Trittschallübertragung massiver Treppen an massiven Treppenwänden,
- Trittschallübertragung leichter Treppen an massiven Treppenwänden,
- Trittschallübertragung leichter Treppen an Treppenwänden in Holzbauweise.

ANMERKUNG Derzeit kann aufgrund fehlender Verfahren nur ein Teil dieser Situationen im Schallschutznachweis berücksichtigt werden.

4.3.2 Trittschall im Massivbau

4.3.2.1 Massivdecken

4.3.2.1.1 Bewerteter Norm-Trittschallpegel massiver Decken bei übereinanderliegenden Räumen

Der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ kann bei Massivdecken mit als einschalig zu betrachtender Grundkonstruktion aus dem äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,eq,0,w}$ der Rohdecke und der bewerteten Trittschallminderung ΔL_w durch eine Deckenauflage berechnet werden.

ANMERKUNG 1 Als Massivdecken mit einschaliger Grundkonstruktion gelten die in DIN 4109-32:2016-07, Tabelle 5, aufgeführten Deckenkonstruktionen. Deren äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel $L_{n,eq,0,w}$ kann entsprechend DIN 4109-32:2016-07, 4.8.4.4, aus der flächenbezogenen Masse der Rohdecke berechnet werden.

ANMERKUNG 2 Die bewertete Trittschallminderung ΔL_w kann für schwimmende Estriche auf Massivdecken nach DIN 4109-34:2016-07, 4.5.4, und für Bodenbeläge nach DIN 4109-34:2016-07, 4.6.4, ermittelt werden.

Der Einfluss der Flankenübertragung für die jeweilige Bausituation wird global durch einen Korrekturwert K in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse der Massivdecke und der mittleren flächenbezogenen Masse $m'_{f,m}$ der homogenen massiven flankierenden Bauteile, die nicht mit Vorsatzkonstruktionen belegt sind, berücksichtigt.

Der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ berechnet sich bei übereinanderliegenden Räumen nach folgender Gleichung:

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + K \quad (25)$$

Dabei ist

$L_{n,eq,0,w}$ der äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel der Rohdecke, in dB;

ΔL_w die bewertete Trittschallminderung durch eine Deckenauflage, in dB;

K der Korrekturwert für die Trittschallübertragung über die flankierenden Bauteile, in dB. K ist mit Gleichungen (26) und (27) für Massivdecken ohne Unterdecke oder mit Gleichung (28) für Massivdecken mit Unterdecke zu ermitteln.

ANMERKUNG 3 Wird ein trittschallmindernder Bodenbelag auf einem schwimmenden Boden angeordnet, dann ist als ΔL_w nur der höhere Wert – entweder des schwimmenden Bodens oder des trittschallmindernden, Bodenbelags (falls nach DIN 4109-1 anrechenbar) – zu berücksichtigen.

Die Korrekturwerte K werden mit Gleichung (26), (27) oder (28) berechnet. Dies gilt für eine flächenbezogene Masse der Trenndecke im Bereich von $100 \text{ kg/m}^2 \leq m'_{f,m} \leq 900 \text{ kg/m}^2$ und der flankierenden Bauteile im Bereich von $100 \text{ kg/m}^2 \leq m'_{f,m} \leq 500 \text{ kg/m}^2$. In Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse der Trenndecke m'_s (ohne schwimmende Auflagen oder Unterdecken) und der mittleren flächenbezogenen Masse der nicht mit Vorsatzkonstruktionen bekleideten, massiven flankierenden Bauteile $m'_{f,m}$ gilt für

a) Massivdecken ohne Unterdecken

— für $m'_{f,m} \leq m'_s$:

$$K = 0,6 + 5,5 \lg \left(\frac{m'_s}{m'_{f,m}} \right) \quad (26)$$

Die nach Gleichung (26) berechneten Werte sind mit einer Nachkommastelle anzugeben.

— für $m'_{f,m} > m'_s$:

$$K = 0 \text{ dB.} \quad (27)$$

b) Massivdecken mit Unterdecken

Durch das Anbringen einer Vorsatzkonstruktion unter der massiven Decke im Empfangsraum kann die direkte Trittschallübertragung der Trenndecke vermindert werden. Allerdings bleibt die flankierende Übertragung auf dem Weg D_f davon unberührt. Beide Effekte können in einem gemeinsamen Korrekturwert zusammengefasst werden. Der mit Gleichung (28) ermittelte Korrekturwert K wird für Unterdecken mit einer bewerteten Verbesserung der Luftschalldämmung von $\Delta R_w \geq 10 \text{ dB}$ angewendet.

$$K = -5,3 + 10,2 \lg \left(\frac{m'_s}{m'_{f,m}} \right) \text{ (dB)} \quad (28)$$

Die nach Gleichung (28) berechneten Werte sind mit einer Nachkommastelle anzugeben.

4.3.2.1.2 Bewerteter Norm-Trittschallpegel massiver Decken bei unterschiedlichen Raumanordnungen

Der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ berechnet sich bei nicht übereinanderliegenden Räumen näherungsweise nach folgender Gleichung:

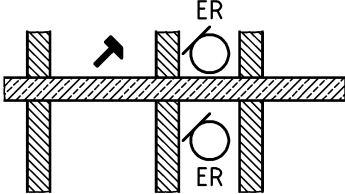
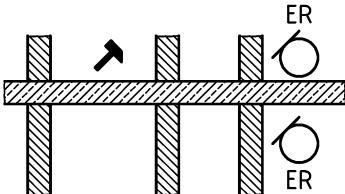
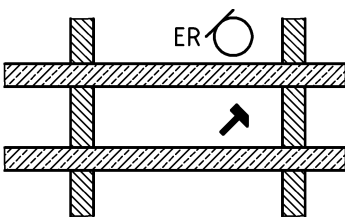
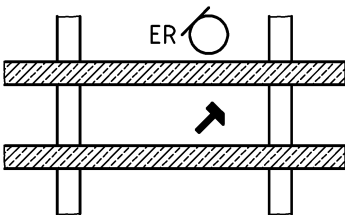
$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - K_T \quad (29)$$

Dabei ist

$L'_{n,w}$ der bewertete Norm-Trittschallpegel bei nicht übereinander liegenden Räumen, in dB;

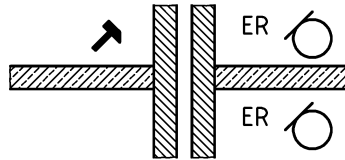
K_T der Korrekturwert nach Tabelle 2 zur Berücksichtigung der Übertragungssituation zwischen Sende- und Empfangsraum, in dB.

Tabelle 2 — Korrekturwert K_T zur Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ für unterschiedliche räumliche Zuordnungen von mit Norm-Hammerwerk^a angeregter Decke und Empfangsraum (ER)

Spalte	1		2
Zeile	Lage der Empfangsräume (ER)		K_T dB
1	neben oder schräg unter der angeregten Decke		+5 ^b
2	wie Zeile 1, jedoch ein Raum dazwischenliegend		+10 ^b
3	über der angeregten Decke (Gebäude mit tragenden Wänden)		+10 ^c
4	über der angeregten Decke (Skelettbau)		+20
^a Norm-Hammerwerk nach DIN EN ISO 10140-5:2014-09, Anhang E. ^b Voraussetzung: Zur Sicherstellung einer ausreichenden Stoßstellendämmung müssen die Wände zwischen angeregter Decke und Empfangsraum starr angebunden sein und eine flächenbezogene Masse $m' \geq 150 \text{ kg/m}^2$ haben. ^c Dieser Korrekturwert gilt sinngemäß auch für Bodenplatten.			

4.3.2.2 Bewerteter Norm-Trittschallpegel massiver Decken bei der Übertragung zwischen Gebäuden mit zweischaliger massiver Haustrennwand (Einfamilien-Reihen- und Doppelhäusern)

Der bewertete Norm-Trittschallpegel bei der Trittschallübertragung über eine Haustrennwand mit zwei biegesteifen Schalen und Trennfuge wird nach Gleichung (29) berechnet. Für die in Bild 4 dargestellten Übertragungssituationen (horizontal und diagonal) wird $K_T = 15$ dB angesetzt. Es wird dabei vorausgesetzt, dass die Vorgaben aus DIN 4109-32:2016-07, 4.3.3.2, eingehalten sind.



Legende

ER Empfangsraum

Bild 4 — Trittschallübertragung über eine Haustrennwand mit zwei biegesteifen Schalen und Trennfuge

4.3.2.3 Massive Treppen an massiven ein- und zweischaligen Treppenwänden

Da für den Trittschall massiver Treppen noch kein aus DIN EN 12354-2:2000-09 abgeleitetes Berechnungsverfahren vorliegt, gilt bis zur Vorlage eines solchen Verfahrens die nachfolgende Vorgehensweise.

Für die Berechnung des Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ sind für die Treppenausführung folgende Fälle zu unterscheiden:

- Treppe (Podest oder Lauf) ohne zusätzlichen trittschalldämmenden Bodenbelag oder schwimmenden Estrich.

Für den Nachweis werden die in DIN 4109-32:2016-07, 4.9.4, genannten Daten für den bewerteten Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ herangezogen. Sie gelten nur für die dort genannten Treppenkonstruktionen und Treppenwände.

- Treppe (Podest oder Lauf) mit zusätzlichem trittschalldämmendem Bodenbelag oder schwimmendem Estrich.

Es werden die in DIN 4109-32:2016-07, 4.9.4, genannten Daten für den äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,eq,0,w}$ herangezogen. Sie gelten nur für die dort genannten Treppenkonstruktionen und Treppenwände. Der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ der gebrauchsfertigen Konstruktion ergibt sich mit der bewerteten Trittschallminderung ΔL_w eines Bodenbelags oder eines schwimmenden Estrichs durch

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w \quad (30)$$

Dabei ist

$L'_{n,w}$ der bewertete Norm-Trittschallpegel bei nicht übereinander liegenden Räumen, in dB;

$L_{n,eq,0,w}$ der äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel, in dB;

ΔL_w die bewertete Trittschallminderung eines Bodenbelags oder eines schwimmenden Estrichs, in dB.

Bei den in DIN 4109-32:2016-07, Tabelle 6, genannten Werten gelten die Zeilen 1 bis 3 für massive einschalige und die Zeilen 4 bis 6 für massive zweischalige Wandkonstruktionen (z. B. Haustrennwände). Die Werte für zweischalige Wände dürfen dann angewendet werden, wenn die Voraussetzungen an die Wandkonstruktion nach DIN 4109-32:2016-07, 4.3.3.2, erfüllt sind.

Die in DIN 4109-32:2016-07, 4.9.4, genannten Ausführungsbeispiele berücksichtigen bereits die flankierende Trittschallübertragung, wie sie unter üblichen Massivbaubedingungen zu erwarten ist. Eine Korrektur für die flankierende Übertragung ist deshalb nicht vorgesehen.

Die angegebenen Werte beziehen sich auf einen direkt hinter der Treppenwand liegenden Empfangsraum.

4.3.2.4 Leichte Treppen an massiven Treppenwänden (in Bearbeitung)

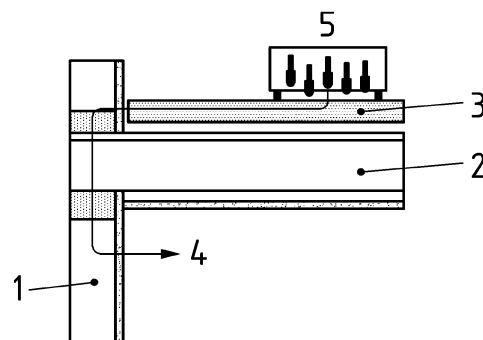
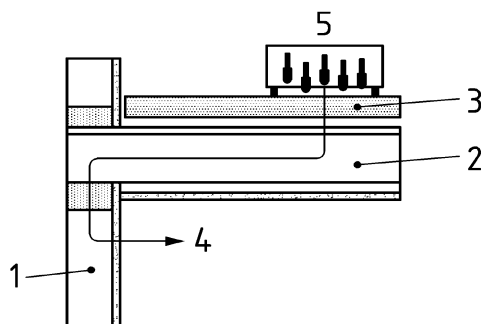
Zurzeit ist dafür noch kein Berechnungsverfahren verfügbar. In Zukunft ist ein aus DIN EN ISO 12354-2 abgeleitetes Berechnungsverfahren vorgesehen.

4.3.3 Trittschall im Holz-, Leicht- und Trockenbau

4.3.3.1 Leichte Decken

4.3.3.1.1 Bewerteter Norm-Trittschallpegel leichter Decken bei übereinanderliegenden Räumen

Das Berechnungsverfahren für die vertikale Trittschallübertragung von Decken in Holzbauweise wird analog zum Massivbau angewandt, jedoch mit einem an den Holzbau angepassten Korrekturwert für die Flankenübertragung. Diese berücksichtigt einen weiteren, im Massivbau nicht vorhandenen Flankenübertragungsweg. Hintergrund ist die Tatsache, dass bei Holzbalkendecken neben dem eigentlichen Flankenweg D_f über die Holzbalkendecke (siehe Bild 5a)) ein weiterer Flankenweg D_{ff} über den Randanschluss des schwimmenden Estrichs (siehe Bild 5b)) existiert. Diese beiden Flankenwege werden durch die Korrekturwerte K_1 und K_2 berücksichtigt. Eine separate Berücksichtigung der Trittschallminderung durch Fußbodenaufbauten und Unterkonstruktionen ist für Decken in Holz- und Leichtbauweise nicht vorgesehen. Die bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ für die Gesamtkonstruktion der Decke können direkt dem Bauteilkatalog oder Prüfberichten entnommen werden.



Legende

- 1 Wand
- 2 Decke
- 3 schwimmender Estrich
- 4 Weg
 - a) Df mit K_1
 - b) DFf mit K_2
- 5 Norm-Hammerwerk

a) Übertragung auf dem Weg Df

b) Übertragung auf dem Weg DFf

Bild 5 — Flankierende Trittschallübertragung

Damit wird die vertikale Trittschallübertragung wie folgt berechnet:

$$L'_{n,w} = L_{n,w} + K_1 + K_2 \quad (31)$$

Dabei ist

- $L'_{n,w}$ der bewertete Norm-Trittschallpegel der Holzdecke in der Bausituation, in dB;
- $L_{n,w}$ der bewertete Norm-Trittschallpegel der Holzdecke ohne Flankenübertragung, in dB;
- K_1 der Korrekturwert zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg Df, ermittelt nach Tabelle 3;
- K_2 der Korrekturwert zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg DFf, ermittelt nach Tabelle 4.

Die Korrekturwerte für die verschiedenen Ausführungen der flankierenden Wände werden in den Tabellen 3 und 4 in Gruppen zusammengefasst. Sie gelten für flankierende Innen- und Außenwände in Holzrahmen- und Holztafelbauweise mit folgenden Konstruktionsmerkmalen:

- Flankierende Wände vollständig durch Holzdecke unterbrochen;
- Holzständerwände mit Wandbeplankung aus Gipsbauplatten und/oder Holzwerkstoffplatten, mechanisch mit Ständer verbunden; oder
- Wandelemente aus 80 mm bis 100 mm dicken Holzwerkstoffplatten oder Brettstapel- und Brettschicht-holzelementen.

Tabelle 3 — Korrekturwert K_1 zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg Df (Übertragungssituation nach Bild 5a))

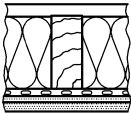
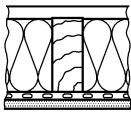
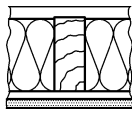
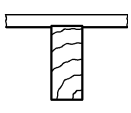
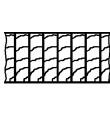
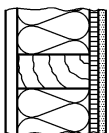
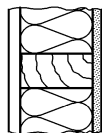
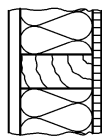
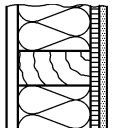
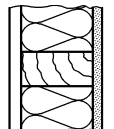
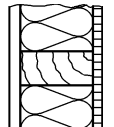
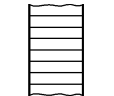
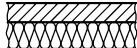
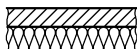
1		2				
Wandaufbau im Empfangsraum		Deckenaufbau				
						
		2 × GK an FS	1 × GK an FS	GK-Lattung oder direkt	offene HBD	BSD oder HKD
	GK + HW	$K_1 = 6 \text{ dB}$	$K_1 = 3 \text{ dB}$	$K_1 = 1 \text{ dB}$		
	GF	$K_1 = 7 \text{ dB}$	$K_1 = 4 \text{ dB}$	$K_1 = 1 \text{ dB}$		
	HW	$K_1 = 9 \text{ dB}$	$K_1 = 5 \text{ dB}$	$K_1 = 4 \text{ dB}$		
	Holz- oder HW- Element					
GK	9,5-mm- bis 12,5-mm-Gipsplatte nach DIN 18180/DIN EN 520, Rohdichte von $\rho \geq 680 \text{ kg/m}^3$, mechanisch verbunden					
GF	12,5-mm- bis 15-mm-Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283-2, Rohdichte von $\rho \geq 1\,100 \text{ kg/m}^3$, mechanisch verbunden					
HW	13-mm- bis 22-mm-Holzwerkstoffplatte, Rohdichte von $\rho \geq 650 \text{ kg/m}^3$, mechanisch verbunden					
HBD	Holzbalkendecke					
FS	Federschiene					
Holz- oder HW-Element	Massivholzelemente oder 80-mm- bis 100-mm-Holzwerkstoffplatte, $m' \geq 50 \text{ kg/m}^2$					
GK- Lattung oder direkt	HBD mit Unterdecke an Lattung oder GK + HW direkt montiert					
Offene HBD	Holzbalkendecke mit sichtbarer Balkenlage					
BSD oder HKD	Brettstapel-, Brettschichtholz- oder Hohlkastendecke					

Tabelle 4 — Korrekturwert K_2 zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg Df (Übertragungssituation nach Bild 5b))

Wandaufbau im Sende- und Empfangsraum	Estrichaufbau	Trittschallübertragung auf dem Weg Dd + Df: $L_{n,w} + K_1$ dB																					$L_{n,Dff,w}$ dB	
		35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55		> 55
 GK + HW  GF	a)	10	9	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	44
	b)	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	40
	c)	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
 HW  Holz- oder HW-Element	a)	11	10	10	9	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	46
	b)	10	10	9	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	45
	c)	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	42
GK		9,5-mm- bis 12,5-mm-Gipsplatte nach DIN EN 520, Rohdichte von $\rho \geq 680 \text{ kg/m}^3$, mechanisch verbunden																						
GF		12,5-mm- bis 15-mm-Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283-2, Rohdichte von $\rho \geq 1\,100 \text{ kg/m}^3$, mechanisch verbunden																						
HW		13-mm- bis 22-mm-Holzwerkstoffplatte, Rohdichte von $\rho \geq 650 \text{ kg/m}^3$, mechanisch verbunden																						
Holz- oder HW-Element		Massivholzelemente oder 80-mm- bis 100-mm-Holzwerkstoffplatte, $m' \geq 50 \text{ kg/m}^2$																						

Wandaufbau im Sende- und Empfangsraum	Estrichaufbau	Trittschallübertragung auf dem Weg Dd + Df: $L_{n,w} + K_1$ dB																				$L_{n,DFf,w}$ dB	
		35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		55
Estrichaufbau																							
a)		CT/WF:	mineralisch gebundener Estrich auf Holzweichfaser-Trittschalldämmplatten, Randdämmstreifen: Mineralwolle- oder PE-Schaum-Randstreifen > 5 mm;																				
b)		AS/EPB-WF:	Gussasphaltestrich auf Holzweichfaser-Trittschalldämmplatte, Randdämmstreifen: Mineralwolle-Randstreifen > 5 mm																				
		CT/MW:	mineralisch gebundener Estrich auf Mineralwolle-, oder EPS-Trittschalldämmplatten, Randdämmstreifen: > 5 mm Mineralwolle- oder PE-Schaum-Randstreifen;																				
c)		AS/EPB-MW:	Gussasphaltestrich auf Bläherlit/Mineralwolle, Randdämmstreifen: Mineralwolle-Randstreifen > 5 mm																				
		TE:	Fertigteilestrich auf Mineralwolle-, EPS-, oder Holzfaser-Trittschalldämmplatten, Randdämmstreifen: Mineralwolle- oder PE-Schaum-Randstreifen > 5 mm																				

Anwendungsbeispiel zur Handhabung der Tabellen 3 und 4 siehe D.3.3.

4.3.3.1.2 Bewerteter Norm-Trittschallpegel leichter Decken bei unterschiedlichen Raumanordnungen

Im Gegensatz zum Massivbau kann für den Trittschall nur die vertikale Übertragungssituation rechnerisch nachgewiesen werden.

ANMERKUNG Für die Dimensionierung der flankierenden Trittschallübertragung kann der nach DIN EN ISO 10848-1 bis DIN EN ISO 10848-3 gemessene bewertete Norm-Flankentrittschallpegel $L_{n,f,w}$ herangezogen werden.

4.3.3.2 Leichte Treppen an Treppenwänden in Holzbauweise (in Bearbeitung)

Zurzeit ist dafür noch kein Berechnungsverfahren verfügbar.

4.4 Berechnung der Luftschalldämmung von Außenbauteilen

4.4.1 Grundprinzip

Nach DIN 4109-1 ist die relevante Größe zur Darstellung der Schalldämmung zwischen dem Außenbereich und Räumen in Gebäuden das gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ der Außenbauteile. Die vollständige Berechnung von $R'_{w,ges}$ unter Berücksichtigung der flankierenden Übertragung erfolgt sinngemäß nach DIN EN 12354-3:2000-09. Der Einfluss der Flankenübertragung ist in vielen Fällen jedoch unbedeutend und muss deshalb nur in besonderen Fällen berechnet werden. In allen anderen Fällen bleibt die flankierende Übertragung unberücksichtigt. Näheres wird in 4.4.3 geregelt.

Mit dem nachfolgenden Berechnungsverfahren wird das gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ ermittelt. Im Rahmen des Nachweises muss der errechnete Wert von $R'_{w,ges}$ um den in 5.3.2 (Sicherheitskonzept) in Gleichung (46) festgelegten Sicherheitsbeiwert vermindert und das erforderliche gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß mit dem Korrekturwert Außenlärm K_{AL} korrigiert werden. Für die vereinfachte Ermittlung der Unsicherheit gelten die Festlegungen in 5.3.3 mit einem Abschlag von 2 dB.

Für den rechnerischen Nachweis gilt damit:

$$R'_{w,ges} - 2 \text{ dB} \geq \text{erf. } R'_{w,ges} + K_{AL} \quad (32)$$

Dabei ist

$R'_{w,ges}$	das nach Gleichung (34) bzw. (35) ermittelte gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß der Fassade, in dB;
erf. $R'_{w,ges}$	das nach DIN 4109-1:2018-01, 7.1 geforderte gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß, in dB;
K_{AL}	der nach Gleichung (33) ermittelte Korrekturwert für das erforderliche Schalldämm-Maß für den Außenlärm nach DIN 4109-1:2018-01, 7.2, in dB.

ANMERKUNG 1 Der Begriff „Fassade“ wird zur Vereinfachung für Wand- und Dachflächen gleichermaßen verwendet.

Für K_{AL} gilt

$$K_{AL} = 10 \lg \left(\frac{S_s}{0,8 \cdot S_G} \right) \quad (33)$$

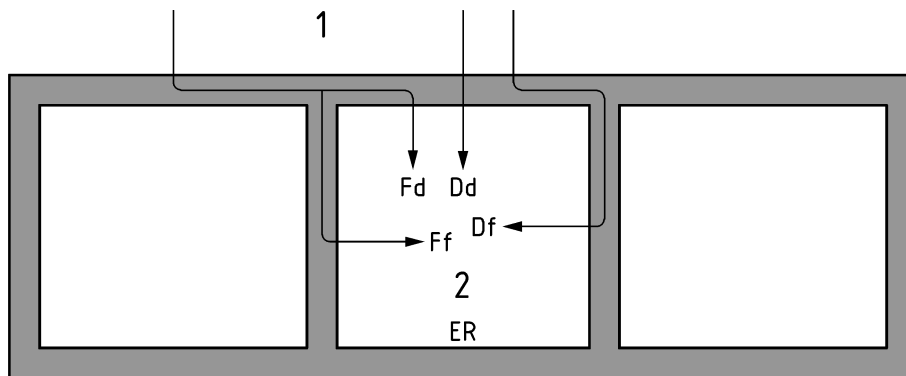
Dabei ist

S_S die vom Raum aus gesehene gesamte Fassadenfläche, in m^2 ;

Für Räume mit mehreren an der Schallübertragung beteiligten Außenflächen (z. B. Eckräume mit zwei Außenwänden, Dachwohnungen mit Außenwand und Dachfläche) gilt die vom Raum aus gesehene gesamte Außenfläche als S_S , d. h. die Summe der gesamten abgewinkelten Flächen, die den Raum nach außen begrenzen.

S_G die Grundfläche des Raumes, in m^2 .

Bild 6 zeigt die in Frage kommenden Übertragungswege, wenn für die Übertragung des Außengeräusches ins Gebäudeinnere neben der direkten Schallübertragung über die Außenbauteile auch die Übertragung über flankierende Bauteile berücksichtigt werden muss.



Legende

- 1 außen
- 2 innen
- ER Empfangsraum
- Dd, Ff, Df, Fd Übertragungswege des Außengeräusches

Bild 6 — Übertragung des Außengeräusches in einen schutzbedürftigen Empfangsraum (ER) auf dem direkten Weg Dd und den Flankenwegen Ff, Fd und Df

Das gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ der Fassade für diffusen Schalleinfall ergibt sich für diesen Fall aus den auf die übertragende Fläche bezogenen Schalldämm-Maßen $R_{e,i,w}$ der an der Direktübertragung beteiligten Bauteile (Wand, Fenster, Dach, Rollladenkasten, Lüftungselement, etc.) und den Flankendämm-Maßen $R_{ij,w}$ für die Wege Ff, Fd und Df nach folgender Gleichung (34):

$$R'_{w,ges} = -10 \lg \left[\sum_{i=1}^m 10^{-R_{e,i,w}/10} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^n 10^{-R_{Fd,w}/10} \right] \quad (34)$$

Dabei ist

$R'_{w,ges}$ das gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß des Außenbauteils, in dB;

$R_{e,i,w}$ das auf die Fassadenfläche bezogene Schalldämm-Maß der einzelnen Bauteile und Elemente in der Fassade (Bestimmung nach 4.4.2), in dB;

- $R_{ij,w}$ das bewertete Flankendämm-Maß für die Flankenwege Ff, Fd und Df (Bestimmung nach 4.4.3), in dB;
- m die Anzahl der Bauteile und Elemente in der Fassade;
- n die Anzahl der flankierenden Bauteile.

Alle Bauteile und Elemente der Fassade sind in die Berechnung einzubeziehen.

Für den häufigen Fall, dass die flankierende Übertragung keine Rolle spielt, wird anstelle von Gleichung (34) die vereinfachte Beziehung nach Gleichung (35) angewendet.

$$R'_{w,ges} = -10 \lg \left[\sum_{i=1}^m 10^{-R_{e,i,w}/10} \right] \text{ (dB)} \quad (35)$$

ANMERKUNG 2 Diese vereinfachte Berechnung unter Vernachlässigung der flankierenden Übertragung ist im Falle heute bauüblicher Fenster dann ausreichend genau, wenn $R'_{w,ges} \leq 40$ dB ist.

ANMERKUNG 3 Das nach Gleichung (35) ermittelte gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ entspricht dem resultierenden Direkt-Schalldämm-Maß der Fassade und ist identisch mit der Beziehung.

$$R_{w,res} = -10 \lg \left[\frac{1}{S_s} \cdot \sum_{i=1}^n S_i \cdot 10^{-R_{i,w}/10} \right] \text{ (dB)} \quad (36)$$

ANMERKUNG 4 Die verschiedenen Arten der äußeren Schallfelder, die bei unterschiedlichen Messverfahren benutzt werden und zur Bestimmung der Größen zur Ermittlung der Gebäudeeigenschaften definiert sind, führen zu verschiedenen Werten der Schalldämmung. Es kann jedoch angenommen werden, dass die Schallübertragung eines diffus einfallenden Schallfeldes ausreichend repräsentativ für diese unterschiedlichen äußeren Schallfelder ist. Somit wird das Bau-Schalldämm-Maß der Fassade für diffusen Schalleinfall berechnet, um daraus alle weiteren Größen abzuleiten.

Als Fassade wird die Gesamtheit aller Außenbauteile eines Raumes bezeichnet. Eine Fassade kann aus verschiedenen Bauteilen (z. B. Wand, Dach, Fenster, Türen) und Elementen (z. B. Lüftungseinrichtungen, Rollladenkästen) bestehen. Die Schalldämmung von Bauteilen wird durch das bewertete Schalldämm-Maß R_w und von Elementen üblicherweise durch die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,e,w}$ beschrieben (siehe 4.4.2). Die resultierende Schallübertragung über die Fassade wird durch die Schallübertragung jedes einzelnen Bauteils und Elements bestimmt. Es wird angenommen, dass deren Schallübertragung von der Übertragung durch andere Bauteile und Elemente unabhängig ist.

Durch die äußere Fassadenstruktur kann die Schallübertragung verstärkt (z. B. durch Reflexionen) oder vermindert werden (z. B. Abschirmung durch Balkone). Für den Nachweis im Rahmen von DIN 4109 wird der Einfluss der Fassadenstruktur nicht berücksichtigt.

ANMERKUNG 5 Für Planungszwecke außerhalb des Anwendungsbereichs von DIN 4109 kann der Einfluss der Fassadenstruktur nach DIN EN 12354-3:2000-09 bei Bedarf berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 6 Für Planungszwecke außerhalb des Anwendungsbereichs von DIN 4109 können zur Berechnung der resultierenden Schalldämmung der Außenbauteile bei Bedarf zusätzlich auch die Spektrumanpassungswerte C oder C_{tr} verwendet werden, wenn die spektralen Eigenschaften des Außengeräuschs berücksichtigt werden sollen. In den nachfolgenden Berechnungsvorschriften werden als Kennwerte für die Bauteile dann anstelle von R_w und $D_{n,e,w}$ die Größen $(R_w + C_{tr})$ und $(D_{n,e,w} + C_{tr})$ oder $(R_w + C)$ und $(D_{n,e,w} + C)$ verwendet. Die Verwendung dieser Bauteilgrößen führt zur Gebäudegröße $(R'_{w,w} + C_{tr})$ oder $(R'_{w,w} + C)$.

Nach DIN 4109-1:2018-01, 7.2 wird die Höhe der Anforderungen an die Luftschalldämmung zwischen dem Außenbereich und Räumen im Gebäude aus dem maßgeblichen Außenlärmpegel ermittelt. Festlegungen zur rechnerischen Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels werden in 4.4.5 getroffen.

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

Für gleiche maßgebliche Außenlärmpegel an allen Außenbauteilflächen gilt:

Sowohl bei der Berechnung von $R'_{w,res}$ als auch von S_s werden alle schallbeanspruchten Außenbauteile des betrachteten Raumes berücksichtigt.

Für unterschiedliche maßgebliche Außenlärmpegel an unterschiedlich orientierten Außenbauteilflächen eines Raumes gilt:

Sowohl bei der Berechnung von $R'_{w,res}$ als auch von S_s werden alle schallbeanspruchten Außenbauteile des betrachteten Raumes berücksichtigt. Um die an den jeweiligen Fassadenflächen anliegenden unterschiedlichen Lärmpegel zu berücksichtigen, wird für jeden maßgeblichen Außenlärmpegel, der vom maximal vorliegenden maßgeblichen Außenlärmpegel abweicht, ein Korrekturwert K_{LPB} berechnet und auf alle Schalldämm-Maße der diesem maßgeblichen Außenlärmpegel zugeordneten Fassadenteile addiert.

Der Korrekturwert K_{LPB} berechnet sich aus der Differenz des höchsten an der Gesamtfassade des betrachteten Empfangsraumes vorhandenen maßgeblichen Außenlärmpegels und des auf die jeweils betrachtete Fassadenfläche einwirkenden geringeren maßgeblichen Außenlärmpegels.

4.4.2 Handhabung von Bauteildaten

Die in Gleichungen (34) und (35) benötigten Schalldämm-Maße $R_{e,i,w}$ der die Fassade bildenden Bauteile und Elemente werden wie folgt bestimmt.

Für übliche Bauteile wie Fenster, Wände oder Fassadenflächen, die durch ein bewertetes Schalldämm-Maß beschrieben werden, gilt:

$$R_{e,i,w} = R_{i,w} + 10 \lg \left(\frac{S_s}{S_i} \right) \quad (37)$$

Dabei ist

- $R_{e,i,w}$ das bewertete und auf die übertragende Gesamtfläche S_s bezogene Schalldämm-Maß des Bauteiles i, in dB;
- $R_{i,w}$ das bewertete Schalldämm-Maß des Bauteiles i, in dB;
- S_i die Fläche des Bauteils i, in m²;
- S_s die vom Raum aus gesehene Fassadenfläche (d. h. die Summe der Teilflächen aller Bauteile und Elemente), in m².

Falls bei Fenstern und Türen die Schalldämmung in eingebautem Zustand von den Einbaufugen beeinflusst wird, sind für die Bestimmung von $R_{i,w}$ die Festlegungen in 4.4.4 zu berücksichtigen.

Für Fassadenelemente, deren Schallübertragung üblicherweise durch eine Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,e,w}$ beschrieben wird (Rollladenkästen, Lüftungseinrichtungen usw.), gilt

$$R_{e,i,w} = D_{n,e,i,w} + 10 \lg \left(\frac{S_s}{A_0} \right) \quad (38)$$

Dabei ist

- $R_{e,i,w}$ das bewertete und auf die übertragende Gesamtfläche S_s bezogene Schalldämm-Maß des Elementes i , in dB;
- $D_{n,e,i,w}$ die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz eines Elementes i , in dB;
- S_s die vom Raum aus gesehene Fassadenfläche (d. h. die Summe der Teilflächen aller Bauteile und Elemente), in m^2 ;
- A_0 die Bezugsabsorptionsfläche mit $A_0 = 10 \text{ m}^2$.

Nichtgedämmte Öffnungen (z. B. nichtgedämmte Lüftungselemente oder Jalousien) weisen in der Regel eine zu vernachlässigende Schalldämmung auf. Die Norm-Schallpegeldifferenz dieser Elemente kann mit nachfolgender Gleichung abgeschätzt werden:

$$D_{n,e,w} = -10 \lg \left(\frac{S_{\text{Öffnung}}}{10 \text{ m}^2} \right) \quad (39)$$

Dabei ist

- $D_{n,e,w}$ die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz, in dB;
- $S_{\text{Öffnung}}$ die Fläche der Öffnung, in m^2 .

ANMERKUNG 1 Detaillierte Angaben zur Schalldämmung von Öffnungen und Fugen finden sich in DIN 4109-35:2016-07, 4.5.

Häufig ist in der Außenfläche eine größere Anzahl identischer Elemente vorhanden. Die für die Berechnungen zu verwendende Schallpegeldifferenz $D_{n,e,w}$ wird dann aus dem Wert $D_{n,e,lab,w}$ des geprüften Elements und der Anzahl der Bauteile n_e bestimmt:

$$D_{n,e,w} = D_{n,e,lab,w} - 10 \lg n_e \quad (40)$$

ANMERKUNG 2 Ist ein kleines Bauteil mit einer größeren als der tatsächlich geprüften Länge vorhanden, z. B. bei schlitzförmigen Lufteinlässen oder bei Rollladenkästen, so kann die Schallpegeldifferenz aus den Werten des geprüften Bauteils bestimmt werden, indem die tatsächliche Länge des Bauteils am Bau l_{situ} berücksichtigt wird:

$$D_{n,e,w} = D_{n,e,lab,w} - 10 \lg \left(\frac{l_{\text{situ}}}{l_{\text{lab}}} \right) \quad (41)$$

Dabei ist

- $D_{n,e,w}$ die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz, in dB;
- $D_{n,e,lab,w}$ die Schallpegeldifferenz des Bauteils, ermittelt im Labor, in dB;
- l_{situ} die Länge schlitzförmiger Bauteile am Bau, in m;
- l_{lab} die Länge schlitzförmiger Bauteile im Labor, in m.

Es wird vorausgesetzt, dass die Schallübertragung über die Verbindungen und Dichtungen zwischen den Bauteilen im Wert eines der verbundenen Bauteile enthalten ist. Entsprechende Angaben sind bei Bedarf den Prüfberichten zu entnehmen.

4.4.3 Berücksichtigung und Bestimmung der bewerteten Flankendämm-Maße $R_{ij,w}$

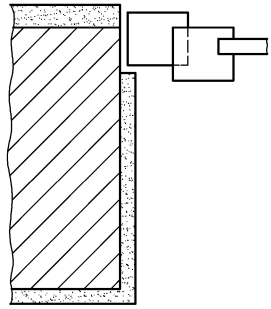
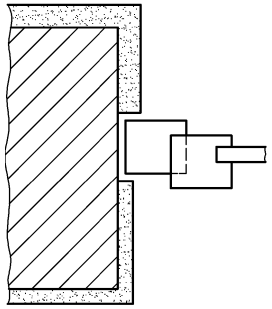
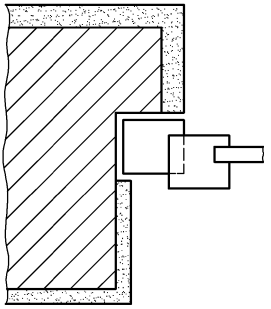
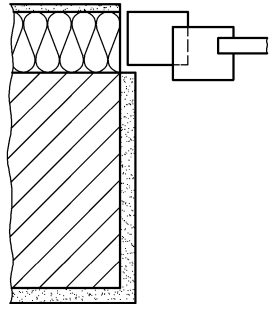
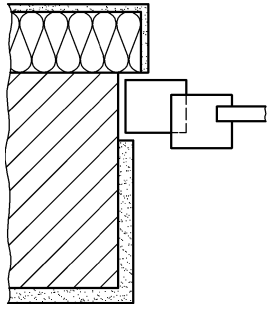
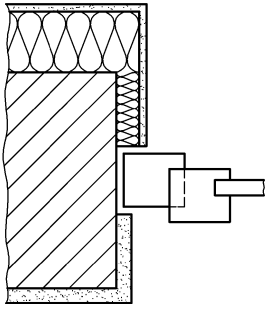
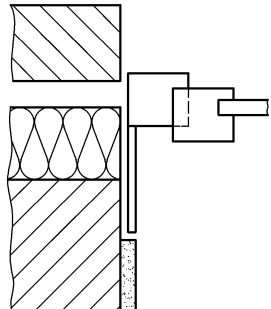
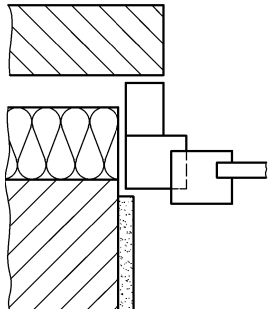
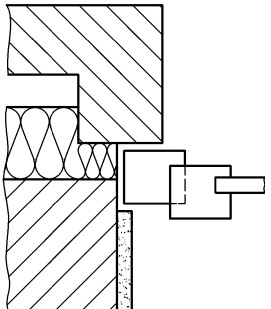
Bei Außenbauteilen in Holz-, Leicht- und Trockenbauweise sowie Metall-Glas-Fassaden wird die flankierende Übertragung nicht berücksichtigt. Wenn jedoch biegesteife Fassadenbauteile (z. B. aus Beton oder Mauerwerk) mit anderen biegesteifen Teilen des Empfangsraumes (z. B. Decken oder Trennwänden) verbunden sind, kann die Flankenübertragung zur gesamten Schallübertragung beitragen. Das ist von Bedeutung, wenn zur Erfüllung der Anforderungen das Schalldämm-Maß $R_{i,w}$ des massiven Außenbauteils aus Gleichung (37) mehr als $R_w \geq 50$ dB und das gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges} > 40$ dB betragen soll. Für diesen Fall muss die flankierende Übertragung rechnerisch berücksichtigt werden. Die bewerteten Flankendämm-Maße $R_{ij,w}$ in Gleichung (34) werden nach Gleichung (10) bestimmt, wobei als Fläche S_s die Gesamtfläche der von innen betrachteten Fassade benutzt wird. Vorsatzschalen, die im Übertragungsweg liegen (z. B. außen aufgebrachte Wärmedämmverbundsysteme) müssen in der Berechnung berücksichtigt werden. An die Außenwand anschließende Innenbauteile in Leichtbauweise sowie raumseitig mit akustisch verbessernd wirkenden Vorsatzkonstruktionen versehene Massivbauteile, beispielsweise Decken mit schwimmendem Estrich, brauchen bei der Berechnung nicht berücksichtigt zu werden.

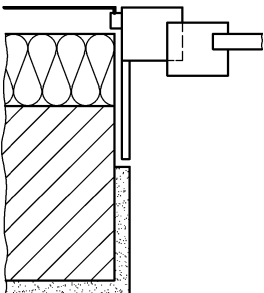
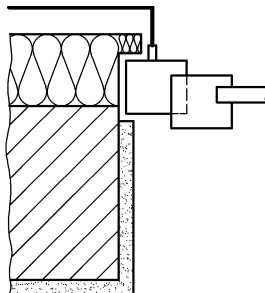
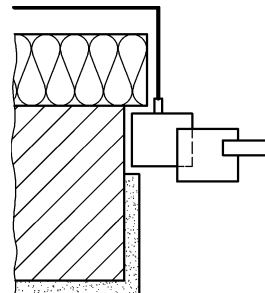
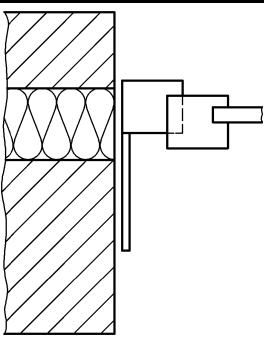
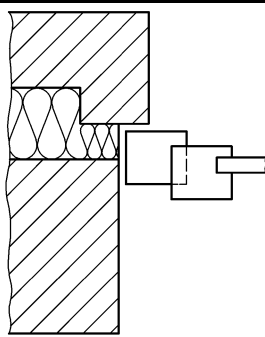
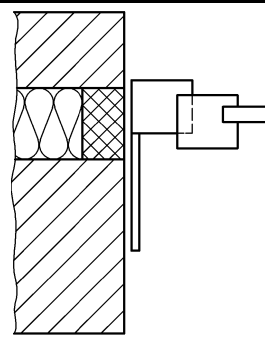
4.4.4 Bestimmung des resultierenden Schalldämm-Maßes von Fenstern und Türen in einer Einbausituation

Für Fenster- und Türelemente kann die resultierende Schalldämmung in eingebautem Zustand von den Einbaufugen beeinflusst werden. Sie muss bei schalltechnisch kritischen Einbausituationen nach Tabelle 5 unter Berücksichtigung der Fugen mit den erforderlichen Eingangswerten (Schalldämmung des Fenster- oder Türelements ohne Einbaufugen R_w sowie Fugenschalldämm-Maß $R_{S,w}$) berechnet werden.

Kritische Einbausituationen liegen vor, wenn Fenster- oder Türelemente im Bereich einer Dämmebene eingebaut werden. Dies kann sowohl im Massiv- als auch im Holz-, Leicht- und Trockenbau der Fall sein. Nachfolgende Tabelle 5 zeigt verschiedene Einbausituationen beispielhaft für den Massivbau und gilt sinngemäß auch für den Holz-, Leicht- und Trockenbau.

Tabelle 5 — Einfluss der Außenwand- und Einbausituation auf die Schalldämmung von Fenstern und Türen im Massivbau (Prinzipiskizzen)

Außenwand	Einbaubeispiel 1	Einbaubeispiel 2	Einbaubeispiel 3
Monolithisches Mauerwerk			
Einbaulage	Einbau außen bündig	Einbau mittig in der Wand	Einbau gegen Anschlag
Einbausituation	schalltechnisch unkritisch	schalltechnisch unkritisch	schalltechnisch unkritisch
Massivwand mit WDVS			
Einbaulage	Einbau in Dämmebene	Einbau außen bündig in der Massivwand	Einbau mittig in der Massivwand
Einbausituation	schalltechnisch kritisch	schalltechnisch unkritisch	schalltechnisch unkritisch
Hinterlüftete, zweischalige Massivwand			
Einbaulage	Einbau in Dämmebene, außen bündig	Einbau in Dämmebene, innen bündig	Einbau außen bündig in die raumseitige Massivwand, gegen Anschlag
Einbausituation	schalltechnisch kritisch	schalltechnisch unkritisch	schalltechnisch unkritisch

Außenwand	Einbaubeispiel 1	Einbaubeispiel 2	Einbaubeispiel 3
Massivwand mit vorgehängter, hinterlüfteter Fassade			
Einbaulage	Einbau in Dämmebene, außen bündig	Einbau in Dämmebene, innen bündig	Einbau außen bündig in der Massivwand
Einbausituation	schalltechnisch kritisch	schalltechnisch kritisch	schalltechnisch unkritisch
Zweischalige Massivwand			
Einbaulage	Einbau in Dämmebene, außen bündig	Einbau in die raumseitige Massivwand, gegen Anschlag	Einbau in der Dämmebene mit Montagezarge
Einbausituation	schalltechnisch kritisch	schalltechnisch unkritisch	schalltechnisch unkritisch

Fugen müssen so geplant und ausgeführt werden, dass das bewertete Schalldämm-Maß des Fensters erhalten bleibt. Als Planungskriterium gilt die Forderung, dass die Schalldämmung R_w des Bauteils um nicht mehr als 1 dB reduziert wird. Um dieses Kriterium zu erfüllen, gilt als Richtwert für das Fugenschalldämm-Maß $R_{S,w}$ nachfolgende Vorgabe:

$$R_{S,w} \geq R_w + 10 \text{ dB}$$

Diese Kenndaten können aus DIN 4109-35:2016-07 oder Labormessungen nach DIN EN ISO 10140-1 und DIN EN ISO 10140-2 entnommen werden.

Wird die Fuge mit einem Bauteil (z. B. Fenster mit der Gesamtfläche S und dem bewerteten Schalldämm-Maß R_w) kombiniert und ist die Bauteilfläche S viel größer als die Ansichtsfläche der Fuge ($b \times l$, b = Fugenbreite, l = Fugenlänge), so ergibt sich mit der zugehörigen Fugenlänge l das resultierende Schalldämm-Maß $R_{i,w}$ nach der Beziehung:

$$R_{i,w} = -10 \lg \left(10^{-0,1 \cdot R_w} + \frac{l \cdot l_0}{S} \cdot 10^{-0,1 \cdot R_{S,w}} \right) \quad (42)$$

Dabei ist

$R_{i,w}$ das bewertete resultierende Schalldämm-Maß des Fensters oder der Tür inklusive Einbaufuge, in dB;

R_w das bewertete Schalldämm-Maß des Fensters oder der Tür, in dB;

$R_{S,w}$ das bewertete Fugenschalldämm-Maß, bezogen auf eine Bauteilfläche 1 m^2 und 1 m Fugenlänge, in dB;

l die umlaufende Fugenlänge, in m;

l_0 die Bezugslänge, $l_0 = 1 \text{ m}$;

S die Gesamtfläche des Fensters oder der Tür, in m^2 .

Gleichung (42) geht von der Voraussetzung aus, dass die Fugenschalldämmung $R_{S,w}$ umlaufend gleich ist.

Für den Fall, dass seitlich, oben und unten jeweils unterschiedliche Anschlusssituationen mit unterschiedlichen Fugenschalldämmungen vorliegen, ist als Erweiterung von Gleichung (42) folgende Beziehung anzuwenden:

$$R_{i,w} = -10 \lg \left(10^{-0,1 \cdot R_w} + \sum_{k=1}^n \frac{l_k \cdot l_0}{S} \cdot 10^{-0,1 \cdot R_{S,w,k}} \right) \quad (43)$$

Dabei ist

$R_{i,w}$ das bewertete resultierende Schalldämm-Maß des Fensters oder der Tür inklusive Einbaufuge, in dB;

R_w das bewertete Schalldämm-Maß des Fensters oder der Tür, in dB;

l_k die Länge der Fuge k , $k = 1 \dots n$, in m;

l_0 die Bezugslänge, $l_0 = 1$, in m;

n die Anzahl der Fugen;

$R_{S,w,k}$ das bewertete Fugenschalldämm-Maß der Fuge k , bezogen auf eine Bauteilfläche 1 m^2 und 1 m Fugenlänge, in dB.

4.4.5 Festlegungen zur rechnerische Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels

4.4.5.1 Allgemeines

Für die unterschiedlichen Lärmquellen (Straßen-, Schienen-, Luft-, Wasserverkehr, Industrie/Gewerbe) werden nachstehend die jeweils angepassten Mess- und Beurteilungsverfahren angegeben, die den unterschiedlichen akustischen Wirkungen der Lärmarten Rechnung tragen.

Zur Bestimmung des maßgeblichen Außenlärmpegels werden die Lärmbelastungen in der Regel berechnet.

Der maßgebliche Außenlärmpegel nach DIN 4109-1:2018-01, 7.2, ergibt sich

- für den Tag aus dem zugehörigen Beurteilungspegel (6:00 Uhr bis 22:00 Uhr),
- für die Nacht aus dem zugehörigen Beurteilungspegel (22:00 Uhr bis 6:00 Uhr) plus Zuschlag zur Berücksichtigung der erhöhten nächtlichen Störwirkung (größeres Schutzbedürfnis in der Nacht); dies gilt für Räume, die überwiegend zum Schlafen genutzt werden können.

Maßgeblich ist die Lärmbelastung derjenigen Tageszeit, die die höhere Anforderung ergibt.

Für die von der maßgeblichen Lärmquelle abgewandten Gebäudeseiten darf der maßgebliche Außenlärmpegel ohne besonderen Nachweis

- bei offener Bebauung um 5 dB(A),
- bei geschlossener Bebauung bzw. bei Innenhöfen um 10 dB(A) gemindert werden.

Sind Lärmschutzwände oder Lärmschutzwälle vorhanden, darf der maßgebliche Außenlärmpegel gemindert werden (Nachweis siehe 16. BImSchV). Sofern es im Sonderfall gerechtfertigt ist, sind zur Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels auch Messungen zulässig.

ANMERKUNG Bei den Anforderungen zum Schutz gegen Außenlärm werden in DIN 4109-1 Maximalpegel nicht berücksichtigt. Bei Verkehrsgereuschen mit starken Pegelschwankungen kann jedoch die Berücksichtigung der Pegelspitzen zur Kennzeichnung einer erhöhten Störwirkung zusätzliche Informationen zur Auslegung des Schallschutzes liefern; in einem solchen Fall sollte zusätzlich zum Mittelungspegel der Maximalpegel bestimmt werden.

Zur Ausführung von Messungen siehe DIN 4109-4:2016-07, Anhang C.

4.4.5.2 Straßenverkehr

Sofern für die Einstufung in Lärmpegelbereiche keine anderen Festlegungen, z. B. gesetzliche Vorschriften oder Verwaltungsvorschriften, Bebauungspläne oder Lärmkarten maßgebend sind, können die Beurteilungspegel mithilfe der Nomogramme nach DIN 18005-1:2002-07, A.2, ermittelt werden, wobei zur Bildung des maßgeblichen Außenlärmpegels zu den abgelesenen Werten 3 dB(A) zu addieren sind.

ANMERKUNG Lärmkarten nach der Richtlinie 2002/49/EG (EU-Umgebungslärmrichtlinie) können zur Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels nicht herangezogen werden.

Alternativ zur Ermittlung durch Nomogramme können die Pegel aber auch ortsspezifisch berechnet oder gemessen werden. Bei Berechnungen sind die Beurteilungspegel für den Tag (6:00 Uhr bis 22:00 Uhr) bzw. für die Nacht (22:00 Uhr bis 6:00 Uhr) nach der 16. BImSchV zu bestimmen, wobei zur Bildung des maßgeblichen Außenlärmpegels zu den errechneten Werten jeweils 3 dB(A) zu addieren sind.

Beträgt die Differenz der Beurteilungspegel zwischen Tag minus Nacht weniger als 10 dB(A), so ergibt sich der maßgebliche Außenlärmpegel zum Schutz des Nachtschlafes aus einem 3 dB(A) erhöhten Beurteilungspegel für die Nacht und einem Zuschlag von 10 dB(A). Für die Durchführung von Messungen gelten die Festlegungen nach DIN 4109-4:2016-07, C.1 und C.5.

4.4.5.3 Schienenverkehr

Bei Berechnungen sind die Beurteilungspegel für den Tag (6:00 Uhr bis 22:00 Uhr) bzw. für die Nacht (22:00 Uhr bis 6:00 Uhr) nach der 16. BImSchV zu bestimmen, wobei zur Bildung des maßgeblichen Außenlärmpegels zu den errechneten Werten jeweils 3 dB(A) zu addieren sind.

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

Aufgrund der Frequenzzusammensetzung von Schienenverkehrsgeräuschen in Verbindung mit dem Frequenzspektrum der Schalldämm-Maße von Außenbauteilen ist der Beurteilungspegel für Schienenverkehr pauschal um 5 dB zu mindern.

Für die Durchführung von Messungen gelten die Festlegungen nach DIN 4109-4:2016-07, C.2 und C.5.

4.4.5.4 Wasserverkehr

Bei Berechnungen sind die Beurteilungspegel für den Tag (6:00 Uhr bis 22:00 Uhr) bzw. für die Nacht (22:00 Uhr bis 6:00 Uhr) zu bestimmen, wobei zur Bildung des maßgeblichen Außenlärmpegels zu den errechneten Werten jeweils 3 dB(A) zu addieren sind.

Die Beurteilungspegel im Einwirkungsbereich von Schiffsverkehr auf Flüssen und Kanälen können auch mithilfe des Nomogramms nach DIN 18005-1:2002-07, A.4, ermittelt werden. Beträgt die Differenz der Beurteilungspegel zwischen Tag minus Nacht weniger als 10 dB(A), so ergibt sich der maßgebliche Außenlärmpegel zum Schutz des Nachtschlafes aus einem 3 dB(A) erhöhten Beurteilungspegel für die Nacht und einem Zuschlag von 10 dB(A).

Beim Wasserverkehr können insbesondere tieffrequente Geräuschanteile Störungen hervorrufen. In diesen Fällen sind gesonderte Betrachtungen hinsichtlich der Schalldämmung der Außenbauteile erforderlich.

Für die Durchführung von Messungen gelten die Festlegungen in DIN 4109-4:2016-07, C.3 und C.5.

4.4.5.5 Luftverkehr

Für Flugplätze, für die Lärmschutzbereiche nach dem FluLärmG festgesetzt sind, gelten innerhalb der Schutzzonen die Regelungen dieses Gesetzes.

Für Flugplätze, die nicht dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm unterliegen, können die Geräuschimmissionen nach DIN 45684-1, DIN 45684-2 oder nach der Landeplatz-Fluglärmleitlinie des Länderausschusses für Immissionsschutz ermittelt werden.

Zur Bildung des maßgeblichen Außenlärmpegels sind zu den errechneten Werten jeweils 3 dB(A) zu addieren.

Wird in Gebieten, die durch Absatz 2 erfasst sind, vermutet, dass die Belastung durch Fluglärm vor allem von sehr hohen Maximalpegeln herrührt, so sollte der mittlere maximale Schalldruckpegel $\overline{L_{AF,max}}$ bestimmt werden. Ergibt sich, dass im Beurteilungszeitraum (nicht mehr als 16 zusammenhängende Stunden eines Tages oder 8 zusammenhängende Stunden einer Nacht) der äquivalente Dauerschallpegel L_{eq} häufiger als 20-mal am Tag oder häufiger als 10-mal in der Nacht oder mehr als 1-mal durchschnittlich je Stunde um mehr als 20 dB(A) überschritten wird und überschreitet auch der mittlere maximale Schalldruckpegel $\overline{L_{AF,max}}$ den äquivalenten Dauerschallpegel L_{eq} um mehr als 20 dB(A), so wird für den „maßgeblichen Außenlärmpegel“ der Wert $\overline{L_{AF,max}} - 20 \text{ dB(A)} + 3 \text{ dB(A)}$ zu Grunde gelegt.

In Sonderfällen kann dieses Verfahren auch in Gebieten nach Absatz 2 dieses Abschnitts angewendet werden.

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

Für die Durchführung von Messungen gelten die Festlegungen in DIN 4109-4:2016-07, C.4 und C.5.

4.4.5.6 Gewerbe- und Industrieanlagen

Im Regelfall wird als maßgeblicher Außenlärmpegel der nach der TA Lärm im Bebauungsplan für die jeweilige Gebietskategorie angegebene Tag-Immissionsrichtwert eingesetzt, wobei zu dem Immissionsrichtwert 3 dB(A) zu addieren sind.

Besteht im Einzelfall die Vermutung, dass die Immissionsrichtwerte der TA Lärm überschritten werden, dann sollte die tatsächliche Geräuschimmission als Beurteilungspegel nach der TA Lärm ermittelt werden, wobei zur Bildung des maßgeblichen Außenlärmpegels zu den errechneten Mittelungspegeln 3 dB(A) zu addieren sind.

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

Weicht die tatsächliche bauliche Nutzung im Einwirkungsbereich der Anlage erheblich von der im Bebauungsplan festgesetzten baulichen Nutzung ab, so ist von der tatsächlichen baulichen Nutzung unter Berücksichtigung der vorgesehenen baulichen Entwicklung des Gebietes auszugehen.

4.4.5.7 Überlagerung mehrerer Schallimmissionen

Rührt die Geräuschbelastung von mehreren (gleich- oder verschiedenartigen) Quellen her, so berechnet sich der resultierende Außenlärmpegel $L_{a,res}$, jeweils getrennt für Tag und Nacht, aus den einzelnen maßgeblichen Außenlärmpegeln $L_{a,i}$ nach folgender Gleichung (44):

$$L_{a,res} = 10 \lg \sum_{i=1}^n (10^{0,1L_{a,i}}) \text{ (dB)} \quad (44)$$

Im Sinne einer Vereinfachung werden dabei unterschiedliche Definitionen der einzelnen maßgeblichen Außenlärmpegel in Kauf genommen.

Die Addition von 3 dB(A) darf nur einmal erfolgen, d. h. auf den Summenpegel.

4.5 Berechnung der Schallübertragung gebäudetechnischer Anlagen

4.5.1 Allgemeines

Für die Berechnung der von gebäudetechnischen Anlagen in schutzbedürftige Räume übertragenen Geräusche liegen zurzeit noch keine normungsfähigen Verfahren vor. Mit DIN EN 12354-5 ist eine Grundlage gegeben, auf der die zukünftigen Berechnungsverfahren nach DIN 4109 entwickelt werden sollen. Die in DIN EN 12354-5 genannten Prognosemodelle können als Orientierung für die Beschaffung von Daten und für die grundsätzliche Vorgehensweise bei der Prognose von Schallpegeln herangezogen werden. Hinweise zur schalltechnischen Planung und Ausführung gebäudetechnischer Anlagen finden sich in DIN 4109-36:2016-07.

4.5.2 Sanitärtechnik

Für Anlagen der Sanitärtechnik kann ein rechnerischer Nachweis mit schalltechnischen Kennwerten der Bauteile und Installationen zurzeit nicht durchgeführt werden, da weder die Berechnungsverfahren noch die benötigten Daten der Installationen zur Verfügung stehen. In DIN 4109-36:2016-07, 6.4.4, werden deshalb zum Nachweis ohne bauakustische Messungen so genannte Musterinstallationswände als Referenzkonstruktionen aufgeführt, mit denen unter Einhaltung der beschriebenen Konstruktionsmerkmale und Randbedingungen der Nachweis zur Erfüllung der Anforderungen geführt werden kann.

ANMERKUNG Für Abwassersysteme kann das durch Körperschallübertragung verursachte Installationsgeräusch anhand des nach DIN EN 14366 ermittelten charakteristischen Körperschallpegels L_{sc} unter bestimmten baulichen Bedingungen abgeschätzt werden.

4.5.3 Sonstige gebäudetechnische Anlagen

In DIN 4109-36 werden neben Anlagen der Sanitärtechnik noch folgende gebäudetechnische Anlagen behandelt:

- Wärmeversorgungsanlagen,
- Lufttechnische Anlagen,
- Elektrotechnik,
- Förderanlagen (Aufzüge),
- Nutzungsspezifische Anlagen.

ANMERKUNG Für diese Anlagen existieren zurzeit noch keine Berechnungsverfahren. Für einige dieser Anlagen sind in DIN 4109-36:2016-07, Anhang A, beispielhafte Daten für die Luftschallerzeugung genannt. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um Angaben zum A-bewerteten Schallleistungspegel L_{WA} . Anhand üblicher Berechnungsverfahren kann mit diesen Daten der durch Luftschallabstrahlung zu erwartende Schalldruckpegel im Aufstellungsraum der Anlage und in einem benachbarten Raum abgeschätzt werden. Durch Körperschallerzeugung der Anlagen verursachte Geräuscheinwirkungen werden dabei nicht berücksichtigt.

4.6 Berechnung der Schallübertragung aus baulich mit dem Gebäude verbundenen Betrieben

Für die Berechnung der von Gewerbe- und Industriebetrieben im selben oder in baulich damit verbundenen Gebäuden in schutzbedürftige Räume übertragenen Geräusche liegen zurzeit noch keine normungsfähigen Verfahren vor. Mit DIN EN 12354-5 ist eine Grundlage gegeben, auf der die zukünftigen Berechnungsverfahren nach DIN 4109 entwickelt werden sollen. Die in DIN EN 12354-5 genannten Prognosemodelle können als Orientierung für die Beschaffung von Daten und für die grundsätzliche Vorgehensweise bei der Prognose von Schallpegeln herangezogen werden.

Geräusche aus baulich mit dem Gebäude verbundenen Betrieben können durch Luft- und/oder Körperschallübertragung verursacht sein. Im Allgemeinen müssen deshalb beide Übertragungsmöglichkeiten berücksichtigt und getrennt berechnet werden.

Für die durch Körperschallübertragung verursachten Schalldruckpegel im Gebäude steht im Rahmen der DIN 4109 derzeit noch kein allgemeines Berechnungsverfahren zur Verfügung.

5 Verwendung und Behandlung von Daten

5.1 Daten für die Berechnungsverfahren

Die Eingangsdaten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes sind DIN 4109-32 bis DIN 4109-36 zu entnehmen. Sie werden ohne Zu- oder Abschläge für die Berechnungen angewendet. Eingangsdaten, die in den nachfolgenden Fällen aus Prüfberichten entnommen werden, müssen ebenfalls ohne Zu- oder Abschläge übernommen werden.

ANMERKUNG 1 Ein „Vorhaltemaß“ nach DIN 4109:1989-11 gibt es damit nicht mehr.

Zur Unterscheidung von den berechneten Werten R'_w und $L'_{n,w}$ werden die in DIN 4109-1 genannten Anforderungsgrößen R'_w und $L'_{n,w}$ mit erf. R'_w und zul. $L'_{n,w}$ bezeichnet.

Bei Konstruktionen, für die keine Kennwerte nach DIN 4109-32 bis DIN 4109-36 zur Verfügung stehen, sind die benötigten Angaben durch bauakustische Prüfungen aufgrund von Messungen nachzuweisen, wenn nicht bereits Festlegungen im Rahmen von harmonisierten Produktnormen oder bauaufsichtlichen Bestimmungen (z. B. allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen) existieren. Hierbei sind die Vorgaben aus DIN 4109-4 zu berücksichtigen. DIN 4109-4 gibt an, nach welchen messtechnischen Verfahren die schalltechnischen Größen zu bestimmen sind, die in dieser Normenreihe verwendet werden.

Sofern eine Konstruktion wegen bestimmter einschränkender oder zusätzlicher Merkmale schalltechnisch anders beurteilt werden kann als im Bauteilkatalog DIN 4109-32 bis DIN 4109-36 angegeben, dürfen deren Daten ebenfalls einem Prüfbericht entnommen werden, der den in DIN 4109-4 genannten Kriterien genügt.

ANMERKUNG 2 Die vorgenannten bauakustischen Prüfungen sind für den bauaufsichtlichen Nachweis im Rahmen eines „allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses“ gefordert.

Eingangswerte für den rechnerischen Nachweis können auch aus allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen oder Europäischen technischen Bewertungen entnommen werden. Werte, die auf Basis von harmonisierten Produktnormen angegeben sind, können als Eingangsdaten herangezogen werden, wenn dies in DIN 4109-32 bis DIN 4109-36 festgelegt ist.

Bei den rechnerischen Nachweisen wird nicht zwischen Daten aus DIN 4109-32 bis DIN 4109-36 und Daten aus Prüfberichten unterschieden. Bei der Berechnung der Sicherheitsbeiwerte (siehe 5.3) wird dies berücksichtigt.

In Prüfständen ermittelte Schalldämm-Maße von massiven Bauteilen, die als Eingangsdaten verwendet werden, müssen nach DIN 4109-4 auf den mittleren Bauverlustfaktor bezogen werden.

5.2 Rundungsregeln

Für die Berechnungsverfahren nach Abschnitt 4 und den Vergleich mit den Anforderungen nach DIN 4109-1 ist folgende Vorgehensweise einzuhalten:

- 1) Berechnung der die Anforderungen kennzeichnenden Größen (R'_{w} , $L'_{n,w}$) nach den Verfahren in Abschnitt 4 mit Angabe von 1/10 dB.
- 2) Anwendung der Sicherheitsbeiwerte, u_{prog} nach 5.3 auf das nach 1) berechnete Ergebnis R'_{w} bzw. $L'_{n,w}$ mit Angabe von 1/10 dB.
- 3) Vergleich des Endergebnisses aus 2) mit den Anforderungen nach DIN 4109-1. Das auf 1/10 dB berechnete und nicht auf ganze dB gerundete Endergebnis muss die Anforderung erfüllen.

BEISPIEL Die Vorgehensweise wird durch folgendes Beispiel verdeutlicht:

- Anforderung an die Luftschalldämmung erf. $R'_{w} = 53$ dB;
- Berechnung der vorhandenen Schalldämmung $R'_{w} = 54,9$ dB;
- Sicherheitsbeiwert 2 dB nach 5.3.3.

Damit gilt für den Vergleich mit der genannten Anforderung:

- $54,9 \text{ dB} - 2 \text{ dB} = 52,9 \text{ dB} < \text{erf. } R'_{w} = 53 \text{ dB}.$

Die Anforderung wird nicht erfüllt.

Im Einzelnen gelten folgende Vorgaben:

- Aus Gleichungen ermittelte Pegelgrößen (z. B. R_w aus m' , ΔR_w , R_{ij} , K_{ij}) sind nach DIN 1333 auf eine Nachkommastelle zu runden;
- -in Prüfständen ermittelte Eingangsdaten müssen, sofern im Prüfbericht angegeben, mit 1/10 dB-Angaben verwendet werden;

ANMERKUNG DIN 4109-4:2016-07 legt in 5.1.3 als nationale Ergänzung fest, dass die Einzahlwerte nach DIN EN ISO 717-1 und DIN EN ISO 717-2 mit einer Nachkommastelle ermittelt werden.

- ist der kennzeichnende Einzahlwert im Prüfbericht nur in ganzen dB angegeben, kann er nach dem in DIN EN ISO 717-1 und DIN EN ISO 717-2 genannten Verfahren nachträglich in 1/10 dB ermittelt werden, wenn die dazu benötigten frequenzabhängigen Angaben dem Prüfbericht entnommen werden können;
- Schalldämm-Maße von massiven Bauteilen aus Prüfständen, die als Eingangsdaten verwendet werden, werden mit dem in DIN 4109-4 genannten Verfahren auf den mittleren Bauverlustfaktor bezogen. Diese Werte sind auf 1/10 dB zu runden.

5.3 Berücksichtigung der Unsicherheiten der Eingangsdaten und der Berechnung

5.3.1 Sicherheitskonzept der DIN 4109

DIN 4109 enthält ein einheitliches Sicherheitskonzept, das auf der Basis von Unsicherheitsermittlungen aufgebaut ist. Es findet seine Anwendung in denjenigen Bereichen, für die in DIN 4109 schalltechnische Nachweise geregelt werden. Dies betrifft rechnerische und messtechnische Nachweise des Schallschutzes.

In der vorliegenden Norm werden die Prinzipien zur Umsetzung des Sicherheitskonzepts in den Berechnungsverfahren behandelt. Für bauakustische Prüfungen werden in DIN 4109-4 Angaben zu den Unsicherheiten bei Messungen im Prüfstand und in Gebäuden gemacht.

5.3.2 Prinzipielles Vorgehen

Für die Schallschutznachweise der DIN 4109 sind die nach Abschnitt 4 durchzuführenden Prognoserechnungen zur Berücksichtigung der Unsicherheit mit einem Zu- bzw. Abschlag auf das Endergebnis zu versehen. Diese Zu- bzw. Abschlüsse entsprechen der Unsicherheit der Prognose u_{prog} und werden nachfolgend als Sicherheitsbeiwert bezeichnet. Die für die Prognoserechnung herangezogenen Eingangsdaten werden nach 5.1 ohne Zu- bzw. Abschlüsse verwendet. Zum Vergleich mit den Anforderungen sind das Ergebnis der Prognoserechnung und der dazugehörige, nach 5.3.3 oder Anhang C ermittelte Sicherheitsbeiwert anzugeben.

Grundsätzlich werden zwei getrennte Schritte durchgeführt:

- 1) die Prognoserechnung nach Abschnitt 4 und
- 2) die dazugehörige Ermittlung der Sicherheitsbeiwerte nach den Vorgaben in 5.3.3 oder Anhang C.

Der erste Schritt liefert die Größen R'_w oder $L'_{n,w}$. Im zweiten Schritt wird als Sicherheitsbeiwert die für die betrachtete Bausituation geltende Unsicherheit der Prognose u_{prog} ermittelt. Die in den beiden Schritten ermittelten Werte werden wie folgt zum Vergleich mit den Anforderungen nach DIN 4109-1 herangezogen:

- für die Luftschalldämmung von trennenden Bauteilen im Gebäude:

$$R'_w - u_{\text{prog}} \geq \text{erf. } R'_w \text{ (dB)} \quad (45)$$

— für die Luftschalldämmung von Außenbauteilen (Außenlärm):

$$R'_{w,ges} - u_{prog} \geq \text{erf. } R'_{w,ges} + K_{AL} \text{ (dB)} \quad (46)$$

— für die Trittschallübertragung

$$L'_{n,w} + u_{prog} \leq \text{zul. } L'_{n,w} \text{ (dB)} \quad (47)$$

ANMERKUNG 1 Mit dem Erweiterungsfaktor der Unsicherheit k und der erweiterten Unsicherheit $k \cdot u_{prog}$ lauten die Gleichungen (45), (46) und (47) in der allgemeinen Schreibweise:

$$R'_w - k u_{prog} \geq \text{erf. } R'_w \text{ (dB)}$$

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

und

$$L'_{n,w} + k u_{prog} \leq \text{zul. } L'_{n,w} \text{ (dB)}$$

ANMERKUNG 2 Der Erweiterungsfaktor der Unsicherheit k wird mit dem Wert 1 festgelegt. Für andere Anwendungen außerhalb des Anwendungsbereichs der DIN 4109 (z. B. bei der Planung erhöhter Anforderungen an die Schalldämmung) könnten für k auch andere Festlegungen getroffen werden, um die erweiterte Unsicherheit der Prognose an individuelle Gegebenheiten anzupassen.

ANMERKUNG 3 Angaben zur Formulierung der Gleichungen (45), (46) und (47) für die Kenngrößen $D_{nT,w}$ und $L'_{nT,w}$ siehe B.5.

ANMERKUNG 4 Für Schalldruckpegel von gebäudetechnischen Anlagen und aus Betrieben liegen noch keine Angaben zur Ermittlung der Unsicherheit der Prognose vor.

Für die Ermittlung der Sicherheitsbeiwerte sind zwei Verfahren vorgesehen:

- 1) vereinfachte Ermittlung mit einem pauschalen Zu- oder Abschlag auf das Ergebnis der Prognoserechnung nach 5.3.3;
- 2) detaillierte Ermittlung durch eine Berechnung nach Anhang C.

Für die Nachweise von DIN 4109 stellt die vereinfachte Ermittlung der Sicherheitsbeiwerte den Regelfall dar.

ANMERKUNG 5 Wenn eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Unsicherheitsbeiträge gewünscht wird oder gegenüber der vereinfachten Ermittlung eine genauere Angabe zur Unsicherheit der Prognose vorgesehen werden soll, kann ergänzend oder stattdessen auch die detaillierte Ermittlung der Sicherheitsbeiwerte herangezogen werden.

ANMERKUNG 6 Für bauaufsichtliche Nachweise sind die Sicherheitsbeiwerte nach 5.3.3 zu ermitteln, wenn nicht andere Regelungen in bauaufsichtlichen Bestimmungen bestehen.

5.3.3 Vereinfachte Ermittlung der Sicherheitsbeiwerte

Die vereinfachte Ermittlung der Sicherheitsbeiwerte sieht ohne weitere Rechnung einen pauschalen Zu- oder Abschlag auf das Ergebnis der Prognoserechnung vor.

Mit Ausnahme der Sonderregelung für Türen wird für die Luftschallübertragung im Gebäude und aus der Gebäudeumgebung zum Nachweis der Anforderungen nach DIN 4109-1:2018-01, Tabellen 2, 3, 4, 5, 6 oder 7, als pauschaler Wert

$$u_{\text{prog}} = 2 \text{ dB} \quad (48)$$

angesetzt.

Damit gilt zur Erfüllung der Anforderungen an die Luftschalldämmung von trennenden Bauteilen:

$$R'_{\text{w}} - 2 \text{ dB} \geq \text{erf. } R'_{\text{w}} \quad (49)$$

Zur Erfüllung der Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen gilt:

$$R'_{\text{w,ges}} - 2 \text{ dB} \geq \text{erf. } R'_{\text{w,ges}} + \Delta_{\text{AL}} \quad (50)$$

Für Anforderungen an Türen nach DIN 4109-1:2018-01, Tabellen 2, 4, 5, oder 6, und für Türen von Laubengängen mit Anforderungen an den Außenlärm nach DIN 4109-1:2018-01, 7.2 wird als pauschaler Wert

$$u_{\text{prog}} = 5 \text{ dB} \quad (51)$$

angesetzt.

Damit gilt zur Erfüllung der Anforderungen an die Luftschalldämmung von Türen

$$R_{\text{w}} - 5 \text{ dB} \geq \text{erf. } R_{\text{w}} \quad (52)$$

Für die Trittschalldämmung im Massivbau und für massive Decken im Skelettbau (auch für massive Decken in Einfamilien-Doppel- und Reihenhäuser nach 4.3.2.2 und für massive Treppen an massiven ein- und zweischaligen Wänden nach 4.3.2.3) sowie für die Trittschalldämmung im Holz-, Leicht- und Trockenbau wird für den pauschalen Wert

$$u_{\text{prog}} = 3 \text{ dB} \quad (53)$$

angesetzt.

Damit gilt zur Erfüllung der Anforderungen an die Trittschalldämmung

$$L'_{\text{n,w}} + 3 \text{ dB} \leq \text{zul. } L'_{\text{n,w}} \text{ (dB)} \quad (54)$$

6 Hinweise für besondere Bausituationen

6.1 Allgemeines

Die Handhabung der in dieser Norm beschriebenen Berechnungsverfahren setzt Vertrautheit mit den bauakustischen Grundlagen und mit baukonstruktiven Gegebenheiten voraus. Dennoch können sich bei der praktischen Anwendung der Verfahren für bestimmte Bausituationen Fragen zur sachgerechten Umsetzung der Berechnungsansätze ergeben. Aus diesem Grund werden in diesem Abschnitt solche Situationen behandelt, die typische Fragestellungen zur Handhabung der Berechnungsverfahren enthalten. Die Hinweise zur Behandlung solcher besonderer Bausituationen stammen zum einen aus DIN EN 12354-1:2000-12, 4.2.4, zum anderen aus praktischen Erfahrungen im Umgang mit den Berechnungsverfahren.

6.2 Behandlung von Vorsatzkonstruktionen

Im Allgemeinen gilt bei der flankierenden Luftschallübertragung im Massivbau, dass nur raumseitig angebrachte Vorsatzschalen oder raumseitige schwimmende Estriche durch ihre bewerteten Verbesserungen des Schalldämm-Maßes $\Delta R_{\text{i,w}}$ bzw. $\Delta R_{\text{j,w}}$ zu berücksichtigen sind. Bei Vorsatzkonstruktionen, wie Vorsatzschalen vor Wänden oder schwimmenden Estrichen, beziehen sich das bewertete Schalldämm-Maß $R_{\text{i,w}}$ bzw. $R_{\text{j,w}}$

und das Stoßstellendämm-Maß auf das Grundbauteil, wobei die Wirkung der Vorsatzkonstruktion getrennt durch $\Delta R_{i,w}$ bzw. $\Delta R_{j,w}$ berücksichtigt wird.

Bei Vorsatzkonstruktionen an der Außenseite mit geringfügigem Einfluss auf das flankierende Verhalten des Grundbauteils, wie z. B. eine Vorsatzschale in Leichtbauweise an der Außenseite oder ein Wärmedämmverbundsystem, wird bei der Berechnung nur die innere Grundkonstruktion berücksichtigt. Die Wirkung der außen angebrachten Vorsatzkonstruktionen auf die flankierende Übertragung kann im Allgemeinen vernachlässigt werden.

6.3 Berücksichtigung von Fenstern und Türen

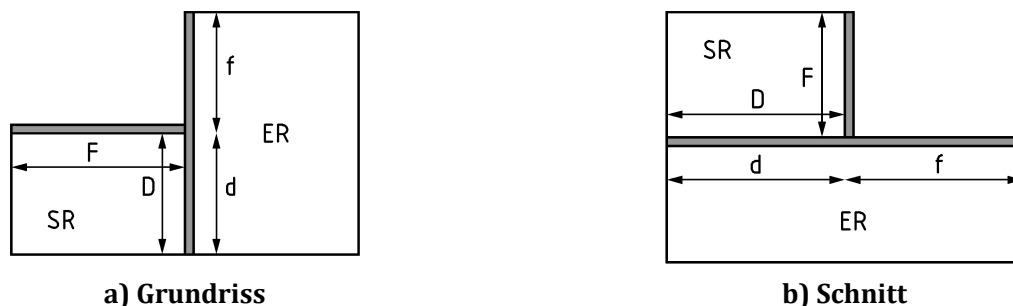
Bei flankierenden Bauteilen, die aus mehreren Teilen bestehen, ist das Schalldämm-Maß des mit dem trennenden Bauteil unmittelbar verbundenen größeren Teiles zu berücksichtigen. Wenn durchgehende Diskontinuitäten im Bauteil vorhanden sind, wie z. B. raumhohe Türen oder schwere Querbauteile, können die Flächen hinter diesen Diskontinuitäten vernachlässigt werden.

6.4 Zusammengesetzte Bauteile

Besteht eine Flankenkonstruktion aus mehreren Arten von Bauteilen, z. B. Brüstung und Fassade, die jeweils direkt mit dem trennenden Bauteil verbunden sind, so ist jede Art als gesondertes Flankenbauteil zu behandeln.

6.5 Hinweise zu versetzten Räumen

Bei horizontal oder vertikal versetzten Räumen (siehe Bild 7), wird die Fortsetzung des trennenden Bauteils als Flankenbauteil behandelt, dessen flankierende Übertragung in diesen Fällen häufig dominiert.

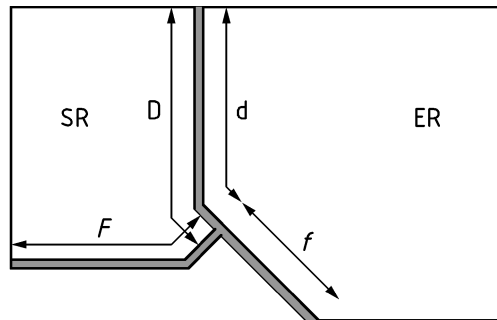


Legende

- D Trennbauteil, senderaumseitig
- F Flankenbauteil, senderaumseitig
- d Trennbauteil, empfangsraumseitig
- f Flankenbauteil, empfangsraumseitig
- SR Senderaum
- ER Empfangsraum

Bild 7 — Versetzte Räume

Bei trennenden oder flankierenden Wänden, die abgewinkelt sind (siehe Bild 8), kann die Gesamtfläche verwendet werden, wenn die Winkel an den Sprungstellen nicht zu groß sind wie das bei 90°-Ecken der Fall wäre. Im letztgenannten Fall kann eine effektive Gesamtfläche verwendet werden, die die Schnellepegeldifferenz an der Diskontinuität (Krümmung) berücksichtigt.



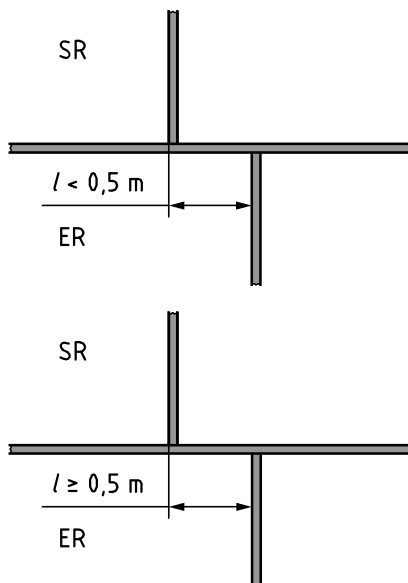
Legende

- D Trennbauteil, senderraumseitig
- F Flankenbauteil, senderraumseitig
- d Trennbauteil, empfangsraumseitig
- f Flankenbauteil, empfangsraumseitig
- SR Senderraum
- ER Empfangsraum

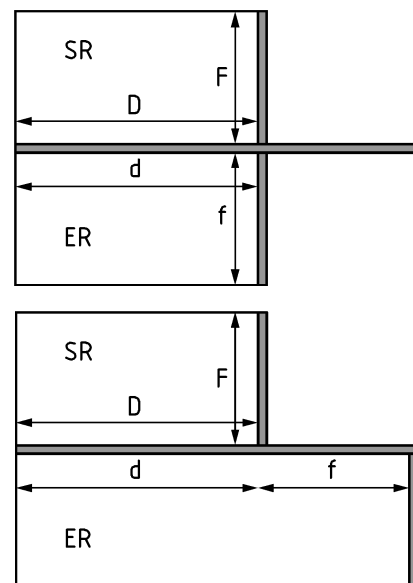
Bild 8 — Abgewinkelte trennende und flankierende Bauteile, Grundriss

6.6 Hinweise zu Bauteilverbindungen mit geringem Versatz

Häufig treten versetzte Räume mit einem relativ geringen Versatz der flankierenden Bauteile auf, wie in den nachfolgenden Beispielen (siehe Bild 9) gezeigt. Üblicherweise entspricht bei einem Versatz mit einer Länge l von weniger als 0,5 m das Stoßstellendämm-Maß in etwa dem Wert, der auch ohne Versatz für einen Kreuzstoß zu erwarten ist. Für einen Versatz größer 0,5 m kann von einem T-Stoß ausgegangen werden. Durch den Versatz wird entsprechend dem vorhergehenden Abschnitt die Fläche des trennenden Bauteils nach dem Versatz zum flankierenden Bauteil.



a) tatsächliche Raumsituation



b) idealisierte Situation im Rechenmodell

Legende

- ER Empfangsraum
- SR Senderraum
- D Trennbauteil, senderraumseitig
- F Flankenbauteil, senderraumseitig
- d Trennbauteil empfangsraumseitig
- f Flankenbauteil, empfangsraumseitig

Bild 9 — Anleitung zur Berechnung der flankierenden Übertragung bei versetzten Stößen

Anhang A (normativ)

Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole nach Tabelle A.1.

Tabelle A.1 — Verwendete Formelzeichen

Zeile	Symbol	Benennung	Einheit	Definition nach
1	A_0	Bezugsabsorptionsfläche mit $A_0 = 10 \text{ m}^2$	m^2	
2	C	Spektrumanpassungswert für mittelfrequent betonte Geräuschspektren	dB	3.34
3	C_1	Spektrumanpassungswert für Trittschall	dB	3.36
4	C_{tr}	Spektrumanpassungswert für tieffrequent betonte Geräuschspektren	dB	3.35
5	D	Schalldruckpegeldifferenz	dB	3.31
6	$D_{\text{n,e,lab,w}}$	Schallpegeldifferenz des Bauteils ermittelt im Labor	dB	
7	$D_{\text{n,e,w}}$	Bewertete Norm-Schallpegeldifferenz kleiner Bauteile	dB	
8	$D_{\text{n,f,w}}$	Bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz	dB	3.4
9	$D_{\text{n,w}}$	Bewertete Norm-Schallpegeldifferenz	dB	3.5
10	$D_{\text{nT,w}}$	Bewertete Standard-Schallpegeldifferenz	dB	3.6
11	$D_{\text{v,ij}}$	Schnellepegeldifferenz	dB	3.32
12	k	Erweiterungsfaktor der Unsicherheit		
13	K	Korrekturwert Flankenübertragung Trittschall Massivbau	dB	3.24
14	K_1	Korrekturwert Flankenübertragung Trittschall Holzbau Df	dB	3.22
15	K_2	Korrekturwert Flankenübertragung Trittschall Holzbau Dff	dB	3.23
16	K_{AL}	Korrekturwert Außenlärm	dB	3.20
17	K_{ij}	Stoßstellendämm-Maß	dB	3.37
18	K_{LPB}	Korrekturwert für unterschiedliche maßgebliche Außenlärmpegel	dB	
19	K_{T}	Korrekturwert räumliche Zuordnung Trittschall	dB	3.25
20	l	Länge	m	
21	l_0	Bezugskopplungslänge	m	
22	l_{f}	Gemeinsame Kopplungslänge der Verbindungsstelle	m	

Zeile	Symbol	Benennung	Einheit	Definition nach
		zwischen dem trennenden und dem flankierenden Bauteil		
23	l_{lab}	Bezugskantenlänge / Länge schlitzförmiger Bauteile im Labor	m	
24	l_{situ}	Länge schlitzförmiger Bauteile am Bau	m	
25	L	Schalldruckpegel	dB	3.30
26	$L_{\text{AF,max,n}}$	A-bewerteter maximaler Norm-Schalldruckpegel	dB	3.1
27	$L_{\text{AF,max,nT}}$	A-bewerteter maximaler Standard-Schalldruckpegel	dB	
28	L_{eq}	Äquivalenter Dauerschallpegel	dB	3.3
29	$L_{\text{n,eq,0,w}}$	Äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel einer Rohdecke	dB	3.2
30	$L_{\text{n,w}}$	Bewerteter Norm-Trittschallpegel ohne Flankenübertragung	dB	
31	$L'_{\text{n,w}}$	Bewerteter Norm-Trittschallpegel im Bau mit Flankenübertragung	dB	3.10
32	$L'_{\text{nT,w}}$	Bewerteter Standard-Trittschallpegel mit Flankenübertragung	dB	
33	ΔL_{w}	Bewertete Trittschallminderung	dB	3.7
34	m'	Flächenbezogene Masse	kg/m ²	3.16
35	$m'_{\text{f,m}}$	Mittlere flächenbezogene Masse der flankierenden Bauteile	kg/m ²	
36	m'_{s}	Flächenbezogene Masse der Trenndecke	kg/m ²	
37	n	Laufindex		
38	$R_{\text{Dd,w}}$	Bewertetes Direktschalldämm-Maß des trennenden Bauteils	dB	3.12
39	$\Delta R_{\text{Dd,w}}$	Gesamte bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch Vorsatzkonstruktionen auf dem trennenden Bauteil	dB	
40	$R_{\text{e,i,w}}$	Bewertetes flächenbezogenes Schalldämm-Maß von Elementen	dB	3.13
41	$R_{\text{Ff,w}}$ $R_{\text{Df,w}}$ $R_{\text{Fd,w}}$	Bewertetes Flankendämm-Maß für die Übertragungswege Ff, Df und Fd	dB	
42	$R_{\text{ij,w}}$	Bewertetes Flankendämm-Maß	dB	3.14
43	$\Delta R_{\text{ij,w}}$	Gesamte bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch Vorsatzkonstruktionen	dB	3.18
44	$R_{\text{s,w}}$	Bewertete Schalldämm-Maß des trennenden massiven Bauteils	dB	
45	$R_{\text{S,w}}$	Bewertetes Fugenschalldämm-Maß	dB	

Zeile	Symbol	Benennung	Einheit	Definition nach
46	$R_{S,w,k}$	Bewertetes Fugenschalldämm-Maß der Fuge k, bezogen auf eine Bauteilfläche 1 m ² und 1 m Fugenlänge	dB	
47	R_w	Bewertetes Schalldämm-Maß ohne Flankenübertragung	dB	3.15
48	ΔR_w	Bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch eine Vorsatzkonstruktion	dB	3.8
49	R'_w	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß mit Flankenübertragung	dB	3.11
50	$R'_{w,1}$	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß einer einschaligen Wand	dB	
51	$R'_{w,2}$	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß einer zweischaligen Wand	dB	
52	$R'_{w,ges}$	Gesamtes bewertetes Bau-Schalldämm Maß	dB	
53	$R_{w,res}$	Bewertetes Schalldämm-Maß zusammengesetzter Bauteile	dB	
54	$\Delta R_{w,Tr}$	Zweischaligkeitszuschlag	dB	3.42
55	s'	Dynamische Steifigkeit	MN/m ³	
56	S_G	Grundfläche des Raumes	m ²	
57	S_i	Fläche des angeregten Bauteils im Senderraum	m ²	
58	S_j	Fläche des abstrahlenden Bauteils im Empfangsraum	m ²	
59	$S_{\text{Öffnung}}$	Fläche einer Öffnung	m ²	
60	S_s	Fläche des trennenden Bauteils	m ²	
61	u_{Bau}	Unsicherheit, die sich durch die Umsetzung des geplanten Bauwerks in die Realität ergibt	dB	
62	$u_{\text{BT,einzel}}$	Unsicherheit, die sich dadurch ergibt, dass am Bau aus der Menge der streuenden Bauteile ein anderes realisiert wird als bei der Messung im Labor	dB	
63	$u_{\text{BT,repro}}$	Unsicherheit, mit der das betrachtete Bauelement reproduziert werden kann	dB	
64	u_{Kennw}	Gesamte Unsicherheit eines Bauteilkennwertes	dB	
65	u_{Lab}	Unsicherheit der Messung des Labors an dem untersuchten Einzelobjekt	dB	
66	u_{prog}	Unsicherheit der Prognose hinsichtlich des am Bau erreichten Wertes	dB	
67	u_{rech}	Unsicherheit, die sich aus der Prognoserechnung durch die Verwendung unsicherer Eingangswerte ergibt	dB	
68	V_E	Empfangsraumvolumen	m ³	
69	$\eta_{\text{Bau,ref}}$	Mittlerer Bauverlustfaktor		3.29

Anhang B (informativ)

Ermittlung von Kenngrößen zur Planung des Schallschutzes

B.1 Allgemeines

DIN 4109-1 formuliert die bauakustischen Anforderungen an das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_{w} und den bewerteten Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$. Im Fall der Luftschalldämmung wird beim Bau-Schalldämm-Maß definitionsgemäß die gesamte Schallübertragung zwischen zwei Räumen, egal auf welchen Wegen sie erfolgt, auf die Fläche des trennenden Bauteils bezogen. Dadurch rückt das Trennbauteil gedanklich in den Vordergrund. Infolgedessen werden die Anforderungen in DIN 4109-1 deshalb auch an die trennenden Bauteile gestellt.

DIN 4109-1 weist im Anhang A darauf hin, dass statt der Schalldämmung auch der Schallschutz zwischen zwei Räumen der bauakustischen Planung zugrunde gelegt werden kann, insbesondere wenn ein höherer Schallschutz vorgesehen werden soll. Verwiesen wird in diesem Zusammenhang u. a. auf VDI 4100. In diesem Fall wird nicht die auf die Fläche des Trennbauteils bezogene Schalldämmung betrachtet, sondern die Schallpegeldifferenz zwischen zwei Räumen. Diese kann durch die Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ beschrieben werden, bei der die Pegeldifferenz zwischen den Räumen auf die Nachhallzeit des Empfangsraumes bezogen wird. Bei dieser Betrachtungsweise steht gedanklich die Gesamtübertragung zwischen zwei Räumen, egal auf welchen Wegen, und nicht mehr das trennende Bauteil im Vordergrund.

Der Bezug auf die Nachhallzeit findet konsequenterweise nicht nur für den Luftschallschutz, sondern auch bei den anderen den Schallschutz beschreibenden Kenngrößen statt, so dass folgende Kenngrößen bei der Planung des Schallschutzes zu berücksichtigen sind:

- die Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$;
- der Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$;
- der maximale Standard-Schalldruckpegel $L_{AF,max,nT}$.

Zwischen diesen Kenngrößen und den Anforderungsgrößen von DIN 4109-1 besteht ein physikalisch eindeutiger Zusammenhang, so dass diese Größen ineinander umgerechnet werden können. Für die Umrechnung werden je nach Kenngröße Trennflächen und/oder Raumvolumina benötigt. Darauf wird nachfolgend eingegangen. Die Berechnungsverfahren nach DIN 4109 beruhen auf den Rechenverfahren nach den Normen der Reihe DIN EN 12354 (Stand Juli 2016), denen wiederum Schalldämm-Maße für die Direktdämmung des Trennbauteils, die Flankendämmung und die Stoßstellendämmung zugrunde liegen. Deshalb werden mit diesen Verfahren primär Schalldämm-Maße berechnet, die nachfolgend in andere Kenngrößen des Schallschutzes umgerechnet werden können. Für die Planung erfolgt deshalb an erster Stelle die Berechnung der Schalldämmung.

Trotz gleicher Baukonstruktionen kann sich bei verschiedenen Raumgeometrien ein unterschiedlicher Schallschutz, aber auch eine unterschiedliche Schalldämmung ergeben. So ist bei der Schalldämmung die Geometrie des Trennbauteils (Fläche und Kopplungslänge) und in Sonderfällen auch die Fläche der Flankenbauteile zu berücksichtigen, bei der Standard-Schallpegeldifferenz zusätzlich das Volumen des Empfangsraumes. Deshalb muss für genaue Aussagen in beiden Fällen die Berechnung für unterschiedliche Raumgeometrien separat durchgeführt werden. Die ungünstigste Situation wird zum Nachweis der Einhaltung der Anforderungen herangezogen. Da bei der Standard-Schallpegeldifferenz die Raumvolumina

eine Rolle spielen, sind die Anforderungen bei unterschiedlich großen und/oder verschiedenen lauten Räumen vom größeren zum kleineren bzw. vom lauterem zum leiseren Raum nachzuweisen.

B.2 Schallschutz gegen Luftschallübertragung im Gebäude

Mit den in 4.2 beschriebenen Berechnungsverfahren wird zuerst das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w ermittelt. Anhand des Empfangsraumvolumens V_E und der beiden Räumen gemeinsamen Trennfläche S_s kann daraus die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ durch folgende Umrechnung bestimmt werden:

$$D_{nT,w} = R'_w + 10 \lg \left(\frac{0,32 V_E}{S_s} \right) \quad (\text{B.1})$$

Dabei ist

$D_{nT,w}$ die erforderliche bewertete Standard-Schallpegeldifferenz, in dB;

R'_w das bewertete Bau-Schalldämm-Maß, in dB;

V_E das Empfangsraumvolumen, in m^3 ;

S_s die Trennfläche, in m^2 .

Im Rahmen eines Schallschutznachweises kann der so errechnete Wert von $D_{nT,w}$ um den in B.5 definierten Sicherheitsbeiwert vermindert werden. Für die vereinfachte Ermittlung des Sicherheitsbeiwertes kann Gleichung (B.9) angesetzt werden.

Das benötigte (erforderliche) bewertete Bau-Schalldämm-Maß erf. R'_w ergibt sich aus den Anforderungen an die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz erf. $D_{nT,w}$ durch

$$\text{erf. } R'_w = \text{erf. } D_{nT,w} - 10 \lg \left(\frac{0,32 V_E}{S_s} \right) \quad (\text{B.2})$$

Dabei ist

erf. R'_w das erforderliche bewertete Bau-Schalldämm-Maß, in dB;

erf. $D_{nT,w}$ die erforderliche bewertete Standard-Schallpegeldifferenz, in dB;

V_E das Empfangsraumvolumen, in m^3 ;

S_s die Trennfläche, in m^2 .

ANMERKUNG Die Umrechnung des Norm-Schalldruckpegels $L_{AF,max,n}$ von gebäudetechnischen Anlagen in den Standard-Schalldruckpegel $L_{AF,max,nT}$ erfolgt nach B.3 analog zu den Trittschallpegeln.

B.3 Schallschutz gegen Trittschallübertragung

Mit den in 4.3 beschriebenen Berechnungsverfahren wird zuerst der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ ermittelt. Anhand des Empfangsraumvolumens V_E kann daraus der bewertete Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ durch folgende Umrechnung bestimmt werden:

$$L'_{nT,w} = L'_{n,w} - 10 \lg(0,032 V_E) \quad (\text{B.3})$$

Dabei ist

$L'_{nT,w}$ der bewertete Standard-Trittschallpegel, in dB;

$L'_{n,w}$ der bewertete Norm-Trittschallpegel, in dB;

V_E das Empfangsraumvolumen, in m^3 .

Im Rahmen eines Schallschutznachweises kann der so errechnete Wert von $L'_{nT,w}$ um den in B.5 definierten Sicherheitsbeiwert vermindert werden. Für die vereinfachte Ermittlung des Sicherheitsbeiwertes kann die Gleichung (B.10) angesetzt werden.

Der benötigte bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ ergibt sich aus den Anforderungen an den bewerteten Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ durch

$$\text{zul. } L'_{n,w} = \text{zul. } L'_{nT,w} + 10 \lg(0,032 V_E) \quad (\text{B.4})$$

Dabei ist

zul. $L'_{n,w}$ der zulässige bewertete Norm-Trittschallpegel, in dB;

zul. $L'_{nT,w}$ der zulässige bewertete Standard-Trittschallpegel, in dB;

V_E das Empfangsraumvolumen, in m^3 .

B.4 Schallschutz gegen Außenlärm

Mit den in 4.4 beschriebenen Berechnungsverfahren wird zuerst das bewertete gesamte Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ der Außenbauteile ermittelt. Anhand des Empfangsraumvolumens V_E und der nach 4.4.1 definierten Fassadenfläche S_s kann daraus die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ durch folgende Umrechnung bestimmt werden:

$$D_{nT,w} = R'_{w,ges} + 10 \lg\left(\frac{0,32 V_E}{S_s}\right) \quad (\text{B.5})$$

Dabei ist

$D_{nT,w}$ die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz, in dB;

$R'_{w,ges}$ das bewertete gesamte Bau-Schalldämm-Maß, in dB;

V_E das Empfangsraumvolumen, in m^3 ;

S_s die Trennfläche, in m^2 .

Im Rahmen eines Schallschutznachweises kann der so errechnete Wert von $D_{nT,w}$ um den in B.5 definierten Sicherheitsbeiwert vermindert werden. Für die vereinfachte Ermittlung des Sicherheitsbeiwertes kann Gleichung (B.9) angesetzt werden.

Das erforderliche gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß erf. $R'_{w,ges}$ ergibt sich aus den Anforderungen an die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz erf. $D_{nT,w}$ durch

$$\text{erf. } R'_{w,ges} = \text{erf. } D_{nT,w} - 10 \lg \left(\frac{0,32 V_E}{S_s} \right) \quad (\text{B.6})$$

Dabei ist

erf. $R'_{w,ges}$ das erforderliche gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß, in dB;

erf. $D_{nT,w}$ die erforderliche bewertete Standard-Schallpegeldifferenz, in dB;

V_E das Empfangsraumvolumen, in m^3 ;

S_s die Trennfläche, in m^2 .

B.5 Berücksichtigung der Unsicherheit bei Kenngrößen für den Schallschutz

Die Ausführungen zur Berücksichtigung der Unsicherheiten in 5.3 können sinngemäß auf die Kenngrößen für den Schallschutz übertragen werden.

Für die Luftschallübertragung im Gebäude und aus der Gebäudeumgebung gilt dann für die Anwendung der Sicherheitsbeiwerte:

$$D_{nT,w} - u_{\text{prog}} \geq \text{erf. } D_{nT,w} \text{ (dB)} \quad (\text{B.7})$$

und für die Trittschallübertragung:

$$L'_{nT,w} + u_{\text{prog}} \leq \text{zul. } L'_{nT,w} \text{ (dB)} \quad (\text{B.8})$$

Die vereinfachte Ermittlung der Sicherheitsbeiwerte kann unter denselben Bedingungen wie in 5.3.3 entsprechend den Gleichungen (48) bis (54) vorgenommen werden, so dass folgende Beziehungen gelten:

— Für die Luftschallübertragung im Gebäude und aus der Gebäudeumgebung mit $u_{\text{prog}} = 2 \text{ dB}$ als pauschalem Wert für den Sicherheitsbeiwert:

$$D_{nT,w} - 2 \text{ dB} \geq \text{erf. } D_{nT,w} \text{ (dB)} \quad (\text{B.9})$$

— Für die Trittschallübertragung mit $u_{\text{prog}} = 3 \text{ dB}$ als pauschalem Wert für den Sicherheitsbeiwert:

$$L'_{nT,w} + 3 \text{ dB} \leq \text{zul. } L'_{nT,w} \text{ (dB)} \quad (\text{B.10})$$

Falls eine detaillierte Ermittlung der Sicherheitsbeiwerte erfolgen soll, kann auf die Ausführungen in Anhang C zurückgegriffen werden.

Wie in 5.2 beschrieben, wird auch bei den Kenngrößen für den Schallschutz auf 1/10 dB gerundet und der so ermittelte Wert mit dem Anforderungswert verglichen.

Anhang C (informativ)

Detaillierte Ermittlung der Unsicherheit für die Schalldämmung

C.1 Die verschiedenen Unsicherheitsbeiträge

Folgende Unsicherheitsbeiträge sind generell zu unterscheiden:

- 1) u_{Lab} , die Unsicherheit der Bestimmung eines Bauteilkennwerts eines bestimmten Exemplars in genau einem Labor. Dies umfasst die Unsicherheit bei der Durchführung des Messverfahrens (z. B. Mittelungsstreuungen) und die Unsicherheit infolge der unterschiedlichen erlaubten Randbedingungen in verschiedenen Laboratorien. (u_{Lab} wird auch Vergleichsgenauigkeit oder Reproducibility u_{R} genannt);
- 2) $u_{\text{BT, repro}}$, die Unsicherheit, mit der das betrachtete Bauelement reproduziert werden kann;
- 3) $u_{\text{BT, einzel}}$, die Unsicherheit, die sich dadurch ergibt, dass am Bau aus der Menge der streuenden Bauteile ein anderes realisiert wird als bei der Messung im Labor; es gilt: $u_{\text{BT, einzel}} = u_{\text{BT, repro}}$;
- 4) u_{rech} , die Unsicherheit, die sich aus der Prognoserechnung durch die Verwendung unsicherer Eingangswerte ergibt („Fehlerfortpflanzung“);
- 5) u_{Bau} , die Unsicherheit, die sich durch die Umsetzung des geplanten Bauwerks (wie es der Prognose zugrunde liegt) in die Realität ergibt. Hierin sind die unvollständige Abbildung der Realität durch das Rechenverfahren enthalten sowie Unwägbarkeiten der Bauausführung. Nicht enthalten sind systematische und damit korrigierbare Einflüsse, wie sie z. B. bei Räumen gleicher Abmessungen beidseits eines Trennbauwerks vorliegen.

Im Berechnungsverfahren werden folgende Unsicherheitswerte verwendet:

- 1) u_{Lab} , als Unsicherheit der Messung des Labors an dem untersuchten Exemplar. u_{Lab} sollte vom messenden Labor im Prüfbericht angegeben werden;
- 2) u_{Kennw} als gesamte Unsicherheit eines Bauteilkennwertes, wobei n Exemplare in n verschiedenen Laboratorien gemessen wurden und ein weiteres Exemplar am Bau realisiert wird:

$$u_{\text{Kennw}} = \sqrt{\frac{u_{\text{Lab}}^2 + u_{\text{BT, repro}}^2}{n}} + u_{\text{BT, einzel}} \quad (\text{C.11})$$

Dabei ist

n Anzahl der Exemplare, $n = 1, 2, 3, \dots$

Diese Angabe ist vom Hersteller als Unsicherheit des Bauteilkennwerts anzugeben bzw. befindet sich dort wo möglich bei den Bauteilkennwerten in DIN 4109-31 bis DIN 4109-36.

3) Unsicherheit der Prognose hinsichtlich des am Bau erreichten Wertes:

$$u_{\text{prog}} = \sqrt{u_{\text{rech}}^2 + u_{\text{Bau}}^2} \quad (\text{C.12})$$

Dieser Wert ist vom Ersteller der Prognose anzugeben.

ANMERKUNG Die Unsicherheit der Prognose u_{prog} wird in dieser Norm als Sicherheitsbeiwert bezeichnet.

Die Zusammenhänge sind in Bild C.1 dargestellt.

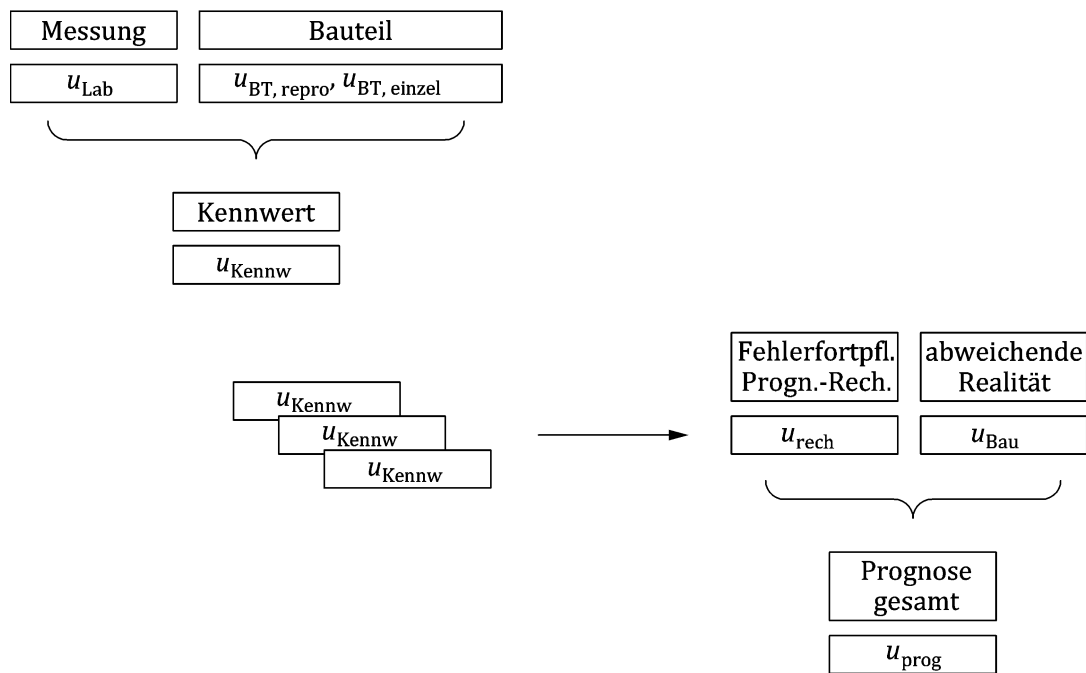


Bild C.1 — Zusammenwirken und Fortpflanzung der Unsicherheitsanteile

C.2 Berechnung des Anteils u_{rech} der Prognoserechnung

Als Eingangsgrößen sind die Kennwert-Unsicherheiten der an der Schallübertragung beteiligten Bauelemente, u_{Kennw} , einzusetzen.

Für Schalldämm-Maße ergibt sich:

$$u_{\text{rech}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{31} \left[\frac{\partial R'_w}{\partial \text{Kennw}} u_{\text{Kennw}} \right]^2} \quad (\text{C.13})$$

mit den partiellen Ableitungen für das Trennbauteil:

$$\frac{\partial R'_w}{\partial R_{s,w}} = \frac{10^{-R_{Dd}/10} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^4 10^{-R_{id}/10} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^4 10^{-R_{Di}/10}}{\sum_{j=1}^{13} 10^{-R_j/10}} \quad (C.14)$$

für die Stoßstellendämm-Maße:

$$\frac{\partial R'_w}{\partial K_{ij}} = \frac{10^{-R_{ij}/10}}{\sum_{j=1}^{13} 10^{-R_j/10}} \quad (C.15)$$

für die Sende flanken:

$$\frac{\partial R'_w}{\partial R_i} = \frac{\frac{1}{2} (10^{-R_{ii}/10} + 10^{-R_{id}/10})}{\sum_{j=1}^{13} 10^{-R_j/10}} \quad (C.16)$$

für die Empfangs flanken:

$$\frac{\partial R'_w}{\partial R_i} = \frac{\frac{1}{2} (10^{-R_{ii}/10} + 10^{-R_{Di}/10})}{\sum_{j=1}^{13} 10^{-R_j/10}} \quad (C.17)$$

und für die Vorsatzschalen:

$$\frac{\partial R'_w}{\partial \Delta R_i} = \frac{10^{-R_i/10}}{\sum_{j=1}^{13} 10^{-R_j/10}} \quad (C.18)$$

Bei zwei Vorsatzschalen im gleichen Ausbreitungspfad ergibt sich für die zweite Vorsatzschale:

$$\frac{\partial R'_w}{\partial \Delta R_j} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 10^{-R_i/10}}{\sum_{j=1}^{13} 10^{-R_j/10}} \quad (C.19)$$

Für Trittschallpegel ergibt sich:

$$u_{\text{rech}} = \sqrt{u_{\text{Kennw}}^2(L_{n,w,\text{eq}}) + u_{\text{Kennw}}^2(\Delta L_w) + u_{\text{Kennw}}^2(K)} \quad (C.20)$$

Für die Prognose von Schalldruckpegeln gebäudetechnischer Anlagen und von Betrieben im Gebäude sind derzeit noch keine Angaben zur Bestimmung der Unsicherheiten verfügbar.

Die erforderlichen Unsicherheitsangaben für die Rechnung können entweder selbst ermittelt werden oder als pauschale Werte C.3 entnommen werden.

C.3 Pauschalwerte für die Unsicherheitsbeiträge

Vorrangig sind die individuellen Unsicherheitswerte des betrachteten Einzelfalls zu verwenden. Liegen solche Werte nicht vor, sind die Pauschalwerte von DIN EN ISO 12999-1 zu übernehmen oder – falls nicht

zutreffend – die folgenden Werte. Diese setzen voraus, dass die schalltechnischen Kennwerte in 1/10 dB vorliegen. Bei Verwendung ganzzahliger Kennwerte ist eine systematische Verschiebung der Kennwerte um 0,5 dB (wegen der besonderen Rundungsart) sowie eine zusätzliche Rundungsunsicherheit zu berücksichtigen.

Für bewertete Schalldämm-Maße:

$$u_{\text{Lab}} = 1,2 \text{ dB}$$

$$u_{\text{BT, repro}} = 1,0 \text{ dB}$$

$$\text{bzw. daraus gebildet } u_{\text{Kennw}} = 1,9 \text{ dB}$$

$$u_{\text{Bau}} = 0,8 \text{ dB.}$$

Für bewertete Norm-Trittschallpegel betriebsfertiger Decken bzw. bewertete äquivalente Norm-Trittschallpegel von Rohdecken:

$$u_{\text{Lab}} = 1,5 \text{ dB}$$

$$u_{\text{BT, repro}} = 1,0 \text{ dB}$$

$$\text{bzw. daraus gebildet } u_{\text{Kennw}} = 2,1 \text{ dB}$$

$$u_{\text{Bau}} = 2,2 \text{ dB.}$$

Für Trittschallverbesserungsmaße von Deckenauflagen:

$$u_{\text{Lab}} = 1,0 \text{ dB}$$

$$u_{\text{BT, repro}} = 2,5 \text{ dB}$$

$$\text{bzw. daraus gebildet } u_{\text{Kennw}} = 3,7 \text{ dB}$$

$$u_{\text{Bau}} = 2,2 \text{ dB.}$$

Anhang D (informativ)

Rechenbeispiele

D.1 Allgemeines

In diesem Anhang werden Beispiele für die in dieser Norm enthaltenen Berechnungsverfahren gegeben.

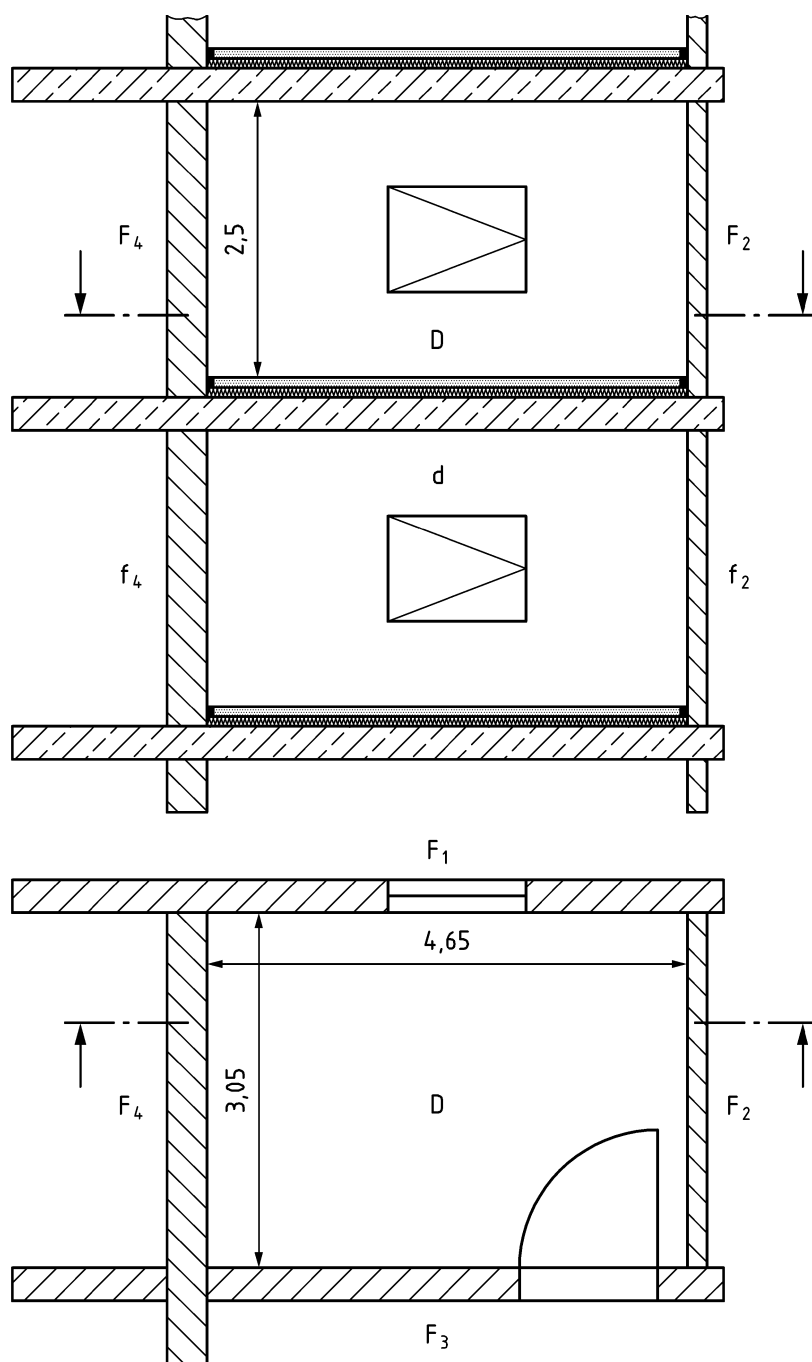
In den folgenden Rechenbeispielen wird die Vorgehensweise der anzuwendenden Verfahren anhand einzelner Berechnungsschritte dargestellt.

D.2 Luftschallübertragung

D.2.1 Massivbau

D.2.1.1 Allgemeines

Im folgenden Beispiel wird die Schalldämmung zwischen zwei unmittelbar übereinander liegenden Räumen berechnet. In Bild D.1 sind Grundriss und Schnitt der betrachteten Räume dargestellt.



Legende

D	Trennbau teil, senderaumseitig	F ₃	Flankenbauteil 3, senderaumseitig
d	Trennbau teil, empfangsraumseitig	F ₄	Flankenbauteil 4, senderaumseitig
F ₁	Flankenbauteil 1, senderaumseitig	f ₂	Flankenbauteil 2, empfangsraumseitig
F ₂	Flankenbauteil 2 senderaumseitig	f ₄	Flankenbauteil 4, empfangsraumseitig

Bild D.1 — Schnitt und Grundriss von zwei übereinanderliegenden Räumen im Massivbau (Prinzipiskizze)

D.2.1.2 Bauteilbeschreibung

a) Trennendes Bauteil:

D d Wohnungstrenndecke $S_s = 3,05 \text{ m} \times 4,65 \text{ m} = 14,18 \text{ m}^2$;

200 mm Stahlbeton mit schwimmendem Estrich:

$$m'_{\text{Rohdecke}} = 0,2 \text{ m} \times 2 \text{ 400 kg/m}^3 = 480 \text{ kg/m}^2;$$

Estrich:

$$s'_{\text{Dämmung}} = 15 \text{ MN/m}^3; m'_{\text{Estrich}} = 0,04 \text{ m} \times 2 \text{ 350 kg/m}^3 = 94 \text{ kg/m}^2;$$

Die Trenndecke bildet mit der Außenwand einen T-Stoß, mit den anderen flankierenden Bauteilen Kreuz-Stöße.

b) Flankierende Bauteile (jeweils im Sende- und Empfangsraum identisch)

— $F_1 f_1$ Außenwand

175 mm Kalksandstein raumseitig verputzt; RDK1,4 mit Dünnbettmörtel vermörtelt.

$$m' = 0,175 \text{ m} \times 1 \text{ 300 kg/m}^3 + 10 \text{ kg/m}^2 = 238 \text{ kg/m}^2, l_f = 4,65 \text{ m}$$

— $F_2 f_2$ Innenwand 1

115 mm Porenbeton beidseitig verputzt; RDK 0,6 mit Dünnbettmörtel vermörtelt.

$$m' = 0,115 \text{ m} \times 575 \text{ kg/m}^3 + 20 \text{ kg/m}^2 = 86 \text{ kg/m}^2, l_f = 3,05 \text{ m}$$

— F_3 Innenwand 2

175 mm Kalksandstein beidseitig verputzt; RDK 1,4 mit Dünnbettmörtel vermörtelt.

$$m' = 0,175 \text{ m} \times 1 \text{ 300 kg/m}^3 + 20 \text{ kg/m}^2 = 248 \text{ kg/m}^2, l_f = 4,65 \text{ m}$$

— $F_4 f_4$ Wohnungstrennwand

240 mm Kalksandstein beidseitig verputzt; RDK 2,0 mit Dünnbettmörtel vermörtelt.

$$m' = 0,240 \text{ m} \times 1 \text{ 900 kg/m}^3 + 20 \text{ kg/m}^2 = 476 \text{ kg/m}^2, l_f = 3,05 \text{ m}$$

Tabelle D.1 — Flächenbezogene Masse m' , daraus berechnetes bewertetes Schalldämm-Maß R_w und gemeinsame Kopplungslänge l_f der an der Schallübertragung beteiligten Bauteile

Bauteil	m' kg/m ²	Gleichung	R_w dB	l_f m
Trenndecke	480	$R_w = 30,9 \lg (480) - 22,2$	60,7	–
Außenwand (Flanke 1)	238	$R_w = 30,9 \lg (238) - 22,2$	51,2	4,65
Innenwand 1 (Flanke 2)	86	$R_w = 32,6 \lg (86) - 22,5$	40,6	3,05
Innenwand 2 (Flanke 3)	248	$R_w = 30,9 \lg (248) - 22,2$	51,8	4,65
Wohnungstrennwand (Flanke 4)	476	$R_w = 30,9 \lg (476) - 22,2$	60,5	3,05

Luftschallverbesserung der Vorsatzkonstruktion ΔR_w (schwimmender Estrich):

- c) Berechnung der Resonanzfrequenz f_0 nach DIN 4109-34:2016-07, Gleichung (1)

$$f_0 = 160 \sqrt{s' \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} = 160 \sqrt{15 \left(\frac{1}{480} + \frac{1}{94} \right)} = 69,9 \text{ Hz}$$

- d) Berechnung der bewerteten Luftschallverbesserung mit DIN 4109-34:2016-07, Tabelle 1, Zeile 1, Spalte 2, in:

$$\Delta R_w = (74,4 - 20 \lg(f_0)) - \frac{R_{w,GB}}{2} = 74,4 - 20 \lg(69,9) - \frac{60,7}{2} = 7,2 \text{ dB}$$

Die Berechnung der bewerteten Flankendämm-Maße $R_{ij,w}$ erfolgt nach Gleichung (10) aus den bewerteten Direktschalldämm-Maßen $R_{i,w}$ und $R_{j,w}$, dem Stoßstellendämm-Maß K_{ij} , der bewerteten Verbesserung durch Vorsatzschalen $\Delta R_{ij,w}$ und einem Korrekturterm $10 \lg(S_s/(l_0 \cdot l_f))$ aus gemeinsamer Kopplungslänge l_f und Trennfläche S_s .

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

Tabelle D.2 — Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes $R_{Dd,w}$ für die Direktübertragung und der bewerteten Flankendämm-Maße $R_{ij,w}$ mit den entsprechenden Eingangsdaten

Bauteil	Übertragungs- weg	$\frac{R_{i,w}}{2}$ dB	$\frac{R_{j,w}}{2}$ dB	K_{ij} dB	$10 \lg \frac{S_s}{l_0 \cdot l_f}$ dB	$\Delta R_{ij,w}$ dB	$R_{ij,w}$ dB
Trenn- decke	$R_{Dd,w}$	30,4	30,4	–	–	7,2	67,9
	$R_{1d,w}$	25,6	30,4	5,2	4,8	0,0	66,0
	$R_{2d,w}$	20,3	30,4	14,3	6,7	0,0	71,6
	$R_{3d,w}$	25,9	30,4	7,0	4,8	0,0	68,1
	$R_{4d,w}$	30,3	30,4	5,7	6,7	0,0	73,0
Flanke 1	$R_{D1,w}$	30,4	25,6	5,2	4,8	7,2	73,2
	$R_{11,w}$	25,6	25,6	10,1	4,8	0,0	66,1
Flanke 2	$R_{D2,w}$	30,4	20,3	14,3	6,7	7,2	78,8
	$R_{22,w}$	20,3	20,3	17,8	6,7	0,0	65,1
Flanke 3	$R_{D3,w}$	30,4	25,9	7,0	4,8	7,2	75,3
	$R_{33,w}$	25,9	25,9	12,8	4,8	0,0	69,4
Flanke 4	$R_{D4,w}$	30,4	30,3	5,7	6,7	7,2	80,2
	$R_{44,w}$	30,3	30,3	8,8	6,7	0,0	76,0

D.2.1.3 Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes

Das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w wird nach Gleichung (1) berechnet, indem die Werte der letzten Spalte von Tabelle D.2 energetisch addiert werden.

Das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w zwischen den Räumen ergibt sich zu $R'_w = 58,3$ dB.

Unter Berücksichtigung des Sicherheitsbeiwertes (vereinfachte Ermittlung nach 5.3.3, Abzug von 2 dB) kann das Ergebnis nach Gleichung (49)

$$R'_w - 2 \text{ dB} \geq \text{erf. } R'_w \text{ (dB)}$$

mit dem Anforderungswert aus DIN 4109-1 von $\text{erf. } R'_w \geq 53$ dB verglichen werden. Es gilt

$$(58,3 - 2) \text{ dB} = 56,3 \text{ dB} > 53 \text{ dB},$$

so dass die Anforderung erfüllt wird.

ANMERKUNG Falls zur Beurteilung des Schallschutzes die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ berechnet werden soll, geschieht das mit Hilfe von Gleichung (B.1).

$$D_{nT,w} = R'_w + 10 \lg \left(\frac{0,32 V_E}{S_s} \right) \text{ (dB)}$$

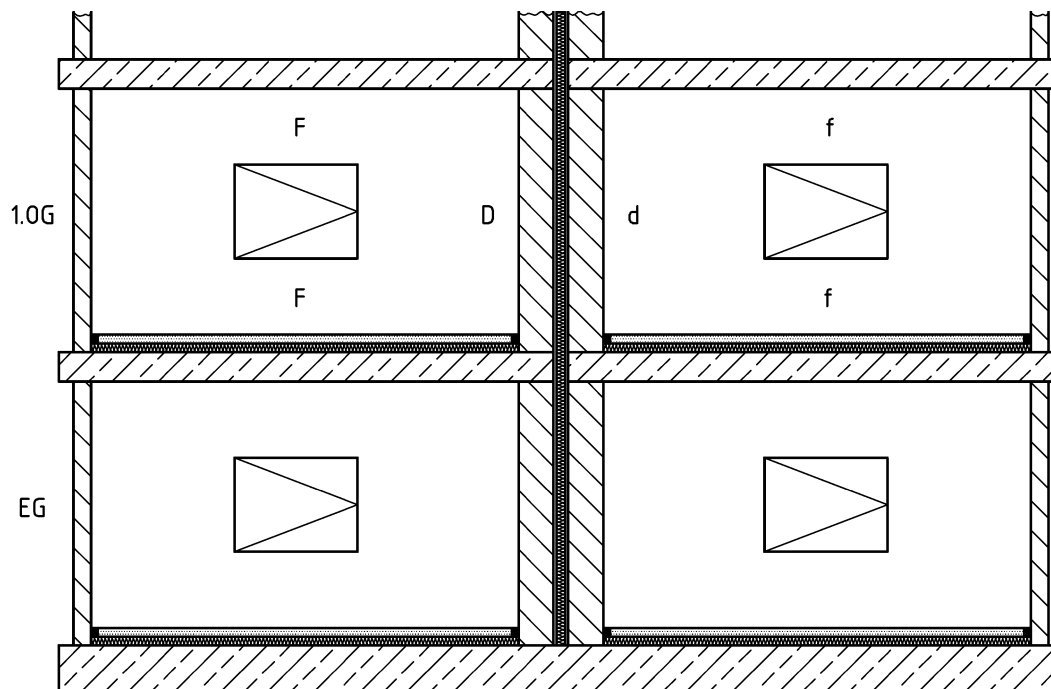
Es ergibt sich bei einer Raumhöhe von 2,5 m $D_{nT,w} = 58,3 \text{ dB} + 10 \lg (0,32 \times 2,5) \text{ dB} = 57,3 \text{ dB}$. Dieser Wert kann dann unter Berücksichtigung des Sicherheitsbeiwertes (vereinfachte Ermittlung nach B.5, Abzug von 2 dB) nach Gleichung (B.9) mit dem vereinbarten Anforderungswert $\text{erf. } D_{nT,w}$ verglichen werden. Es muss gelten:

$$D_{nT,w} - 2 \text{ dB} \geq \text{erf. } D_{nT,w}$$

D.2.2 Massive Doppel- und Reihenhäuser

D.2.2.1 Allgemeines

Im folgenden Beispiel wird die Schalldämmung zwischen zwei durch eine zweischalige Haustrennwand getrennte Räume sowohl im EG als auch im 1. OG berechnet. In Bild D.2 ist ein Schnitt der betrachteten Räume für das EG und das 1. OG dargestellt. Die Abmessungen der Räume sind identisch und betragen: $L = 4,05$ m, $B = 3,65$ m, $H = 2,5$ m.



Legende

EG	Erdgeschoss
1. OG	1. Obergeschoss
D	Trennbauteil, senderaumseitig
F	Flankenbauteil, senderaumseitig
d	Trennbauteil, empfangsraumseitig
f	Flankenbauteil, empfangsraumseitig

Bild D.2 — Schnitt einer zweischaligen Haustrennwand mit den angrenzenden Räumen (Prinzipiskizze für die Schallübertragung im 1. OG)

D.2.2.2 Bauteilbeschreibung

a) Trennendes Bauteil:

D d zweischalige Haustrennwand

175 mm HLz RDK 1,4, raumseitig verputzt

40 mm Fuge vollflächig mit Mineralfaserdämmplatten, Anwendungstyp WTH, verfüllt

175 mm HLz RDK 1,4, raumseitig verputzt

$$m'_{\text{Einzelschale}} = 0,175 \text{ m} \times 1\,300 \text{ kg/m}^3 + 10 \text{ kg/m}^2 = 238 \text{ kg/m}^2;$$

nach Gleichung (19):

$$R_{w,1} = 28 \lg (2 \times 238) - 18 \text{ dB} = 56,9 \text{ dB}$$

b) Flankierende Bauteile (im Sende- und Empfangsraum identisch)

— F₁ f₁ Außenwand

365 mm HLz verputzt; RDK 0,8 mit Dünnbettmörtel vermörtelt:

$$m' = 0,365 \text{ m} \times 775 \text{ kg/m}^3 + 30 \text{ kg/m}^2 = 313 \text{ kg/m}^2;$$

- $F_2 f_2$ Decke
200 mm Stahlbeton:
 $m'_{\text{Rohdecke}} = 0,2 \text{ m} \times 2 \text{ 400 kg/m}^3 = 480 \text{ kg/m}^2$;
- $F_3 f_3$ Innenwand 2
115 mm HLz beidseitig verputzt; RDK 0,8 mit Dünnbettmörtel vermörtelt:
 $m' = 0,115 \text{ m} \times 750 \text{ kg/m}^3 + 20 \text{ kg/m}^2 = 106 \text{ kg/m}^2$;
- $F_4 f_4$ (1. OG) Fußboden
200 mm Stahlbeton mit schwimmendem Estrich:
 $m'_{\text{Rohdecke}} = 0,2 \text{ m} \times 2 \text{ 400 kg/m}^3 = 480 \text{ kg/m}^2$;
- $F_4 f_4$ (EG) Fußboden
300 mm Bodenplatte Stahlbeton mit schwimmendem Estrich:
 $m'_{\text{Bodenplatte}} = 0,3 \text{ m} \times 2 \text{ 400 kg/m}^3 = 720 \text{ kg/m}^2$.

D.2.2.3 Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes

Mittlere flächenbezogene Masse der nicht verkleideten massiven Bauteile:

$$m'_{f,m} = \frac{1}{3} (313 + 106 + 480) \text{ kg/m}^2 = 300 \text{ kg/m}^2$$

Da $m'_{f,m} > m'_{tr,1}$ ergibt sich für den Korrekturwert K für die flankierende Übertragung der die Haustrennwand begrenzenden Wände und Decken ein Wert von $K = 0 \text{ dB}$.

Für die **Übertragung im 1. OG** ergibt sich nach Tabelle 1, Zeile 1, ein Zuschlag von $\Delta R_{w,Tr} = 12 \text{ dB}$.

$$R'_{w,2} = R'_{w,1} + \Delta R_{w,Tr} + K = 56,9 \text{ dB} + 12 \text{ dB} + 0 \text{ dB} = 68,9 \text{ dB}$$

Unter Berücksichtigung des Sicherheitsbeiwertes (vereinfachte Ermittlung nach 5.3.3, Abzug von 2 dB) kann das Ergebnis nach Gleichung (49)

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

mit dem Anforderungswert aus DIN 4109-1 verglichen werden. Da es sich im 1. OG um eine Haustrennwand zu Aufenthaltsräumen, unter denen mindestens ein Geschoss vorhanden ist, handelt, gelten die Anforderungen nach DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 3, Zeile 5 mit erf. $R'_w \geq 62 \text{ dB}$. Es ergibt sich somit

$$(68,9 - 2) \text{ dB} = 66,9 \text{ dB} > 62 \text{ dB},$$

so dass die Anforderung erfüllt wird.

ANMERKUNG 1 Falls zur Beurteilung des Schallschutzes die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ berechnet werden soll, geschieht das mit Hilfe von Gleichung (B.1). Damit ergibt sich bei einer Trennfläche von $S = 10,1 \text{ m}^2$ und einem Empfangsraumvolumen von $V_E = 37,0 \text{ m}^3$

$$D_{nT,w} = R'_{w,2} + 10 \lg \left(\frac{0,32 V_E}{S} \right) = 68,9 \text{ dB} + 0,7 \text{ dB} = 69,6 \text{ dB}$$

Dieser Wert kann dann unter Berücksichtigung des Sicherheitsbeiwertes (vereinfachte Ermittlung nach B.5, Abzug von 2 dB) mit dem vereinbarten Anforderungswert erf. $D_{nT,w}$ verglichen werden. Dafür gilt der Zusammenhang in Gleichung (B.9).

Für die **Übertragung im EG** ergibt sich nach Tabelle 1, Zeile 6 ein Zuschlag von $\Delta R_{w,Tr} = 6$ dB. Damit ergibt sich

$$R'_{w,2} = R'_{w,1} + \Delta R_{w,Tr} + K = 56,9 \text{ dB} + 6 \text{ dB} + 0 \text{ dB} = 62,9 \text{ dB}$$

Da es sich im EG um eine Haustrennwand zu Aufenthaltsräumen im untersten Geschoss handelt, gelten die Anforderungen nach DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 3, Zeile 4 mit erf. $R'_w \geq 59$ dB. Es ergibt sich somit

$$(62,9 - 2) \text{ dB} = 60,9 \text{ dB} > 59 \text{ dB}$$

so dass auch hier die Anforderung erfüllt wird.

ANMERKUNG 2 Für die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz ergibt sich in diesem Fall bei einer Raumtiefe von 3,65 m.

$$D_{nT,w} = R'_{w,2} + 10 \lg(0,32 \times 3,65) = 62,9 \text{ dB} + 0,7 \text{ dB} = 63,6 \text{ dB}.$$

ANMERKUNG 3 Im Dachgeschoss ist durch eine geeignete Detailausführung des Dachanschlusses an die zweischalige Haustrennwand eine ausreichende Flankendämmung des Daches sicherzustellen.

D.2.3 Leichtbau/Holzbau

Im nachfolgenden Beispiel wird die Schalldämmung zwischen zwei unmittelbar übereinander liegenden Räumen berechnet. Für eine Wohnungstrenndecke in einem Gebäude in Holzbauweise liegt die in Bild D.3 beschriebene Situation vor:

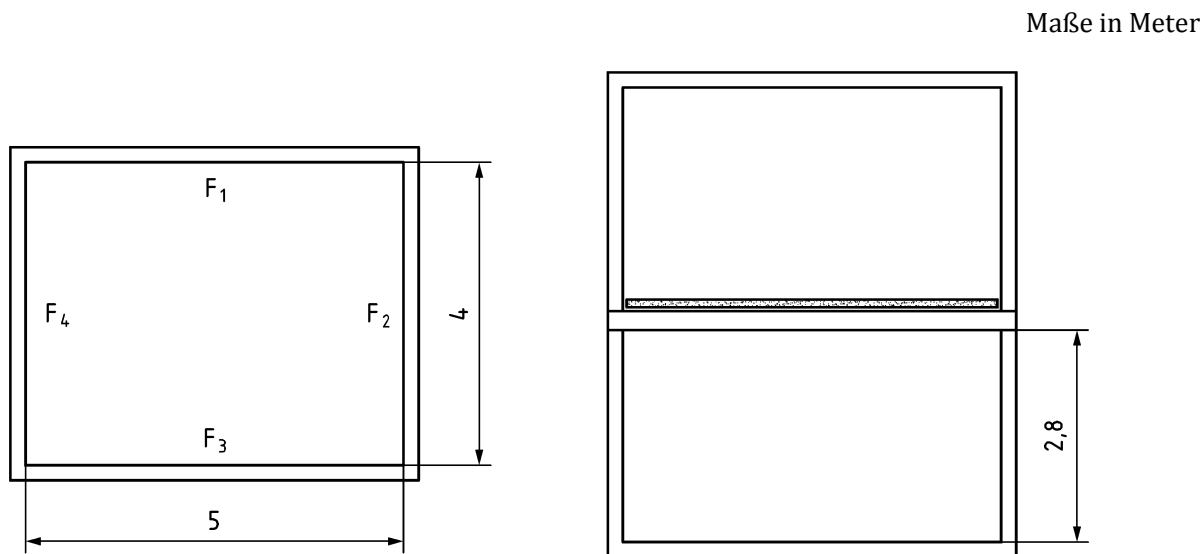


Bild D.3 — Grundriss (links) und Schnitt (rechts) zweier übereinanderliegender Räume im Holzbau (Prinzipskizze)

Die Deckenkonstruktion wird durch Bild D.4 beschrieben.

Legende

- 1 50 mm Zementestrich
- 2 15 mm Mineralwollgedämmplatte, ($s' = 10 \text{ MN/m}^3$)
- 3 30 mm Schüttung ($m' = 45 \text{ kg/m}^2$), Rieselschutz
- 4 22 mm Spanplatte, geschraubt
- 5 220 mm Balken o. Stegträger
- 6 100 mm Hohlraumdämmung
- 7 27 mm Federschiene
- 8 12,5 mm Gipsplatte

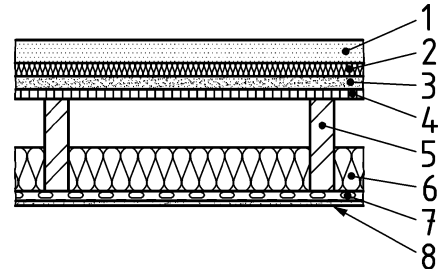


Bild D.4 — Deckenkonstruktion der Wohnungstrenndecke

Die flankierenden Wände sind Holzständerwände mit raumseitiger Beplankung aus Holzwerkstoffplatten und Gipsplatten GKB, mechanisch verbunden.

Für die Berechnung der Luftschalldämmung ergibt sich nach DIN 4109-33:2016-07, Tabelle 21, Zeile 3:

Bewertetes Schalldämm-Maß der Decke (ohne Flankenübertragung): $R_w = 68 \text{ dB}$.

Für die bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz gilt nach DIN 4109-33:2016-07, 5.1.3.2, bei vertikaler Übertragung:

$$D_{n,f,w} = 67 \text{ dB.}$$

Damit ergibt sich nach 4.2.4, Gleichung (23) für die bewerteten Flankendämm-Maße $R_{Ff,w}$ mit $l_0 = 4,5 \text{ m}$:

$$\text{Wand 1 und 2: } R_{Ff,w} = 67 \text{ dB} + 10 \lg(4,5/5) + 10 \lg(20/10) = 69,6 \text{ dB;}$$

$$\text{Wand 3 und 4: } R_{Ff,w} = 67 \text{ dB} + 10 \lg(4,5/4) + 10 \lg(20/10) = 70,5 \text{ dB.}$$

Für das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w folgt nach 4.2.4, Gleichung (22):

$$R'_w = -10 \lg(10^{-6,8} + 10^{-6,96} + 10^{-7,05} + 10^{-6,96} + 10^{-7,05}) = 62,5 \text{ dB}$$

Unter Berücksichtigung des Sicherheitsbeiwertes (vereinfachte Ermittlung nach 5.3.3, Abzug von 2 dB) kann das Ergebnis nach Gleichung (49):

$$R'_w - 2 \text{ dB} \geq \text{erf. } R'_w \text{ (dB)}$$

mit dem Anforderungswert aus DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 2, Zeile 2, von erf. $R'_w \geq 54 \text{ dB}$ verglichen werden. Es gilt

$$(62,5 - 2) \text{ dB} = 60,5 \text{ dB} > 54 \text{ dB,}$$

so dass die Anforderung an die Luftschalldämmung einer Wohnungstrenndecke erfüllt wird.

ANMERKUNG 1 Falls zur Beurteilung des Schallschutzes die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ berechnet werden soll, geschieht das mit Hilfe von Gleichung (B.1). Damit ergibt sich bei einer Raumhöhe von 2,8 m

$$D_{nT,w} = R'_w + 10 \lg(0,32 \times 2,8) = 62,5 \text{ dB} - 0,5 \text{ dB} = 62,0 \text{ dB}$$

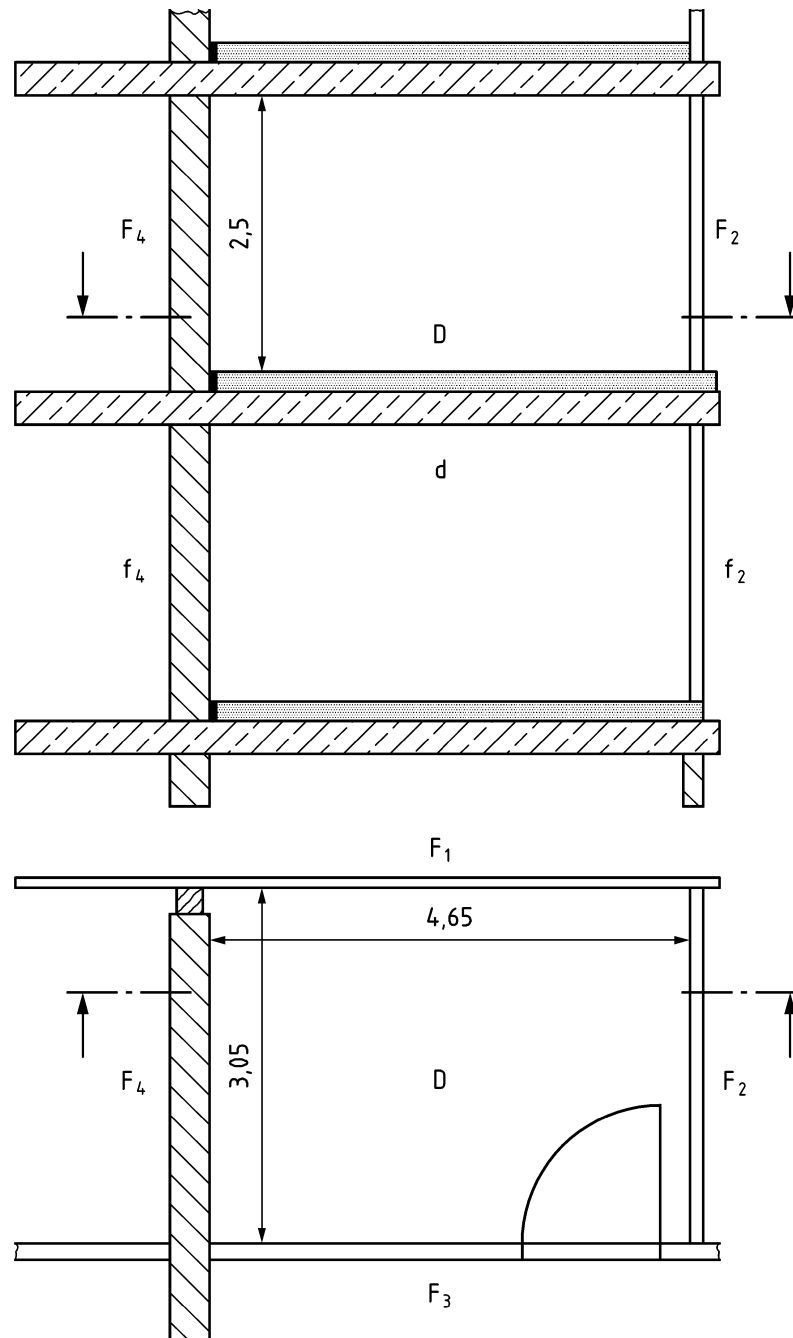
Dieser Wert kann dann unter Berücksichtigung des Sicherheitsbeiwertes (vereinfachte Ermittlung nach B.5, Abzug von 2 dB) mit dem vereinbarten Anforderungswert $\text{erf. } D_{nT,w}$ verglichen werden. Dafür gilt der Zusammenhang in Gleichung (B.9).

D.2.4 Skelettbau/Mischbauweisen

D.2.4.1 Allgemeines

Im folgenden Beispiel wird die Schalldämmung zwischen zwei unmittelbar übereinander liegenden Büroräumen berechnet. Bei dem Gebäude in Skelettbauweise sind die Decke als massive Stahlbetondecke, die Innenwände in Gipsplattenständerbauweise und die Fassade als vorgehängte Glasfassade ausgeführt. Der Grundriss und Schnitt der betrachteten Räume entsprechen Bild D.5, wobei eine flankierende Treppenhausewand als massive Stahlbetonwand ausgeführt ist. Die Bauteilaufbauten sind nachfolgend beschrieben.

Maße in Meter



Legende

D	Trennbauteil, senderaumseitig	F ₃	Flankenbauteil 3, senderaumseitig
d	Trennbauteil, empfangsraumseitig	F ₄	Flankenbauteil 4, senderaumseitig
F ₁	Flankenbauteil 1, senderaumseitig	f ₂	Flankenbauteil 2, empfangsraumseitig
F ₂	Flankenbauteil 2, senderaumseitig	f ₄	Flankenbauteil 4, empfangsraumseitig

Bild D.5 — Schnitt und Grundriss von zwei übereinanderliegenden Räumen im Skelettbau (Prinzipskizze)

D.2.4.2 Bauteilbeschreibung

a) Trennendes Bauteil

D d Stahlbetontrenndecke; $S_s = 3,05 \text{ m} \times 4,65 \text{ m} = 14,18 \text{ m}^2$; 240 mm Stahlbeton Verbundestrich

$$m'_{\text{Rohdecke}} = 0,24 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 + 0,04 \text{ m} \times 2350 \text{ kg/m}^3 = 670 \text{ kg/m}^2;$$

bewertetes Schalldämm-Maß nach DIN 4109-32:2016-07, 4.1.4.2.2, Gleichung (13):

$$R_w = 30,9 \lg(670) - 22,2 \text{ dB} = 65,1 \text{ dB}.$$

Die Trenndecke bildet mit einer Treppenhauswand einen T-Stoß, die Glasfassade läuft vor der Decke durch, und die Gipskartonständerwände stehen übereinander auf dem Verbundestrich.

b) Flankierende Bauteile (im Sende- und Empfangsraum identisch)

— $F_1 f_1$ Außenwand

Glasfassade mit einer bewerteten Norm-Flankenschallpegeldifferenz von $D_{n,f,w} = 58 \text{ dB}$ entsprechend Prüfbericht des Herstellers, gemessen bei $l_{\text{lab}} = 4,5 \text{ m}$;

— $F_2 f_2$ Innenwand

100 mm Metallständerwand, doppelt beplankt mit 12,5 mm dicken Gipsplatten, Typ CW 50 $\times$ 0,6 mit 40 mm Faserdämmstoff im Hohlraum mit einer bewerteten Flankenpegeldifferenz von $D_{n,f,w} = 76 \text{ dB}$, entsprechend DIN 4109-33:2016-07, 5.1.2.2, bei $l_{\text{lab}} = 4,5 \text{ m}$;

— F_3 Flurwand wie Innenwand;

— $F_4 f_4$ Treppenhauswand 200 mm Stahlbeton (Sichtbeton);

nach DIN 4109-32:2016-07, 4.1.4.1.1, Gleichung (3):

$$m' = 0,20 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 480 \text{ kg/m}^2;$$

bewertetes Schalldämm-Maß nach DIN 4109-32:2016-07, 4.1.4.2.2, Gleichung (13):

$$R_w = 30,9 \lg(480) - 22,2 \text{ dB} = 60,7 \text{ dB}.$$

Im Skelettbau wird die Schallübertragung über die massiven Bauteile entsprechend dem Massivbau nach 4.2.2.2, Gleichung (10) berechnet:

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

Es ergibt sich $\Delta R_{ij,w} = 0 \text{ dB}$, da keine Vorsatzschale vor dem massivem Bauteil vorhanden ist.

Für K_{ij} erfolgt die Berechnung (nach DIN 4109-32:2016-07, 5.2.4.1.4) für einen T-Stoß aus dem Verhältnis der flächenbezogenen Massen des Trennbauteils (Decke $m_{\perp} = 670 \text{ kg/m}^2$) und des Flankenbauteils (Treppenhauswand $m_i = 480 \text{ kg/m}^2$) mit $M = \lg(670/480) = 0,145$. Daraus ergeben sich dann die Stoßstellendämm-Maße zu

$$K_{Fd} = K_{Df} = 4,7 + 5,7 M^2 = 4,8 \text{ dB und}$$

$$K_{Ff} = 5,7 + 14,1 M + 5,7 M^2 = 7,9 \text{ dB.}$$

Die gemeinsame Kopplungslänge zwischen Trenndecke und Flanke 1 (Flurwand) beträgt $l_{f1} = 3,05 \text{ m}$.

Die Schallübertragung über die Leichtbauteile wird entsprechend den Vorgaben für den Leichtbau nach 4.2.4, Gleichung (23), berechnet:

$$R_{Ff,w} = D_{n,f,w} + 10 \lg \frac{l_{lab}}{l_f} + 10 \lg \frac{S_s}{A_0}$$

Tabelle D.3 — Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes $R_{Dd,w}$ für die Direktübertragung und der bewerteten Flankendämm-Maße $R_{ij,w}$ für die Übertragung über die Massivbauteile (oben Treppenwand) und für die Übertragung über die Leichtbauteile (unten) mit den entsprechenden Eingangsdaten

Bauteil	Übertragungs-weg	$\frac{R_{i,w}}{2}$ dB	$\frac{R_{j,w}}{2}$ dB	K_{ij} dB	$10 \lg \frac{S_s}{l_0 l_f}$ dB	$\Delta R_{ij,w}$ dB	$R_{ij,w}$ dB
Decke	$R_{Dd,w}$	65,1/2	65,1/2	—	—	0,0	65,1
Treppenwand	$R_{D4,w}$	65,1/2	60,7/2	4,8	6,7	0,0	74,4
Treppenwand	$R_{4d,w}$	60,7/2	65,1/2	4,8	6,7	0,0	74,4
Treppenwand	$R_{44,w}$	60,7/2	60,7/2	7,9	6,7	0,0	75,3
		$D_{n,f,w}$ dB		$10 \lg \frac{S_s}{A_0}$ dB	$10 \lg \frac{4,5}{l_f}$ dB		$R_{Ff,w}$ dB
Außenwand	$R_{11,w}$	58		1,5	-0,1		59,4
Innenwand	$R_{22,w}$	76		1,5	1,7		79,2
Flurwand	$R_{33,w}$	76		1,5	-0,1		77,4

D.2.4.3 Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes

Das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w wird nach Gleichung (1) berechnet, indem die Werte der letzten Spalte von Tabelle D.3 energetisch addiert werden.

$$R'_w = -10 \lg [10^{-65,1/10} + 10^{-74,4/10} + 10^{-74,4/10} + 10^{-75,3/10} + 10^{-59,4/10} + 10^{-79,2/10} + 10^{-77,4/10}] = 58,0 \text{ dB}$$

Das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w der Wohnungstrenndecke ergibt sich zu $R'_w = 58,0 \text{ dB}$.

Unter Berücksichtigung des Sicherheitsbeiwertes (vereinfachte Ermittlung nach 5.3.3, Abzug von 2 dB) kann das Ergebnis nach Gleichung (49)

$$R'_w - 2 \text{ dB} \geq \text{erf. } R'_w, (\text{dB})$$

mit dem Anforderungswert aus DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 2, Zeile 2, Spalte 3, erf. $R'_w \geq 54$ dB verglichen werden. Es gilt

$$(58,0 - 2) \text{ dB} = 56,0 \text{ dB} > 54 \text{ dB},$$

so dass die Anforderung erfüllt wird.

ANMERKUNG Falls zur Beurteilung des Schallschutzes die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ berechnet werden soll, geschieht das mit Hilfe von Gleichung (B.1). Damit ergibt sich bei einer Raumhöhe von 2,5 m

$$D_{nT,w} = 58,0 \text{ dB} + 10 \lg(0,32 \times 2,5) \text{ dB} = 57,0 \text{ dB}.$$

Dieser Wert kann dann unter Berücksichtigung des Sicherheitsbeiwertes (vereinfachte Ermittlung nach B.5, Abzug von 2 dB) mit dem vereinbarten Anforderungswert erf. $D_{nT,w}$ verglichen werden. Dafür gilt der Zusammenhang in Gleichung (B.9).

D.3 Trittschallübertragung

D.3.1 Massive Decken

Im folgenden Beispiel wird die Trittschalldämmung in einen unmittelbar darunterliegenden Raum berechnet. Die Bauteilbeschreibung und die Abmessungen des Empfangsraumes entsprechen dem Empfangsraum in Bild D.1, wobei die Anregung auf der Stahlbetondecke mit dem schwimmenden Estrich erfolgt.

- Berechnung von $L_{n,eq,0,w}$ aus der flächenbezogenen Masse der Massivdecke mit Gleichung (21) aus DIN 4109-32:2016-07:

$$L_{n,eq,0,w} = 164 - 35 \lg(480) = 70,2 \text{ dB}$$

- Berechnung der bewerteten Trittschallminderung ΔL_w durch eine Deckenauflage (schwimmender Estrich mit $s'_{\text{Dämmung}} = 15 \text{ MN/m}^3$; $m'_{\text{Estrich}} = 94 \text{ kg/m}^2$) mit Gleichung (3) aus DIN 4109-34:2016-07:

$$\Delta L_w = 13 \lg(94) - 14,2 \lg(15) + 20,8 = 29,8 \text{ dB}$$

- Berechnung des Korrekturwertes K für die flankierende Übertragung aus der mittleren flächenbezogenen Masse der flankierenden Bauteile mit Gleichung (26):

$$m'_{\text{mittel}} = \frac{1}{4}(238 + 86 + 248 + 476) \text{ kg/m}^2 = 262 \text{ kg/m}^2$$

$$K = 0,6 + 5,5 \lg\left(\frac{480}{262}\right) = 2,0 \text{ dB}$$

- Berechnung des resultierenden bewerteten Norm-Trittschallpegels nach Gleichung (25):

$$L'_{n,w} = (70,2 - 29,8 + 2) \text{ dB} = 42,4 \text{ dB}$$

Unter Berücksichtigung des Sicherheitsbeiwertes (vereinfachte Ermittlung nach 5.3.3, Zuschlag von 3 dB) kann das Ergebnis nach Gleichung (54)

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

mit der Anforderung an die Trittschalldämmung von Wohnungstrenndecken in Mehrfamilienhäusern und gemischt genutzten Gebäuden von DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 2, Zeile 2, Spalte 4, zul. $L'_{n,w} \leq 50$ dB, verglichen werden. Es gilt

$$(42,4 + 3)\text{dB} = 45,4 \text{ dB} < 50 \text{ dB},$$

so dass die Anforderung erfüllt wird.

ANMERKUNG Falls zur Beurteilung des Schallschutzes der bewertete Standard-Trittschallschallpegel $L'_{nT,w}$ berechnet werden soll, geschieht das mit Hilfe der folgenden Gleichung (B.3):

$$L'_{nT,w} = L'_{n,w} - 10 \lg(0,032 V_E) \text{ (dB)}.$$

Damit ergibt sich:

$$L'_{nT,w} = 42,4 \text{ dB} - 10 \lg(0,032 V_E) \text{ dB} = 41,9 \text{ dB}.$$

Dieser Wert kann dann unter Berücksichtigung des Sicherheitsbeiwertes (vereinfachte Ermittlung nach B.5, Zuschlag von 3 dB) mit dem vereinbarten Anforderungswert erf. $L_{nT,w}$ verglichen werden. Dafür gilt der Zusammenhang in Gleichung (B.10).

$$L'_{nT,w} + 3 \text{ dB} \leq \text{zul. } L'_{nT,w} \text{ (dB)}.$$

D.3.2 Massive Treppen

D.3.2.1 Allgemeines

Der Trittschallschutz massiver Treppen wird anhand der Ausführungsbeispiele in DIN 4109-32:2016-07, 4.9.4, und den Festlegungen nach 4.3.2.3 nachgewiesen.

D.3.2.2 Fall 1

Ein massives Treppenpodest (Stahlbeton, $d \geq 120$ mm) ist fest mit einer einschaligen massiven Treppenraumwand ($m' \geq 470$ kg/m²) verbunden. Auf dem Podest ist ein schwimmender Estrich mit einer bewerteten Trittschallminderung $\Delta L_w = 26$ dB aufgebracht. An die Treppenraumwand grenzt ein schutzbedürftiger Raum mit einem Volumen von 40 m³ an.

Treppenpodest nach DIN 4109-32:2016-07, Tabelle 6, Zeile 1, Spalte 2,

$$L_{n,eq,0,w} = 63 \text{ dB},$$

mit schwimmendem Estrich

$$\Delta L_w = 26 \text{ dB},$$

ergibt mit Gleichung (30)

$$L'_{n,w} = 63 \text{ dB} - 26 \text{ dB} = 37 \text{ dB}.$$

Unter Berücksichtigung des Sicherheitsbeiwertes (vereinfachte Ermittlung nach 5.3.3, Zuschlag von 3 dB) kann das Ergebnis nach Gleichung (54)

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

mit der Anforderung an die Trittschalldämmung in Mehrfamilienhäusern und gemischt genutzten Gebäuden von DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 2, Zeile 12, Spalte 4, zul. $L'_{n,w} \leq 53$ dB, verglichen werden. Es gilt

$$(37 + 3) \text{ dB} = 40 \text{ dB} < 53 \text{ dB},$$

so dass die Anforderung erfüllt wird.

ANMERKUNG Falls zur Beurteilung des Schallschutzes der bewertete Standard-Trittschallschallpegel $L_{nT,w}$ berechnet werden soll, ergibt sich dafür mit Gleichung (B.3):

$$L'_{nT,w} = 37 \text{ dB} - 10 \lg(0,032 \times 40) \text{ dB} = 35,9 \text{ dB}.$$

Dieser Wert kann dann unter Berücksichtigung des Sicherheitsbeiwertes (vereinfachte Ermittlung nach B.5, Zuschlag von 3 dB) mit dem vereinbarten Anforderungswert zul. $L_{nT,w}$ verglichen werden. Dafür gilt der Zusammenhang in Gleichung (B.10).

D.3.2.3 Fall 2

Ein massiver Treppenlauf (Stahlbeton, $d \geq 120$ mm) ist von der einschaligen massiven Treppenraumwand abgesetzt. Für den Lauf sind weder trittschallmindernde Maßnahmen (trittschalldämmender Gehbelag oder schwimmender Estrich) noch eine Entkoppelung vorgesehen. An die Treppenraumwand grenzt ein schutzbedürftiger Raum mit einem Volumen von 30 m^3 an.

Treppenlauf nach DIN 4109-32:2016-07, Tabelle 6, Zeile 3, Spalte 3:

$$L'_{n,w} = 64 \text{ dB}.$$

Unter Berücksichtigung des Sicherheitsbeiwertes (vereinfachte Ermittlung nach 5.3.3, Zuschlag von 3 dB) kann das Ergebnis wie in Fall 1 mit der Anforderung an die Trittschalldämmung aus DIN 4109-1 verglichen werden. Es gilt

$$(64 + 3) \text{ dB} = 67 \text{ dB} > 53 \text{ dB},$$

so dass die Anforderung an die Trittschalldämmung in Mehrfamilienhäusern und gemischt genutzten Gebäuden nach DIN 4109-1:2016-07, Tabelle 2, Zeile 12, nicht erfüllt wird.

ANMERKUNG 1 Zur Einhaltung der Anforderungen können elastisch gelagerte Treppenläufe oder starr mit elastisch gelagerten Podesten verbundene Läufe nach DIN 4109-32:2016-07, 4.9.4 vorgesehen werden.

ANMERKUNG 2 Falls zur Beurteilung des Schallschutzes der bewertete Standard-Trittschallschallpegel $L_{nT,w}$ berechnet werden soll, ergibt sich dafür mit Gleichung (B.3):

$$L'_{nT,w} = 64 \text{ dB} - 10 \lg(0,032 \times 30) \text{ dB} = 64,2 \text{ dB}.$$

Dieser Wert kann dann unter Berücksichtigung des Sicherheitsbeiwertes (vereinfachte Ermittlung nach B.5, Zuschlag von 3 dB) mit dem vereinbarten Anforderungswert zul. $L'_{nT,w}$ verglichen werden. Dafür gilt der Zusammenhang in Gleichung (B.10).

D.3.3 Decke in Holzbauweise

Das folgende Beispiel behandelt die Trittschalldämmung einer Wohnungstrenndecke in Holzbauweise. Betrachtet wird die Übertragung in den unmittelbar darunterliegenden Raum. Die Übertragungssituation, die Bauteilbeschreibung und die Abmessungen des Empfangsraumes entsprechen der Beschreibung in D.2.3.

Für die Berechnung der Trittschalldämmung ergibt sich nach DIN 4109-33:2016-07, Tabelle 21, Zeile 3:

Bewerteter Norm-Trittschallpegel (ohne Flankenübertragung): $L_{n,w} = 36 \text{ dB}$.

Für die weitere Berechnung werden nach 4.3.3.1.1, Gleichung (31), die Korrekturwerte K_1 und K_2 benötigt. Nach Tabelle 3 ergibt sich, wie in Bild D.6 dargestellt, $K_1 = 3 \text{ dB}$.

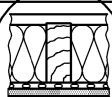
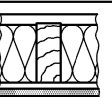
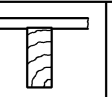
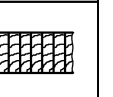
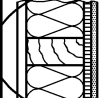
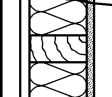
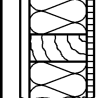
1		2				
Wandaufbau im Empfangsraum		Deckenaufbau				
						
		2 × GK an FS	1 × GK an FS	GK-Lattung oder direkt	offene HBD	BSD oder HKD
	Wand-bekleidung GK + HW	$K_1 = 6 \text{ dB}$	$K_1 = 3 \text{ dB}$	$K_1 = 1 \text{ dB}$		
	GF	$K_1 = 7 \text{ dB}$	$K_1 = 4 \text{ dB}$	$K_1 = 1 \text{ dB}$		
	HW	$K_1 = 9 \text{ dB}$	$K_1 = 5 \text{ dB}$	$K_1 = 4 \text{ dB}$		
	Holz- oder HW-Element					

Bild D.6 — Ermittlung des Korrekturwertes K_1 anhand der Tabelle 3

Eine Zwischenrechnung führt zu $L_{n,w} + K_1 = 36 + 3 = 39 \text{ dB}$ (Eingangswert für K_2).

Für den Korrekturwert K_2 ergibt sich damit nach Tabelle 4, wie in Bild D.7 gezeigt wird, $K_2 = 4 \text{ dB}$.

Wandaufbau im Sende- und Empfangsraum	Estrichaufbau	Trittschallübertragung auf dem Weg Dd + Df: $L_{n,w} + K_1$ in dB																				$L_{n,DFf,w}$ dB	
		35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		>55
 GKB + HWS  GF	a)	10	9	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	44
	b)	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	40
	c)	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	38
 HWS  Holz- oder HWS-Element	a)	11	10	10	9	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	46
	b)	10	10	9	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	45
	c)	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	42

Bild D.7 — Ermittlung des Korrekturwertes K_2 anhand der Tabelle 4

Damit ergibt sich mit Gleichung (31):

$$L'_{n,w} = (36 + 3 + 4) \text{ dB} = 43 \text{ dB}.$$

Unter Berücksichtigung des Sicherheitsbeiwertes (vereinfachte Ermittlung nach 5.3.3, Zuschlag von 3 dB) kann das Ergebnis nach Gleichung (54)

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

mit der Anforderung an die Trittschalldämmung von Wohnungstrenndecken in Mehrfamilienhäusern und gemischt genutzten Gebäuden aus DIN 4109-1:2018-01 (Tabelle 2, Zeile 2, Spalte 4), $\text{zul. } L'_{n,w} \leq 50 \text{ dB}$, verglichen werden. Es gilt

$$(43 + 3) \text{ dB} = 46 \text{ dB} < 50 \text{ dB},$$

so dass die Anforderung erfüllt wird.

ANMERKUNG Falls zur Beurteilung des Schallschutzes der bewertete Standard-Trittschallschallpegel $L_{nT,w}$ berechnet werden soll, geschieht das mit Hilfe der Gleichung (B.3):

$$L'_{nT,w} = 43 - 10 \lg(0,032 \times 56) \text{ dB} = 40,5 \text{ dB}.$$

Dieser Wert kann dann unter Berücksichtigung des Sicherheitsbeiwertes (vereinfachte Ermittlung nach B.5, Zuschlag von 3 dB) mit dem vereinbarten Anforderungswert $\text{erf. } L'_{nT,w}$ verglichen werden. Dafür gilt der Zusammenhang in Gleichung (B.10):

$$L'_{nT,w} + 3 \text{ dB} \leq \text{zul. } L'_{nT,w} \text{ (dB);}$$

$$40,5 \text{ dB} + 3 \text{ dB} \leq \text{zul. } L'_{nT,w} \text{ (dB)}.$$

D.4 Außenlärm

D.4.1 Allgemeines

Im nachfolgenden Beispiel wird die Schalldämmung gegenüber Außenlärm berechnet. Die Bauteilbeschreibung und die Abmessungen des Empfangsraumes entsprechen dem Empfangsraum in Bild D.1.

D.4.2 Bauteilbeschreibung (Außenbauteile)

— Wand

175 mm Kalksandstein raumseitig verputzt; RDK 1,4 mit Dünnbettmörtel vermörtelt.

$$m' = 0,175 \text{ m} \times 1300 \text{ kg/m}^3 + 10 \text{ kg/m}^2 = 238 \text{ kg/m}^2;$$

Wandfläche ohne Fenster und Rollladenkasten:

$$S_W = 4,65 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} - (1,37 \text{ m} \times 1,25 \text{ m}) - 0,34 \text{ m}^2;$$

Außenseitig mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS), bewertete Verbesserung der Direktschalldämmung $\Delta R_{W} = 0,6 \text{ dB}$;

ANMERKUNG Das wäre z. B. bei folgendem Wärmedämmverbundsystem der Fall: Polystyrol $d = 200 \text{ mm}$, $s' = 25 \text{ MN/m}^3$, Klebefläche $F = 60 \%$; Putz $m' = 15 \text{ kg/m}^2$, ohne Verdübelung.

— Fenster

Zweischeibenisolierverglasung, $R_W = 36 \text{ dB}$; $S = 1,37 \text{ m} \times 1,25 \text{ m} = 1,71 \text{ m}^2$;

— Rollladenkasten

$$D_{n,e,w} = 55 \text{ dB}.$$

D.4.3 Berechnung der Schalldämmung der Wand mit Wärmedämmverbundsystem

a) Schalldämmung der Massivwand ohne Wärmedämmverbundsystem nach Gleichung (13) aus DIN 4109-32:2016-07:

$$0R_{s,w} = 30,9 \lg(238) - 22,2 \text{ dB} = 51,2 \text{ dB};$$

b) Die Schalldämmung der Wand mit WDVS berechnet sich dann mit Gleichung (4) zu

$$R_{Dd,w} = R_{s,w} + \Delta R_{Dd,w} = (51,2 + 0,6) \text{ dB} = 51,8 \text{ dB}.$$

D.4.4 Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes

Die Übertragung der massiven, die Außenwand flankierenden Bauteile kann nach 4.4.3 aufgrund des gegenüber der Anforderung deutlich höheren Schalldämm-Maßes der Außenwand vernachlässigt werden. Die Berechnung von $R'_{w,ges}$ kann deshalb vereinfacht nach Gleichung (35) durchgeführt werden. Die dafür benötigten Größen $R_{e,i,w}$ werden wie folgt ermittelt:

Das bewertete Schalldämm-Maß des Bauteils i $R_{w,i}$ wird nach Gleichung (37) entsprechend der Fläche S_i des Bauteils i auf die schallübertragende Gesamtfläche S_s bezogen:

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

Die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz des Elements i wird nach Gleichung (38) ebenfalls auf die schallübertragende Gesamtfläche S_s bezogen:

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

In nachfolgender Tabelle sind die entsprechenden Größen dargestellt. Die übertragende Gesamtfläche S_s ergibt sich entsprechend den Raumabmessungen zu $S_s = 4,65 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} = 11,63 \text{ m}^2$.

Tabelle D.4 — Flächen und bewertete Schalldämm-Maße der Bauteile sowie bewertete Norm-Schallpegeldifferenzen der in die Fassade integrierten Elemente und daraus berechnete bewertete und auf die übertragende Gesamtfläche S_s bezogene Schalldämm Maße $R_{e,w}$

	S m^2	R_w dB	$D_{n,e,w}$ dB	$R_{e,w}$ dB
Wand mit Wärmedämmverbundsystem	9,57	51,8		52,6
Fenster	1,71	36,0		44,3
Rollladenkasten			55,0	55,7

Das bewertete gesamte Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ der Fassade wird berechnet, indem die Werte der letzten Spalte von Tabelle D.4 in Gleichung (35) eingesetzt werden:

$$R'_{w,ges} = -10 \lg [10^{-52,6/10} + 10^{-44,3/10} + 10^{-55,7/10}] = 43,4 \text{ dB}.$$

$R'_{w,ges}$ der Fassade ergibt sich daraus zu $R'_{w,ges} = 43,4 \text{ dB}$. Unter Berücksichtigung des Sicherheitsbeiwertes (vereinfachte Ermittlung nach 5.3.3, Abzug von 2 dB) kann das Ergebnis nach Gleichung (32) mit dem Anforderungswert aus DIN 4109-1:2018-01, 7.1 erf. $R'_{w,ges}$ entsprechend dem maßgeblichen Außenlärmpegel und der Raumart) verglichen werden. Es muss gelten:

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

Nach Gleichung (33) gilt für K_{AL} :

$$K_{AL} = 10 \lg \left(\frac{S_{(W+F)}}{0,8 S_G} \right)$$

Mit

$$S_{(W+F)} = 4,65 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} = 11,63 \text{ m}^2$$

und

$$S_G = 4,65 \text{ m} \times 3,05 \text{ m} = 14,18 \text{ m}^2$$

ergibt sich K_{AL} zu 0,1 dB. Damit muss für den Nachweis gelten:

$$43,4 \text{ dB} - 2 \text{ dB} = 41,4 \text{ dB} \geq \text{erf. } R'_{w,ges} + 0,1 \text{ dB}.$$

Wenn das Gebäude als Wohngebäude angenommen wird und sich im Lärmpegelbereich IV befindet, gilt mit den Anforderungen aus DIN 4109-1:2018-01, 7.1:

$$41,4 \text{ dB} \geq 40 \text{ dB} + 0,1 \text{ dB} = 40,1 \text{ dB}.$$

Die Anforderungen werden somit eingehalten.

ANMERKUNG Falls zur Beurteilung des Schallschutzes die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w,ges}$ berechnet werden soll, geschieht das analog zu Gleichung (B.5) mit folgender Beziehung:

$$D_{nT,w,ges} = R'_{w,ges} + 10 \lg \left(\frac{0,32 V_E}{S_s} \right).$$

Mit

$$V_E = 4,65 \text{ m} \times 3,05 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$$

und

$$S_s = 4,65 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$$

ergibt sich:

$$D_{nT,w,ges} = 43,4 \text{ dB} + 10 \lg(0,32 \times 3,05) \text{ dB} = 43,4 \text{ dB} - 0,1 \text{ dB} = 43,3 \text{ dB}.$$

Dieser Wert kann dann unter Berücksichtigung des Sicherheitsbeiwertes (vereinfachte Ermittlung nach B.5, Abzug von 2 dB) mit dem vereinbarten Anforderungswert $\text{erf. } D_{nT,w,ges}$ verglichen werden. Dafür gilt der Zusammenhang in Gleichung (B.9).

D.5 Gebäudetechnische Anlagen

Derzeit sind noch keine Berechnungsbeispiele möglich.

Literaturhinweise

DIN 4109:1989-11, *Schallschutz im Hochbau — Anforderungen und Nachweise*

DIN EN 14366, *Messung der Geräusche von Abwasserinstallationen im Prüfstand*

VDI 3722-2, *Wirkung von Verkehrsgeräuschen — Blatt 2: Kenngrößen beim Einwirken mehrerer Quellenarten*

VDI 4100, *Schallschutz im Hochbau — Wohnungen — Beurteilung und Vorschläge für erhöhten Schallschutz*

DIN EN ISO 10848-1, *Akustik — Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen — Teil 1: Rahmendokument*

DIN EN ISO 10848-2, *Akustik — Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen — Teil 2: Anwendung auf leichte Bauteile, wenn die Verbindung geringen Einfluss hat*

DIN EN ISO 10848-3, *Akustik — Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen — Teil 3: Anwendung auf leichte Bauteile, wenn die Verbindung wesentlichen Einfluss hat*

DIN EN ISO 12354-1, *Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften — Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen*

DIN EN ISO 12354-2, *Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften — Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen*

DIN EN ISO 12354-3, *Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften — Teil 3: Luftschalldämmung von Außenbauteilen gegen Außenlärm*

Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm

Maack, J., *Schallschutz zwischen Reihenhäusern mit unvollständiger Trennung*. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben BBR Z 6-5.4-02.19, gefördert durch Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, 2005

Wittstock, V.; *Berechnung der Prognose-Unsicherheit nach DIN 4109*, Forschungsvorhaben 5.75.4 des DIBt, zu beziehen durch: Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Kötz, W.D.: *Zur Berechnung der erforderlichen Schalldämmung bei Räumen mit mehreren Außenwänden*, aus „Zeitschrift für Lärmbekämpfung“ Zfl 45 (1998), Nr.2, S. 73-76