Detailwissen Bauphysik

Wolfgang M. Willems
Alexandra Wagner
Diana Stricker

Schallschutz: Bauakustik

Grundlagen – Luftschallschutz – Trittschallschutz

2. Auflage

EBOOK INSIDE

Springer Vieweg

Detailwissen Bauphysik

Reihe herausgegeben von
Wolfgang M. Willems, Bottrop-Grafenwald, Deutschland
Kai Schild, Dortmund, Deutschland

Das Fachgebiet der Bauphysik stellt einen wichtigen und zentralen Arbeitsbereich für Architekten und Bauingenieure in der Praxis dar. Die Reihe „Detailwissen Bauphysik“ von Springer Vieweg vermittelt das Wissen und das Handwerkszeug für dieses Aufgabenfeld praxisnah und mit direktem Bezug zu den aktuellen Entwicklungen in Technik und Wissenschaft. Bezogen auf bauphysikalische Fragestellungen werden auch Themen aus anderen Bereichen der Bautechnik behandelt. Die Darstellungstiefe der Inhalte spricht sowohl Praktiker als auch Studierende an, die die Thematik Bauphysik während des Studiums vertiefen möchten. Die Titel dieser Reihe sind anwendungsbezogen und lösungsorientiert.

Weitere Bände in der Reihe http://www.springer.com/series/12448

Wolfgang M. Willems · Alexandra Wagner ·
Diana Stricker

Schallschutz: Bauakustik

Grundlagen – Luftschallschutz – Trittschallschutz

2., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage

Springer Vieweg

Wolfgang M. Willems
TU Dortmund
Dortmund, Deutschland

Alexandra Wagner
Ruhr-Universität Bochum
Bochum, Deutschland

Diana Stricker
Ruhr-Universität Bochum
Bochum, Deutschland

ISSN 2625-946X ISSN 2625-9486 (electronic)
Detailwissen Bauphysik
ISBN 978-3-658-28453-4 ISBN 978-3-658-28454-1 (eBook)
https://doi.org/10.1007/978-3-658-28454-1

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2012, 2020
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.
Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.
Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Einbandabbildung: © clearviewimages/iStockphoto.com

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Vorwort zur 2. Auflage

Die grundlegende Neugestaltung der Normengruppe DIN 4109 hat uns veranlasst, das vorliegende Buch für die nächste Auflage nicht nur punktuell zu überarbeiten und moderat zu ergänzen, sondern in den wesentlichen Zügen ganz neu zu schreiben. Damit hat sich neben den Inhalten einzelner Themenbereiche - wie beispielsweise eben den bauakustischen Nachweisverfahren - dann zunächst auch der Aufbau bzw. die innere Struktur des Buches geändert; wir hoffen, dass sich die Arbeit mit diesem Buch damit etwas eingängiger gestaltet und die Zusammenhänge der Bauakustik etwas transparenter werden. Des Weiteren haben wir den Bereich „Außenlärm“ durch die Ausführungen zur Schallausbreitung im Freifeld deutlich erweitert und das für den Praktiker wichtige Thema „Schallmessungen“ ergänzt.

Wir bedanken uns für die durchweg positiven und konstruktiven Rückmeldungen zur ersten Auflage und hoffen auch weiterhin auf Ihre Resonanz.

Grafenwald, Bochum und Castrop-Rauxel, im April 2020

Wolfgang Willems

Diana Stricker

Alexandra Wagner

Vorwort

In den letzten Jahren hat sich das Fachgebiet der Bauphysik enorm verändert. Immer neue und umfassendere Erkenntnisse, Berechnungsvorschriften, Normen und Richtlinien haben dazu geführt, dass aus einem früher recht überschaubaren Fachgebiet ein unübersichtlicher Themenkomplex geworden ist. Umso wichtiger ist es, dass dem bauphysikalisch tätigen Praktiker Hilfe für seine tägliche Arbeit in der Art und Weise angeboten wird, dass er die wichtigsten fachlichen Grundlagen übersichtlich und eingängig aufbereitet findet. Zu diesem Zweck erschien im Jahr 2006 das zweibändige „Vieweg Handbuch Bauphysik“, welches mit über 1200 Seiten den ursprünglich geplanten Umfang um mehr als das Doppelte übertraf. Fünf Jahre später wurde im Zuge der anstehenden Überarbeitung dieses Werkes schnell klar, dass diese zweibändige Form nicht länger sinnvoll und der Komplexität der Inhalte angemessen ist. Die einzelnen Teilgebiete werden daher nun sukzessive in Einzelbänden aufgearbeitet und durch zusätzliche Veröffentlichungen zu Spezialthemen der Bauphysik ergänzt. Die Umsetzung dieses - wie der Verlag und wir hoffen - ganzheitlichen Konzeptes erfolgt innerhalb der Buchreihe „Detailwissen Bauphysik“.

Der vorliegende Band behandelt die Grundlagen des baulichen Schallschutzes und stellt ein Kompendium der zentralen in der Praxis benötigten Rechenverfahren und physikalischen Grundlagen dar. Zur Unterstützung des Planers und Fachingenieurs bei Konstruktion, Bauteilbemessung und Nachweisführung werden diese Ausführungen ergänzt durch eine – wie wir hoffen – möglichst vollständige Zusammenstellung entsprechender Rechenwerte.

Unsere Erfahrung zeigt, dass ein Fachbuch auch trotz größter Bemühungen niemals umfassend und fehlerfrei sein. Daher bitten wir Sie als unsere Leser ganz herzlich darum, uns Anregungen, Kritik und Fehler mitzuteilen, auf dass wir dies in der nächsten Auflage berücksichtigen können.

Grafenwald, Marl und Bochum im März 2012

Wolfgang Willems

Kai Schild

Diana Stricker

Inhaltsverzeichnis

1 **Physikalische Größen, Formelzeichen, Einheiten** 1
1.1 Formelzeichen 1
1.2 Einheiten-Umrechnungstafeln 7
1.2.1 Länge 7
1.2.2 Fläche 7
1.2.3 Volumen 7
1.2.4 Masse 8
1.2.5 Zeit 8
1.2.6 Kraft 8
1.2.7 Spannung 8
1.2.8 Druck 9
1.2.9 Arbeit 9
1.2.10 Leistung 9
1.2.11 Wärmeleitfähigkeit 10
1.2.12 Spezifische Wärmekapazität 10
1.2.13 Wärmedurchgangskoeffizient 10
1.2.14 Wärmestromdichte 10
1.3 Griechisches Alphabet 11
1.4 Vielfache und Teile der SI-Einheiten 12
1.5 Modale Hilfsverben in der Normung 13

2 Berechnungshilfen 14
2.1 Mathematische Grundlagen 14
2.1.1 Geometrie 14
2.1.2 Rechenregeln 20
2.2 Bauschraffuren 22
2.3 Materialtechnische Kennwerte 24
2.3.1 Putze, Mörtel und Estriche 24
2.3.2 Beton-Bauteile 25
2.3.3 Bauplatten 27
2.3.4 Mauerwerk aus Klinkern und Ziegeln 28

2.3.5 Mauerwerk aus Kalksandsteinen und Porenbeton-Plansteinen 29
2.3.6 Mauerwerk aus Betonsteinen 30
2.3.7 Holz und Holzwerkstoffe 31
2.3.8 Wärmedämmstoffe 33
2.3.9 Fußbodenbeläge, Abdichtstoffe 39
2.3.10 Gummi, massive Kunststoffe 40
2.3.11 Dachbahnen, Folien 41
2.3.12 Gesteine, Lehmbaustoffe 42
2.3.13 Glas 43
2.3.14 Böden 43
2.3.15 Dachziegelsteine und Platten 44
2.3.16 Lose Schüttungen 44
2.3.17 Metalle 45
2.3.18 Wasser, Eis, Schnee 45
2.3.19 Gase 46

3 Physikalische Grundlagen 47
3.1 Kenngrößen für den Außenlärm 47
3.1.1 Schallschwingungen 47
3.1.2 Schallgeschwindigkeiten 53
3.1.3 Definition unterschiedlicher Schallpegel 53
3.1.4 Rechnen mit Schallpegeln 58
3.1.5 Schallquellen 63
3.1.6 Schallexposition und Schutzmaßnahmen 66
3.2 Bauakustische Grundlagen 68
3.2.1 Bauteilschwingungen und Frequenzen 68
3.2.2 Kenngrößen für den Luftschallschutz 81
3.2.3 Luftschalldämmung 83
3.2.4 Kenngrößen für den Trittschallschutz 94
3.2.5 Kenngrößen für Geräusche aus gebäudetechnischen Anlagen 101
3.3 Raumakustische Grundlagen 102

4 Ermittlung der Außenlärmbelastung 107
4.1 Anforderungen und Orientierungswerte 107
4.1.1 Allgemeines 107

4.1.2 Anforderungen nach TA Lärm 107
4.1.3 Anforderungen nach Sportanlagenlärmschutzverordnung 110
4.1.4 Anforderungen nach der Verkehrslärmschutzverordnung 112
4.1.5 Orientierungswerte nach DIN 18005-1 Bbl. 1 113
4.2 Ermittlung von Schallimissionen nach DIN 18005-1 114
4.2.1 Allgemeines 114
4.2.2 Richtwerte zur Einhaltung unterschiedlicher Beurteilungspegel 114
4.2.3 Verweise auf Regelwerke 115
4.2.4 Vereinfachte Schätzverfahren für Verkehrsanlagen (Diagramme) 116
4.3 Ermittlung von Schallimmissionen nach TA Lärm 122
4.3.1 Allgemeines 122
4.3.2 Geräuschimmissionen aus Vorbelastung durch Messung 122
4.3.3 Geräuschimmissionen aus Zusatzbelastung mit der überschlägigen Prognose 124
4.3.4 Geräuschimmissionen aus Zusatzbelastung mit der detaillierten Prognose 126
4.4 Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV) 127
4.4.1 Berechnung der Beurteilungspegel an Straßen 127
4.4.2 Berechnung der Beurteilungspegel bei Schienenwegen 133
4.5 Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien (DIN ISO 9613-2) 135
4.5.1 Allgemeines 135
4.5.2 Randbedingungen 136
4.5.3 Rechenvorgaben 137
4.5.4 Richtwirkungskorrektur 139
4.5.5 Dämpfung - Oktavbanddämpfung 141
4.5.6 Dämpfung - Geometrische Ausbreitung 141
4.5.7 Dämpfung - Luftabsorption 141
4.5.8 Dämpfung - Bodeneffekt 142
4.5.9 Dämpfung - Vereinfachtes Verfahren für den Bodeneffekt 145
4.5.10 Dämpfung - Abschirmung 147
4.5.11 Dämpfung - Zusätzliche Dämpfungsarten 150
4.5.12 Meteorologische Korrektur 153
4.6 Schallausbreitungseffekte im Freien nach VDI 2714 155
4.7 Emissionen aus dem Gebäude ins Freie nach DIN EN 12354-4 156
4.8 Schallschutz aus Gaststätten und Kegelbahnen 157

5 Anforderungen an den Schallschutz 158
5.1 Allgemeines 158
5.1.1 Rechtlicher Anspruch 158
5.1.2 Sicherheitskonzept 160
5.1.3 Rundungsregeln 160
5.2 Bauordnungsrechtliche Anforderungen 161
5.2.1 Luftschalldämmung von Außenbauteilen nach DIN 4109 161
5.2.2 Mindestanforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung in Gebäuden mit Wohn- oder Arbeitsbereichen 169
5.2.3 Mindestanforderungen bei „besonders lauten“ Räumen 175
5.2.4 Mindestschallschutz vor Geräuschen aus gebäudetechnischen Anlagen und baulich mit dem Gebäude verbundenen Betrieben 176
5.3 Zivilrechtliche Anforderungen 179
5.3.1 Erhöhte Anforderungen an die Schalldämmung nach DIN 4109-5 179
5.3.2 Erhöhter Schallschutz nach Beiblatt 2 der DIN 4109 (11.1989) 186
5.3.3 Erhöhte Anforderungen nach DIN SPEC 91314 190
5.3.4 Anforderungen für Wohnungen nach VDI 4100 (08.2007) 196
5.3.5 Anforderungen für Wohnungen nach VDI 4100 (10.2012) 200
5.3.6 DEGA-Empfehlungen 103 205
5.3.7 DEGA-Memorandum BR 0104 209
5.3.8 Empfehlungen an den Schallschutz bei Büros nach VDI 2569 212
5.3.9 Anforderungen bei Gaststätten und Kegelbahnen nach VDI 3726 214
5.3.10 MVV TB - Bauordnungsrechtliche Umsetzung 215

6 Nachweisverfahren Teil A (Emissionsquelle außerhalb des Gebäudes) 218
6.1 Schallschutz gegen Außenlärm nach DIN 4109 218
6.1.1 Luftschalldämmung von Außenbauteilen 218
6.1.2 Einbausituation von Fenstern und Türen 221
6.2 Schallschutz gegen Außenlärm nach DIN EN 12354-3 224
6.2.1 Allgemeines 224
6.2.2 Nachweis des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes 224
6.2.3 Ansatz zur Ermittlung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes 224
6.2.4 Ermittlung der Schall-Leistungsverhältnisse 225
6.2.5 Messtechnische Größen zur Beschreibung der Schalldämmung einer Fassade 228

6.2.6 Ermittlung des Innenschalldruckpegels im Empfangsraum 229

7 Nachweisverfahren Teil B (Emissionsquelle innerhalb des Gebäudes) 234

7.1 Luftschallschutz nach DIN 4109-2 234

7.1.1 Luftschalldämmung für massive Konstruktionen 234

7.1.2 Luftschalldämmung für Holz-, Leicht- und Trockenbau 240

7.1.3 Luftschalldämmung für Skelettbau und bei Mischbauweisen 241

7.1.4 Luftschalldämmung von zweischaligen massiven Gebäudetrennwänden 242

7.1.5 Nebenwege 242

7.2 Trittschallschutz im Gebäude nach DIN 4109-2 244

7.2.1 Allgemeines 244

7.2.2 Ermittlung der Rechenwerte für Massivdecken bei übereinanderliegenden Räumen 244

7.2.3 Ermittlung der Rechenwerte für Massivdecken bei unterschiedlichen räumlichen Zuordnungen 246

7.2.4 Ermittlung der Rechenwerte für leichte Decken 248

7.2.5 Massive Treppen 251

7.2.6 Ermittlung von Kenngrößen zur Planung des Schallschutzes 252

7.3 Luftschallschutz nach DIN EN 12354-1 253

7.4 Trittschallschutz nach DIN EN 12354-2 253

7.4.1 Allgemeines 253

7.4.2 Nachweis des bewerteten Norm-Trittschallpegels 254

7.4.3 Ermittlung des vorhandenen bewerteten Norm-Trittschallpegels 254

8 Nachweisverfahren Teil C (Emissionen aus dem Gebäude ins Freie) 259

8.1 Nachweis- und Bemessungsverfahren nach DIN EN 12354-4 259

8.1.1 Allgemeines 259

8.1.2 Schalldruckpegel am Immissionsort 260

8.1.3 Segmentierung der Gebäudehülle 261

8.1.4 Schall-Leistungspegel der einzelnen Segmente 263

8.1.5 Schall-Leistungspegel aus Öffnungen bestehendes Segment 264

8.2 Gaststätten und Kegelbahnen nach VDI 3726 265

9 Nachweisverfahren Teil D (Gebäudetechnische Anlagen) 266
9.1 Allgemeines 266
9.1.1 Aktuelle Situation für den Nachweis 266
9.1.2 Schallübertragung aus gebäudetechnischen Anlagen 266
9.1.3 Anforderungen bei haustechnischen Anlagen und Betrieben 267
9.2 Ver- und Entsorgungsanlagen 268
9.2.1 Sanitärtechnik 268
9.2.2 Hinweise für die Planung und Ausführung 269
9.2.3 Musterinstallationswände 275
9.3 Wärmeerzeugungs- und lufttechnische Anlagen 278
9.3.1 Allgemeines 278
9.3.2 Wärmeversorgungsanlagen 279
9.3.3 Wärmepumpen 281
9.3.4 Lufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen) 284
9.3.5 Bauliche Schallschutzmaßnahmen 289
9.4 Aufzugsanlagen 290
9.4.1 Allgemeines 290
9.4.2 Anforderungen an den Schallschutz in schutzbedürftigen Räumen 291
9.4.3 Schallschutz nach DIN 8989 293
9.4.4 Planungs- und Ausführungsgrundsätze nach VDI 2566 297
9.4.5 Körperschalldämmende Aufstellung 303

10 Kennwerte und Konstruktionen in Massivbauweise 305
10.1 Innenwände 305
10.1.1 Massive einschalige Innenwände 305
10.1.2 Einschalige entkoppelte Wandsysteme 310
10.1.3 Massive Innenwände mit biegeweicher Vorsatzschale 312
10.1.4 Zweischalige Haustrennwände 315
10.2 Außenwände 321
10.2.1 Massive einschalige Außenwände 321
10.2.2 Massive Außenwände mit biegesteifer Vorsatzschale 323
10.2.3 Massive Außenwände mit Wärmedämmverbundsystem 324
10.3 Decken 326
10.3.1 Massivrohdecken 326
10.3.2 Massivdecken mit biegeweicher Vorsatzschale 328
10.3.3 Schallbrücken bei schwimmenden Estrichen 336
10.3.4 Massivdecken mit Systemböden (Doppel- und Hohlböden) 340

10.4 Trittschalldämmung von Treppen ... 347
10.4.1 Massive Treppen (Läufe und Podeste) ... 347
10.5 Dächer ... 356
10.5.1 Luftschalldämmung von massiven Dächern ... 356
10.5.2 Trittschalldämmung von Terrassenaufbauten ... 356
10.6 Stoßstellen massiver Bauteile ... 358
10.6.1 Allgemeines ... 358
10.6.2 Stoßstellen nach DIN 4109-32 ... 358

11 Kennwerte und Konstruktionen in Misch- und Leichtbauweise ... 365
11.1 Innenwände ... 365
11.1.1 Metallständerwände ... 365
11.1.2 Holztafelwände ... 369
11.1.3 Massivholzwände ... 377
11.2 Außenwände ... 378
11.2.1 Vorhangfassaden ... 378
11.2.2 Fassaden in Stahlleichtbauweise ... 389
11.2.3 Außenwände in Holztafelbauweise ... 393
11.3 Decken ... 397
11.3.1 Holzbalkendecken ... 397
11.4 Treppen ... 414
11.4.1 Treppen in Stahlleichtbauweise ... 414
11.5 Dächer ... 416
11.5.1 Dächer in Holz-Leichtbauweise ... 416
11.5.2 Flachdächer in Stahlleichtbauweise ... 428

12 Kennwerte und Konstruktionen von Elementen ... 431
12.1 Fenster und Glasscheiben ... 431
12.1.1 Direktschalldämmung ... 431
12.1.2 Horizontale Längsschalldämmung von Fensterbändern ... 436
12.2 Lichtkuppeln, Dachlichtbänder ... 438
12.3 Rollladenkästen ... 438
12.4 Türen ... 440
12.5 Fugen ... 445

13 Bauakustische Messungen 447
13.1 Allgemeines 447
13.1.1 Geräteausstattung nach DIN EN ISO 16283 448
13.1.2 Frequenzbereich 449
13.1.3 Mikrofonpositionen 450
13.1.4 Hintergrundgeräuschpegel 453
13.1.5 Nachhallzeit 454
13.2 Luftschalldämmung nach DIN EN ISO 16283-1 455
13.2.1 Allgemeines 455
13.2.2 Berechnungsgrundlagen 456
13.2.3 Standardverfahren 457
13.2.4 Verfahren für tiefe Frequenzen 458
13.2.5 Darstellung der Prüfergebnisse 460
13.2.6 Zusätzliche Anleitung 462
13.3 Trittschalldämmung nach DIN EN ISO 16283-2 472
13.3.1 Allgemeines 472
13.3.2 Berechnungsgrundlagen 472
13.3.3 Standardverfahren 474
13.3.4 Verfahren für tiefe Frequenzen 475
13.3.5 Darstellung der Prüfergebnisse 477
13.3.6 Zusätzliche Anleitung 479
13.4 Fassadenschalldämmung nach DIN EN ISO 16283-3 486
13.4.1 Allgemeines 486
13.4.2 Berechnungsgrundlagen 487
13.4.3 Lautsprecher als Schallquelle 490
13.4.4 Straßenverkehr als Schallquelle 493
13.4.5 Luft- und Schienenverkehr als Schallquelle 496
13.4.6 Darstellung der Prüfergebnisse 499
13.4.7 Zusätzliche Anleitung 501
13.5 Schalldruckpegel haustechnischer Anlagen - Kurzverfahren 502
13.5.1 Allgemeines
13.5.2 Berechnungsgrundlagen 502
13.5.3 Geräteausstattung nach DIN EN ISO 10052 504
13.5.4 Frequenzbereich 504
13.5.5 Nachhallzeit 504

13.5.6 Verfahren 508
13.5.7 Darstellung der Prüfergebnisse 509
13.5.8 Zusätzliche Anleitung 510

14 Normen und Regelwerke 517
15 Literatur 527
Index 533

1 Physikalische Größen, Formelzeichen, Einheiten

1.1 Formelzeichen

Tabelle 1.1-1 Physikalische Größen, Formelzeichen, Einheiten

	1	2	3
1	Physikalische Größe	Formelzeichen	Einheit
2	Abhängehöhe von Unterdecken	h	mm
3	Absorptionsfläche, äquivalente	A	m^2
4	Absorptionsfläche für Luft, äquivalente	A_{air}	m^2
5	Abstand	r	m
6	Anzahl	n	-
7	Armaturengeräuschpegel	L_{ap}	dB
8	Außenlärmpegel, maßgeblicher, A-bewertet	L_a	dB
9	Außenlärmpegel, maßgeblicher resultierender, A-bewertet	$L_{a,res}$	dB
10	Außenlärmpegel einer Lärmquelle, A-bewertet	$L_{a,i}$	dB
11	Außenschalldruckpegel 2 m vor der Fassade nach DIN EN ISO 140-5	$L_{1,2m}$	dB
12	Außenwandfläche, gesamte eines Aufenthaltsraumes	$S_{(W+F)}$	m^2
13	Bau-Schalldämm-Maß (Luftschall), bewertetes, von Bauteil-Kombinationen durch das trennende und entlang der flankierenden Bauteile (Decke, Fußboden, Seitenwände)	R'_w	dB
14	Bau-Schalldämm-Maß (Luftschall), bewertetes, resultierendes/gesamtes, von zusammengesetzten Bauteilen, z.B. Wand mit Tür oder Fenster. Es wird aus einzelnen Schalldämm-Maßen der Teilflächen berechnet.	$R'_{w,res}$/ $R'_{w,ges}$	dB
15	Beurteilungspegel, A-bewertet	L_r	dB
16	Beurteilungspegel durch Vorbelastung, A-bewertet	$L_{V,r}$	dB
17	Beurteilungspegel durch Zusatzbelastung, A-bewertet	$L_{Z,r}$	dB
18	Bezugs-Absorptionsfläche (A_0 = 10 m^2)	A_0	m^2
19	Bezugsfläche	S_0	m^2
20	Bezugslänge	ℓ_0	m
21	Bezugs-Nachhallzeit	T_0	s
22	Biegesteifigkeit von Platten	B'	MNm
23	Breite	b	mm, cm, m
24	Brüstungshöhe	h_B	m
25	Dämpfungskonstante der Luft	m	10^{-3} Neper/m
26	Dauerschallpegel, äquivalenter	L_{eq}	dB
27	Dicke	d	m
28	Dicke Luftzwischenraum	d_L	cm

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020
W. M. Willems et al., *Schallschutz: Bauakustik*, Detailwissen Bauphysik, https://doi.org/10.1007/978-3-658-28454-1_1

	1	2	3
	Physikalische Größe	Formelzeichen	Einheit
29	Direkt-Schalldämm-Maß, bewertet	$R_{Dd,w}$	dB
30	Durchfluss in Armaturen, maximal	Q	ℓ/s
31	dynamische Steifigkeit	s'	MN/m^3
32	Eigenfrequenz	f_0	Hz
33	Einfügungsdämpfungsmaß des Schalldämpfers	D_i	dB
34	Erregerfrequenz	f_E	Hz
35	Elastizitätsmodul, dynamischer	E_{Dyn}	MN/m^2= N/mm^2
36	Expositionszeit	t_{zul}	min, h
37	Fläche	S	m^2
38	Fläche des gesamten schallübertragenden Außenbauteils	S_{ges}	m^2
39	Flankendämm-Maß, bewertet	$R_{ij,w}$	dB
40	Frequenz	f	Hz
41	Fugen-Schalldämm-Maß, bewertet	$R_{s,w}$	dB
42	Geräusche aus technischen Anlagen, A-bewertet	$L_{AF,max,n}$	dB
43	Gesamtschalldruckpegel	$L_{p,ges}$	dB
44	Grundfläche eines Aufenthaltsraumes	S_G	m^2
45	Hintergrundgeräuschpegel	L_b	dB
46	Höhe	h	m
47	Hohlraumresonanzfrequenz	f_{sw}	Hz
48	Installationsschallpegel	L_{In}	dB
49	Hilfsgröße zur Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes	M	-
50	Hüllfläche	S	m^2
51	Immissionsrichtwert (außen), zulässiger	$L_{r,zul}$	dB
52	Installationsschallpegel (Messwert), Geräusche aus haustechnischen Anlagen mit der Frequenzbewertung "(A)" und der Zeitbewertung "Fast" gemessener maximaler Schalldruckpegel	$L_{AF,max,n}$	dB
53	Kantenlänge von trennenden und flankierenden Bauteilen, gemeinsame	ℓ	m
54	Körperschallentkopplung KHW, Anregung mit Kleinhammerwerk oder pendelfallhammer	$L'_{K,w}$	dB
55	Koinzidenzfrequenz (Spuranpassungsfrequenz)	f_K	Hz
56	Koinzidenzgrenzfrequenz (Spuranpassungsgrenzfrequenz, Grenzfrequenz)	f_g	Hz
57	Korrekturwert	K	dB
58	Kreisfrequenz	ω	rad/s
59	Labor-Schalldämm-Maß eines Bauteils	R_i	dB
60	Labor-Schalldämm-Maß (Luftschall), bewertetes	R_w	dB
61	Labor-Schall-Längsdämm-Maß (Messwert), bewertetes	$R_{L,w,P}$	dB

	1	2	3
	Physikalische Größe	Formelzeichen	Einheit
62	Labor-Schall-Längsdämm-Maß (Rechenwert), bewertetes	$R_{L,w,R}$	dB
63	Lautstärkepegel	L_N	phon
64	Luftschalldämm-Maß, resultierendes erforderliches bewertetes	$erf.\ R'_{w,res}$	dB
65	Luftschalldämm-Maß, resultierendes bewertetes	$R'_{w,res}$	dB
66	Luftschalldämm-Maß, Meßwert des bewerteten	$R'_{w,P}$	dB
67	Luftschalldämm-Maß, Rechenwert des bewerteten	$R_{w,R}$	dB
68	Luftschalldämm-Maß, Rechenwert des bewerteten, am Bau	$R'_{w,R}$	dB
69	Luftschalldämm-Maß, Verbesserung des bewerteten	ΔR_w	dB
70	Luftschalldämmung am Bau, bewertet	R'_w	dB
71	Luftschalldämmung eines Bauteils, wenn die Schallquelle ein Lautsprecher ist und der Einfallswinkel 45° beträgt	$R'_{45°}$	dB
72	Luftschalldämmung eines Bauteils, wenn die Schallquelle Verkehrslärm ist	$R'_{tr,s}$	dB
73	Luftschallverbesserungsmaß durch eine zusätzliche Vorsatzkonstruktion	ΔR_w	dB
74	Masse flankierender Bauteile, mittlere flächenbezogene	$m'_{f,m}$	kg/m^2
75	Masse, flächenbezogene	m'	kg/m^2
76	Mittelungspegel, A-bewertet	L_m	dB
77	Mittelungsdauer	T	s
78	Nachhallzeit, frequenzabhängig	$T(f)$	s
79	Nennwärmeleistung	P_{WE}	kW
80	Norm-Flankenpegeldifferenz über Flankenweg Ff	$D_{n,f}$	dB
81	Norm-Flankenpegeldifferenz, bewertete	$D_{n,f,w,R}$	dB
82	Norm-Schalldruckpegel, maximaler mit Zeitbewertung FAST	$L_{AF,max,n}$	dB
83	Norm-Schallpegeldifferenz	D_n	dB
84	Norm-Schallpegeldifferenz eines kleinen Bauteils	$D_{n,e}$	dB
85	Norm-Schallpegeldifferenz, bewertete	$D_{n,w}$	dB
86	Norm-Schallpegeldifferenz, bewertete, im Prüfstand	$D_{n,w,P}$	dB
87	Norm-Trittschallpegel, bewertet	$L_{n,w}$	dB
88	Norm-Trittschallpegel im Bau, bewertet	$L'_{n,w}$	dB
89	Norm-Trittschallpegel, direkte Trittschallübertragung	$L_{n,d}$	dB
90	Norm-Trittschallpegel durch Flankenübertragung	$L_{n,f,ij}$	dB
91	Norm-Trittschallpegel der Rohdecke, äquivalenter bewerteter	$L_{n,eq,0,w}$	dB
92	Norm-Trittschallpegel, bewerteter, von gebrauchsfertigen Bauteilen, z.B. Decken oder Treppen	$L'_{n,w}$	dB
93	Norm-Trittschallpegel, bewerteter, Rechenwert	$L'_{n,w,R}$	dB
94	Norm-Trittschallpegel, erforderlicher bewerteter	$erf.\ L'_{n,w}$	dB

	1	2	3
	Physikalische Größe	Formelzeichen	Einheit
95	Nutzergeräusche, A-bewertet	$L_{AF,max,n}$	dB
96	Objektanteil	ψ	-
97	Pegeldifferenz	D	dB
98	Pegeländerung auf Grund der Fassadenstruktur	ΔL_{fs}	dB
99	Periode, Periodendauer	T	s
100	Platten-Biegesteifigkeit	B'	MNm
101	Poissonsche Querkontraktionszahl	μ	-
102	Prüffläche	$S_{Prü}$	m^2
103	Raumhöhe	h_R	m
104	Raumwinkelmaß	D_Ω	dB
105	Raumwinkel, in den hinein abgestrahlt wird	Ω	sr
106	Reflektionsgrad	$\rho(f)$	-
107	Resonanzfrequenz	f_0	Hz
108	Richtwirkungskorrektur	D_c	dB
109	Richtwirkungsmaß	D_I	dB
110	Rohdichte	ρ	kg/m^3
111	Rohdichte der Luft (1,25 kg/m^3)	ρ_L	kg/m^3
112	Rohdichteklasse	RDK	
113	Schachtpegeldifferenz	D_K	dB
114	Schalenabstand	d	m
115	Schallabsorptionsfläche, äquivalente, frequenzabhängig	$A(f)$	m^2
116	Schallabsorptionsfläche von Objekten	A_j	m^2
117	Schalldämm-Maß (Rechenwert des bewerteten des trennenden Bauteils (Wand oder Decke) ohne Berücksichtigung von Längsleitung über flankierende Bauteile	$R_{w,R}$	dB
118	Schalldämm-Maß (bewertetes) des trennenden Bauteils (Wand oder Decke) mittels Messungen in einem Prüfstand ohne Flankenübertragung ermittelt	$R_{w,P}$	dB
119	Schalldämm-Maß (bewertetes) des trennenden Bauteils (Wand oder Decke) mittels Messungen in einem Prüfstand mit Flankenübertragung ermittelt	$R'_{w,P}$	dB
120	Schallabsorptionsgrad, frequenzabhängiger	$\alpha(f)$	-
121	Schalldruck	p	$Pa = N/m^2$
122	Schalldruck, effektiver	P_{eff}	Pa
123	Schalldruckamplitude	p_0	Pa
124	Schalldruckpegel	L	dB
125	Schalldruckpegel, maximaler mit Zeitbewertung FAST	$L_{AF,max}$	dB
126	Schalldruckpegel der Ecke ein einem Raum	L_{Corner}	dB
127	Schalldruckpegel im tiefen Frequenzbereich, energetisch gemittelt	L_{LF}	dB

	1	2	3
	Physikalische Größe	Formelzeichen	Einheit
128	Schalldruckpegeldifferenz	D	dB
129	Schalleinfallswinkel	ϑ	°
130	Schallgeschwindigkeit	c	m/s
131	Schallgeschwindigkeit der Luft (340 m/s)	c_L	m/s
132	Schallintensität	I	W/m^2
133	Schallintensitätspegel	L_I	dB
134	Schalldämm-Maß, bewertet, ohne Flankenübertragung	R_w	dB
135	Schalldämm-Maß eines Bauteils, bewertet	$R_{ei,w}$	dB
136	Schalldämm-Maß für Direktübertragung, bewertet	$R_{Dd,w}$	dB
137	Schall-Längsdämm-Maß (bewertet) ohne Berücksichtigung von Schallübertragung über das trennende Bauteil	$R_{L,w,R}$	dB
138	Schall-Leistung	W	W
139	Schall-Leistungspegel, A-bewertet	L_{WA}	dB
140	Schall-Leistungsverhältnis des an der direkten Schallübertragung beteiligten Bauteils *i*	$\tau_{e,i}$	-
141	Schallpegel bei der Frequenz i im Spektrum j	L_{ij}	dB
142	Schallpegeldifferenz	$D(f)$	dB
143	Schallpegelminderung, frequenzabhängig	$\Delta L(f)$	dB
144	Schallschnelle	v	m/s
145	Schallschnellepegel	L_v	dB
146	Schalltransmissionsgrad, frequenzabhängiger	$\tau(f)$	-
147	Schallwellenwiderstand	Z	kg/(m^2·s)
148	Schichtdicke	d	mm, cm, m
149	Spektrum-Anpassungswert (Spektrum 1)	C	dB
150	Spektrum-Anpassungswert Straßenverkehr (Spektrum 2)	C_{tr}	dB
151	Spektrum-Anpassungswert Trittschall	C_I	dB
152	Spitzenschalldruckpegel	$L_{pC,peak}$	dB(C)
153	Standard-Schalldruckpegel mit Zeitbewertung FAST	$L_{AF,max,nT}$	dB
154	Standard-Schallpegeldifferenz des i-ten Bauteils	$D_{nT,i}$	dB
155	Standard-Schallpegeldifferenz, bewertete	$D_{nT,w}$	dB
156	Standard-Trittschallpegel	L'_{nT}	dB
157	Steifigkeit, dynamische	s'	MN/m^3
158	Störschall	L_{NA}	dB
159	Stoßstellendämm-Maß	K_{ij}	dB
160	Stoßstellenkorrekturwert	ΔK_{ij}	dB
161	Strecke	Z	m
162	Strömungswiderstand, längenbezogener	r	Pa·s/m^2 bzw. kN·s/m^4

	1	2	3
	Physikalische Größe	Formelzeichen	Einheit
163	Tages-Lärmexpositionspegel	$L_{Ex,8h}$	dB
164	Terzmittenfrequenz	f_m	Hz
165	Trittschallpegel des i-ten Bauteils	L_i	dB
166	Trittschallminderung, bewertet	ΔL_w	dB
167	Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch eine Vorsatzkonstruktion	ΔR_w	dB
168	Verkehrsstärke	DTV	Kfz/Tag
169	Verlustfaktor	η	-
170	Volumen	V	m^3
171	Volumen des Empfangsraumes	V_E	m^3
172	Wellenlänge	λ	m
173	Zeit	t	s
174	Zweischaligkeitszuschlag	$\Delta R_{w,Tr}$	dB

Zur Vermeidung von Redundanzen und zur Beschränkung des Umfangs sind nicht bei allen Formeln die Einzelkomponenten aufgeführt, sondern es wird in dem Zusammenhang auf die vorstehende Tabelle verwiesen.

1.2 Einheiten-Umrechnungstafeln

1.2.1 Länge

	μm	mm	cm	dm	m	km	in	ft	yd
μm	1	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-9}			
mm	10^{3}	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	0,03937	$3281 \cdot 10^{-6}$	$1094 \cdot 10^{-6}$
cm	10^{4}	10^{1}	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-5}			
dm	10^{5}	10^{2}	10^{1}	1	10^{-1}	10^{-4}			
m	10^{6}	10^{3}	10^{2}	10^{1}	1	10^{-3}	39,37	3,281	1,094
km	10^{9}	10^{6}	10^{5}	10^{4}	10^{3}	1			
in		25,4			0,0254		1	0,08333	0,02778
ft		304,8			0,3048		12	1	0,33333
yd		914,4			0,9144		36	3	1

(in ≙ inch; ft ≙ feet; yd ≙ yard)

1.2.2 Fläche

	μm^2	mm^2	cm^2	dm^2	m^2	km^2	sq in	sq ft	sq yd
μm^2	1	10^{-6}	10^{-8}	10^{-10}	10^{-12}	10^{-18}			
mm^2	10^{6}	1	10^{-2}	10^{-4}	10^{-6}	10^{-12}	$1{,}55 \cdot 10^{-3}$	$1{,}076 \cdot 10^{-5}$	$1{,}196 \cdot 10^{-6}$
cm^2	10^{8}	10^{2}	1	10^{-2}	10^{-4}	10^{-10}			
dm^2	10^{10}	10^{4}	10^{2}	1	10^{-2}	10^{-8}			
m^2	10^{12}	10^{6}	10^{4}	10^{2}	1	10^{-6}	1550	10,76	1,196
km^2	10^{18}	10^{12}	10^{10}	10^{8}	10^{6}	1			
sq in		645,161			$6{,}45 \cdot 10^{-4}$		1	$6{,}944 \cdot 10^{-3}$	$0{,}772 \cdot 10^{-3}$
sq ft		92936			0,0929		144	1	0,1111
sq yd		836120			0,8361		1296	9	1

(sq in ≙ square inch; sq ft ≙ square feet; sq yd ≙ square yard)

1.2.3 Volumen

	μm^3	mm^3	cm^3	$dm^3 = 1\ \ell$	m^3	km^3	cu in	cu ft	cu yd
μm^3	1	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}	10^{-27}			
mm^3	10^{6}	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-18}	$6{,}102 \cdot 10^{-5}$	$3{,}532 \cdot 10^{-8}$	$1{,}307 \cdot 10^{-9}$
cm^3	10^{9}	10^{3}	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-15}			
dm^3	10^{12}	10^{6}	10^{3}	1	10^{-3}	10^{-12}			
m^3	10^{15}	10^{9}	10^{6}	10^{3}	1	10^{-9}	61023	35,32	1,307
km^3	10^{27}	10^{18}	10^{15}	10^{12}	10^{9}	1			
cu in		16387			$1{,}64 \cdot 10^{-5}$		1	$5{,}786 \cdot 10^{-4}$	$2{,}144 \cdot 10^{-5}$
cu ft		$2{,}83 \cdot 10^{7}$			0,0283		1728	1	0,037
cu yd		$7{,}65 \cdot 10^{8}$			0,765		46656	27	1

[1] 1 dm^3 ≙ 1 Liter = 1 ℓ (cu in ≙ cubic inch; cu ft ≙ cubic feet; cu yd ≙ cubic yard)

1.2.4 Masse

	mg	g	kg	t	oz	lb	Kt
mg	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}			$5 \cdot 10^{-3}$
g	10^{3}	1	10^{-3}	10^{-6}	0,03527	0,00221	5
kg	10^{6}	10^{3}	1	10^{-3}	35,27	2,205	$5 \cdot 10^{3}$
t	10^{9}	10^{6}	10^{3}	1			$5 \cdot 10^{-6}$
oz		28,35	0,02832		1	0,0625	141,75
lb		453,6	0,4531		16	1	2268
Kt	200	0,2	$0,2 \cdot 10^{-3}$	$0,2 \cdot 10^{-6}$	$7,055 \cdot 10^{-3}$	$4,409 \cdot 10^{-4}$	1

(oz ≙ ounce; lb ≙ pound; Kt ≙ Karat)

1.2.5 Zeit

	ms	s	min	h	d	a
ms	1	10^{-3}	$1,667 \cdot 10^{-5}$	$2,778 \cdot 10^{-7}$		
s	10^{3}	1	$1,667 \cdot 10^{-2}$	$2,778 \cdot 10^{-4}$	$1,157 \cdot 10^{-5}$	$3,171 \cdot 10^{-8}$
min	$60 \cdot 10^{3}$	60	1	$1,667 \cdot 10^{-2}$	$6,944 \cdot 10^{-4}$	$1,903 \cdot 10^{-6}$
h	$3,6 \cdot 10^{6}$	3600	60	1	$4,167 \cdot 10^{-2}$	$1,142 \cdot 10^{-4}$
d		86400	1440	24	1	$2,740 \cdot 10^{-3}$
a		$31,54 \cdot 10^{6}$	525600	8760	356	1

1.2.6 Kraft

	N [1)]	kN	MN	kp	Mp	dyn
N	1	10^{-3}	10^{-6}	0,10197	$1,0197 \cdot 10^{-4}$	10^{5}
kN	10^{3}	1	10^{-3}			
MN	10^{6}	10^{3}	1			
kp	9,80665			1	10^{-3}	$9,80665 \cdot 10^{5}$
Mp	9806,65			10^{3}	1	$9,80665 \cdot 10^{8}$
dyn	10^{-5}			$1,0197 \cdot 10^{-6}$	$1,0197 \cdot 10^{-9}$	1

[1)] 1 N = 1 kg·m/s^2 (dyn ≙ dyne)

1.2.7 Spannung

	N/mm^2 (≙ MN/m^2)	N/cm^2	N/m^2 (≙ 1Pa)	kN/mm^2	kN/cm^2	kN/m^2 (≙ 1kPa)	MN/cm^2	MN/m^2 (≙ 1MPa)
N/mm^2	1	10^{2}	10^{6}	10^{-3}	0,1	10^{3}	10^{-4}	1
N/cm^2	10^{-2}	1	10^{4}	10^{-5}	10^{-3}	10	10^{-6}	10^{-2}
N/m^2	10^{-6}	10^{-4}	1	10^{-9}	10^{-7}	10^{-3}	10^{-10}	10^{-6}
kN/mm^2	10^{3}	10^{5}	10^{9}	1	10^{2}	10^{6}	0,1	10^{3}
kN/cm^2	10	10^{3}	10^{7}	10^{-2}	1	10^{4}	10^{-3}	10
kN/m^2	10^{-3}	0,1	10^{3}	10^{-6}	10^{-4}	1	10^{-7}	10^{-3}
MN/cm^2	10^{4}	10^{6}	10^{10}	10	10^{3}	10^{7}	1	10^{4}
MN/m^2	1	10^{2}	10^{6}	10^{-3}	0,1	10^{3}	10^{-4}	1

1.2.8 Druck

	N/mm^2	Pa ($\triangleq N/m^2$)	kp/cm^2	mbar ($\triangleq$ 1hPa)	bar	Torr
N/mm^2	1	10^6	10,1972	10^4	10	$7{,}5 \cdot 10^3$
Pa	10^{-6}	1	$1{,}01972 \cdot 10^{-5}$	10^{-2}	10^{-5}	0,0075
kp/cm^2	$9{,}80665 \cdot 10^{-2}$	98066,5	1	$9{,}80665 \cdot 10^2$	$9{,}80665 \cdot 10^{-1}$	736
mbar	10^{-4}	10^2	$1{,}01972 \cdot 10^{-3}$	1	10^{-3}	0,75
bar	0,1	10^5	1,01972	10^3	1	750
Torr	$0{,}133 \cdot 10^{-3}$	133	$1{,}3562 \cdot 10^{-3}$	1,36	$1{,}36 \cdot 10^{-3}$	1

1.2.9 Arbeit

	J ($\triangleq$ 1 Nm)	Wh	kWh	kp m	kcal	PS h	ft lb	Btu
J	1	$0{,}278 \cdot 10^{-3}$	$0{,}278 \cdot 10^{-6}$	0,101972	$0{,}239 \cdot 10^{-3}$	$0{,}378 \cdot 10^{-6}$	0,7376	$948{,}4 \cdot 10^{-6}$
Wh	3600	1	10^{-3}	367	0,860	$1{,}36 \cdot 10^{-3}$		
kWh	$3{,}6 \cdot 10^6$	10^3	1	$3{,}67 \cdot 10^3$	860	1,36	$2{,}655 \cdot 10^6$	3413
kp m	9,80665	$2{,}73 \cdot 10^{-3}$	$2{,}73 \cdot 10^{-6}$	1	$2{,}345 \cdot 10^{-3}$	$3{,}70 \cdot 10^{-6}$	7,233	$9{,}301 \cdot 10^{-3}$
kcal	4186,8	1,16	$1{,}16 \cdot 10^{-3}$	426,9	1	$1{,}58 \cdot 10^{-3}$	$3{,}087 \cdot 10^3$	3,968
PS h	$2{,}65 \cdot 10^6$	736	0,736	$0{,}27 \cdot 10^6$	632	1		
ft lb	1,356		$376{,}8 \cdot 10^{-9}$	0,1383	$324 \cdot 10^{-6}$		1	$1{,}286 \cdot 10^{-3}$
Btu	1055		$293 \cdot 10^{-6}$	107,6	0,252		778,6	1

(Btu $\triangleq$ british thermal unit)

1.2.10 Leistung

	mW	W ($\triangleq$ 1 N m/s)	kW	MW	kp m/s	kcal/h	Btu/s	PS
mW	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	$0{,}102 \cdot 10^{-3}$	$0{,}860 \cdot 10^{-3}$	$948{,}4 \cdot 10^{-9}$	$1{,}36 \cdot 10^{-6}$
W [1)]	10^3	1	10^{-3}	10^{-6}	0,101972	0,860	$948{,}4 \cdot 10^{-6}$	$1{,}36 \cdot 10^{-3}$
kW	10^6	10^3	1	10^{-3}	101,972	860	0,9484	1,36
MW	10^9	10^6	10^3	1	$101{,}97 \cdot 10^3$	$860 \cdot 10^3$	$0{,}9484 \cdot 10^3$	$1{,}36 \cdot 10^3$
kp m/s	$9{,}806 \cdot 10^3$	9,80665	$9{,}81 \cdot 10^{-3}$	$9{,}81 \cdot 10^{-6}$	1	8,43	$9{,}296 \cdot 10^{-3}$	$13{,}3 \cdot 10^{-3}$
kcal/h	$1{,}16 \cdot 10^3$	1,16	$1{,}16 \cdot 10^{-3}$	$1{,}16 \cdot 10^{-6}$	0,119	1	$1{,}102 \cdot 10^{-3}$	$1{,}58 \cdot 10^{-3}$
Btu/s	$1055 \cdot 10^3$	$1{,}055 \cdot 10^3$	1,055	$1{,}055 \cdot 10^{-3}$	107,6	907,258	1	1,4348
PS	$736 \cdot 10^3$	736	0,736	$0{,}736 \cdot 10^{-3}$	75	632	0,697	1

(1 PS = 75 kp m/s = 735.49875 W ≠ 1 hp = 745.69987158227022 W)

1.2.11 Wärmeleitfähigkeit

	W/mK	cal/(s·m·°C)	cal/(s·cm·°C)	BTU/(h·ft·°F)	BTU in/(h·ft^2·°F)
W/mK	1	0,23885	0,00239	0,57779	6,93347
cal/(s·m·°C)	4,1868	1	0,01	2,419087	29,02905
cal/(s·cm·°C)	418,67980	100	1	241,9087	$2{,}90291 \cdot 10^3$
BTU/(h·ft·°F)	1,73074	0,41338	0,00413	1	12
BTU in/(h·ft^2·°F)	0,14423	0,03445	$3{,}44483 \cdot 10^{-4}$	0,08333	1

1.2.12 Spezifische Wärmekapazität

	J/(kg·K)	J/(g·K)	cal/(g·K)	Btu/(lb·°F)
J/(kg·K)	1	10^{-3}	$2{,}38846 \cdot 10^{-4}$	$2{,}39006 \cdot 10^{-4}$
J/(g·K)	10^3	1	0,23885	0,23901
cal/(g·K)	$4{,}1868 \cdot 10^3$	4,1868	1	1,00067
Btu/(lb·°F)	$4{,}184 \cdot 10^3$	4,184	0,99933	1

1.2.13 Wärmedurchgangskoeffizient

	W/(m^2·K)	cal/(s·cm^2·°C)	kcal/(h·m^2·°C)	Btu/(h·ft^2·°F)
W/(m^2·K)	1	$2{,}38846 \cdot 10^{-5}$	0,85985	0,17611
cal/(s·cm^2·°C)	$4{,}1868 \cdot 10^4$	1	$3{,}6 \cdot 10^4$	$7{,}37338 \cdot 10^3$
kcal/(h·m^2·°C)	1,163	$2.77778 \cdot 10^{-5}$	1	0,20482
Btu/(h·ft^2·°F)	5,67826	$1{,}35623 \cdot 10^{-4}$	4,88243	1

1.2.14 Wärmestromdichte

	W/m^2	cal/(s·cm^2)	kcal/(h·m^2)	Btu/(h·ft^2)
W/m^2	1	$2{,}38846 \cdot 10^{-5}$	0,85985	0,317
cal/(s·cm^2)	$4{,}1868 \cdot 10^4$	1	$3{,}6 \cdot 10^4$	$1{,}32721 \cdot 10^4$
kcal/(h·m^2)	1,163	$2{,}77778 \cdot 10^{-5}$	1	0,36867
Btu/(h·ft^2)	3,15459	$7{,}53461 \cdot 10^{-5}$	2,71246	1

1.3 Griechisches Alphabet

	1	2	3
1	Sprechweise	groß	klein
2	Alpha	A	α
3	Beta	B	β
4	Gamma	Γ	γ
5	Delta	Δ	δ
6	Epsilon	E	ε
7	Zeta	Z	ζ
8	Eta	H	η
9	Theta	Θ	θ
10	Iota	I	ι
11	Kappa	K	κ
12	Lambda	Λ	λ
13	My	M	μ
14	Ny	N	ν
15	Xi	Ξ	ξ
16	Omikron	O	o
17	Pi	Π	π
18	Rho	P	ρ
19	Sigma	Σ	σ
20	Tau	T	τ
21	Ypsilon	Y	υ
22	Phi	Φ	φ
23	Chi	X	χ
24	Psi	Ψ	ψ
25	Omega	Ω	ω

1.4 Vielfache und Teile der SI-Einheiten

	1	2	3	4
1	Vorsatz/Sprechweise	Kurzzeichen	Faktor	Umrechnung
2	Yoko	y	10^{-24}	0,000 000 000 000 000 000 000 001
3	Zepto	z	10^{-21}	0,000 000 000 000 000 000 001
4	Atto	a	10^{-18}	0,000 000 000 000 000 001
5	Femto	f	10^{-15}	0,000 000 000 000 001
6	Piko	p	10^{-12}	0,000 000 000 001
7	Nano	n	10^{-9}	0,000 000 001
8	Mikro	µ	10^{-6}	0,000 001
9	Milli	m	10^{-3}	0,001
10	Zenti	c	10^{-2}	0,01
11	Dezi	d	10^{-1}	0,1
12	Deka	da	10^{1}	10
13	Hekto	h	10^{2}	100
14	Kilo	k	10^{3}	1 000
15	Mega	M	10^{6}	1 000 000
16	Giga	G	10^{-9}	1 000 000 000
17	Tera	T	10^{12}	1 000 000 000 000
18	Peta	P	10^{15}	1 000 000 000 000 000
19	Exa	E	10^{18}	1 000 000 000 000 000 000
20	Zetta	Z	10^{21}	1 000 000 000 000 000 000 000
21	Yotta	Y	10^{24}	1 000 000 000 000 000 000 000 000

1.5 Modale Hilfsverben in der Normung

Verbformen zur Formulierung von Festlegungen nach DIN 820-2:

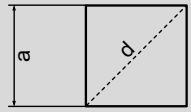
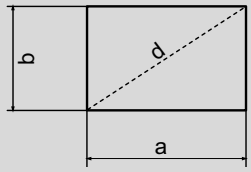
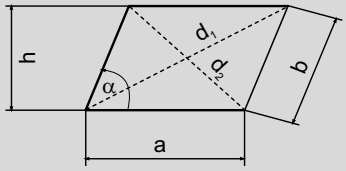
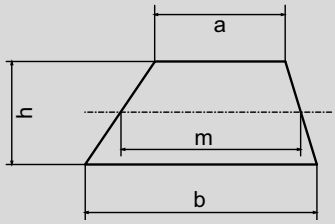
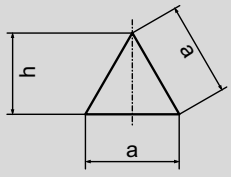
	1	2	3	4
1	Verbform	Gleichbedeutende Ausdrücke	Bedeutung	Anwendung
2	muss	ist zu / ist erforderlich / es ist erforderlich, dass / hat zu / lediglich ... zulässig / es ist notwendig	Gebot	... bei Anforderungen, die zwingend und ohne Abweichung einzuhalten sind.
3	darf nicht	es ist nicht zulässig / es ist nicht gestattet / es ist nicht erlaubt / es ist unzulässig / es ist nicht zu / es hat nicht zu	Verbot	
4	sollte	es wird empfohlen, dass / ist in der Regel	Regel, von der nur in begründeten Fällen abgewichen werden darf	..., wenn von mehreren Möglichkeiten eine besonders empfohlen wird/ vorzuziehen ist, ohne andere Möglich-keiten grundsätzlich auszuschließen.
5	sollte nicht	wird nicht empfohlen / sollte vermieden werden		..., wenn bei mehreren Möglichkeiten von einer besonders abgeraten wird, diese jedoch nicht verboten ist.
6	darf	ist zugelassen / ist zulässig / .... auch	Erlaubnis	..., um eine gemäß Norm zulässige Handlungsweise zu beschreiben.
7	braucht nicht ... zu	ist nicht erforderlich / keine ... nötig		
8	kann	vermag / es ist möglich, dass / lässt sich ...	unverbindlich	... zur Angabe von Mög-lichkeiten und Vermögen in physischem, physikali-schem oder kausalem Zusammenhang.
9	kann nicht	vermag nicht / es ist nicht möglich, dass / ... lässt sich nicht ...		

2 Berechnungshilfen

2.1 Mathematische Grundlagen

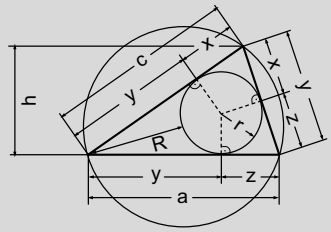
2.1.1 Geometrie

Flächenberechnung

1	2
Quadrat	
	$A = a^2$ $a = \sqrt{A}$ $d = a \cdot \sqrt{2}$
Rechteck	
	$A = a \cdot b$ $d = \sqrt{a^2 + b^2}$
Parallelogramm	
	$A = a \cdot h = a \cdot b \cdot \sin\alpha$ $d_1 = \sqrt{(a + h \cdot \cot\alpha)^2 + h^2}$ $d_2 = \sqrt{(a - h \cdot \cot\alpha)^2 + h^2}$
Trapez	
	$A = \frac{a+b}{2} \cdot h = m \cdot h$ $m = \frac{a+b}{2}$
Gleichseitiges Dreieck	
	$A = \frac{a^2}{4} \cdot \sqrt{3}$ $h = \frac{a}{2} \cdot \sqrt{3}$

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020
W. M. Willems et al., *Schallschutz: Bauakustik*, Detailwissen Bauphysik, https://doi.org/10.1007/978-3-658-28454-1_2

Allgemeines Dreieck



$$A = \frac{a \cdot h}{2} = \sqrt{s \cdot x \cdot y \cdot z} = r \cdot s$$

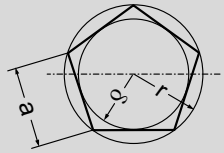
$$= \frac{1}{2} \cdot b \cdot c \cdot \sin\alpha = \frac{1}{2} \cdot a \cdot c \cdot \sin\beta = \frac{1}{2} \cdot a \cdot b \cdot \sin\gamma$$

mit :

$$s = \frac{a+b+c}{2}; \qquad r = \frac{a \cdot h}{2 \cdot s}; \qquad R = \frac{b \cdot c}{2 \cdot h}$$

$$x = s - a; \qquad y = s - b; \qquad z = s - c$$

Regelmäßiges Fünfeck

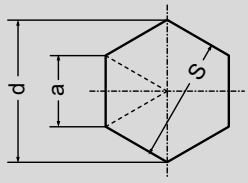


$$A = \frac{5}{8} \cdot r^2 \cdot \sqrt{10 + 2 \cdot \sqrt{5}}$$

$$a = \frac{1}{2} \cdot r \cdot \sqrt{10 - 2 \cdot \sqrt{5}}$$

$$\delta = \frac{1}{4} \cdot r \cdot \sqrt{6 + 2 \cdot \sqrt{5}}$$

Regelmäßiges Sechseck

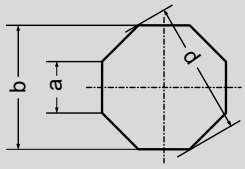


$$A = \frac{3}{2} \cdot a^2 \cdot \sqrt{3}$$

$$d = 2 \cdot a = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot s \quad \approx 1{,}155 \cdot s$$

$$s = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot d \quad \approx 0{,}866 \cdot d$$

Regelmäßiges Achteck



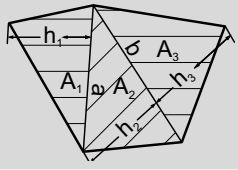
$$A = 2 \cdot a \cdot s = 2 \cdot s \cdot \sqrt{d^2 - s^2} \quad \approx 0{,}83 \cdot s^2$$

$$a = s \cdot \tan 22{,}5°$$

$$s = d \cdot \cos 22{,}5°$$

$$d = \frac{s}{\cos 22{,}5°}$$

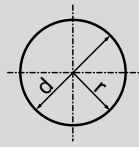
Vieleck



$$A = A_1 + A_2 + A_3$$

$$= \frac{a \cdot h_1 + b \cdot h_2 + b \cdot h_3}{2}$$

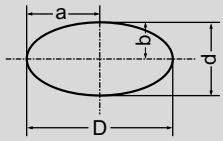
Kreis



$$A = \pi \cdot r^2 = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \approx 0{,}785 \cdot d^2$$

$$U = 2 \cdot \pi \cdot r = \pi \cdot d$$

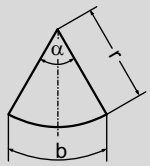
Ellipse



$$A = \frac{\pi}{4} \cdot D \cdot d = \pi \cdot a \cdot b$$

$$U \approx \frac{\pi}{2} \cdot \left[3 \cdot (a+b) - 2 \cdot \sqrt{a \cdot b} \right]$$

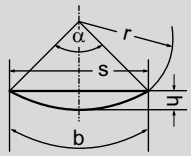
Kreisausschnitt



$$A = \frac{\alpha^\circ}{360^\circ} \cdot \pi \cdot r^2 = \frac{\alpha}{2} \cdot r^2 = \frac{b \cdot r}{2}$$

$$b = \frac{\alpha^\circ}{180^\circ} \pi \cdot r$$

Kreisabschnitt



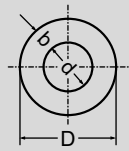
$$A = \frac{r^2}{2} \cdot \left(\pi \cdot \frac{\alpha^\circ}{180^\circ} - \sin\alpha \right) \approx \frac{h}{6 \cdot s} \cdot \left(3 \cdot h^2 + 4 \cdot s^2 \right)$$

$$s = 2 \cdot r \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \qquad \approx \sqrt{b^2 - \frac{16}{3} \cdot h^2}$$

$$r = \frac{h}{2} + \frac{s^2}{8 \cdot h}$$

$$h = r \cdot \left(1 - \cos\frac{\alpha}{2} \right) = \frac{s}{2} \cdot \tan\frac{\alpha}{4} = 2 \cdot r \cdot \sin^2\frac{\alpha}{4}$$

Kreisring



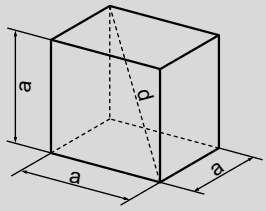
$$A = \frac{\pi}{4} \cdot \left(D^2 - d^2 \right) = \pi \cdot b \cdot (d + b)$$

$$b = \frac{D - d}{2}$$

Volumenberechnung

1	2

Würfel

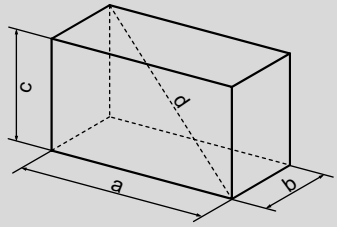


$$V = a^3$$

$$O = 6 \cdot a^2$$

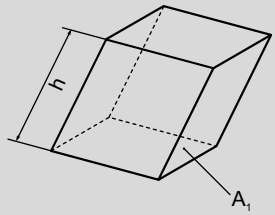
$$d = \sqrt{3} \cdot a$$

Quader



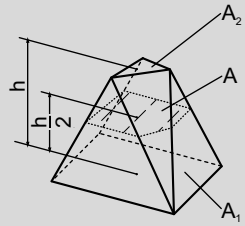
$$V = a \cdot b \cdot c$$
$$O = 2 \cdot (a \cdot b + a \cdot c + b \cdot c)$$
$$d = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$$

Schiefer Quader



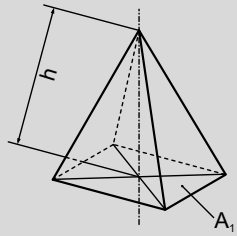
$$V = A_1 \cdot h$$

Prismatoid



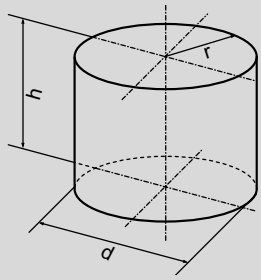
$$V = \frac{h}{6} \cdot (A_1 + 4 \cdot A + A_2)$$

Pyramide



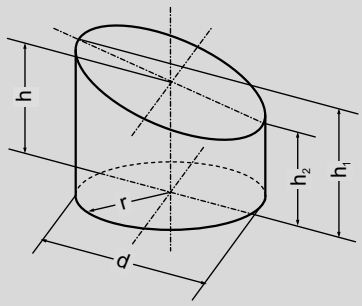
$$V = \frac{1}{3} \cdot A_1 \cdot h$$
$$O = 4 \cdot \frac{a \cdot h_s}{2} + a^2$$
$$h_s = \sqrt{h^2 + \frac{a^2}{4}}$$

Zylinder



$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h$$
$$M = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$$
$$O = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot (r + h)$$

Schief abgeschnittener Zylinder

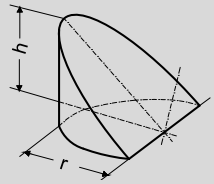


$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h$$

$$M = \pi \cdot d \cdot h$$

$$O = \pi \cdot r \cdot \left[h_1 + h_2 + r + \sqrt{r^2 + \frac{(h_1 - h_2)^2}{4}} \right]$$

Zylinderhuf (Zylinderabschnitt)

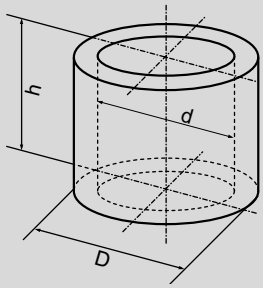


$$V = \frac{2}{3} \cdot r^2 \cdot h$$

$$M = 2 \cdot r \cdot h$$

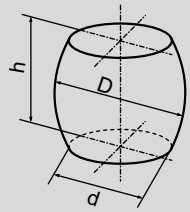
$$O = M + \frac{\pi}{2} \cdot r^2 + \frac{\pi}{2} \cdot r \cdot \sqrt{r^2 + h^2}$$

Hohlzylinder



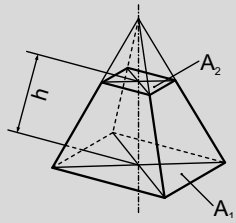
$$V = \frac{\pi}{4} \cdot h \cdot \left(D^2 - d^2 \right)$$

Fass



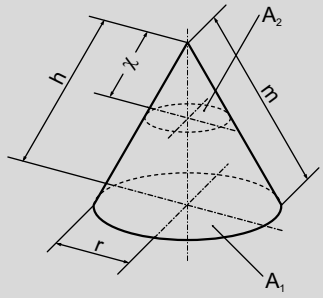
$$V \approx \frac{\pi}{12} \cdot h \cdot \left(2 \cdot D^2 + d^2 \right)$$

Pyramidenstumpf (gilt auch bei „anderseckigen“ Grundflächen)



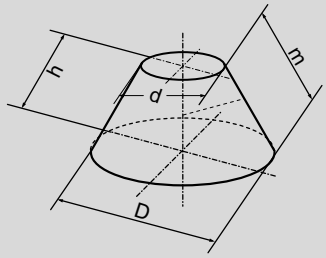
$$V = \frac{h}{3} \cdot \left(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2} \right)$$

Kegel



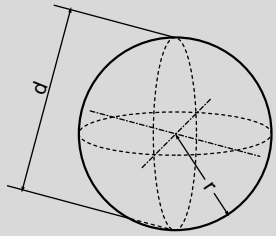
$$V = \frac{\pi}{3} \cdot r^2 \cdot h$$
$$M = \pi \cdot r \cdot m$$
$$O = \pi \cdot r \cdot (r + m)$$
$$m = \sqrt{h^2 + r^2}$$
$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{x^2}{h^2}$$

Kegelstumpf



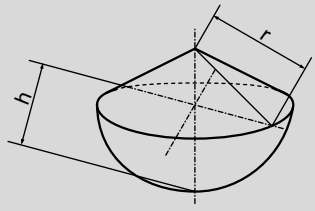
$$V = \frac{\pi}{12} \cdot h \cdot \left(D^2 + D \cdot d + d^2\right)$$
$$M = \frac{\pi}{2} \cdot m \cdot (D + d)$$
$$m = \sqrt{\left(\frac{D-d}{2}\right)^2 + h^2}$$

Kugel



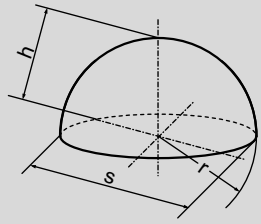
$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{1}{6} \pi \cdot d^3 \approx 4{,}189 \cdot r^3$$
$$O = 4 \cdot \pi \cdot r^2 = \pi \cdot d^2$$

Kugelausschnitt



$$V = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h$$
$$O = \pi \cdot r \cdot \left(2 \cdot h + \sqrt{h \cdot (2 \cdot r - h)}\right)$$

Kugelabschnitt



$$V = \frac{\pi}{3} \cdot h^2 \cdot (3 \cdot r - h)$$
$$M = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$$
$$O = \pi \cdot h \cdot (4 \cdot r - h)$$
$$s = 2 \cdot \sqrt{h \cdot (2 \cdot r - h)}$$

2.1.2 Rechenregeln

Potenzen

$$a^0 = 1$$

$$a^n \cdot b^n = (a \cdot b)^n$$

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$$

$$\left(a^m\right)^n = a^{m \cdot n}$$

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n}$$

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$$

$$\frac{a^n}{b^n} = \left(\frac{a}{b}\right)^n$$

$$(a+b)^2 = a^2 + 2 \cdot a \cdot b + b^2$$

$$(a-b)^2 = a^2 - 2 \cdot a \cdot b + b^2$$

$$(a+b) \cdot (a-b) = a^2 - b^2$$

$$(a+b)^3 = a^3 + 3 \cdot a^2 \cdot b + 3 \cdot a \cdot b^2 + b^3$$

$$(a-b)^3 = a^3 - 3 \cdot a^2 \cdot b + 3 \cdot a \cdot b^2 - b^3$$

Wurzeln

$$\sqrt[n]{a} = a^{\frac{1}{n}}$$

$$\sqrt[n]{a^n} = a$$

$$\sqrt[n]{a^m} = a^{\frac{m}{n}}$$

$$\sqrt[n]{a^{m \cdot n}} = a^m$$

$$\sqrt[n]{a \cdot b} = \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b}$$

$$\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}$$

$$\sqrt[n]{\frac{1}{a}} = \frac{1}{\sqrt[n]{a}} = a^{-\frac{1}{n}}$$

$$\sqrt[n]{\sqrt[m]{a}} = \sqrt[n \cdot m]{a} = \sqrt[m]{\sqrt[n]{a}}$$

Logarithmen

$\lg_e a = \ln a$

$e^{\ln a} = a$

$\lg_{10} a = \lg a$

$10^{\lg a} = a$

$\lg_b a = c \quad \Leftrightarrow b^c = a$

$\lg_b 1 = 0$

$\lg_b b = 1$

$\lg_b (c \cdot d) = \lg_b c + \lg_b d$

$\lg_b \left(\frac{c}{d}\right) = \lg_b c - \lg_b d$

$\lg_b a^n = n \cdot \lg_b a$

$\lg_a \sqrt[n]{x} = \frac{1}{n} \cdot \lg_a x = \lg_a (x^{\frac{1}{n}})$

$\lg_a \frac{1}{x} = -\lg_a x$

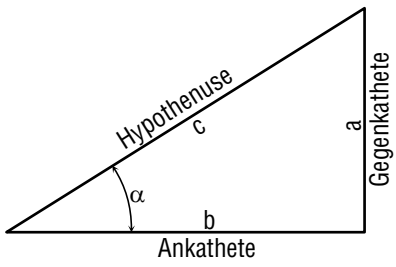
$\lg_a (x+y) = \log_a x + \lg_a \left(1 + \frac{y}{x}\right)$

$\lg_a (x-y) = \lg_a x + \lg_a \left(1 - \frac{y}{x}\right)$

Quadratische Gleichung

$x^2 + p \cdot x + q = 0 \qquad x_{1/2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} - q}$

Trigonometrie



$\sin a = \frac{Gegenkathete}{Hypotenuse} = \frac{a}{c}$

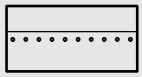
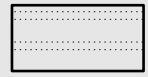
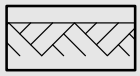
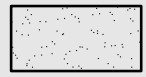
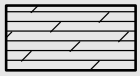
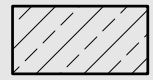
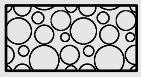
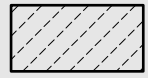
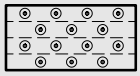
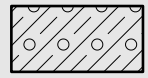
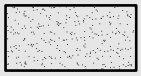
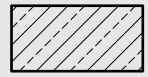
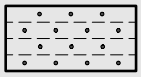
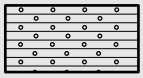
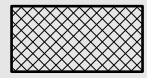
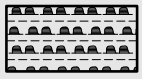
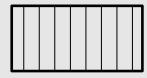
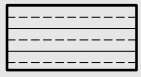
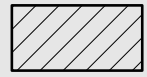
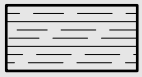
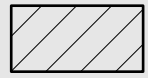
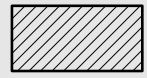
$\cos a = \frac{Ankathete}{Hypotenuse} = \frac{b}{c}$

$\tan a = \frac{Gegenkathete}{Ankathete} = \frac{a}{b}$

$\cot a = \frac{Ankathete}{Gegenkathete} = \frac{b}{a}$

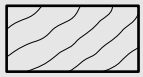
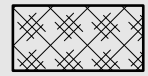
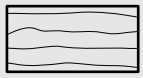
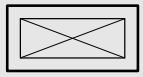
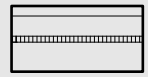
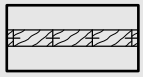
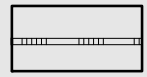
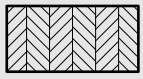
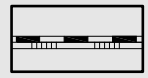
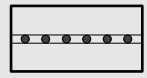
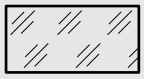
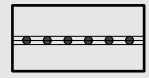
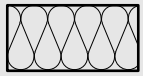
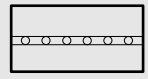
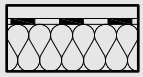
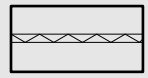
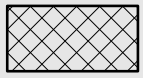
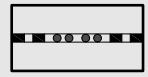
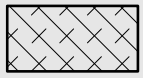
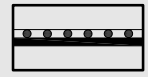
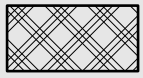
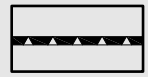
2.2 Bauschraffuren

Tabelle 2.2-1 Bauschraffuren nach DIN 1356-1 [A] und DIN ISO 128-50 [B]

	1	2	3	4	5	6
1	Darstellungsart	Material/ Bauteil	Quelle	Darstellungsart	Material/ Bauteil	Quelle
2		aufgefülltes Erdreich	[A]		Gipsplatten	[B]
3		gewachsenes Erdreich	[A]		Mörtel, Putz	[A]
4		Fels	[B]		bewehrter Beton	[A]
5		Kies	[A]		unbewehrter Beton	[A]
6		Kies	[B]		Leichtbeton	[B]
7		Sand	[A]		wasserundurch-lässiger Beton	[B]
8		Sand	[B]		Beton-Fertigteil	[A]
9		Sandstein	[B]		Dichtstoffe	[A]
10		Schluff	[B]		Mauerwerk (natürlicher Stein)	[A]
11		Ton	[B]		Mauerwerk (künstlicher Stein)	[A]
12		Torf, Humus	[B]		Mauerwerk (geringe Festigkeit)	[A]
13		Mudde	[B]		Mauerwerk (höhere Festigkeit)	[A]

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 2.2-1 Bauschraffuren nach DIN 1356-1 [A], DIN ISO 128-50 [B] und den Flachdachrichtlinien [1] (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5	6
	Darstellungsart	Material/ Bauteil	Quelle	Darstellungsart	Material/ Bauteil	Quelle
14		Holz (quer zur Faser)	[A]		Thermoplaste	[B]
15		Holz (längs zur Faser)	[A]		Voranstrich, Haftgrund	[A]
16		Holz (Querschnitt)	[A]		Kleber, Klebefilm	[A]
17		Holz (Nut und Federbretter)	[A]		teilflächige Verklebung	[1]
18		Holzwerkstoff	[B]		Bitumenbahn	[1]
19		Brettschichtholz			Dampfdruck-ausgleichsschicht	[A]
20		Stahl	[A]		Kunststoffbahn / Elastomerbahn	[1]
21		lichtdurchlässiges Material	[A]		Dampfsperre Kunststoffbahn	[1]
22		Dämmstoff (Mineralfaser)	[A]		Schutzlage Kunststoffbahn	[1]
23		Dämmstoff mit Kaschierung	[1]		Trenn- bzw. Schutzlage	[1]
24		Dämmstoffe (Hartschaum)	[B]		Fugenband	[1]
25		Gummi, Elastomere	[B]		Verbundblech	[1]
26		Duroplaste	[B]		Flüssigabdichtung	[1]

2.3 Materialtechnische Kennwerte

2.3.1 Putze, Mörtel und Estriche

Tabelle 2.3.1-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN 4108-4 und DIN EN ISO 10456

	1		2	3	4
1	Stoff		ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)	μ -
2	**Putze**				
3	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk		(1800)	1,0	15 / 35
4	Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit		(1400)	0,70	10
5	Gipsputz ohne Zuschlag		(1200)	0,51	10
6	Gipsputzmörtel nach DIN EN 13279-1		900	0,30	4/10
7			1 000	0,34	
8			1 100	0,39	
9			1 200	0,43	
10			1 300	0,47	
11			1 400	0,51	
12			1 500	0,56	
13	Leichtputz		< 1300	0,56	15 / 20
14			≤ 1000	0,38	
15			≤ 700	0,25	
16	Kunstharzputz		(1100)	0,70	50 / 200
17	**Mauermörtel**				
18	Zementmörtel		(2000)	1,6	15 / 35
19	Normalmörtel (NM)		(1800)	1,2	
20	Dünnbettmauermörtel (DM)		(1600)	1,0	
21	Leichtmauermörtel (LM) nach DIN EN 1996-1-1, DIN EN 1996-2	LM36	≤ 1000	0,36	
22		LM21	≤ 700	0,21	
23	Leichtmauermörtel		250	0,10	5 / 20
24			400	0,14	
25			700	0,25	
26			1000	0,38	
27			1500	0,69	
28	**Estriche**				
29	Gussasphaltestrich		(2300)	0,90	$s_d \geq 1500$
30	Zement-Estrich		(2000)	1,4	15 / 35
31	Calciumsulfat-Estrich (Anhydrit-Estrich)		(2100)	1,2	
32	Calciumsulfat-Fließestrich		(2100)	1,4	
33	Magnesia-Estrich		1400	0,47	
34			2300	0,70	

2.3.2 Beton-Bauteile

Tabelle 2.3.2-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN 4108-4 und DIN EN ISO 10456

	1		2	3	4
1	Stoff		ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)	μ -
2	Beton		1800	1,15	60 / 100
3			2000	1,35	
4			2200	1,65	70 / 120
5			2400	2,00	80 / 130
6	Stahlbeton	1 % Stahlanteil	2300	2,3	80 / 130
7		2 % Stahlanteil	2400	2,5	
8	Leichtbeton und Stahlleichtbeton mit geschlossenem Gefüge nach DIN EN 206 und DIN 1045-2, hergestellt unter Verwendung von Zuschlägen mit porigem Gefüge nach DIN EN 13055-1 ohne Quarzsandzusatz *(Bei Quarzsandzusatz erhöhen sich die Werte von λ um 20 %)*		800	0,39	70 / 150
9			900	0,44	
10			1000	0,49	
11			1100	0,55	
12			1200	0,62	
13			1300	0,70	
14			1400	0,79	
15			1500	0,89	
16			1600	1,0	
17			1800	1,15	
18			2000	1,35	
19	Dampfgehärteter Porenbeton nach DIN EN 12602		350	0,11	5 / 10
20			400	0,12	
21			450	0,13	
22			500	0,14	
23			550	0,16	
24			600	0,18	
25			650	0,19	
26			700	0,20	
27			750	0,21	
28			800	0,23	
29			900	0,26	
30			1000	0,29	
31	Leichtbeton mit haufwerkporigem Gefüge - mit nichtporigen Zuschlägen nach DIN EN 12620, z.B. Kies		1600	0,81	3 / 10
32			1800	1,1	
33			2000	1,3	5 / 10

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 2.3.2-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN 4108-4 und DIN EN ISO 10456 (Fortsetzung)

	1	2	3	4
	Stoff	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)	μ -
34	Leichtbeton mit haufwerkporigem Gefüge - mit porigen Zuschlägen nach DIN EN 13055-1, ohne Quarzsandzusatz *(Bei Quarzsandzusatz erhöhen sich die Werte von λ um 20 %)*	600	0,22	5 / 15
35		700	0,26	
36		800	0,28	
37		1000	0,36	
38		1200	0,46	
39		1400	0,57	
40		1600	0,75	
41		1800	0,92	
42		2000	1,20	
43	Leichtbeton mit haufwerkporigem Gefüge - ausschließlich unter Verwendung von Naturbims	400	0,12	
44		450	0,13	
45		500	0,15	5 / 15
46		600	0,18	
47		700	0,20	
48		800	0,24	
49		900	0,28	
50		1 000	0,32	
51		1 100	0,37	
52		1 200	0,41	
53		1 300	0,47	
54	Leichtbeton mit haufwerkporigem Gefüge - ausschließlich unter Verwendung von Blähton	400	0,13	5 / 15
55		450	0,15	
56		500	0,16	
57		600	0,19	
58		700	0,23	
59		800	0,27	
60		900	0,30	
61		1 000	0,35	
62		1 100	0,39	
63		1 200	0,44	
64		1 300	0,50	
65		1 400	0,55	
66		1 500	0,60	
67		1 600	0,68	
68		1 700	0,76	

2.3.3 Bauplatten

Tabelle 2.3.3-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN 4108-4

	1	2	3	4
1	Stoff	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)	μ -
2	Porenbetonbauplatten und Porenbeton-Planbauplatten, unbewehrt nach DIN 4166			
3	Porenbeton-Bauplatten (Ppl) mit normaler Fugendicke und Mauermörtel, nach DIN EN 1996-1-1, DIN EN 1996-2 verlegt	400	0,20	5 / 10
4		500	0,22	
5		600	0,24	
6		700	0,27	
7		800	0,29	
8	Porenbeton-Planbauplatten (Pppl), dünnfugig verlegt	300	0,10	5 / 10
9		350	0,11	
10		400	0,13	
11		450	0,15	
12		500	0,16	
13		550	0,18	
14		600	0,19	
15		650	0,21	
16		700	0,22	
17		750	0,24	
18		800	0,25	
19	Wandbauplatten aus Leichtbeton nach DIN 18 162	800	0,29	5 / 10
20		900	0,32	
21		1 000	0,37	
22		1 200	0,47	
23		1 400	0,58	
24	Gips-Wandbauplatten nach DIN EN 12 859	600	0,18	5 / 10
25		700	0,22	
26		800	0,26	
27		900	0,30	
28		1 000	0,34	
29		1 100	0,39	
30		1 200	0,43	
31		1 300	0,47	
32		1 400	0,51	
33		1 500	0,56	
34	Gipsplatten nach DIN 18 180 und DIN EN 520, siehe DIN EN ISO 10456	700	0,21	4 / 10
35		900	0,25	

2.3.4 Mauerwerk aus Klinkern und Ziegeln

Tabelle 2.3.4-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN 4108-4, einschließlich Mörtelfugen

	1	2	3		4
1	Stoff	ρ inkg/m³	λ in W/(m·K)		μ -
2	Mauerwerk aus Mauerziegeln nach DIN 105-100, DIN 105-5 und DIN 105-6 bzw. Mauerziegel nach DIN EN 771-1 in Verbindung mit DIN 20 000-401, einschließlich Mörtelfugen				
3	Mauerwerk aus Vollklinkern (KMz), Hochlochklinkern (KHLz) oder Keramikklinkern		NM/DM		
4		1 800	0,81		50 / 100
5		2 000	0,96		
6		2 200	1,20		
7		2 400	1,40		
8	Mauerwerk aus Vollziegeln (Mz) , Hochlochziegeln (HLz) oder Füllziegeln	1 200	0,50		5 / 10
9		1 400	0,58		
10		1 600	0,68		
11		1 800	0,81		
12		2 000	0,96		
13		2 200	1,20		
14		2 400	1,40		
15	Mauerwerk aus Hochlochziegeln (HLzA und HLzB)		LM21/LM36	NM/DM	
16		550	0,27	0,32	5 / 10
17		600	0,28	0,33	
18		650	0,30	0,35	
19		700	0,31	0,36	
20		750	0,33	0,38	
21		800	0,34	0,39	
22		850	0,36	0,41	
23		900	0,37	0,42	
24		950	0,38	0,44	
25		1 000	0,40	0,45	
26	Mauerwerk aus Hochlochziegeln (HLzW) und Wärmedämmziegeln (WDz)	550	0,19	0,22	5 / 10
27		600	0,20	0,23	
28		650	0,20	0,23	
29		700	0,21	0,24	
30		750	0,22	0,25	
31		800	0,23	0,26	
32		850	0,23	0,26	
33		900	0,24	0,27	
34		950	0,25	0,28	
35		1 000	0,26	0,29	

2.3.5 Mauerwerk aus Kalksandsteinen und Porenbeton-Plansteinen

Tabelle 2.3.5-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN 4108-4

	1	2	3	4
1	Stoff	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)	μ -
2	Mauerwerk aus Kalksandsteinen nach DIN 106 bzw. DIN EN 771-2 in Verbindung mit DIN V 20000-402	1 000	0,50	5 / 10
3		1 200	0,56	
4		1 400	0,70	
5		1 600	0,79	15 / 25
6		1 800	0,99	
7		2 000	1,1	
8		2 200	1,3	
9		2 400	1,6	
10		2 600	1,8	
11	Mauerwerk aus Porenbeton-Plansteinen (PP) nach DIN EN 771-4 in Verbindung mit DIN 20000-404	350	0,11	5 / 10
12		400	0,13	
13		450	0,15	
14		500	0,16	
15		550	0,18	
16		600	0,19	
17		650	0,21	
18		700	0,22	
19		750	0,24	
20		800	0,25	

2.3.6 Mauerwerk aus Betonsteinen

Tabelle 2.3.6-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN 4108-4

	1		2	3			4
1	Stoff		ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)			μ -
2				LM21	LM36	NM	
3	Hohlblöcke (Hbl) nach DIN V 18 151-100		450	0,20	0,21	0,24	5 / 10
4			500	0,22	0,23	0,26	
5	Gruppe 1[1)]		550	0,23	0,24	0,27	
6	Steinbreite in cm	Anzahl der Kammerreihen	600	0,24	0,25	0,29	
7	17,5	2	650	0,26	0,27	0,30	
8	20	2	700	0,28	0,29	0,32	
9	24	2-4	800	0,31	0,32	0,35	
10	30	3-5	900	0,34	0,36	0,39	
11	36,5	4-6	1 000			0,45	
12	42,5	6	1 200			0,53	
13	49	6	1 400			0,65	
14			1 600			0,74	
15	Hohlblöcke (Hbl) nach DIN V 18 151-100		450	0,22	0,23	0,28	5 / 10
16	und Hohlwandplatten nach DIN 18 148		500	0,24	0,25	0,30	
17	Gruppe 2		550	0,26	0,27	0,31	
18	Steinbreite in cm	Anzahl der Kammerreihen	600	0,27	0,28	0,32	
19	11,5	1	650	0,29	0,30	0,34	
20	15	1	700	0,30	0,32	0,36	
21	17,5	1	800	0,34	0,36	0,41	
22	30	2	900	0,37	0,40	0,46	
23	36,5	3	1 000			≤ 0,50	
24	42,5	5	1 200			≤ 0,56	
25	49	5	1 400			≤ 0,70	
26			1 600			0,76	
27	Vollblöcke (Vbl S-W) nach DIN V 18 152-100		450	0,14	0,16	0,18	5 / 10
28			500	0,15	0,17	0,20	
29			550	0,16	0,18	0,21	
30			600	0,17	0,19	0,22	
31			650	0,18	0,20	0,23	
32			700	0,19	0,21	0,25	
33			800	0,21	0,23	0,27	
34			900	0,25	0,26	0,30	
35			1 000	0,28	0,29	0,32	

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 2.3.6-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN 4108-4 (Fortsetzung)

	1	2	3			4
	Stoff	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)			μ -
			LM21	LM36	NM	
36	Vollblöcke (Vbl) und Vollblöcke mit Schlitzen (Vbl S) nach DIN V 18 152-100 aus Leichtbeton mit anderen leichten Zuschlägen als Naturbims und Blähton	450	0,22	0,23	0,28	5 / 10
37		500	0,23	0,24	0,29	
38		550	0,24	0,25	0,30	
39		600	0,25	0,26	0,31	
40		650	0,26	0,27	0,32	
41		700	0,27	0,28	0,33	
42		800	0,29	0,30	0,36	
43		900	0,32	0,32	0,39	
44		1000	0,34	0,35	0,42	
45		1200			0,49	
46		1400			0,57	
47		1600			0,62	10 / 15
48		1800			0,68	
49		2000			0,74	
50	Vollsteine (V) nach DIN V 18 152-100	450	0,21	0,22	0,31	5 / 10
51		500	0,22	0,23	0,32	
52		550	0,23	0,25	0,33	
53		600	0,24	0,26	0,34	
54		650	0,25	0,27	0,35	
55		700	0,27	0,29	0,37	
56		800	0,30	0,32	0,40	
57		900	0,33	0,35	0,43	
58		1000	0,36	0,38	0,46	
59		1200			0,54	
60		1400			0,63	
61		1600			0,74	10 / 15
62		1800			0,87	
63		2000			0,99	

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 2.3.6-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN 4108-4 (Fortsetzung)

	1	2	3	4
	Stoff	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)	μ -
62	Mauersteine nach DIN V 18153-100 aus Beton bzw. nach DIN EN 771-3 in Verbindung mit DIN V 20000-403	800	0,60	5 / 15
63		900	0,65	
64		1000	0,70	
65		1200	0,80	
66		1400	0,90	20 / 30
67		1600	1,0	
68		1800	1,1	
69		2000	1,3	
70		2200	1,6	
71		2400	2,0	

[1] Bei Quarzsand erhöhen sich die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit um 20 %.
Die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit sind bei Hohlblöcken mit Quarzsandzusatz für 2-Kammer-Hbl um 20 % und für 3-Kammer-Hbl bis 6-Kammer-Hbl um 15 % zu erhöhen.

2.3.7 Holz und Holzwerkstoffe

Tabelle 2.3.7-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN EN ISO 10456

	1	2	3	4	5
	Stoff	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)	c_p J/(kg·K)	μ -
1	Konstruktions- /Nutzholz	450	0,12	1 600	20 / 50
2		500	0,13		
3		700	0,18		50 / 200
4	Sperrholz	300	0,09	1 600	50 / 150
5		500	0,13		70 / 200
6		700	0,17		90 / 220
7		1 000	0,24		110 / 250
8	Zementgebundene Spanplatte	1200	0,23	1 500	30 / 50
9	Spanplatte	300	0,10	1 700	10 / 50
10		600	0,14		15 / 50
11		900	0,18		20 / 50
12	OSB-Platten	650	0,13	1 700	30 / 50
13	Holzfaserplatte einschließlich MDF	250	0,07	1 700	2 / 5
14		400	0,10		5 / 10
15		600	0,14		12 / 10
16		800	0,18		20 / 10

2.3.8 Wärmedämmstoffe

Tabelle 2.3.8-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN 4108-4 und DIN EN ISO 10456

	1	2	3		4
1	Stoff	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)		μ -
2			Nennwert	Bemessungs-wert	
3	Mineralwolle (MW) nach DIN EN 13162 [1)]	10 bis 200	0,030	0,031	1
4			0,031	0,032	
5			…	…	
6			0,049	0,050	
7			0,050	0,052	
8	Expandierter Polystyrolschaum (EPS) nach DIN EN 13163 [1)]	10 bis 50	0,030	0,031	20 /100
9			0,031	0,032	
10			…	…	
11			0,049	0,050	
12			0,050	0,052	
13	Extrudierter Polystyrolschaum (XPS) nach DIN EN 13164 [1)]	20 bis 65	0,022	0,023	80 / 250
14			0,023	0,024	
15			…	…	
16			0,045	0,046	
17	Polyurethan-Hartschaum (PUR) nach DIN EN 13165 [1)]	28 bis 55	0,020	0,021	40 / 200
18			0,021	0,022	
19			…	…	
20			0,044	0,041	
21	Phenolharz-Hartschaum (PF) nach DIN EN 13166 [1)]	20 bis 50	0,020	0,021	10 / 60
22			0,021	0,022	
23			…	…	
24			0,035	0,036	
25	Schaumglas (CG) nach DIN EN 13167 [1)]	100 bis 150	0,037	0,038	∞
26			0,038	0,039	
27			…	…	
28			0,049	0,050	
29			0,050	0,052	
30			…	…	
31			0,055	0,057	

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 2.3.8-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN 4108-4 und DIN EN ISO 10456 (Fortsetzung)

	1	2	3		4
	Stoff	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)		μ -
			Nennwert	Bemessungs-wert	
32	Blähperlit (EPB) nach DIN EN 13169 [1)]	30 bis 150 (Schüttung)	0,045	0,046	5
33			0,046	0,047	
34			…	…	
35			0,049	0,050	
36			0,050	0,052	
37			…	…	
38			0,079	0,072	
39	Expandierter Kork (ICB) nach DIN EN 13170 [2)]	90 bis 140	0,038	0,040	5 / 10
40			0,039	0,041	
41			…	…	
42			0,049	0,051	
43			0,050	0,053	
44			…	…	
45			0,055	0,058	
46	Holzwolle-Leichtbauplatten (WW) nach DIN EN 13168 [2)]	60 bis 300	0,060	0,063	2 / 5
47			0,061	0,064	
48			…	…	
49			0,069	0,072	
50			0,079	0,074	
51			…	…	
52			0,089	0,093	
53			0,090	0,095	
54			…	…	
55			0,100	0,105	

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 2.3.8-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN 4108-4 und DIN EN ISO 10456 (Fortsetzung)

	1	2	3		4
	Stoff	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)		μ -
			Nennwert	Bemessungswert	
61	Holzwolle-Mehrschichtplatten nach DIN EN 13168 (WW-C) *Hinweis:* Für die Berechnung des Bemessungswertes des Wärmedurchlasswiderstandes müssen die einzelnen Bemessungswerte der Wärmedurchlasswiderstände der Schichten addiert werden				
62	mit expandiertem Polystyrolschaum (EPS) nach DIN EN 13163 [1]		0,030	0,031	20 / 50
63			0,031	0,032	
64			…	…	
65			0,049	0,050	
66			0,050	0,052	
67	mit Mineralwolle (MW) nach DIN EN 13162 [1]		0,030	0,031	1
68			0,031	0,032	
69			…	…	
70			0,049	0,050	
71			0,050	0,052	
72	Holzwolledeckschicht(en) nach DIN EN 13168 [4]		0,10	0,12	2 / 5
73			0,11	0,13	
74			0,12	0,14	
75			0,13	0,16	
76			0,14	0,17	
77	Holzfaserdämmstoff (WF) nach DIN EN 13171 [2]	150 - 250 (Platten)	0,032	0,034	3 / 5
78			0,033	0,035	
79			…	…	
80			0,049	0,051	
81			0,050	0,053	
82			…	…	
83			0,060	0,063	
84	Wärmedämmputz nach DIN EN 998-1				
85	Kategorie T1	(≥ 200)	…	0,12	5 / 20
86	T2		...	0,24	

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 2.3.8-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN 4108-4 und DIN EN ISO 10 456 (Fortsetzung)

	1	2	3		4
	Stoff	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)		μ -
			Nennwert	Bemessungswert	
87	Wärmedämmstoff aus Polyurethan (PUR)- und Polyisocyanurat (PIR)-Spritzschaum nach DIN EN 14315-1 [3)]		0,020	0,023	--
88			0,021	0,024	
89			…	…	
90			0,034	0,037	
91			0,035	0,039	
92			…	…	
93			0,040	0,044	
94	Wärmedämmung aus Produkten mit expandiertem Perlite (EP) nach DIN EN 14316-1 [1)]		0,040	0,041	--
95			0,041	0,042	
96			…	…	
97			0,049	0,050	
98			0,050	0,052	
99			…	…	
100			0,060	0,062	
101	Selbsttragende Sandwich-Elemente mit beidseitigen Metalldeckschichten nach DIN EN 14509 [1), 6)]		0,020	0,021	--
102			0,021	0,022	
103			…	…	
104			0,047	0,048	
105	An der Verwendungsstelle hergestellte Wärmedämmung aus Blähton-Leichtzuschlagstoffen (LWA) nach DIN EN 14063-1 [2)]		0,090	0,095	--
106			0,091	0,096	
107			…	…	
108			0,095	0,10	
109			…	…	
110			0,10	0,105	
111			0,11	0,12	
112			…	…	
113			0,13	0,14	

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 2.3.8-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN 4108-4 und DIN EN ISO 10 456 (Fortsetzung)

	1	2	3		4
	Stoff	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)		μ -
			Nennwert	Bemessungs-wert	
114	An der Verwendungsstelle hergestellte Wärmedämmung mit Produkten aus expandiertem Vermiculit (EV) nach DIN EN 14317-1 [4)]		0,052	0,062	--
115			0,053	0,064	
116			…	…	
117			0,057	0,068	
118			0,058	0,070	
119			…	…	
120			0,062	0,074	
121			0,063	0,076	
122			…	…	
123			0,067	0,080	
124			0,068	0,082	
125			…	…	
126			0,072	0,086	
127			0,073	0,088	
128			…	…	
129			0,077	0,092	
130			0,078	0,094	
131			0,079	0,095	
132			0,080	0,096	
133	An der Verwendungsstelle hergestellte Wärmedämmung aus Mineralwolle (MW) nach DIN EN 14064-1 [1)]		0,032	0,033	--
134			0,033	0,034	
135			…	…	
136			0,049	0,050	
137			0,050	0,052	
138	Werkmäßig hergestellte Produkte aus Polyethylenschaum (PEF) nach DIN EN 16069 [4)]		0,035	0,042	--
139			0,036	0,043	
140			0,037	0,044	
141			0,038	0,046	
142			…	…	

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 2.3.8-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN 4108-4 und DIN EN ISO 10 456 (Fortsetzung)

	1	2	3		4
	Stoff	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)		μ -
			Nennwert	Bemessungs-wert	
143	Werkmäßig hergestellte Produkte aus Polyethylenschaum (PEF) nach DIN EN 16069 [4)]		0,042	0,050	--
144			0,043	0,052	
145			…	…	
146			0,047	0,050	
147			0,048	0,052	
148			…	…	
149			0,052	0,062	
150			0,053	0,064	
151			…	…	
152			0,057	0,068	
153			0,058	0,070	
154			0,059	0,071	
155			0,060	0,072	
156	An der Verwendungsstelle hergestellter Wärmedämmstoff aus dispensiertem Polyurethan (PUR)- und Polyisocyanurat (PIR)-Hartschaum nach DIN EN 14318-1 [3)]		0,020	0,023	--
157			0,021	0,024	
158			…	…	
159			0,034	0,037	
160			0,035	0,039	
161			…	…	
162			0,040	0,044	

1) $\lambda_{Bemessung} = \lambda_D \cdot 1{,}03$; aber mindestens ein Zuschlag von 1 mW/(m·K)

2) $\lambda_{Bemessung} = \lambda_D \cdot 1{,}05$; aber mindestens ein Zuschlag von 2 mW/(m·K)

3) $\lambda_{Bemessung} = \lambda_D \cdot 1{,}10$; aber mindestens ein Zuschlag von 3 mW/(m·K)

4) $\lambda_{Bemessung} = \lambda_D \cdot 1{,}20$

5) $\lambda_{Bemessung} = \lambda_D \cdot 1{,}23$

6) Die Anforderungen nach Fußnote 1) sind übertragbar auf den bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten $U_{Bemessung} = U_D \cdot 1{,}03$

2.3.9 Fußbodenbeläge, Abdichtstoffe

Tabelle 2.3.9-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN 4108-4 und DIN EN ISO 10456

	1	2	3	4	5
1	Stoff	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)	c_P J/(kg·K)	μ -
2	**Fußbodenbeläge**				
3	Gummi	1 200	0,17	1 400	10 000
4	Kunststoff	1 700	0,25	1 400	10 000
5	Unterlagen, poröser Gummi oder Kunststoff	270	0,10	1 400	10 000
6	Filzunterlage	120	0,05	1 300	15 / 20
7	Wollunterlage	200	0,06	1 300	15 / 20
8	Korkunterlage	< 200	0,05	1 500	10 / 20
9	Korkfliesen	> 400	0,065	1 500	20 / 40
10	Teppich / Teppichböden	200	0,06	1 300	5
11	Linoleum	1 200	0,17	1 400	800 / 1000
12	Keramik / Porzellan	2 300	1,3	840	∞
13	**Dichtungsstoffe, Dichtungen und wärmetechnische Trennungen**				
14	Silicagel (Trockenmittel)	720	0,13	1 000	∞
15	Silicon ohne Füllstoff	1 200	0,35	1 000	5 000
16	Silicon mit Füllstoffen	1 450	0,50	1 000	5 000
17	Siliconschaum	750	0,12	1 000	10 000
18	Urethan/Polyurethanschaum (als wärmet. Trennung)	1 300	0,21	1 800	60
19	Weichpolyvinylchlorid PVC-P mit 40% Weichmacher	1 200	0,14	1 000	100 000
20	Elastomerschaum, flexibel	60 - 80	0,05	1 500	10 000
21	Polyurethanschaum (PU)	70	0,05	1 500	60
22	Polyethylenschaum	70	0,05	2 300	100
23	Asphaltmastix, Dicke ≥ 7 mm	(2 000)	0,70	1 000	∞
24	Bitumen als Stoff	1050	0,70	1 000	50 000

2.3.10 Gummi, massive Kunststoffe

Tabelle 2.3.10-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN EN ISO 10456

	1	2	3	4	5
1	Stoff	ρ in kg/m³	λ_B in W/(m·K)	c_P J/(kg·K)	μ -
2	**Gummi**				
3	Naturkautschuk	910	0,13	1 100	10 000
4	Neopren (Plychloroplen)	1 240	0,23	2 140	10 000
5	Butylkautschuk (Isobuthylenkautschuk), hart/heiß geschmolzen	1 200	0,24	1 400	200 000
6	Schaumgummi	60 bis 80	0,06	1 500	7 000
7	Hartgummi (Ebonit), hart	1 200	0,17	1 400	∞
8	Ethylen-Propylenedien, Monomer (EPDM)	1 150	0,25	1 000	6 000
9	Polyisobuthylenkautschuk	930	0,20	1 100	10 000
10	Polysulfid	1 700	0,40	1 000	10 000
11	Butadien	980	0,25	1 000	100 000
12	**Massive Kunststoffe**				
13	Acrylkunststoffe	1 050	0,20	1 500	10 000
14	Polykarbonate	1 200	0,20	1 200	5 000
15	Polytetrafluorethylenkunststoffe (PTFE)	2 200	0,25	1 000	10 000
16	Polyvinylchlorid (PVC)	1 390	0,17	900	50 000
17	Polymethylmethakrylat (PMMA)	1 180	0,18	1 500	50 000
18	Polyazetatkunststoffe	1 410	0,30	1 400	100 000
19	Polyamid (Nylon)	1 150	0,25	1 600	50 000
20	Polyamid 6.6 mit 25 % Glasfasern	1450	0,30	1 600	50 000
21	Polyethylen (hohe Rohdichte)	980	0,50	1 800	100 000
22	Polyethylen (niedrige Rohdichte)	920	0,33	2 200	100 000
23	Polystyrol	1050	0,16	1 300	100 000
24	Polypropylen	910	0,22	1 800	10 000
25	Polypropylen mit 25 % Glasfasern	1 200	0,25	1 800	10 000
26	Polyurethan (PU)	1 200	0,25	1 800	6 000
27	Epoxiharz	1 200	0,20	1 400	10 000
28	Phenolharz	1 300	0,30	1 700	100 000
29	Polyesterharz	1 400	0,19	1 200	10 000

2.3.11 Dachbahnen, Folien

Tabelle 2.3.11-1 Rohdichteρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN 4108-4 und DIN EN ISO 10456

	1	2	3	4	5
1	Stoff	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)	c_P J/(kg·K)	μ -
2	**Dachbahnen**				
3	Bitumendachbahn nach DIN EN 13707	(1 200)	0,17	1 000	20 000
4	nackte Bitumenbahnen nach DIN 52129	(1 200)	0,17	1 000	2 000 / 20 000
5	**Folien**				
6	PTFE-Folien, $d \geq 0{,}05$ mm	-	-	-	10 000
7	PA-Folien, $d \geq 0{,}05$ mm	-	-	-	50 000
8	PP-Folien, $d \geq 0{,}05$ mm	-	-	-	1 000
9	Feuchtevariable Schichten nach DIN EN 13984	-	-	-	1)

1) Der μ-Wert stellt sich entsprechend der tatsächlich vorliegenden relativen Luftfeuchte variabel ein.

Tabelle 2.3.11-2 Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d nach DIN EN ISO 10456 für Folien

	1	2	3	4
1	Stoff	s_d in m	Stoff	s_d in m
2	PE-Folie, d = 0,15 mm	50	Beschichtungsstoff	0,1
3	PE-Folie, d = 0,25 mm	100	Glanzlack	3
4	PE-Folie (gestapelt), d = 0,15 mm	8	Vinyltapete	2
5	Polyesterfolie, d = 0,2 mm	50	PVC-Folie	30
6	Aluminiumverbundfolie, d = 0,4 mm	10	Aluminiumfolie, d = 0,05 mm	1 500
7	Unterdeck- und Unterspannbahn für Wände	0,2	Bituminiertes Papier, d = 0,1 mm	2

2.3.12 Gesteine, Lehmbaustoffe

Tabelle 2.3.12-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN EN ISO 10456

	1	2	3	4	5
1	Stoff	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)	c_P J/(kg·K)	μ -
2	**Natursteine**				
3	Kristalliner Naturstein	2 800	3,5		10 000
4	Sedient-Naturstein	2 600	2,3		200 / 250
5	leichter Sediment-Naturstein	1 500	0,85		20 / 30
6	poröses Gestein, z.B. Lava	1 600	0,55		15 / 20
7	Basalt	2 700 - 3 000	3,5		10 000
8	Gneis	2 400 - 2 700	3,5		10 000
9	Granit	2 500 - 2 700	2,8		10 000
10	Marmor	2 800	3,5		10 000
11	Schiefer	2 000 - 2 800	2,2	1 000	800 / 1000
12	Kalkstein extra weich	1 600	0,85		20 / 30
13	Kalkstein weich	1 800	1,1		25 / 40
14	Kalkstein mittelhart	2 000	1,4		40 / 50
15	Kalkstein hart	2 200	1,7		150 / 200
16	Kalkstein extra hart	2 600	2,3		200 / 250
17	Sandstein (Quarzit)	2 600	2,3		30 / 40
18	Naturbims	400	0,12		6 / 8
19	Kunststein	1 750	1,3		40 / 50
20	**Lehmbaustoffe**				
19		500	0,14		
20		600	0,17		
21		700	0,21		
22		800	0,25		
23		900	0,30		
24	Lehmbaustoffe	1 000	0,35	1 000	5 / 10
25		1 200	0,47		
26		1 400	0,59		
27		1 600	0,73		
28		1 800	0,91		
29		2 000	1,1		

2.3.13 Glas

Tabelle 2.3.13-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN EN ISO 10456

	1	2	3	4	5
1	Stoff	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)	c_P J/(kg·K)	μ -
2	**Glas**				
3	Natronglas (incl. Floatglas)	2 500	1,00	750	∞
4	Quarzglas	2 200	1,40		∞
5	Glasmosaik	2 000	1,2		∞

2.3.14 Böden

Tabelle 2.314-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ

	1	2	3	4	
1	Stoff	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)	μ -	Quelle
2	**Böden**				
3	Kies, trocken	1800 bis 2200	0,4	k.A.	VDI 4640 Blatt 1
4	Kies, wassergesättigt	1900 bis 2300	1,8	k.A.	VDI 4640 Blatt 1
5	Sand oder Kies	1700 bis 2200	2,0	50	DIN EN ISO 10456
6	Sand, trocken	1800 bis 2200	0,40 0,70	k.A.	VDI 4640 Blatt 1 [2]
7	Sand, feucht	1900 bis 2200	1,4	k.A.	VDI 4640 Blatt 1
8	Sand oder Kies	k.A.	2,0	k.A.	DIN EN ISO 13370
9	Sand, wassergesättigt	1900 bis 2300	2,4	k.A.	VDI 4640 Blatt 1
10	Ton oder Schlick oder Schlamm	1200 bis 1800	1,5	50	DIN EN ISO 10456
11	Torf, Weichbraunkohle	500 bis 1100	0,4	k.A.	VDI 4640 Blatt 1
12	Lehm, feucht	k.A.	1,45	k.A.	[2]
13	Lehm, gesättigt	k.A.	2,9	k.A.	[2]
14	Ton/Schluff, trocken	1800 bis 2000	0,5	k.A.	VDI 4640 Blatt 1
15	Ton/Schluff, wassergesättigt	2000 bis 2200	1,7	k.A.	VDI 4640 Blatt 1
16	Ton oder Schluff	k.A.	1,5	k.A.	DIN EN ISO 13370
17	homogener Fels	k.A.	3,5	k.A.	DIN EN ISO 13370
18	Geschiebemergel/-lehm	1800 bis 2300	2,4	k.A.	VDI 4640 Blatt 1

2.3.15 Dachziegelsteine und Platten

Tabelle 2.3.15-1 Kennwerte nach DIN EN ISO 10456

	1	2	3	4	5
1	Stoff	c_p in J/kg·K	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)	μ -
2	**Dachziegelsteine**				
3	Ton	800	2 000	1,0	30 / 40
4	Beton	1 000	2 100	1,5	60 / 100
5	**Platten**				
6	Keramik/Porzelan	840	2 300	1,3	∞
7	Kunststoff	1 000	1 000	0,20	10 000

2.3.16 Lose Schüttungen

Tabelle 2.3.16-1 Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN 4108-4

	1	2	3	4
1	Stoff	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)	μ -
2	Lose Schüttungen, abgedeckt, aus porigen Stoffen			
3	Blähperlit	(≤ 100)	0,060	3
4	Blähglimmer	(≤ 100)	0,070	
5	Korkschrot, expandiert	(≤ 200)	0,055	
6	Hüttenbims	(≤ 600)	0,13	
7	Blähton, Blähschiefer	(≤ 400)	0,16	
8	Bimskies	(≤ 1 000)	0,19	
9	Schaumlava	(≤ 1 200)	0,22	
10		(≤ 1 500)	0,27	
11	Lose Schüttungen aus Polystyrolschaumstoff-Partikeln	(15)	0,050	3
12	Lose Schüttungen aus Sand, Kies, Splitt (trocken)	(1 800)	0,70	3

2.3.17 Metalle

Tabelle 2.3.17-1 Spezifische Wärmekapazität c_p, Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN EN ISO 10456

	1	2	3	4	5
1	Stoff	c_p in J/kg·K	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)	μ -
2	**Metalle**				
3	Aluminium-Legierungen	880	2 800	160	∞
4	Bronze	380	8 700	65	
5	Messing	380	8 400	120	
6	Kupfer	380	8 900	380	
7	Gusseisen	450	7 500	50	
8	Blei	130	11 300	35	
9	Stahl	450	7 800	50	
10	nichtrostender Stahl, austenitisch oder austenitisch-ferritisch	500	7 900	17	
11	nichtrostender Stahl, ferritisch oder martensitisch	460	7 900	30	
12	Zink	380	7 200	110	

2.3.18 Wasser, Eis, Schnee

Tabelle 2.3.18-1 Spezifische Wärmekapazität c_p, Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ nach DIN EN ISO 10456

	1	2	3	4
1	Stoff	c_p in J/kg·K	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)
2	Wasser, Eis, Schnee			
3	Wasser bei 10°C	4 190	1 000	0,60
4	Wasser bei 40 °C	4 190	990	0,63
5	Wasser bei 80 °C	4 190	970	0,67
6	Eis bei -10 °C	2 000	920	2,30
7	Eis bei 0 °C	2 000	900	2,20
8	Schnee, frisch gefallen (< 30 mm)	2 000	100	0,05
9	Neuschnee, weich (30 bis 70 mm)	2 000	200	0,12
10	Schnee, leicht verharscht (70 bis 100 mm)	2 000	300	0,23
11	Schnee, verharscht (< 200 mm)	2 000	500	0,60

2.3.19 Gase

Tabelle 2.3.19-1 Spezifische Wärmekapazität c_p, Rohdichte ρ, Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ und Richtwert der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ nach DIN EN ISO 10456

	1	2	3	4	5
1	Stoff	c_p in J/kg·K	ρ in kg/m³	λ in W/(m·K)	μ -
2	Gase				
3	trockene Luft	1 008	1,23	0,025	1
4	Kohlendioxid	820	1,95	0,014	
5	Argon	519	1,70	0,017	
6	Schwefelhexafluorid	614	6,36	0,013	
7	Krypton	245	3,56	0,0090	
8	Xenon	160	5,68	0,0054	

3 Physikalische Grundlagen

3.1 Kenngrößen für den Außenlärm

3.1.1 Schallschwingungen

Prinzipdarstellung

Allgemein versteht man unter dem Begriff des Schalls die mechanische Schwingung eines elastischen Mediums, das sich in einem beliebigen Aggregatzustand (fest, flüssig, gasförmig) befinden kann, wobei sich die Frequenz der Schwingungen in einer für den Menschen wahrnehmbaren Größenordnung bewegt. Eine mechanische Schwingung wiederum ist definiert als eine zeitlich periodische Zustandsänderung, die auftritt, wenn bei der Störung des mechanischen Gleichgewichtes Kräfte wirksam werden, die dieses Gleichgewicht wiederherzustellen versuchen.

Die Darstellungen in Bild 3.1.1-1 verdeutlichen das Funktionsprinzip einer ebenen harmonischen Longitudinalwelle in einem elastischen Medium zu einem bestimmten Zeitpunkt $t = t_1$: Infolge einer äußeren Anregung stellen sich elastische Verdichtungen und Verdünnungen in diesem Medium ein; die Dichte des Materials ist also ortsveränderlich. Die Geschwindigkeit, mit der sich diese Teilchenschwingungen im Medium ausbreiten (durch elastische Kopplung der einzelnen Teilchen werden diese in Form einer Kettenreaktion mit einer entsprechenden zeitlichen Verzögerung ebenfalls in Schwingungen versetzt), wird als Schallgeschwindigkeit c in m/s bezeichnet, die jeweils eine für das entsprechende Medium kennzeichnende Größenordnung aufweist, vgl. Tabelle 3.1.2-1.

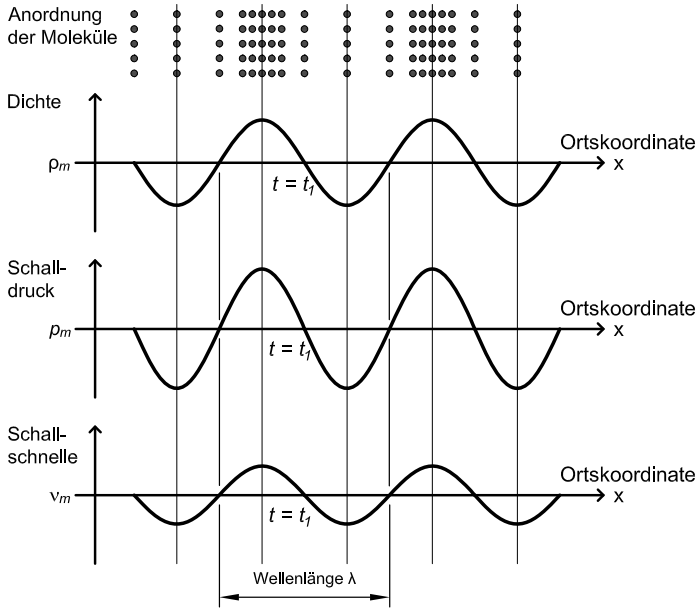


Bild 3.1.1-1 Darstellung einer ebenen harmonischen Welle zum Zeitpunkt $t = t_1$

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020
W. M. Willems et al., *Schallschutz: Bauakustik*, Detailwissen Bauphysik, https://doi.org/10.1007/978-3-658-28454-1_3

Die Geschwindigkeit, mit der sich die Teilchen des elastischen Mediums um ihren Ruhepunkt bewegen, wird als Schallschnelle v in m/s bezeichnet. Nur bei der Ausbreitung einer ebenen harmonischen Welle verlaufen Schalldruck p und Schallschnelle v – wie im Bild dargestellt – phasengleich; im Allgemeinen tritt zwischen beiden Größen eine Phasenverschiebung auf.

Für eine ausführliche (auch mathematische) Beschreibung sei hier beispielsweise auf [3], [4], [5] verwiesen.

effektiver Schalldruck

Bild 3.1.1-2 zeigt in einer Prinzipskizze den zeitlichen Verlauf einer harmonischen Schwingung im Medium Luft als Wechseldruck um den atmosphärischen Luftdruck mit Kennzeichnung der zentralen Begriffe.

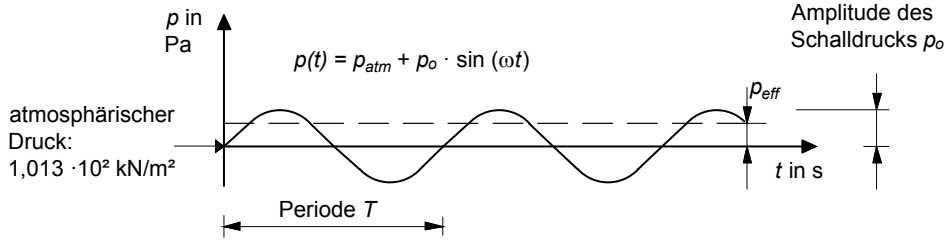


Bild 3.1.1-2 Darstellung der zeitabhängigen Überlagerung von atmosphärischem Druck (p_{atm} = 1,013 · 10^2 kN/m^2) und Schalldruck $p(t)$ mit Angabe der Periodendauer T, der Schalldruckamplitude p_0 und dem effektiven Schalldruck p_{eff}

Der effektive Schalldruck p_{eff} berechnet sich dann zu:

$$p_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T \left[p_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \right]^2 \mathrm{d}t} \qquad \text{mit} \quad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f \tag{3.1.1-1}$$

Darin sind:

p_{eff}	effektiver Schalldruck in Pa
T	Periodendauer in s
p_0	Schalldruckamplitude in Pa
ω	Kreisfrequenz in rad/s
f	Frequenz in Hz
t	Zeit in s

Frequenz

Das Frequenzspektrum wird in unterschiedliche Bereiche eingeteilt. Für die Bauakustik (= baulicher Schallschutz) wird der sogenannte „bauakustisch relevante Bereich“ als Frequenzintervall von 100 bis 3150 Hz definiert. Es kann unter Umständen jedoch – insbesondere bei hohen Anforderungen und/oder niedrigem Grundgeräuschpegeln – zielführend sein kann, dieses Intervall zu vergrößern; üblicherweise in Richtung der tieferen Frequenzen.

Für die Raumakustik liegt das Frequenzintervall im Bereich von 63 bis 8000 Hz, auch hier ist eine Ausdehnung des zu betrachtenden Bereichs unter Umständen sinnvoll.

Die Frequenz f eines Tones wird definiert als Anzahl der Schwingungen pro Sekunde, mithin also als Kehrwert ihrer Periode, und wird in Hertz angegeben.

$$f = \frac{1}{T} \tag{3.1.1-2}$$

Darin sind:

f Frequenz in Hz

T Periode in s

Ein reiner **Ton** wird durch eine einzige Frequenz beschrieben, vgl. Bild 3.1.1-3 oben. In der Natur kommt ein reiner Ton jedoch kaum vor.

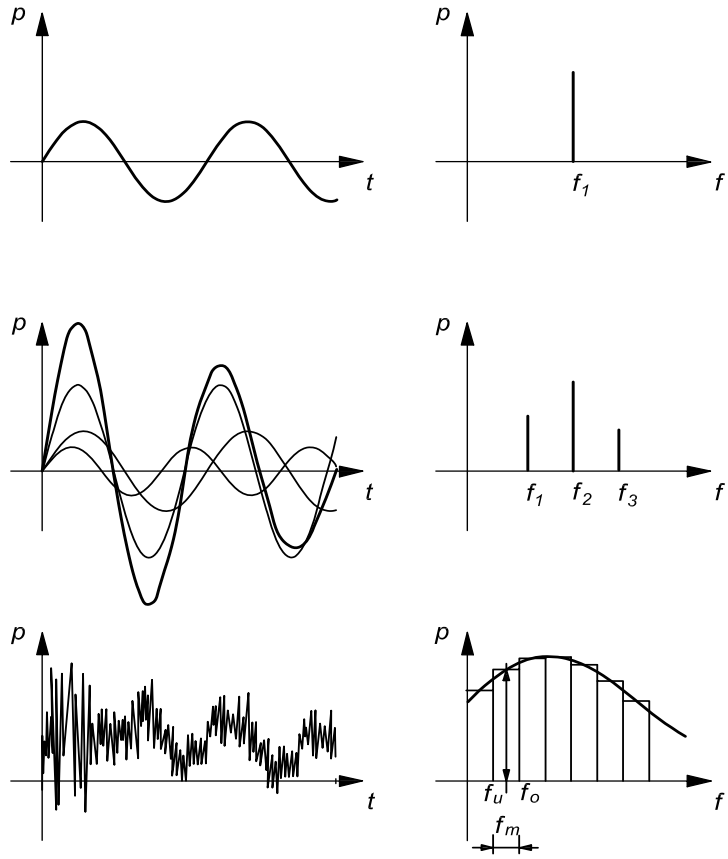


Bild 3.1.1-3 Darstellung des Schalldruckes p als Funktion der Zeit *t* (jeweils links) und der entsprechenden Frequenzanalyse (jeweils rechts) für einen reinen Ton (oben, Frequenz f_1), einen Klang (mittig, Frequenzen f_1, f_2 und f_3) sowie ein Geräusch (unten, Frequenzband, aufgeteilt in Frequenzbereiche mit den Eckfrequenzen f_o und f_u sowie der entsprechenden Mittenfrequenz f_m)

Ein **Klang** entsteht aus der Überlagerung unterschiedlicher Frequenzen (bzw. Töne). Durch eine Fourier-Analyse lässt sich ein Klang in eben diese zerlegen (Bild 3.1.1-3 mittig).

Ein **Geräusch** wiederum besteht aus einer beliebigen Überlagerung einer Vielzahl von Tönen und weist in der Regel ein kontinuierliches Frequenzspektrum auf. Zur Frequenzanalyse wird das Frequenzspektrum in Oktaven oder häufiger noch in Terzen zerlegt, die durch ihre jeweiligen Mittenfrequenzen f_m sowie durch untere und obere Eckfrequenzen f_u und f_o beschrieben werden (Bild 3.1.1-3 unten).

Die Begriffe Resonanzfrequenz und Eigenfrequenz werden in Abschnitt 4 beschrieben.

Ein harmonischer Klang setzt sich zusammen aus einem Grundton mit der Frequenz f_0 sowie einer harmonischen Obertonreihe mit den Frequenzen f_i. Bild 3.1.1.4 zeigt den Aufbau eines harmonischen Klanges. Hier wird jeder Oberton durch das n-fache der Frequenz des Grundtons beschrieben, so dass sich eine linearer Frequenzverlauf ergibt. In Anbetracht der Tatsache, dass eine Oktave immer einer Verdopplung der Frequenz entspricht, werden die Intervalle zwischen den einzelnen Obertönen immer enger (an dieser Stelle sei auf die weiterführende Fachliteratur für Musiktheorie verwiesen).

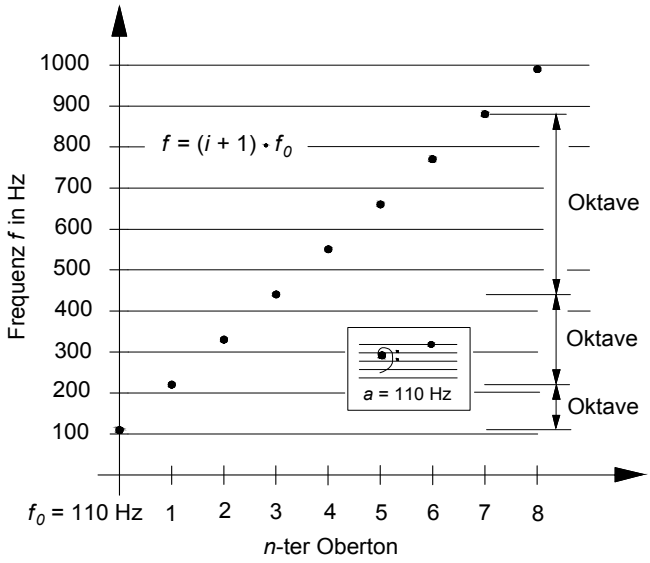


Bild 3.1.1.4 Aufbau eines harmonischen Klanges am Beispiel des Grundtones *a* mit der Frequenz f_0 = 110 Hz

Frequenzspektrum

Das Frequenzspektrum wird in unterschiedliche Bereiche eingeteilt. Für die Bauakustik (= baulicher Schallschutz) wird der sogenannte „bauakustisch relevante Bereich“ als Frequenzintervall von 100 bis 3150 Hz definiert. Es kann unter Umständen jedoch – insbesondere bei hohen Anforderungen und/oder niedrigem Grundgeräuschpegeln – zielführend sein kann, dieses Intervall zu vergrößern; üblicherweise in Richtung der tieferen Frequenzen.

Für die Raumakustik liegt das Frequenzintervall im Bereich von 63 bis 8000 Hz, auch hier ist eine Ausdehnung des zu betrachtenden Bereichs unter Umständen sinnvoll.

Tabelle 3.1.1-1 stellt die Oktav- und Terzmittenfrequenzen mit ihren jeweiligen oberen und unteren Eckfrequenzen zusammen und gibt - Luftschall vorausgesetzt - beispielhaft für die Terzmittenfrequenzen die Wellenlängen an.

Tabelle 3.1.1-1 Zusammenstellung von Oktav- und Terzmittenfrequenzen mit ihren jeweiligen oberen und unteren Eckfrequenzen sowie Wellenlängen für die Terzmittenfrequenzen (Luftschall vorausgesetzt)

	1	2	3	4	5	6	7
1	Oktavband			Terzband			Wellenlänge von f_m
2	f_m in Hz	f_u in Hz	f_o in Hz	f_m in Hz	f_u in Hz	f_o in Hz	λ in m
3	31,5	22,5	45	31,5	28	35,5	10,7
4				40	35,5	45	8,5
5				50	45	56	6,8
6	63	45	90	63	56	71	5,4
7				80	71	90	4,3
8				100	90	112	3,4
9	125	90	180	125	112	140	2,7
10				160	140	180	2,1
11				200	180	224	1,7
12	250	180	355	250	224	280	1,4
13				315	280	355	1,1
14				400	355	450	0,85
15	500	355	710	500	450	560	0,68
16				630	560	710	0,61
17				800	710	890	0,42
18	1000	710	1400	1000	890	1120	0,34
19				1250	1120	1410	0,27
20				1600	1410	1800	0,21
21	2000	1400	2880	2000	1800	2240	0,17
22				2500	2240	2800	0,14
23				3150	2800	3550	0,11
24	4000	2880	5600	4000	3550	4500	0,085
25				5000	4500	5600	0,068
26				6300	5600	7100	0,061
27	8000	5600	11200	8000	7100	9000	0,042
28				10000	9000	11200	0,034

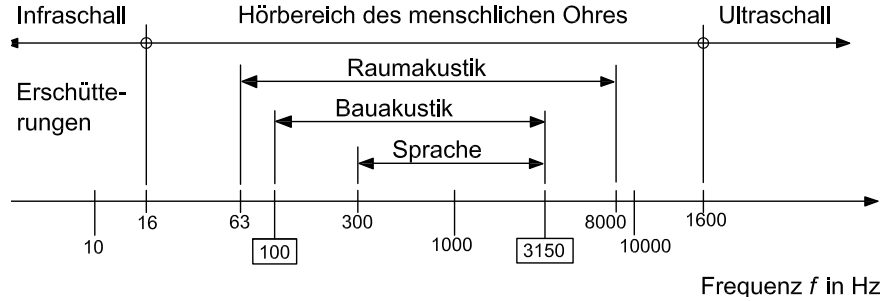


Bild 3.1.1-5 Darstellung und Benennung unterschiedlicher Bereiche des Frequenzbandes

Bild 3.1.1-6 zeigt den Hörbereich des Menschen, das Musik- und Sprachfeld in Abhängigkeit von der Frequenz. Sie wird nach unten durch die Hörschwelle und nach oben durch die Schmerzschwelle begrenzt.

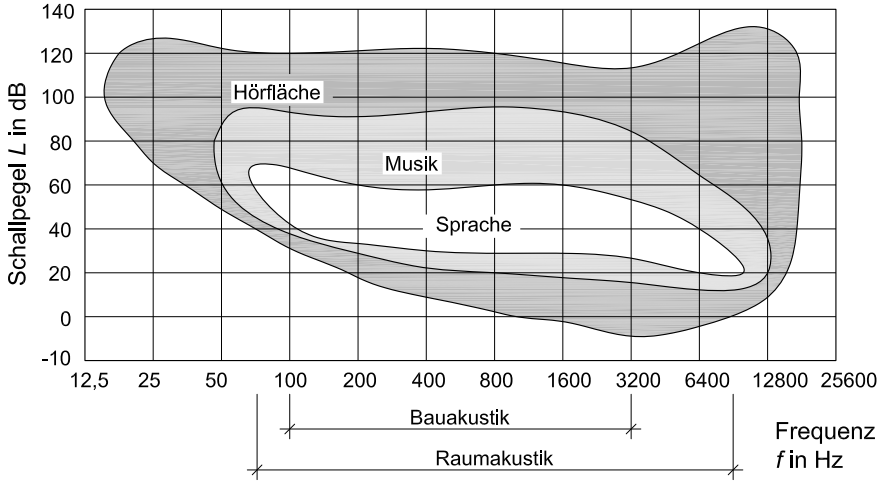


Bild 3.1.1-6 Hörbereich, Musik- und Sprachfeld als Funktion der Frequenz

Wellenlänge

Schall breitet sich wellenförmig aus, wobei der Abstand von zwei aufeinander folgenden Phasen als Wellenlänge bezeichnet wird. Die Wellenlänge einer mechanischen Schwingung in einem elastischen Medium hängt ab von dessen Schallgeschwindigkeit und der Frequenz der Schwingung:

$$\lambda = \frac{c}{f} \tag{3.1.1-3}$$

Darin sind:

λ Wellenlänge in m

c Schallgeschwindigkeit in m/s

f Frequenz in Hz

3.1.2 Schallgeschwindigkeiten

Die Schallgeschwindigkeit ist diejenige Geschwindigkeit, mit der sich mechanische Schwingungen in einem elastischen Medium fortpflanzen; sie ist in den unterschiedlichen Medien von verschiedenen Parametern abhängig.

Tabelle 3.1.2-1 Exemplarische Zusammenstellung der Schallgeschwindigkeiten *c* und der Schallwellenwiderstände *Z* in unterschiedlichen elastischen Medien

	1	2	3
1	Medium	Schallgeschwindigkeit *c* in m/s	Schallwellenwiderstand *Z* in kg/(m²·s)
2	Luft	344	414
3	Kork	500	12.000
4	Wasser	1480	14.800.000
5	Polystyrol	1800	27.000 bis 54.000
6	Beton	3100	8.000.000
7	Kiefernholz	3600	2.460.000
8	Ziegel	3600	2.520.000 bis 7.200.000
9	Granit	3950	11.060.000
10	Eichenholz	4100	3.280.000
11	Stahl	5050	39.000.000
12	Aluminium	5200	14.000.000
13	Quarzglas	5400	13.500.000

3.1.3 Definition unterschiedlicher Schallpegel

Allgemeines

Ein Pegel ist definiert als der Logarithmus eines Quotienten aus Größen gleicher Einheit. Dabei sind Energiegrößen diejenigen Größen, deren Energie proportional sind (z.B. Schallintensität, Schall-Leistung) und Feldgrößen diejenigen Größen, deren Quadrate der Energie proportional sind (z.B. Schalldruck, Schallschnelle). Die Ermittlung der entsprechenden Pegel erfolgt entsprechend nach Gl. 3.1.3-1 (Energiepegel L mit Energiegröße y und Bezugswert y_0) und Gl. 3.1.3-2 (Feldpegel L mit Feldgröße y und Bezugswert y_0). Beispiele für diese allgemein formulierten Gleichungen werden nachfolgend angeführt.

$$L = 10 \cdot \lg \frac{y}{y_0} \tag{3.1.3-1}$$

$$L = 10 \cdot \lg \frac{y^2}{y_0^2} = 20 \cdot \lg \frac{y}{y_0} \tag{3.1.3-2}$$

Schallschnelle-Pegel

Unter der Schallschnelle versteht man diejenige Geschwindigkeit, mit der die Teilchen eines elastischen Mediums um ihre Ruhelage schwingen (nicht zu verwechseln mit der Schallgeschwindigkeit *c*, mit der sich Schallwellen in einem Medium ausbreiten). Der Schallschnellepegel L_v berechnet sich aus der Schallschnelle und dem Bezugswert:

$$L_v = 20 \cdot \lg \frac{v}{v_0} \tag{3.1.3-3}$$

Darin sind:

L_v Schallschnellepegel in dB
v Schallschnelle in m/s
v_0 Bezugswert $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s

Schallwellenwiderstand

Der Schallwellenwiderstand *Z* (auch als Schallwellen-Kennwiderstand oder Schall-Kennimpedanz bezeichnet) beschreibt den akustischen Widerstand gegenüber der Ausbreitung von Schallwellen in einem elastischen Medium. In der oben angeführten Tabelle 3.2-1 sind einige Beispiele zusammengefasst.

$$Z = \rho \cdot c \tag{3.1.3-4}$$

Darin sind:

Z Schallwellenwiderstand in kg/(m²·s)
ρ Rohdichte in kg/m³
c Schallgeschwindigkeit in m/s

Schallintensität und Schallintensitäts-Pegel

Unter der Schallintensität *I* versteht man diejenige Schallenergie, die in 1 Sekunde senkrecht durch eine Fläche von 1 m² übertragen wird; sie lässt sich für homogene elastische Medien ermitteln nach:

$$I = p_{eff} \cdot v = \frac{p_{eff}^2}{Z} \tag{3.1.3-5}$$

Der Schallintensitätspegel L_I berechnet sich nach:

$$L_I = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0} \tag{3.1.3-6}$$

Darin sind:

I Schallintensität in W/m²
p_{eff} effektiver Schalldruck in dB
v Schallschnelle in m/s
Z Schallwellenwiderstand in kg/(m²·s)
L_I Schallintensitätspegel in dB
I_0 Bezugswert für die Schallintensität $I_0 = 10^{-12}$ W/m²

Schall-Leistung und Schall-Leistungspegel

Unter der Schall-Leistung W versteht man die von einer Schallquelle als Luftschall abgegebene akustische Leistung. Die Schallleistung ist eine schallquellentypische Größe, die nur rechnerisch aus Messungen ermittelt werden kann. Vorzugsweise werden Schallquellen aber durch den Schall-Leistungspegel L_W gekennzeichnet. Der Schallleistungspegel ist eine schallquellenspezifische, abstands- und richtungsunabhängige Größe, die nur rechnerisch ermittelt werden kann. Anhand des Schallleistungspegels können Geräte schalltechnisch miteinander verglichen werden.

$$W = \oint_S I \cdot dS = I \cdot S \tag{3.1.3-7}$$

$$L_W = 10 \cdot \lg \frac{W}{W_0} \tag{3.1.3-8}$$

Darin sind:

W	Schall-Leistung in W
I	Schallintensität in W/m^2
S	Hüllfläche in m^2
L_W	Schall-Leistungspegel in dB
W_0	Bezugswert für die Schall-Leistung W_0 = 1 pW

Anmerkung:

Der Schall-Leistungspegel ist entfernungsunabhängig!

Für einige Schallquellen sind in den Tabellen 3.1.3-1 bis 3.1.3-3 exemplarisch Schall-Leistungen W und Schall-Leistungspegel L_W zusammengestellt.

Tabelle 3.1.3-1 Schallleistungspegel von Geräuschquellen in Büros nach [6]

	1	2	3
1	Schallquelle	Schall-Leistungspegel L_W von - bis in dB(A)	Planungswert L_W in dB(A)
2	sprechende Person (am Telefon)	55 - 70	65
3	Computer im Leerlauf (Lüfter, Platte)	30 - 50	45
4	Computer bei Plattenzugriff	35 - 55	50
5	Computer bei Tastatureingabe	55 - 65	60
6	Laserdrucker im Leerlauf	30 - 46	42
7	Laserdrucker bei Druckbetrieb	55 - 60	58
8	Kopierer im Leerlauf	50 - 60	55
9	Kopierer im Druckbetrieb	60 - 70	67
10	Telefonklingeln	60 - 80	70

Tabelle 3.1.3-2 Schallleistungspegel von Geräuschquellen im Wohnungsbau nach [7]

	1	2	3
1	Schallquelle	Schall-Leistungspegel L_W von - bis in dB(A)	Planungswert L_W in dB(A)
2	Sprache in Sprechweise		
3	flüsternd	44 - 46	45
4	ruhig	58 - 63	61
5	mittel	63 - 73	68
6	angehoben	73 - 75	74
7	laut	80 - 84	82
8	schreiend	86 - 94	90
9	sonstige Wohngeräusche		
10	Flügel	80 - 110	95
11	laute Kindergruppe	80 - 90	85
12	Hifi-Anlage	75 - 85	80
13	Streichquartett	70 - 90	80

Tabelle 3.1.3-3 Exemplarische Zusammenstellung der Schall-Leistungen W und Schall-Leistungspegel L_W einiger unterschiedlicher Schallquellen nach [8]

	1	2	3
1	Schallquelle	Schall-Leistung W in W	Schall-Leistungspegel L_W in dB
2	Kühlschrank	10^{-7}	50
3	Unterhaltungssprache, Schreibmaschine	10^{-5}	70
4	laute Sprache, lebhafte Schulklasse	10^{-3}	90
5	Flügel	10^{-1}	110
6	Presslufthammer	1	120
7	Orgel	10	130
8	Großdiesel	10^{2}	140
9	Sirene	10^{3}	150
10	Strahltriebwerk	10^{4}	160
11	Raketentriebwerk	10^{6}	180

Schalldruckpegel

Als Schalldruck p wird die Amplitude einer Schallschwingung bezeichnet. Die Größe der Amplitude beginnt bei der Hörschwelle mit 20 µPa, die Schmerzgrenze ist bei 20 Pa erreicht. Eine Obergrenze ist nicht vorgegeben, sie hängt allein von der eingesetzten schallerzeugenden Energie ab. Zum Vergleich: der atmosphärische Druck, dem der Schalldruck überlagert wird, beträgt rund 0,1 MPa.

Tabelle 3.1.3-4 Beispiele für Schalldruckpegel

	1	2
1	Geräusch	Schalldruckpegel L_p in dB
2	Hörschwelle	0
3	Leises Blätterrauschen	15 bis 20
4	Ruhige Wohnlage	30 bis 40
5	Leise Unterhaltung, ruhiges Büro	40 bis 50
6	Normale Unterhaltung	50 bis 60
7	Starker Straßenverkehr	70 bis 80
8	Rufen, Schreien	80 bis 85
9	Lkw in Vorbeifahrt	80 bis 90
10	Druckerei, Preßlufthammer in 10 Meter Entfernung	90 bis 100
11	Schnellzug in Vorbeifahrt	100 bis 110
12	Kesselschmiede	110 bis 120
13	Propellerflugzeug in 3 Meter Entfernung	120 bis 130

Der Schalldruckpegel L_p errechnet sich wie folgt:

$$L_p = 10 \cdot \lg \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \cdot \lg \frac{p}{p_0} \qquad (3.1.3\text{-}9)$$

Darin sind:

L_p Schalldruckpegel in dB

p Schalldruck in Pa

p_0 Bezugswert (Hörschwelle mit $p_0 = 20$ µPa)

Der Minimalwert des Schalldruckpegels liegt damit bei der Hörschwelle mit 0 dB, die Schmerzgrenze bei 120 dB. Tabelle 3.1.3-4 gibt zur Veranschaulichung dieses logarithmischen Wertes einige Beispiele.

Ein gemessener Schalldruckpegel ist immer abhängig von der Entfernung zur Schallquelle (s. Abschnitt 3.1.5). Der Schalldruckpegel ist die messtechnische Größe, die z.B. für die Einhaltung der immissionstechnischen Anforderungen maßgebend ist.

3.1.4 Rechnen mit Schallpegeln

Bei Berechnungen mit Schallpegeln ist zu beachten, dass sich die Schallwellen "energetisch", d.h., mit ihrer Schallleistung bzw. Schallintensitäten, addieren, subtrahieren und mitteln.

Addition und Subtraktion von Schallpegeln

In Tabelle 3.1.4-1 sind Angaben zur Bewertung von Schalldruckpegeldifferenzen ΔL_p (oder auch Schalldruckpegeländerungen) zusammengestellt.

Tabelle 3.1.4-1 Bewertung von Schalldruckpegeldifferenzen ΔL_p

	1	2	3
1	Schalldruckpegel-differenz ΔL_p in dB	Faktor der Erhöhung bzw. Reduzierung Schallenergie	subjektive Einschätzung
2	± 1	1,25 bzw. 0,75	Grenze der akustischen Differenzierungsfähigkeit = Änderung gerade wahrnehmbar
3	± 3	2,0 bzw. 0,5	deutlich wahrnehmbar
4	± 10	10,0 bzw. 0,10	doppelte bzw. halbierte Lautstärke

Addition n unterschiedlicher Schalldruckpegel:

$$L_{p,ges} = 10 \cdot \lg \sum_{j=1}^{n} 10^{0,1 \cdot L_{p,j}} \tag{3.1.4-1}$$

Addition n gleicher Schalldruckpegel*:*

$$L_{p,ges} = L_{p,i} + 10 \cdot \lg(n) \tag{3.1.4-2}$$

Subtraktion von Schallpegeln:

$$L_{p,1} = 10 \cdot \lg \left[10^{0,1 \cdot L_{p,ges}} - \sum_{i=2}^{n} 10^{0,1 \cdot L_{p,i}} \right] \tag{3.1.4-3}$$

Darin sind:

$L_{p,ges}$ Gesamtschalldruckpegel in dB
$L_{p,j}$ Schalldruckpegel der Einzelgeräusche in dB
n ganze Zahl
$L_{p,i}$ Schalldruckpegel in dB
$L_{p,1}$ Schalldruckpegel eines Einzelgeräusches in dB

Mittelung zeitlich veränderlicher Schallpegel

Die nachfolgenden Gleichungen gelten gleichermaßen für die unterschiedlichen, vorstehend beschriebenen Schallpegel; nach DIN 45641 sind zur Kennzeichnung des jeweiligen Pegels entsprechende Indizierungen vorzunehmen (Beispiel: *p* für Schalldruck, *v* für Schallschnelle).

$$L_{eq} = 10 \cdot \lg\left[\frac{1}{T} \cdot \int_0^T 10^{0{,}1 \cdot L(t)} dt\right] \tag{3.1.4-4}$$

Darin sind:

L_{eq} äquivalenten Dauerschallpegel in dB
T Mittelungsdauer in s
$L(t)$ zeitlich veränderlicher Schallpegel in dB

Besteht der zeitlich veränderliche Schallpegel aus einzelnen abschnittsweise konstanten äquivalenten (Dauer-)Schallpegeln $L_{eq,i}$ („Stufenverlauf"), so berechnet man:

$$L_{eq} = 10 \cdot \lg\left[\frac{1}{T} \cdot \sum_{i=1}^{n} T_i \cdot 10^{0{,}1 \cdot L_{eq,i}}\right] \quad \text{mit } T = \sum_{i=1}^{n} T_i \tag{3.1.4-5}$$

Darin sind:

L_{eq} äquivalenten Dauerschallpegel in dB
T Mittelungsdauer in s
T_i Teildauer in s
n ganze Zahl
$L_{eq,i}$ einzelne abschnittsweise Schallpegel in dB

Ist jede Teildauer T_i gleich lang, so vereinfacht sich die Berechnung:

$$L_m = 10 \cdot \lg\left[\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} 10^{0{,}1 \cdot L_i}\right] \tag{3.1.4-6}$$

Darin sind:

L_m Mittelungspegel in dB
n Anzahl der Schallpegelwerte
L_i einzelne Schallpegel in dB

Mittelung örtlicher veränderlicher Schallpegel

Die Mittelung örtlich veränderlicher Schallpegel $L(V)$, $L(S)$ oder $L(Z)$ zu einem Mittelungspegel L' erfolgt:

$$L' = 10 \cdot \lg\left[\frac{1}{V} \cdot \int_V 10^{0{,}1 \cdot L(V)} dV\right] \tag{3.1.4-7}$$

$$L' = 10 \cdot \lg\left[\frac{1}{S} \cdot \int_S 10^{0{,}1 \cdot L(S)} dS\right] \tag{3.1.4-8}$$

$$L' = 10 \cdot \lg\left[\frac{1}{Z} \cdot \int_{Z} 10^{0{,}1 \cdot L(Z)} dZ\right] \qquad (3.1.4\text{-}9)$$

Darin sind:

L' Mittelungspegel in dB

V Volumen in m^3

S Fläche in m^2

Z Strecke in m

Anmerkung:

Ist die Fläche S eine Hüllfläche um eine Schallquelle oder ein Teil von ihr, wird L'_p als Messflächen-Schalldruckpegel bezeichnet.

Der Mittelungspegel von n Mittelungspegeln L'_i (mit i = 1 bis n) für einzelne Teilvolumina, Teilflächen oder Teillinien wird entsprechend den Vorgaben der Gl. 3.1.4-8 berechnet. Ist jede Teilfläche S_i gleich groß, so vereinfacht sich die Ermittlung des äquivalenten Dauerschallpegels zu einem Mittelungspegel L_m aus den n Schallpegelwerten L_i entsprechend Gl.3.1.4-9.

Lautstärkeempfinden und Frequenzbewertung

Das Lautstärkeempfinden des Menschen ist entsprechend Bild 3.1.4-1 subjektiv geprägt sowie stark frequenzabhängig: Töne tiefer und hoher Frequenzen werden bei gleichem Schalldruckpegel erheblich leiser empfunden als Töne mit mittleren Frequenzen um 1 kHz. Diese Frequenzabhängigkeit ist bei niedrigen Schalldruckpegeln besonders ausgeprägt.

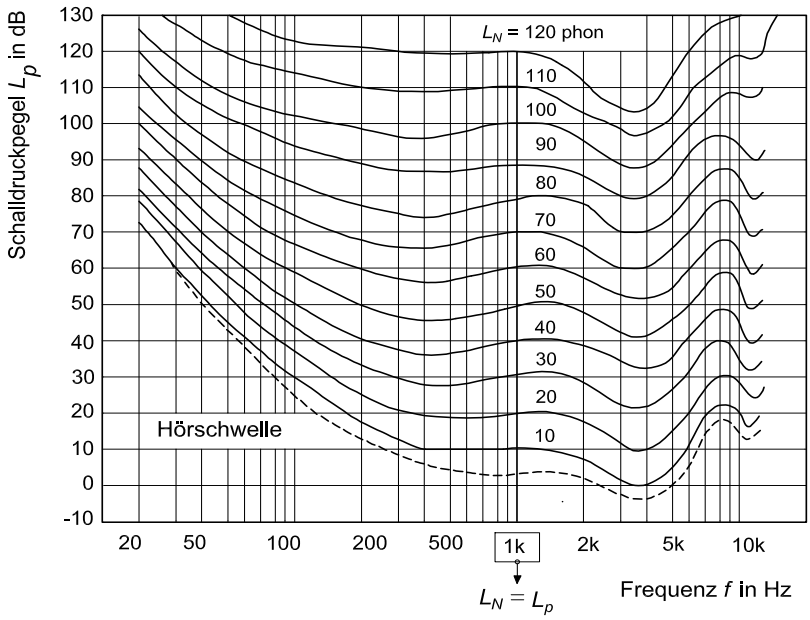


Bild 3.1.4-1 Zusammenhang von subjektiv empfundenem Lautstärkepegel L_N und dem objektiv messbaren Schalldruckpegel L_p. Eine Übereinstimmung von L_N und L_p besteht nur bei der Frequenz f = 1000 Hz.

Anmerkung

Dargestellt sind hier die Kurven von D.W. Robinson und R.S. Dadson aus dem Jahr 1956; sie basieren auf „individuellen Empfindungen" bei frontalem Einfall von Sinustönen aus Lautsprechern im reflexionsarmen Raum (→ Simulation eines Freifeldes). Bereits im Jahre 1933 führten H. Flechter und W. A. Munson erste psychoakustische Untersuchungen durch und erhielten entsprechende Kurven gleicher Lautstärkepegel; hier basieren die Ergebnisse auf „individuellen Empfindungen" von Sinustönen über Kopfhörer. Beide Untersuchungen zeigen tendenziell ähnlich Ergebnisse, führen im Detail aber zu unterschiedlichen Werten.

Zur Berücksichtigung dieser subjektiven Beurteilung werden messtechnisch ermittelte Schalldruckpegel durch sogenannte Schallpegelkorrekturwerte ΔL modifiziert (Bild 3.1.4-2 und Tabelle 3.1.4-1). Nach DIN EN ISO 16032 differenziert man im Vergleich zur zurückgezogenen DIN EN 60651 nur noch nach zwei unterschiedlichen Kurven A und C. (Nach DIN EN 60651 differenzierte man nach drei unterschiedlichen Kurven: A (für niedrige Lautstärken mit $L_N \approx 40$ phon), B (mittlere Lautstärken mit $L_N \approx 80$ phon) und C (für hohe Lautstärken mit $L_N \approx 100$ phon)). Die Art der Bewertung wird dann in der Einheit als dB(A), dB(B) oder dB(C) vermerkt.

Heutzutage erfolgt eine Korrektur weltweit jedoch meist nach Kurve A.

Hinweis:

In dem neuen völlig überarbeiteten Normenpaket DIN 4109 (07.2016) wird auch der A-bewertete Schalldruckpegel in dB angegeben. Die alte Bezeichnung (dB(A)) wird dann verwendet, wenn entsprechende Angaben aus anderen Regelwerken übernommen wurden.

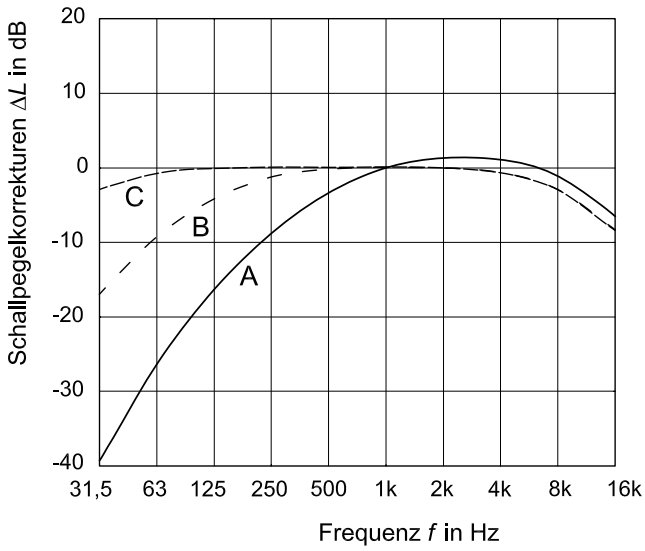


Bild 3.1.4-2 Schalldruckpegelkorrektur ΔL nach DIN EN ISO 16032 (bzw. der zurückgezogenen DIN EN 60651) für die Bewertungen A, B und C

Tabelle 3.1.4-1 Schalldruckpegelkorrekturwerte ΔL nach DIN EN ISO 16032 (bzw. der zurückgezogenen DIN EN 60651) für die Bewertungen A, B und C

	1	2	3	4	5
1	Frequenz in Hz		Schalldruckpegelkorrekturwert ΔL in dB		
2			A-Bewertung	B-Bewertung (nur DIN EN 60651)	C-Bewertung
3	16		-57,6	-28,5	-8,5
4	20		-50,5	-24,2	-6,2
5	25		-44,7	-20,4	-4,4
6	31,5		-39,4	-17,1	-3,0
7	40		-34,6	-14,2	-2,0
8	50		-30,2	-11,6	-1,3
9	63		-26,2	-9,3	-0,8
10	80		-22,5	-7,4	-0,5
11	100	bauakustisch relevanter Bereich	-19,1	-5,6	-0,3
12	125		-16,1	-4,2	-0,2
13	160		-13,3	-3,0	-0,1
14	200		-10,9	-2,0	0
15	250		-8,6	-1,3	0
16	315		-6,6	-0,8	0
17	400		-4,8	-0,5	0
18	500		-3,2	-0,3	0
19	630		-1,9	-0,1	0
20	800		-0,8	0	0
21	1000		0	0	0
22	1250		0,6	0	0
23	1600		1,0	0	-0,1
24	2000		1,2	-0,1	-0,2
25	2500		1,3	-0,2	-0,3
26	3150		1,2	-0,4	-0,5
27	4000		1,0	-0,7	-0,8
28	5000		0,5	-1,2	-1,3
29	6300		-0,1	-1,9	-2,0
30	8000		-1,1	-2,9	-3,0
31	10000		-2,5	-4,3	-4,4
32	12500		-4,3	-6,1	-6,2
33	16000		-6,6	-8,5	-8,5
34	20000		-9,3	-11,2	-11,2

3.1.5 Schallquellen

Punktschallquellen

Unter idealen Randbedingungen (keine Abschirmungen, keine Reflexionen, keine Absorption etc.) wird sich der Schall, der von einer Punktschallquelle abgestrahlt wird, in konzentrischen Kugelschalen ausbreiten, vgl. Bild 3.1.5-1.

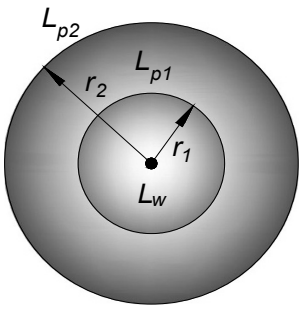


Bild 3.1.5-1 Schallausbreitung einer Punktschallquelle mit dem Schall-Leistungspegel L_W unter idealen Randbedingungen. Dabei stellen sich in den Abständen r_1 und r_2 von der Schallquelle die Schalldruckpegel L_{p1} und L_{p2} ein.

Die Abnahme des Schalldruckpegels von r_1 nach r_2 wird wie folgt bestimmt:

$$\Delta L_p = 20 \cdot \lg\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \tag{3.1.5-1}$$

Darin sind:

ΔL_p Abnahme des Schalldruckpegels in dB
r_1 Abstand 1 in m
r_2 Abstand 2 in m

Für eine *kugelförmig* abstrahlende Punktschallquelle gilt:

$$L_p = L_W - 11 - 20 \cdot \lg(r) \tag{3.1.5-2}$$

Darin sind:

L_p Schalldruckpegel in dB
L_W Schall-Leistungspegel in dB
r Abstand von der Mitte in m

Im Abstand $r = 28$ cm entspricht dann der Schalldruckpegel L_p dem Schall-Leistungspegel L_W.

Der Schalldruckpegel einer *halbkugelförmig* abstrahlenden Punktschallquelle (Schallquelle z.B. direkt über dem Boden) lässt sich im Abstand von ihrer Mitte nach Gl. 3.1.5-3 bestimmen; er unterscheidet sich also vom idealen Fall einer kugelförmigen Abstrahlung um 3 dB. Im Abstand $r = 40$ cm entspricht dann der Schalldruckpegel L_p dem Schall-Leistungspegel L_W.

$$L_p = L_W - 8 - 20 \cdot \lg(r) \qquad (3.1.5\text{-}3)$$

Darin sind:

L_p Schalldruckpegel in dB

L_W Schall-Leistungspegel in dB

r Abstand von der Mitte in m

Anmerkung:

Die Differenz zwischen Schalldruckpegel L_p und Schall-Leistungspegel L_W wird auch als Abstandmaß D_s bezeichnet.

Bild 3.1.5-2 zeigt in einem Diagramm die Abnahme des Schalldruckpegels in Abhängigkeit von der Entfernung r zur Punktschallquelle mit einem Schall-Leistungspegel L_W = 100 dB.

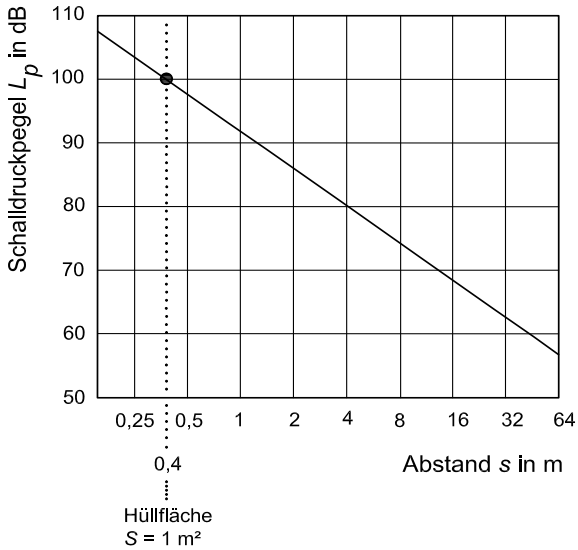


Bild 3.1.5-2 Abnahme des Schalldruckpegels L_p in Abhängigkeit von der Entfernung r zu einer halbkugelförmig abstrahlenden Punktschallquelle mit einem Schall-Leistungspegel L_W = 100 dB. Separat gekennzeichnet ist hier die Hüllfläche S = 1 m² (siehe Definition der Schallintensität) beim Radius r = 40 cm.

Linienschallquellen

Unter idealen Randbedingungen (keine Abschirmungen, keine Reflexionen, keine Absorption etc.) wird sich der Schall, der von einer sehr langen linienförmigen Schallquellen abgestrahlt wird, in konzentrischer Zylinderschalen ausbreiten, vgl. Bild 3.1.5-3. Dabei stellen sich in den Abständen r_1 und r_2 von der Schallquelle mit dem Schall-Leistungspegel L_W die Schalldruckpegel L_{p1} und L_{p2} ein.

Die Abnahme des Schalldruckpegels lässt sich unter Vernachlässigung der Zylinderkappen wie folgt bestimmen:

$$\Delta L_p = 10 \cdot \lg\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \tag{3.1.5-4}$$

Darin sind:

ΔL_p Abnahme des Schalldruckpegels in dB
r_1 Abstand 1 in m
r_2 Abstand 2 in m

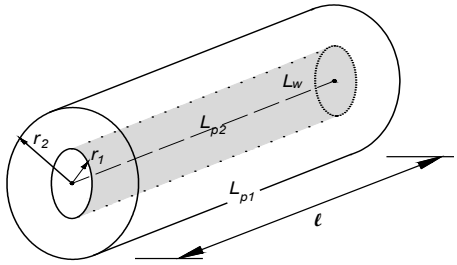


Bild 3.1.5-3 Schallausbreitung einer sehr langen linienförmigen Schallquelle mit dem Schall-Leistungspegel L_W unter idealen Randbedingungen. Dabei stellen sich in den Abständen r_1 und r_2 von der Schallquelle die Schalldruckpegel L_{p1} und L_{p2} ein

Für eine *zylinderförmig* abstrahlende linienförmige Schallquelle gilt:

$$L_p = L_W - 8 - 10 \cdot \lg(r) \tag{3.1.5-5}$$

Darin sind:

L_p Schalldruckpegel in dB
L_W Schall-Leistungspegel in dB
r Abstand von der Mitte in m

Im Abstand $r = 16$ cm entspricht dann der Schalldruckpegel L_p dem Schall-Leistungspegel L_W.

Für eine *halbzylinderförmig* abstrahlende linienförmige Schallquelle (Schallquelle z.B. direkt über dem Boden) gilt:

$$L_p = L_W - 5 - 10 \cdot \lg(r) \tag{3.1.5-6}$$

Darin sind:

L_p Schalldruckpegel in dB
L_W Schall-Leistungspegel in dB
r Abstand von der Mitte in m

Der Schalldruckpegel unterscheidet sich also vom idealen Fall einer linienförmigen Abstrahlung um 3 dB. Im Abstand $r = 32$ cm entspricht dann der Schalldruckpegel L_p dem Schall-Leistungspegel L_W.

3.1.6 Schallexposition und Schutzmaßnahmen

Sprachverständigung

Die Möglichkeiten des akustischen Informationsaustausches zwischen zwei oder mehr Personen werden signifikant vom lokal vorhandenen Hintergrund-Schalldruckpegel bestimmt. Tabelle 3.1.6-1 zeigt beispielhaft die Möglichkeiten und den erforderlichen Aufwand für eine Sprachverständigung für unterschiedliche Schallereignisse.

Tabelle 3.1.6-1 Möglichkeiten der Sprachverständigung in Abhängigkeit vom Schalldruck des Hintergrundpegels nach [9]

	1	2	3
1	Beispiele für entsprechende Schallereignisse	Typische Schalldruckpegel L_A in dB(A)	Sprachverständigung
2	Bibliothek	40	Mit normaler Stimme möglich
3	normale Unterhaltung	50 - 60	
4	Klavierspiel (mezzoforte [*mf*]) beim Zuhörer PKW-Innenraumgeräusch	≤ 70	
5	Drehbank, Telephonfreizeichen am Ohr	≈ 80	Mit erhobener Stimme möglich
6	Großstadtverkehr	$85 \leq L_A < 90$	Nur mit großen Stimmaufwand möglich (→ auch mit Rufen schwierig)
7	Tanzbereich in einer Diskothek, Handkreissäge beim Nutzer	$95 \leq L_A < 105$	Nur mit größtem Stimmaufwand möglich
8	Rockkonzert, Presslufthammer beim Nutzer	≥ 105	Nicht möglich
9	Schmerzgrenze	120	

Zulässige Schallexposition

Zur Vermeidung einer Gefährdung oder Schädigung des menschlichen Gehörs sind die einwirkende Schallintensität sowie deren Einwirkdauer zu begrenzen. Zur praktischen Handhabung werden beide Einflussgrößen im sogenannten Lärmexpositionspegel L_{Ex} zusammengefasst. In der Regel bedient man sich – speziell im Hinblick auf eine Lärmexposition am Arbeitsplatz – des Tages-Lärmexpositionspegels $L_{Ex,8h}$; schwankt die Lärmexposition an unterschiedlichen Werktagen jedoch erheblich, kann auch ein sogenannter Wochen- Lärmexpositionspegels $L_{Ex,40h}$ angesetzt werden.

Setzt man ein gesundes Ohr voraus, kann mit ausreichender Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass sich bei folgenden Lärmbelastungen kein Gehörschaden ausbildet [9]:

- $L_{Ex,8h}$ = 90 dB(A) über 6 Jahre
- $L_{Ex,8h}$ = 87 dB(A) über 10 Jahre
- $L_{Ex,8h}$ = 85 dB(A) über 15 Jahre

Tabelle 3.1.6-2 zeigt die teilweise sehr deutlichen Verkürzungen der zulässigen Expositionszeiten bei ansteigendem äquivalenten Dauerschalldruckpegel für die Bedingung, dass der zulässige Tagesexpositionspegel $L_{Ex,8h}$ = 85 dB(A) eingehalten werden soll.

Tabelle 3.1.6-2 Zusammenhang von anliegendem äquivalenten Dauerschalldruckpegel L_{eq} und zulässiger Expositionszeit t_{zul} bei Zugrundelegung eines Tagesexpositionspegels $L_{Ex,8h}$ = 85 dB(A)

	1	2	3
1	Äquivalenter Dauerschalldruckpegel L_{eq} in dB(A)	Zulässige Expositionszeit t_{zul}	
2		in h	in min
3	85	8	480
4	88	4	240
5	91	2	120
6	94	1	60
7	97	1/2	30
8	100	1/4	15
9	103	1/8	7 bis 8
10	107	1/16	3 bis 4
11	110	1/32	1 bis 2

Die auf das menschliche Ohr einwirkenden schädigenden Schalleinwirkungen addieren sich im Laufe unseres Lebens. Ein Hörschaden entsteht üblicherweise dann, wenn der Tages-Lärmexpositionspegel über einen längeren Zeitraum überschritten wird – das bedeutet jedoch auch, dass die infolge der kontinuierlich einwirkenden Überbelastungen auftretenden Hörschäden sich erst nach einem langen Zeitraum bemerkbar machen, dann aber bereits ein irreversibles (!) Stadium erreicht haben.

Eine weitere Gefahr für die Schädigung des Gehörs stellen kurzzeitige Schallereignisse mit hohen Schalldruckpegeln, sogenannte Impulse, dar. Zur Vermeidung entsprechender Schädigungen sind daher die auftretenden Spitzenschalldruckpegel $L_{pC,peak}$ (angegeben in dB(C)) zu begrenzen; andernfalls sind geeignete Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

Anmerkung:

Die üblicherweise zur Berücksichtigung des frequenzabhängigen Lautstärkeempfindens des Menschen eingesetzte Schalldruckpegelkorrektur ΔL nach der A-Bewertung führt bei sehr hohen Pegeln zu einer Verfälschung der Ergebnisse. In diesen Fällen ist eine Korrektur der Messwerte nach der C-Bewertung durchzuführen, vgl. dazu vorhergehenden Abschnitt 3.1.4.

In Tabelle 3.1.6-3 sind die nach der "Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen (Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung - LärmVibrationsArbSchV)" [10] zu ergreifenden Maßnahmen in Abhängigkeit des Erreichens oder des Überschreitens der unteren oder oberen Auslösewertepaare $L_{Ex,8h}$ und $L_{pC,peak}$ zusammengestellt (maßgebend ist das Erreichen bzw. die Überschreitung eines der beiden jeweiligen Auslösewerte, also entweder $L_{Ex,8h}$ oder $L_{pC,peak}$).

Tabelle 3.1.6-3 Übersicht zu Auslösewerten und erforderlichen Schutzmaßnahmen nach [10]

	1	2	3	4
1	Maßnahmen	Auslösewerte		Lärm-Vibrations-ArbSchV
2		Untere: $L_{Ex,8h}$ = 80 dB(A) $L_{pC,peak}$ = 135 dB(C)	Obere: $L_{Ex,8h}$ = 85 dB(A) $L_{pC,peak}$ = 137 dB(C)	
3	Information und Unterweisung der Beschäftigten	erreicht oder überschritten		§ 11
4	Gehörschutz zur Verfügung stellen	überschritten		§ 8(1)
5	Angebot arbeitsmedizinischer Vorsorgeuntersuchungen	überschritten		§ 14(3)
6	Veranlassung arbeitsmedizinischer Vorsorgeuntersuchungen		erreicht oder überschritten	§ 14(1)
7	Vorsorgekartei		erreicht oder überschritten	§ 13(6)
8	Gehörschutz tragen		erreicht oder überschritten	§ 8(3)
9	Lärmminderungsprogramm		überschritten	§ 7(5)
10	Lärmbereichskennzeichnung		erreicht oder überschritten	§ 7(4)

Für ausführliche Informationen sei hier beispielsweise auf die Ausführungen in [9] verwiesen.

3.2 Bauakustische Grundlagen

3.2.1 Bauteilschwingungen und Frequenzen

BERGERsches Gesetz

Das BERGERsche Gesetz beschreibt die Abhängigkeit des Schalldämm-Maßes eines massiven einschaligen Bauteils von der flächenbezogenen Masse, der Frequenz und dem Einfallswinkel des Schalls:

$$R = 10 \cdot \lg\left[1 + \left(\frac{\pi \cdot f \cdot m'}{\rho_L \cdot c_L} \cdot \cos\vartheta\right)^2\right] \tag{3.2.1-1}$$

$$m' = \rho \cdot d \tag{3.2.1-2}$$

Darin sind:

R Schalldämm-Maß in dB

f Frequenz in Hz

m' flächenbezogene Masse in kg/m²

ρ_L Rohdichte der Luft (ρ_L = 1,25 kg/m³)

c_L Schallgeschwindigkeit in Luft (c_L = 340 m/s)

ϑ Einfallswinkel des Schalls (Winkel zwischen Flächennormaler und Schallsignal)

d Dicke in m

ρ Rohdichte in kg/m³

Die Auswertung dieser Gleichung zeigt folgende Ergebnisse:

- Eine Verdopplung der flächenbezog. Masse erhöht das Schalldämm-Maß R um + 6 dB.
- Eine Erhöhung der Frequenz um eine Oktave (dies entspricht einer Verdoppelung der Frequenz) erhöht das Schalldämm-Maß um +6 dB.
- Bei streifendem Schalleinfall ($\vartheta \rightarrow 90°$ bedeutet $cos\vartheta \rightarrow 0$) sinkt das Schalldämm-Maß R stark ab.
- Bei senkrechtem Schalleinfall ($\vartheta \rightarrow 0°$ bedeutet $cos\vartheta \rightarrow 1$) erreicht das Schalldämm-Maß R seinen Maximalwert.

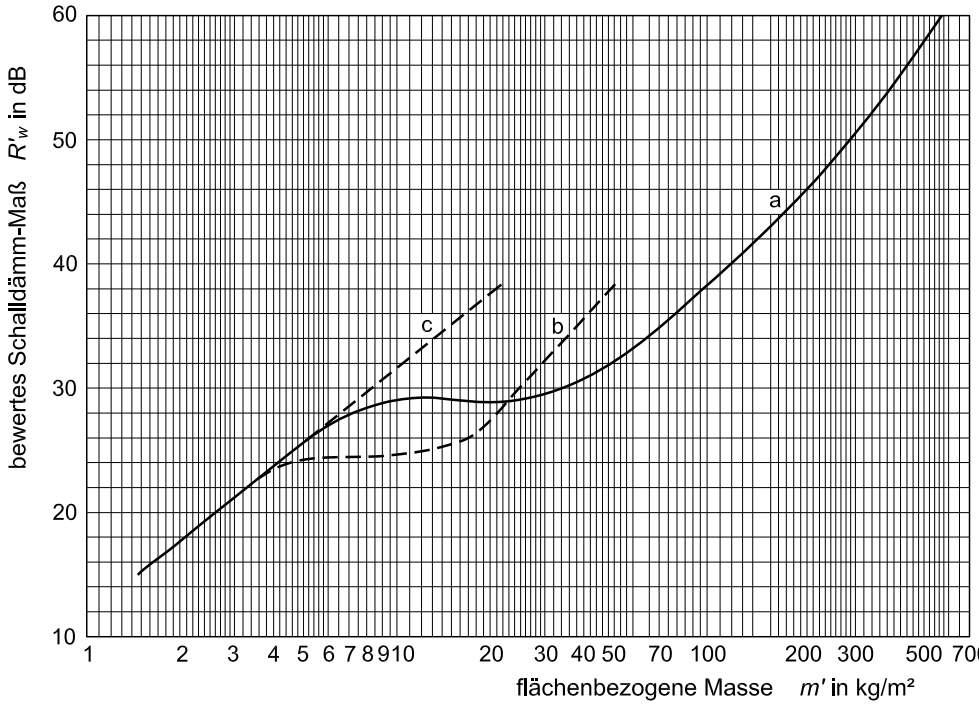


Bild 3.2.1-1 Abhängigkeit des bewerteten Schalldämm-Maßes R'_w von der flächenbezogenen Masse m'. Die dargestellten Kurven gelten für massive Bauteile aus Mauerwerk/Beton mit flankierenden Bauteilen einer flächenbezogenen Masse von etwa 400 kg/m² (Kurve a), für Bauteile aus Holzwerkstoffen (Kurve b), für biegeweiche Platten aus Bleiblech, Gummi oder Stahl bis 2 mm Dicke (Kurve c)

Unter üblichen baupraktischen Randbedingungen wird sich jedoch ein mehr oder weniger diffuses Schallfeld ausbilden, bei dem aufgrund der geometrischen Gegebenheiten der betrach-

teten Räume (deutliche Beschränkungen der Raumabmessungen) der streifende Schalleinfall von untergeordneter Bedeutung sein wird. Damit läßt sich das Bergersche Gesetz vereinfachend reduzieren:

$$R = 20 \cdot \lg(f \cdot m') - 47 \qquad (3.2.1\text{-}3)$$

Darin sind:

R Schalldämm-Maß in dB

f Frequenz in Hz

m' flächenbezogene Masse in kg/m^2

Einschalige Bauteile

Unter einschaligen Bauteilen werden diejenigen Bauteile verstanden, die "als Ganzes" schwingen. Sie bestehen aus einem einheitlichen Material oder aus mehreren Schichten unterschiedlicher, jedoch bezüglich ihre schalltechnischen Eigenschaften verwandter Materialien, die fest miteinander verbunden sind (z.B. Mauerwerk mit Putzschichten).

Je schwerer ein einschaliges Bauteil ist, desto besser sind seine Schalldämmeigenschaften, wie mit dem BERGERschen Massegesetz beschrieben.

Neben der flächenbezogenen Masse sind aber noch andere Einflussgrößen wie Biegesteifigkeit, Abmessungen, Materialdämpfung oder Einspannbedingungen, die die Schalldämmung beeinflussen. Trifft eine ebene Luftschallwelle unter einem Winkel auf ein Bauteil, dann bewirkt die Spurwelle eine Anregung des Bauteils mit gleicher Frequenz. Es entsteht eine sogenannte erzwungene Biegewelle. Bei Übereinstimmung der Wellenlänge von erzwungener und freier Biegewelle des Bauteils, der Koinzidenzfrequenz, ergeben sich Resonanzen und damit eine Verminderung der Schalldämmung

Koinzidenzfrequenz

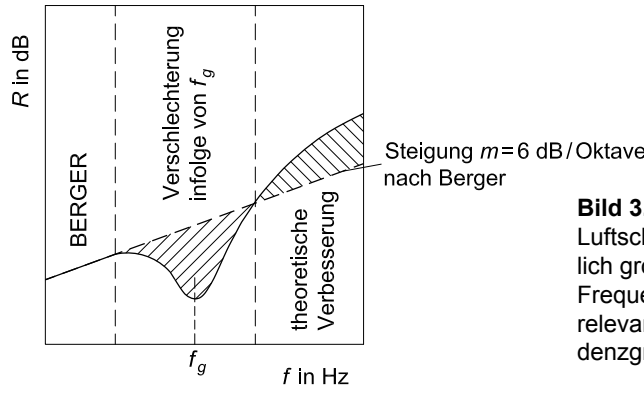


Bild 3.2.1-2 Theoretischer Verlauf des Luftschalldämm-Maßes R einer unendlich großen Platte als Funktion der Frequenz im Bereich des bauakustisch relevanten Bereiches mit f_g als Koinzidenzgrenzfrequenz

Im Bereich sogenannter Koinzidenz- oder auch Spuranpassungsfrequenzen tritt eine Verschlechterung gegenüber den Rechenwerten nach dem Bergerschen Gesetz ein. Als Koinzidenz- oder auch Spuranpassungsfrequenzen werden diejenigen Frequenzen bezeichnet, bei denen die Wellenlänge der Spur der einwirkenden Welle λ_L' (die Spur einer Welle ist ihre Projektion auf eine Projektionsebene) einer schräg auf eine Platte treffende Schallwelle (Wel-

lenlänge λ_L) mit der Wellenlänge der freien Biegewelle dieser Platte λ_B übereinstimmt, vgl. dazu Bild 3.2.1-3.

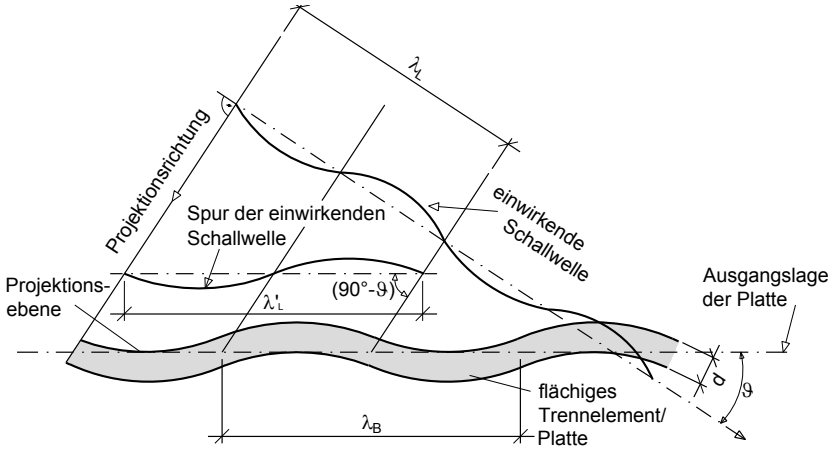


Bild 3.2.1-3 Prinzipdarstellung des Koinzidenz- oder auch Spuranpassungseffektes (Bezeichnungen siehe Text)

Bei dieser Spuranpassung überlagern sich die Wellen maximal, d.h. die Platte schwingt mit höchster Amplitude, was zu einer deutlichen Erhöhung der Schalldurchgängigkeit in diesem Frequenzbereich und damit zu einer Verschlechterung der Schalldämmeigenschaften der Platte führt ("Dämmloch"). Oberhalb dieser Frequenz tritt eine Verbesserung der Schalldämmeigenschaften gegenüber BERGER ein. Aus diesem Grunde sollte die Koinzidenzgrenzfrequenz f_g unterhalb der Untergrenze des bauakustisch relevanten Bereiches (also unterhalb von 100 Hz) liegen.

Diese **Koinzidenz-** oder auch **Spuranpassungsfrequenzen** lassen sich für ein Bauteil in Abhängigkeit seiner Bauteileigenschaften und des Schalleinfallswinkels ermitteln:

$$f_K = \frac{c_L^2}{2 \cdot \pi \cdot sin^2\,\vartheta} \cdot \sqrt{\frac{m'}{B'}} \qquad (3.2.1\text{-}4)$$

$$B' = \frac{E_{Dyn} \cdot d^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} \qquad (3.2.1\text{-}5)$$

Darin sind:

f_K Koinzidenz- oder Spuranpassungsfrequenz in Hz
c_L Schallgeschwindigkeit in Luft (c_L = 340 m/s)
ϑ Schalleinfallswinkels in °
m' flächenbezogene Masse in kg/m²
B' Biegesteifigkeit einer Platte bezogen auf ihre Breite in Nm
d Plattendicke in m
E_{Dyn} dynamischer Elastizitätsmodul in N/m²
μ Poissonsche Querkonstraktionszahl

Tabelle 3.2.1-1 Dynamischer Elastizitätsmodul verschiedener Baustoffe [8], [11] bis [13]

	1	2	3
1	Baustoff	Rohdichte ρ in kg/m³	Elastizitätsmodul E_{dyn} in MN/m² (= 10^6 Pa)
2	Stahl	7.800	200.000
3	Stahlbeton	2.100	29.500
4	Porenbeton	600 - 700	1.400 - 2.000
5	Gipskarton	950	3.300
6	Glas	2.500	60.000 - 80.000
7	Holzspanplatte	650	4.500
8	Holzwolleleichtbauplatten	600 - 700	100 - 200
9	Mineralfaserplatten	80 - 130	0,15 - 0,4
10	Naturkork	230 - 280	15 - 25
11	Schaumglas	130 - 160	1.300 - 1.600
12	Polystyrol-Hartschaum	15 - 20	2 - 4
13	Polystyrol-Hartschaum	25 - 30	8 - 30
14	elastifizierter PS-Hartschaum		0,6 - 0,8
15	PVC-Hartschaum	40 - 60	10 - 30
16	Gummi Sh A 40 (Naturkautschuk)	1.000	5
17	stehende Luft (bei 20°C)	1,2	0,12

Koinzidenzgrenzfrequenz

Die niedrigste Frequenz, bei der dieser Effekt auftritt, wird als Koinzidenzgrenzfrequenz (oder auch Grenzfrequenz oder Spuranpassungsgrenzfrequenz) bezeichnet; sie tritt nur auf bei streifendem Schalleinfall ($\vartheta \to 90°$ ergibt $sin^2\vartheta \to 1$).

$$f_g = \frac{c_L^2}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{m'}{B'}} \tag{3.2.1-6}$$

Darin sind:

f_g Koinzidenzgrenz- oder Spuranpassungsgrenzfrequenz in Hz

c_L Schallgeschwindigkeit in Luft (c_L = 340 m/s)

m' flächenbezogene Masse in kg/m²

B' Biegesteifigkeit einer Platte bezogen auf ihre Breite in Nm

Für die in der Praxis verwendeten Baustoffe kann vereinfachend die Poissonsche Querkontraktionszahl zu μ =0,35 angesetzt werden. Zusammen mit c_L = 340 m/s ergibt sich dann ein vereinfachter Berechnungsansatz:

$$f_g \approx \frac{60}{d} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{E_{Dyn}}} \qquad (3.2.1\text{-}7)$$

Darin sind:

f_g Koinzidenzgrenz- oder Spuranpassungsgrenzfrequenz in Hz

d Dicke in m

ρ Rohdichte in kg/m³

E_{Dyn} dynamischer Elastizitätsmodul in MN/m²

Die Differenzierung zwischen **biegeweichen** und **biegesteifen Bauteilen** erfolgt anhand der Koinzidenzgrenzfrequenz f_g:

biegeweich	→	Bauteile mit $f_g > 2000$ Hz
bauakustisch ungünstig	→	200 Hz < f_g < 2000 Hz
biegesteif	→	Bauteile mit $f_g < 200$ Hz

Als ausreichend biegesteif gelten Bauteile mit einer Grenzfrequenz unter 200 Hz, also im unteren Bereich des Frequenzspektrums.

In Bild 3.2.1-4 sind die Koinzidenz-Grenzfrequenzen einiger Baustoffe in Abhängigkeit von ihrer Dicke dargestellt.

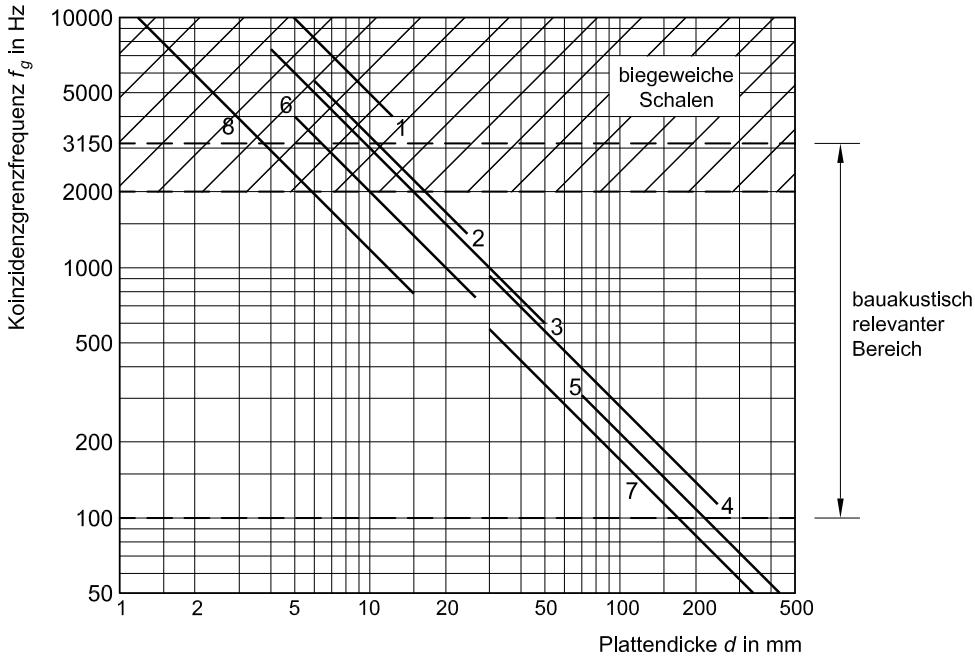


Bild 3.2.1-4 Grenzfrequenz für verschiedene Baustoffe in Abhängigkeit von der Plattendicke
1 Blei; **2** Gipskarton; **3** Holzspanplatte; **4** Gips, Leichtbeton; **5** Ziegelmauerwerk; **6** Sperrholz; **7** Schwerbeton; **8** Glas, Stahl, Aluminium

Eigenfrequenz

Im Rahmen der in der Praxis relevanten Raumabmessungen treten im unteren Bereich des Frequenzspektrums (d.h. im Bereich $f < 100$ Hz) zusätzliche Effekte auf, die das Schalldämmverhalten einschaliger Bauteile verschlechtern. Es handelt sich dabei um Eigenschwingungen von plattenförmigen einschaligen Bauteile (Trennwände, ggf. auch Trenndecken). Diese Eigenfrequenzen lassen sich für ebene, an den Rändern linienförmig gelagerte Platten wie folgt berechnen:

$$f_n = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{B'}{m'}} \cdot \left[\left(\frac{n_x}{a} \right)^2 + \left(\frac{n_y}{b} \right)^2 \right] \qquad (3.2.1\text{-}8)$$

Darin sind:

f_n	Eigenfrequenzen in Hz
m'	flächenbezogene Masse in kg/m²
B'	Biegesteifigkeit einer Platte bezogen auf ihre Breite in Nm
a	Abmessung a der Platte in m
b	Abmessung b der Platte in m
n_x	natürliche ganze Zahlen
n_y	natürliche ganze Zahlen

Die stärkste Reduzierung der Luftschalldämmung eines trennenden Bauteils tritt dann bei $n_x = n_y = 1$, d. h. bei der ersten Eigenfrequenz $f_{1,1}$ (Grundfrequenz) auf.

Mehrschalige Bauteile

Unter mehrschaligen Bauteilen versteht man Bauteile, die aus mehreren biegesteifen Schalen, die nicht starr, sondern durch elastische Schichten (i.d.R. Dämm- oder auch Luftschichten) federnd miteinander verbunden sind. Sie stellen ein Masse-Feder-System dar. Es ergibt sich ein Schwingungssystem mit einer Resonanzfrequenz, auch Eigenfrequenz genannt, wobei sich unter Einwirkung eines Wechseldruckes (Luftschall auf das Bauteil) eine größte Schwingungsamplitude für die Massen jedes zweischaligen Bauteils ausbildet.

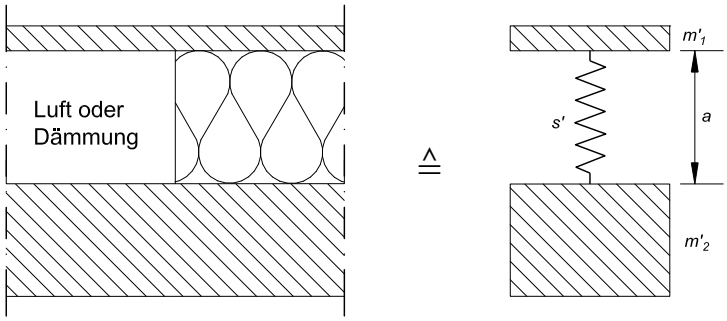


Bild 3.2.1-5 Schwingungssystem eines zweischaligen Bauteils, bestehend aus Massen m'_1 und m'_2 der zwei Schalen im Abstand a und einer Feder mit der dynamische Steifigkeit s'

Den charakteristischen Verlauf des Luftschalldämm-Maßes R eines mehrschaligen Bauteils

als Funktion der Frequenz im Bereich des bauakustische relevanten Bereiches (100 Hz ≤ f ≤ 3150 Hz) zeigt Bild 3.2.1-6. Die dargestellte Kurve weist deutliche Abweichungen vom theoretischen Verhalten nach Berger auf:

- Verschlechterungen treten im Bereich der Eigenfrequenz f_0, bei den Koinzidenzgrenzfrequenzen f_g^i der einzelnen Schalen sowie optional durch die Ausbildung stehender Wellen im Schalenzwischenraum (Hohlraumresonanzen) auf.
- Verbesserungen mit einem ΔR = 12 dB/Oktave (Steigung der frequenzabhängigen Schalldämmkurve m = 18 dB/Oktave) treten im Bereich zwischen Resonanzfrequenz und Koinzidenzgrenzfrequenz der ersten Schale auf.

Vorsatzschalen bewirken also nur dann eine schalltechnische Verbesserung gegenüber dem einschaligen Bauteil, wenn die Eigenfrequenz f_0 des zweischaligen Systems an der unteren Grenze des bauakustisch interessierenden Frequenzbereiches, d.h. unter 100 Hz liegt.

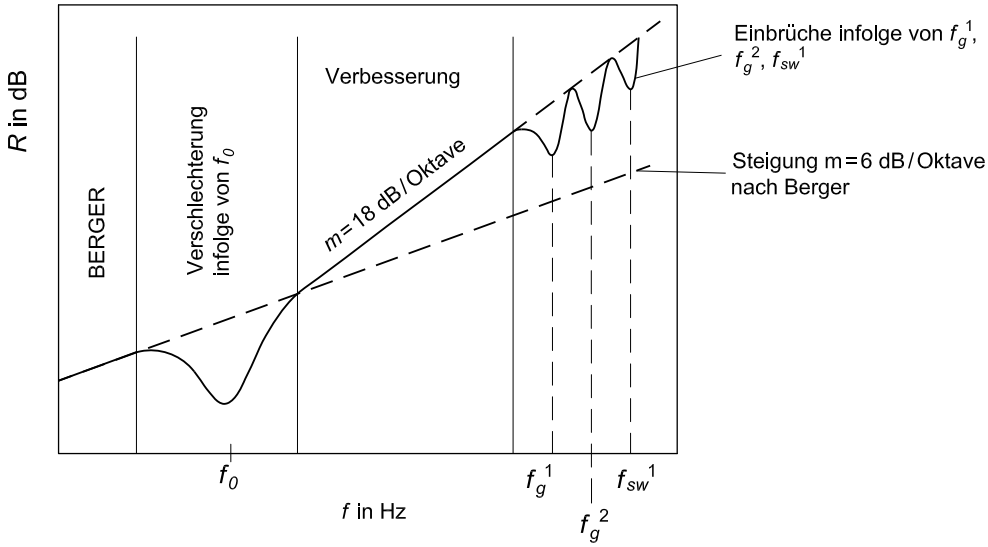


Bild 3.2.1-6 Frequenzabhängiger Verlauf des Luftschalldämm-Maßes R bzw. R' für schalltechnisch zweischalige Bauteile. Der entsprechende Anstieg (Steigung der gestrichelten Linie) beträgt nach Berger 6 dB je Oktave, f_0 ist die Resonanzfrequenz des mehrschaligen Systems (Bauteils), f_g^1 und f_g^2 sind die Koinzidenzgrenzfrequenzen der Schalen 1 und 2, f_{sw}^1 ist die Frequenz bei Ausbildung der ersten stehenden Welle einer nichtbedämpften Luftzwischenschicht der Dicke a (Hohlraumresonanzfrequenzen)

Dynamische Steifigkeit

Die Resonanzeigenschaften mehrschaliger Systeme werden im Baubereich im Wesentlichen von der Federsteifigkeit des Scheibenzwischenraums (dynamische Steifigkeit) bestimmt. Ungünstig wirken sich steife Materialen (hoher dynamischer E-Modul und/oder geringe Schalenabstände) aus.

$$s' = \frac{E_{Dyn}}{d} \qquad (3.2.1\text{-}9)$$

Darin sind:

s'	dynamische Steifigkeit in MN/m³
E_{Dyn}	dynamischer Elastizitätsmodul in MN/m²
d	Dicke der Dämmschicht bzw. Schalenabstand in m

Auch Schalenzwischenräume ohne Füllmaterial (also mit einer Luftschicht als Feder) wirken ungünstig (nicht nur aus Gründen der Resonanz); hier sollte eine lose einzubringende Hohlraumbedämpfung mit $r \geq 5$ kN·s/m⁴ vorgesehen werden. Für diesen Fall errechnet sich die dynamische Steifigkeit der hohlraumbedämpften Luftschicht überschlägig:

$$s' \approx \frac{10}{d_L} \tag{3.2.1-10}$$

mit: d_L Dicke der Luftzwischenraumes in cm

Resonanzfrequenz

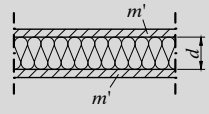
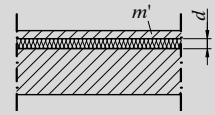
Die Resonanzfrequenz eines zweischaligen Systems berechnet sich wie folgt:

$$f_0 = \frac{1000}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{s' \cdot \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \tag{3.2.1-11}$$

Darin sind:

f_0	Eigenfrequenz in Hz
s'	dynamische Steifigkeit in MN/m³
m'_1, m'_2	flächenbezogene Masse der Schalen in kg/m²

Tabelle 3.2.1-2 Eigenfrequenz f_0 [1)] zweischaliger Konstruktionen basierend auf Gl. 3.2.1-11

	1	2	3
1	Ausfüllung des Zwischenraums	Doppelwand aus zwei gleich schweren biegeweichen Schalen	leichte biegeweiche Vorsatzschale vor schwerem Bauteil
2			
3	Luftschicht mit schallschluckender Einlage ($r \geq 5$ kN·s/m⁴)	$f_0 = \frac{85}{\sqrt{m' \cdot d}}$	$f_0 = \frac{60}{\sqrt{m' \cdot d}}$
4	Dämmschicht mit beiden Schalen vollflächig verbunden	$f_0 = 225 \cdot \sqrt{\frac{s'}{m'}}$	$f_0 = 160 \cdot \sqrt{\frac{s'}{m'}}$

1) mit: m' flächenbezogene Masse einer biegeweichen Schale in kg/m²
d Schalenabstand in m
s' dynamische Steifigkeit der Dämmschicht in MN/m³

Stehende Wellen

Wenn sich zwei gegenläufig fortbewegende Wellen gleicher Wellenlänge λ und (näherungsweise) gleicher Amplitude überlagern, ergibt sich eine sogenannte stehende Welle. Grund für die gleichzeitige Gegenläufigkeit wird in der Regel die Reflexion der Schallwelle an einer Grenzschicht sein; in diesem Fall spricht man (vgl. die Darstellungen in den Bildern 3.2.1-7 und -8) von einer „einlaufenden" und einer sich daraus überlagernden „reflektierten" Welle.

Für die sich damit ergebende, örtlich unveränderliche Ausbildung von Knoten (→ Nulldurchgang der resultierenden stehenden Welle) und Bäuchen (→ Amplitude der resultierenden stehenden Welle) der stehenden Welle sind die anliegende Randbedingungen der Grenzschicht maßgebend: prinzipiell lassen sich hier freie und feste Enden bzw. schallharte und schallweiche Oberflächen definieren.

Für die Reflexion einer Welle an *einem festen Ende respektive einer schallweichen Oberfläche* ergibt sich bezüglich der resultierenden stehenden Welle die Ausbildung eines Schallschnellebauches an der Grenzschicht (und in jeweils λ/2-facher Entfernung) und die Ausbildung eines Schalldruckknotens im Abstand λ/4 vor der Grenzschicht (und in jeweils λ/2-facher Entfernung). Ein Phasensprung der Schallschnelle erfolgt hier nicht. Typisches Beispiel für eine derartige stehende Welle ist die Schwingung einer Saite zwischen ihren beiden festen Enden; daher spricht man bei einer stehenden Welle zwischen zwei festen Enden auch von einer Saitenschwingung.

Die Schalldruckverläufe für diese Saitenschwingungen (einlaufende Welle, reflektierte Welle, resultierende stehende Welle) sind für vier signifikante Zeitschritte mit Kennzeichnung von Druckknoten und Druckbäuchen in Bild 3.2.1-7 dargestellt.

Für die Reflexion einer Welle an *einem freien Ende respektive einer schallharten Oberfläche* ergibt sich bezüglich der resultierenden stehenden Welle die Ausbildung eines Schallschnelleknotens an der Grenzschicht (und in jeweils λ/2-facher Entfernung) und die Ausbildung eines Schalldruckbauches im Abstand λ/4 vor der Grenzschicht (und in jeweils λ/2-facher Entfernung). Die Schallschnelle erfährt einen Phasensprung von λ/2.

Typisches Beispiel für eine derartige stehende Welle ist die (theoretisch) auftretende Schallschwingung zwischen zwei Bauteiloberflächen.

Die Schalldruckverläufe für diese Schallschwingungen (einlaufende Welle, reflektierte Welle, resultierende stehende Welle) sind für vier signifikante Zeitschritte mit Kennzeichnung von Druckknoten und Druckbäuchen in Bild 3.2.1-9 dargestellt.

In Bild 3.2.1-9 sind die für das Bau- und Raumakustik relevanten Knoten- bzw. Bauchausbildungen von stehenden Wellen noch einmal zusammenfassend dargestellt.

Recht anschauliche Animationen dieser Schwingungen sind für unterschiedlich wählbare Randbedingungen beispielsweise unter [14] und [15] zu finden.

Unter realistischen baulichen Randbedingungen sind diese zunächst einmal sehr eindeutigen theoretischen Beschreibungen jedoch etwas zu relativieren: Aufgrund der tatsächlich vorhandenen Absorptionseigenschaften der Oberflächen wird ein Teil der auftreffenden Schallenergie dissipiert, was in der Folge dann sowohl zu einer Reduzierung der Amplituden (die Werte verdoppeln sich nicht gegenüber den Ausgangswerten der einlaufenden Welle, da die reflektierte Welle eine niedrigere Amplitude aufweist) als auch zu einer Verschiebung der Knoten- und Bauchausbildungen führt (sie liegen eben nicht genau an der Wand bzw. bei λ/4 vor ihr).

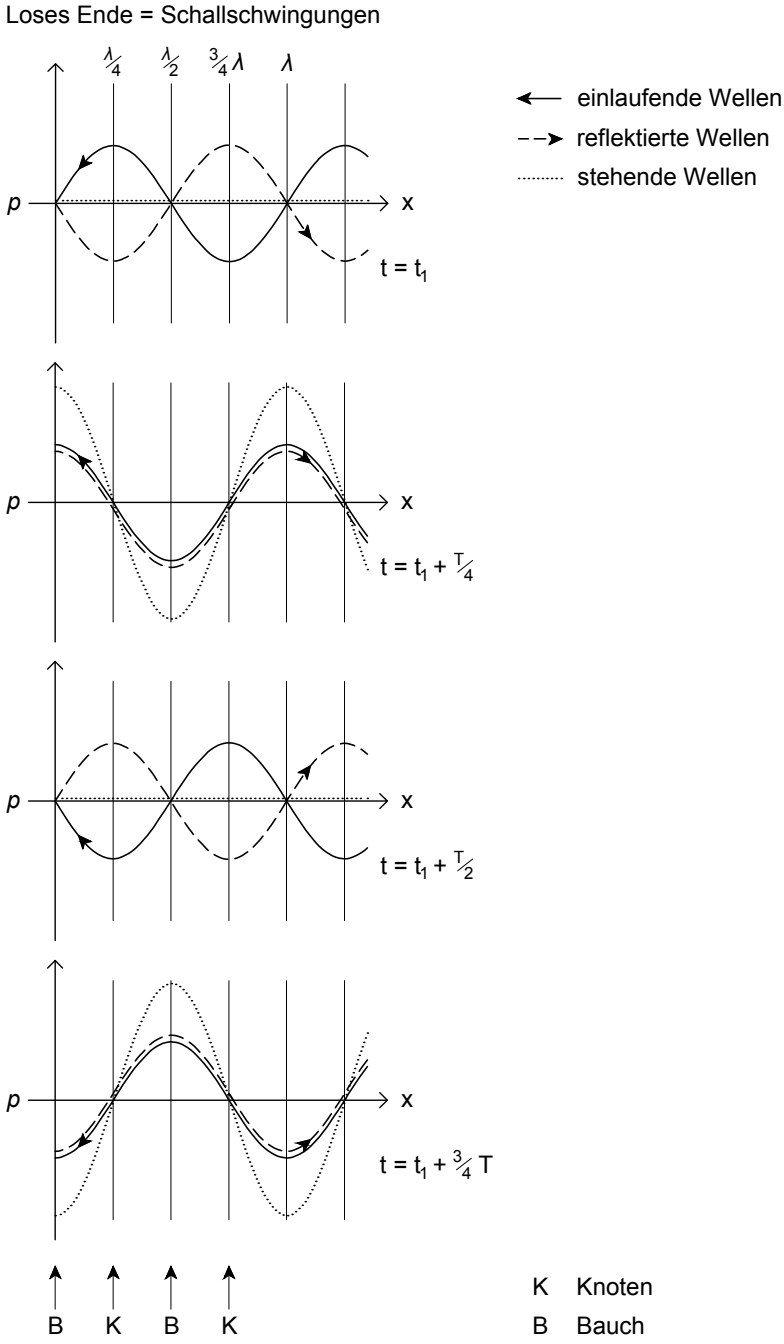


Bild 3.2.1-7 Saitenschwingung. Grenzschicht schallweich bzw. festes Ende: Darstellung der entsprechenden Schalldruckverläufe *p* längs der Ortskoordinate x von einlaufender, reflektierter und resultierender stehender Welle für vier Zeitschritte *t* mit Kennzeichnung von Druckknoten (K) und Druckbäuchen (B)

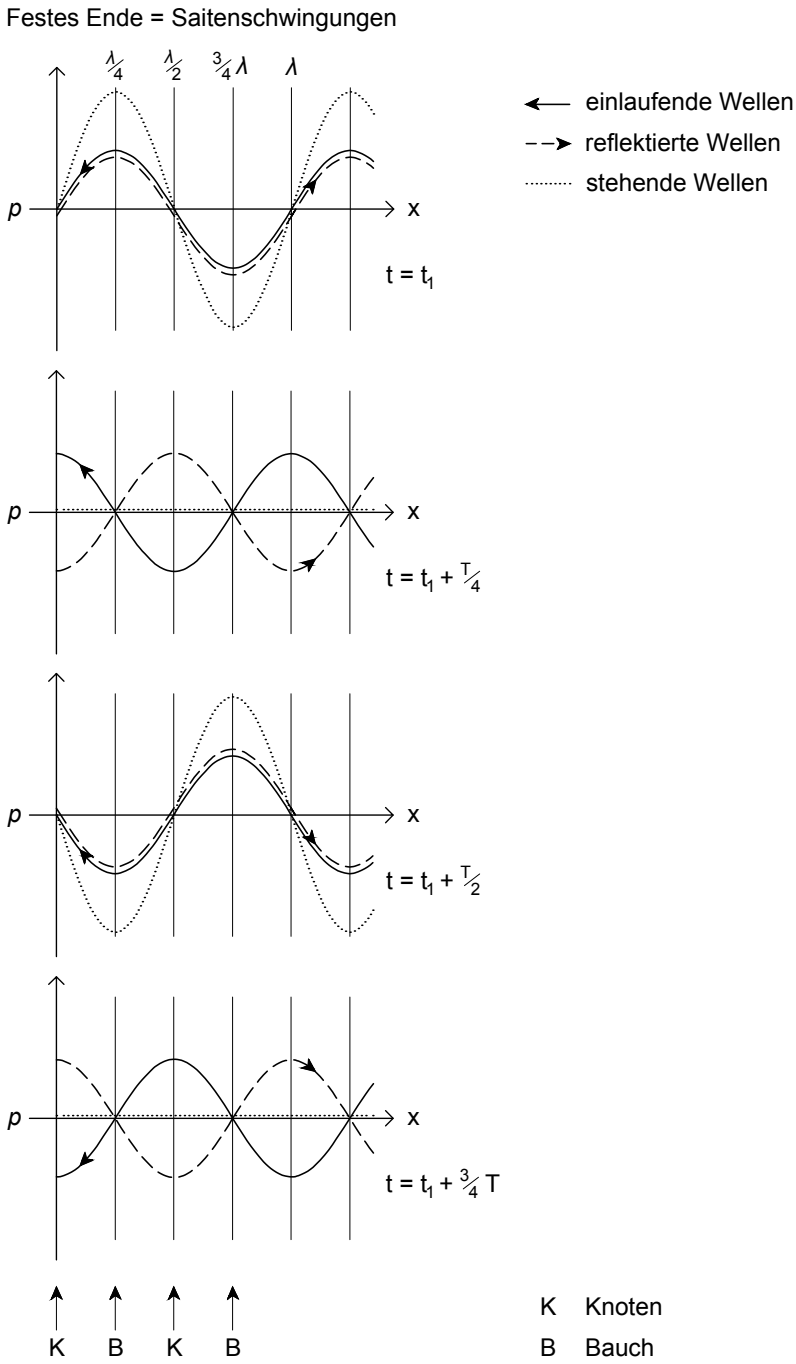


Bild 3.2.1-8 Schallschwingung. Grenzschicht schallhart bzw. freies Ende: Darstellung der entsprechenden Schalldruckverläufe *p* längs der Ortskoordinate x von einlaufender, reflektierter und resultierender stehender Welle für vier Zeitschritte *t* mit Kennzeichnung von Druckknoten (K) und Druckbäuchen (B)

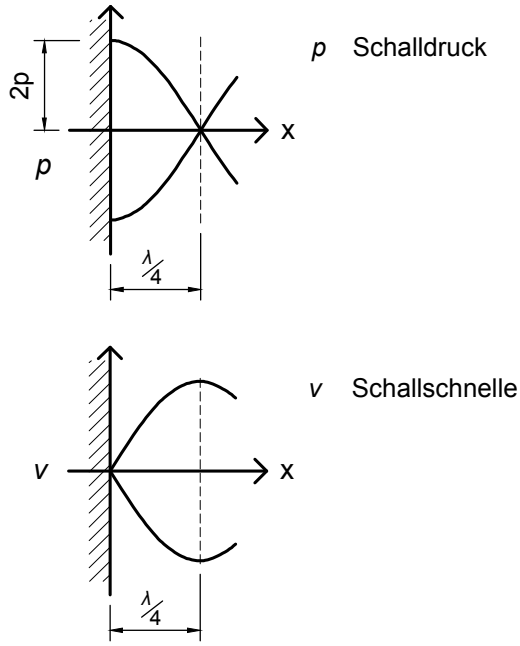


Bild 3.2.1-9 Schallschwingung. Grenzschicht schallhart bzw. freies Ende: Darstellung der entsprechenden Schalldruckverläufe *p* längs der Ortskoordinate x von einlaufender, reflektierter und resultierender stehender Welle für vier Zeitschritte *t* mit Kennzeichnung von Druckknoten (K) und Druckbäuchen (B)

Wird der Hohlraum zwischen den Schalen nicht bedämpft (also nur mit einer Luftschicht als Feder ausgeführt), so bilden sich stehende Wellen. Unter stehenden Wellen versteht man Wellen, deren Schalldruckmaxima auf den Schalenoberflächen liegen. Das bedeutet, dass in diesem Fall der Schalenabstand einem ganzzahligen Vielfachen der Wellenlänge λ des übertragenen Schallsignals entspricht. Die Frequenzen dieser stehenden Wellen (**Hohlraumresonanzfrequenzen**) lassen sich wie folgt berechnen:

$$f_{sw}^{n} = n \cdot \frac{c_L}{2 \cdot d} \tag{3.2.1-12}$$

Darin sind:

f_{sw}^{n} Frequenz der stehenden Welle (Hohlraumresonanzfrequenzen) in Hz
n natürliche ganze Zahl
c_L Schallgeschwindigkeit in Luft (c_L = 340 m/s)
d Schalenabstand in m

3.2.2 Kenngrößen für den Luftschallschutz

Schalltransmissionsgrad

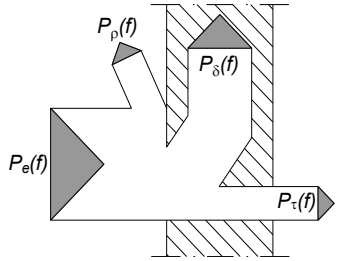


Bild 3.2.2-1 Aufteilung der Schall-Leistung eines auf eine Wand auftreffenden Schallsignals mit $p_e(f)$ = auftreffende Schall-Leistung, $p_\delta(f)$ = dissipierte (in Wärme umgewandelte) Schall-Leistung, $p_\rho(f)$ = reflektierte Schall-Leistung und $p_\tau(f)$ = transmittierte (auf der Rückseite der Wand abgestrahlte) Schall-Leistung

$$\tau(f) = \frac{p_\tau(f)}{p_e(f)} \tag{3.2.2-1}$$

Darin sind:

$\tau(f)$ frequenzabhängiger Schalltransmissionsgrad

$p_\tau(f)$ transmittierte (die auf der Rückseite des Bauteils abgestrahlte) frequenzabhängige Schall-Leistung in W

$p_e(f)$ auftreffende frequenzabhängige Schall-Leistung in W

Spricht man von der absorbierten Schall-Leistung $p_\alpha(f)$, so wird darunter die Summe aus dissipierter und transmittierter Schall-Leistung verstanden.

In der Praxis ergibt sich für den Schalltransmissionsgrad $\tau(f)$ ein Wertebereich von 10^{-1} bis 10^{-8}, wobei kleine Werte ein günstiges und große Werte ein weniger günstiges schallschutztechnisches Verhalten der Bauteile beschreiben.

Schallpegeldifferenz

Die Schallpegeldifferenz zwischen zwei Räumen ergibt sich zu:

$$D = L_{p1} - L_{p2} \tag{3.2.2-2}$$

Darin sind:

D frequenzabhängige Schallpegeldifferenz in dB

L_{p1} frequenzabhängiger mittlerer Schalldruckpegel im Senderaum in dB

L_{p2} frequenzabh. mittlerer Schalldruckpegel im Empfangsraum in dB

Norm-Schallpegeldifferenz

Da jedoch die raumakustische Ausgestaltung des Empfangsraumes in Form beliebiger unterschiedlicher schallabsorbierender Oberflächen Einfluss auf die Größenordnung der Schallpegeldifferenz eines trennenden Bauteils hat, wird die frequenzabhängige Norm-Schallpegeldifferenz eingeführt.

$$D_n = D - 10 \cdot \lg \frac{A}{A_0} \qquad (3.2.2\text{-}3)$$

Darin sind:

D_n frequenzabhängige Norm-Schallpegeldifferenz in dB

D frequenzabhängige Schallpegeldifferenz in dB

A frequenzabhängige äquivalente Schallabsorptionsfläche im Empfangsraum in m²

A_0 Bezugs-Absorptionsfläche (allgemein: $A_0 = 10$ m², bei Klassenzimmern in Schulen: $A_0 = 25$ m²)

Die Norm-Schallpegeldifferenz D_n kennzeichnet damit die Luftschalldämmung zwischen zwei Räumen, wobei beliebige Schallübertragungswege vorliegen können.

Die frequenzabhängige äquivalente Schallabsorptionsfläche A ist definiert als eine virtuelle Fläche mit einem Schallabsorptionsgrad von $\alpha = 1$.

Standard-Schallpegeldifferenz

Alternativ kann die Luftschalldämmung zwischen zwei Räumen durch die frequenzabhängige Standard-Schallpegeldifferenz D_{nT}beschrieben werden:

$$D_{nT} = D + 10 \cdot \lg \frac{T}{T_0} \qquad (3.2.2\text{-}4)$$

Darin sind:

D_{nT} frequenzabhängige Standard-Schallpegeldifferenz in dB

D frequenzabhängige Schallpegeldifferenz in dB

T frequenzabhängige Nachhallzeit im Empfangsraum in s

T_0 Bezugs-Nachhallzeit (Wohnräume allgemein: $T_0 = 0{,}5$ s)

Die Ermittlung sowohl der Norm-Schallpegeldifferenz D_n als auch der Standard-Schallpegeldifferenz D_{nT} erfolgt nach DIN EN ISO 16283-1.

Als Nachhallzeit T eines Raumes wird derjenige Zeitraum definiert, in dem in diesem Raum ein Schallsignal mit dem Schalldruckpegel L nach seiner Beendigung um 60 dB reduziert wird. Die Nachhallzeit ist frequenzabhängig zu ermitteln.

Anmerkung:

Die Normierung der Schallpegeldifferenz auf eine Nachhallzeit von 0,5 s berücksichtigt, dass in möblierten Wohnräumen nahezu volumen- und frequenzunabhängig eine Nachhallzeit von etwa 0,5 s vorliegt. Diese Normierung entspricht der Normierung der Schallpegeldifferenz auf eine Bezugs-Absorptionsfläche von $A_0 = 0{,}32 \cdot V$, wobei V das Volumen des Empfangsraumes darstellt. Damit wird die Standard-Schallpegeldifferenz D_{nT} abhängig von der Richtung der Schallübertragung, wenn die beiden Räume unterschiedliche Volumina aufweisen.

Schachtpegeldifferenz

Für den Fall, dass die Schallübertragung zwischen zwei Räumen primär über einen Schacht oder Kanal erfolgt, wird die frequenzabhängige Schachtpegeldifferenz $D_K(f)$ eingeführt.

$$D_K = L_{K1} + L_{K2} \tag{3.2.2-5}$$

Darin sind:

$D_K(f)$ frequenzabhängige Schachtpegeldifferenz in dB

$L_{K1}(f)$ frequenzabhängige mittlere Schallpegel in der Nähe der Schacht- bzw. Kanalöffnung im Senderaum in dB

$L_{K2}(f)$ frequenzabhängige mittlere Schallpegel in der Nähe der Schacht- bzw. Kanalöffnung im Empfangsraum in dB

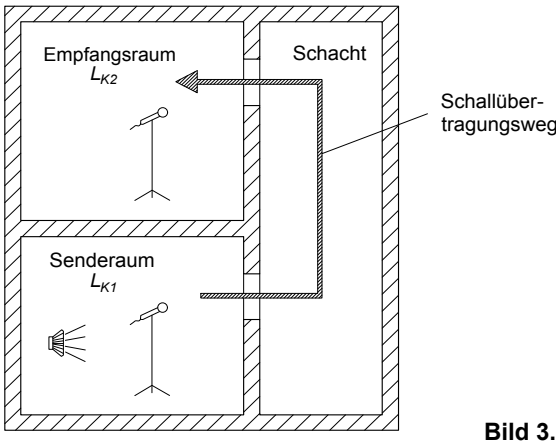


Bild 3.2.2-2 Beispiel für eine Schachtanordnung

3.2.3 Luftschalldämmung

Schallübertragungswege

Die Schallübertragung zwischen zwei Räumen erfolgt in ausgeführten Gebäuden nicht grundsätzlich nur über das trennende Bauteil, sondern auch über flankierende Bauteile sowie optional über Rohrleitungen, Undichtigkeiten, Lüftungsanlagen etc.

Vor diesem Hintergrund unterscheidet man zwischen folgenden Begriffen:

- ***Nebenwegübertragung***: Darunter wird jede Form der Luftschallübertragung zwischen zwei aneinandergrenzenden Räumen, die nicht über die trennenden Bauteile (Trenndecke, Trennwand) erfolgt, verstanden. Dies schließt die o.g. Übertragungen durch Undichtigkeiten, Lüftungsanlagen, Rohrleitungen und ähnliches ein.
- ***Flankenübertragung***: Diese ist der Teil der Nebenwegübertragung, der ausschließlich über Bauteile, d. h. unter Ausschluss der Übertragung durch Undichtigkeiten, Lüftungsanlagen, Rohrleitungen und ähnlichem, erfolgt. Bild 3.2.3-1 zeigt die entsprechende Flankenwege für eine biegeweiche sowie eine biegesteife Anbindung des trennenden Bauteils (hier: Trennwand) an die flankierenden Bauteile (hier: flankierende Wände).

Die Ermittlung des frequenzabhängigen Schalldämm-Maßes R erfolgt durch Messung nach DIN EN ISO 10140-2 im Prüfstand bzw. DIN EN ISO 16283-1 in Gebäuden. Dabei ist zu differenzieren zwischen:

R frequenzabhängiges Schalldämm-Maß **ohne** Berücksichtigung einer Schallübertragung über flankierende Bauteile (= **Labor-Schalldämm-Maß**) und

R' frequenzabhängiges Schalldämm-Maß **mit** Berücksichtigung einer Schallübertragung über flankierende Bauteile (= **Bau-Schalldämm-Maß**)

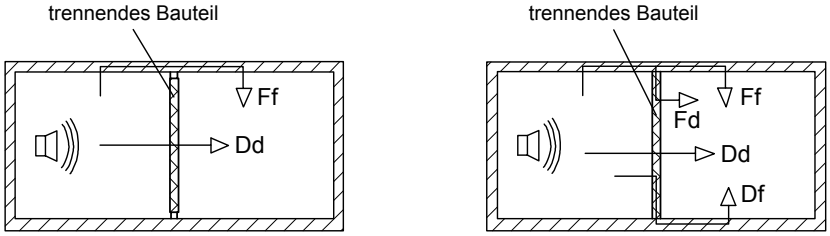


Bild 3.2.3-1 Angabe der unterschiedlichen Flankenwege für eine biegeweiche (kein kraftschlüssiger Verbund, beispielsweise bei Einlage weicher Zwischenlage) sowie eine biegesteife (beispielsweise bei Mörtelfuge oder einbindender Vermauerung) Anbindung des trennenden Bauteils (hier: Trennwand) an die flankierenden Bauteile (hier: flankierende Wände). Der Großbuchstabe bezeichnet dabei das schallaufnehmende (D: trennendes Bauteil, F: flankierendes Bauteil) und der Kleinbuchstabe das schallabstrahlende Bauteil (d: trennendes Bauteil, f: flankierendes Bauteil).

Schalldämm-Maß

$$R = 10 \cdot \lg \frac{1}{\tau} \tag{3.2.3-1}$$

Darin sind:

R frequenzabhängiges Schalldämm-Maß in dB

τ frequenzabhängige Schalltransmissionsgrad

Im Wertebereich des Schalltransmissionsgrades τ von 10^{-1} bis 10^{-8} ergeben sich damit Schalldämm-Maße zwischen 10 und 80 dB.

$$R = D + 10 \cdot \lg \frac{S}{A} \tag{3.2.3-2}$$

Darin sind:

R frequenzabhängiges Luftschalldämm-Maß in dB

D frequenzabhängige Schalldruckpegeldifferenz in dB

A frequenzabhängige äquivalente Schallabsorptionsfläche im Empfangsraum in m^2

S Fläche des trennenden Bauteils in m^2

Je nachdem, ob der Schall nur durch das zu prüfende Bauteil oder auch über Nebenwege übertragen wird, unterscheidet sich das Schalldämm-Maß durch Anfügen eines Apostrophs:

R Das "Labor-Schalldämm-Maß" wird verwendet, wenn der Schall ausschließlich durch das zu prüfende Bauteil übertragen wird, z.B. in einem Prüfstand ohne Flankenübertragung.

R' Das "Bau-Schalldämm-Maß" wird verwendet bei zusätzlicher Flanken- oder anderer Nebenwegübertragung.

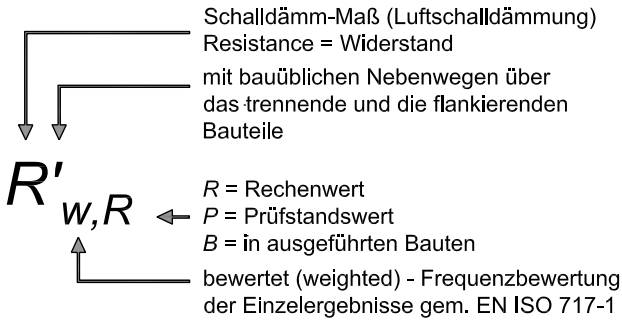


Bild 3.2.3-2 Beischreibung der Indizes für die Kenngrößen des Luftschalldämm-Maßes

In diesem Zusammenhang sind folgende Punkte zu beachten:

- Bei der Bestimmung der Schalldämmung einer Tür ist *S* die Fläche der freien Öffnung, in die die Tür einschließlich des Rahmes eingebaut ist. Dabei ist sicherzustellen, dass die Schallübertragung durch den Rest der umgebenden Wand vernachlässigbar klein ist.
- Bei versetzt zueinander angeordneten oder abgestuften Räumen ist *S* der Teil der Trennbauteilfläche, der beiden Räumen gemeinsam ist. Wenn die gemeinsame Fläche weniger als $S = 10$ m² beträgt, ist dieses im Prüfbericht anzugeben.
- Für den Fall, das keine gemeinsame Fläche existiert, wird die Norm-Schallpegeldiffrenz $D_n(f)$ bestimmt.

Beispielsweise in VDI 4100 (10.2012) werden Anforderungen nicht mehr an das Schalldämm-Maß eines trennendenden Bauteils sondern vielmehr an Schallpegel und Schallpegeldifferenzen erhoben – damit ergibt sich dann eine volumenabhängige Anforderung.

Das erforderliche bewertete Bau-Schalldämm-Maß der entsprechenden trennenden Bauteile ergibt sich dann mit $T_0 = 0{,}5$ s und der **SABINEschen Gleichung** (Formel 3.2.3-3) aus der Anforderung an die Standard-Schallpegeldifferenz erf. $D_{nT,w}$ entsprechend VDI 4100 (10.2012) für den allgemeinen Fall (→ also eine beliebige Raumgeometrie) nach Formel 3.2.3-4.

$$A = 0{,}163 \cdot \frac{V}{T} \tag{3.2.3-3}$$

Darin sind:

A Äquivalente Schallabsorptionsfläche eines Raumes in m²

V Volumen des betrachteten Raumes in m³

T Nachhallzeit im Raum in s

$$\text{erf.}R'_w = \text{erf. } D_{nT,w} + 10 \cdot \lg\left(3{,}1 \cdot \frac{S}{V_E}\right) \tag{3.2.3-4}$$

Für quaderförmige Räume vereinfacht sich diese Beziehung zu

$$\text{erf.}R'_w = \text{erf.}\ D_{nT,w} + 10 \cdot \lg\left(\frac{3{,}1}{\ell}\right) \tag{3.2.3-5}$$

Darin sind:

R'_w	erforderliches bewertetes Bau-Schalldämm-Maß in dB
erf. $D_{nT,w}$	erforderliche Standard-Schallpegeldifferenz in dB
V_E	Volumen des Empfangsraumes in m³
S	Größe der Trennfläche in m²
ℓ	Abmessung des Empfangsraumes senkrecht zur Trennfläche (→ Raumtiefe bei Wänden, Raumhöhe bei Decken) in m

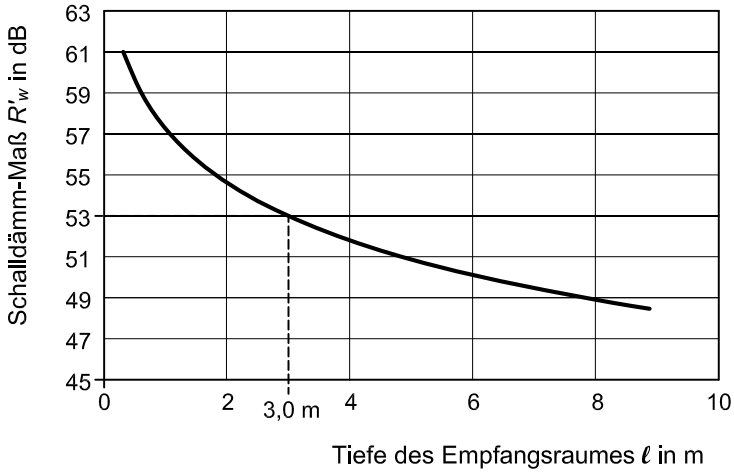


Bild 3.2.3-3 Beispielhafte Darstellung der Abhängigkeit der Anforderung an das bewertete Schalldämm-Maß von der Raumtiefe des Empfangsraumes auf Basis der Anforderung an die Standardschallpegeldifferenz zwischen Räumen zweier abgeschlossener Wohnungen erf. $D_{nT,w}$ = 53 dB

Die Eigenschaft von Vorsatzkonstruktionen, die die Schalldämmung eines Bauteils verbessern oder verschlechtern, wird mit der **Verbesserung des Schalldämm-Maßes** ΔR angegeben und entspricht der Differenz der Schalldämm-Maße mit und ohne Vorsatzkonstruktion.

Stoßstellendämm-Maß

Als Stoßstellen werden solche Bereiche im Ausbreitungsweg des Körperschalls bezeichnet, bei denen es auf Grund von Änderungen im Ausbreitungsweg zur Reflexion von Körperschall und damit zu einer Verminderung der Schallübertragung kommt, z.B. Materialwechsel (dazu gehören auch elastische Zwischenschichten), Querschnittsänderungen o. Bauteilverbindungen.

Im Rahmen üblicher Bausituationen werden in der Regel Stoßstellen an Bauteilverbindungen berücksichtigt. Diese treten auf als T-Stoß, Kreuzstoß oder L-Stoß (Eckverbindung). Bei der Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes K_{ij} wird auf die Länge der Stoßstelle normiert. Im Massivbau wird das Stoßstellendämm-Maß meist frequenzunabhängig angenommen.

Norm-Flankenschallpegeldifferenz

Die Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f}$ beschreibt die Schalldruckpegeldifferenz zwischen zwei Räumen, wenn die Übertragung nur über einen festgelegten Flankenweg (Ff) stattfindet. Die bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz wird messtechnisch nach DIN EN ISO 717-1 als auf eine Bezugsabsorptionsfläche von A_0 = 10 m² bezogenen Einzahlangabe ermittelt.

$$D_{n,f} = L_1 - L_2 - 10 \cdot \lg \frac{A}{A_0} \tag{3.2.3-6}$$

Darin sind:

L_1 Schalldruckpegel im Senderaum in dB

L_2 Schalldruckpegel im Empfangsraum in dB

A Äquivalente Schallabsorptionsfläche eines Raumes in m²

A_0 Bezugsabsorptionsfläche A_0 = 10 m²

Flanken-Schalldämm-Maß

Das Flanken-Schalldämm-Maß R_{ij} beschreibt die Schalldämmung entlang eines bestimmten flankierenden Übertragungsweges vom angeregten Bauteil *i* im Senderaum auf das abstrahlende Bauteil *j* im Empfangsraum, wenn die Übertragung nur über einen festgelegten Flankenweg (Ff) stattfindet. Die Indizes ij stehen verallgemeinernd für die Übertragungswege Df, Fd und Ff. Die bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz wird messtechnisch nach DIN EN ISO 717-1 als Einzahlangabe ermittelt.

$$R_{i,j} = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg \frac{S_s}{A} \tag{3.2.3-7}$$

Darin sind:

A Äquivalente Schallabsorptionsfläche eines Raumes in m²

S_s gemeinsame Trennfläche in m²

Bewertung des Schalldämm-Maßes

Das frequenzabhängige Schalldämm-Maß R bzw. R' ist für viele Anwendungsfälle des Bauwesens zu unhandlich, weswegen es - ggf. unter Ermittlung von Spektrum-Anpassungswerten (siehe unten) - entsprechend DIN EN ISO 717-1 in eine Einzahlangabe umgerechnet wird.

Dieses geschieht durch Verschieben der Bezugskurve entsprechend Tabelle 3.2.3-1 in ganzzahligen dB-Schritten, wobei in den Terzmittenfrequenzen die Summe der Unterschreitungen der Bezugskurve durch die Messkurve einen Wert von 32 dB nicht überschreiten darf (wobei die Summe der Unterschreitungen natürlich dem Grenzwert von 32 dB möglichst nahekommen soll). Dieser Wert entspricht bei 16 Terzmittenfrequenzen einer mittleren Unterschreitung von 2 dB.

Das bewertete Labor-Schalldämm-Maß R_w bzw. das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w entspricht dann dem entsprechenden Schalldämm-Maß der verschobenen Bezugskurve bei f = 500 Hz. Die Verschiebung der Bezugskurve nach oben entspricht einer gegenüber dem Referenzbauteil (Vollziegelwand mit d = 25 cm, R_w bzw. R'_w = 52 dB) verbesserten Konstruktion, die Verschiebung nach unten eine verschlechterte Konstruktion. Bild 3.2.3-3 gibt ein Beispiel.

Tabelle 3.2.3-1 Bezugswerte der Terzbänder und der Oktavbänder für die Luftschalldämmung nach DIN EN ISO 717-1

	1	2	3
1	Frequenz	Bezugswert in dB	
2		Terzbänder	Oktavbänder
3	100	33	
4	125	36	36
5	160	39	
6	200	42	
7	250	45	45
8	315	48	
9	400	51	
10	500	52	52
11	630	53	
12	800	54	
13	1000	55	55
14	1250	56	
15	1600	56	
16	2000	56	56
17	2500	56	
18	3150	56	

Spektrum-Anpassung

Bei der Ermittlung des bewerteten Luftschalldämm-Maßes können zwangsläufig nicht alle in der Realität auftretenden Emissionspektren als Schallsignal zugrundegelegt werden. In DIN EN ISO 717-1 wurden daher sogenannte Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} eingeführt, um diese Eigenarten unterschiedlicher Geräuschspektren zu berücksichtigen (wie zum Beispiel zwischen dem *Rosa Rauschen* und *Straßenlärm*) und um außerdem Schalldämmkurven mit einem sehr niedrigen Wert in einem einzelnen Frequenzband zu erfassen.

Die Anwendung der Spektrums-Anpassungswerte ist von der Art der Geräuschquelle abhängig, vgl. Tabelle 3.2.3-2.

Die Spektrum-Anpassungswerte werden nicht mit in die Einzahlangabe der Schalldämm-Maße oder Norm-Schallpegeldifferenzen aufgenommen, sondern als separate Angaben ergänzt (Beispiel: R'_w (C; C_{tr}) = 53 (-1; -4) dB). Hintergrund dieser Vorgehensweise ist, zum einen die Kontinuität mit dem Bezugskurven-System zu sichern und zum anderen die Gefahr einer Verwechslung von verschiedenen Einzahlangaben in etwa der gleichen Größenordnung zu vermeiden. Zudem haben Vergleichsmessungen gezeigt, dass die Vergleichbarkeit der Einzahlangaben auf der Basis der Bezugskurven etwas besser ist.

Einzahlangaben (R'_w, C, C_{tr}) werden nur aus Terzband-Messergebnissen berechnet. Die Bezugswerte in Oktavbändern dürfen nur zum Vergleich mit Ergebnissen von Messungen in Oktavbändern verwendet werden.

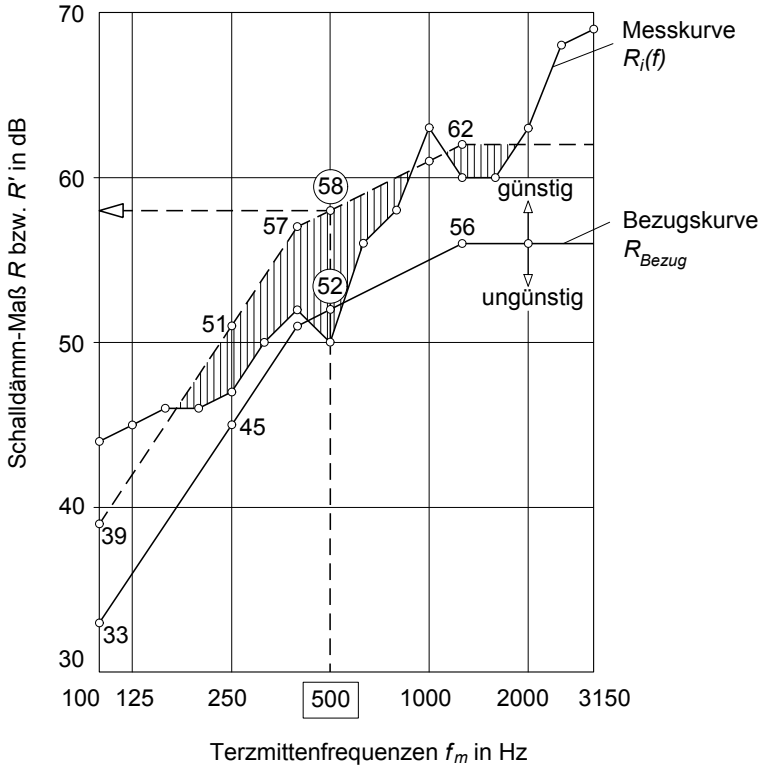


Bild 3.2.3-4 Beispiel für die Ermittlung des bewerteten Luftschalldämm-Maßes R_w bzw. R'_w. Im Beispiel wird die Bezugskurve um +6 dB verschoben. Es ergibt sich mithin ein bewertetes Luftschalldämm-Maß von R_w bzw. R'_w = 58 dB.

Tabelle 3.2.3-2 Relevante Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} für unterschiedlichen Geräuschquellen nach DIN EN ISO 717-1

	1	2
1	Geräuschquelle	Relevanter Spektrum-Anpassungswert
2	Wohnaktivitäten (Reden, Musik, Radio, Fernsehgerät) Kinderspielen Schienenverkehr mit mittlerer und hoher Geschwindigkeit[1)] Autobahnverkehr mit v > 80 km/h Düsenflugzeuge in kleinem Abstand Betriebe, die überwiegend mittel- u. hochfrequenten Lärm abstrahlen[1)]	C (Spektrum 1)
3	Städtischer Straßenverkehr Schienenverkehr mit geringer Geschwindigkeit[1)] Propellerflugzeug Düsenflugzeug in großem Abstand Discomusik Betriebe, die überwiegend tief- und mittelfrequenten Lärm abstrahlen	C_{tr} (Spektrum 2)

[1)] In mehreren europäischen Ländern bestehen Rechenverfahren für Straßen- und Schienenverkehrsgeräusche, welche Oktavbandschallpegel festlegen; diese können zum Vergleich mit den Spektren 1 und 2 herangezogen werden.

Tabelle 3.2.3-3 Schallpegel des Spektrums 1 zur Berechnung der Spektrum-Anpassungswerte C (Standardbereich und erweiterter Frequenzbereich)

	1	2	3	4	5	6	7
1	Frequenz *i* in Hz	Schallpegel L_{ij} (Spektrum 1) in dB					
2		Standardbereich (*C*)		50 bis 3150 Hz ($C_{50\text{-}3150}$)		50 bzw. 100 bis 5000 Hz ($C_{50\text{-}5000}$ bzw. $C_{100\text{-}5000}$)	
3		Terz	Oktav	Terz	Oktav	Terz	Oktav
4	50			-40		-41	
5	63			-36	-31	-37	-32
6	80			-33		-34	
7	100	-29		-29		-30	
8	125	-26	-21	-26	-21	-27	-22
9	160	-23		-23		-24	
10	200	-21		-21		-22	
11	250	-19	-14	-19	-14	-20	-15
12	315	-17		-17		-18	
13	400	-15		-15		-16	
14	500	-13	-8	-13	-8	-14	-9
15	630	-12		-12		-13	
16	800	-11		-11		-12	
17	1000	-10	-5	-10	-5	-11	-6
18	1250	-9		-9		-10	
19	1600	-9		-9		-10	
20	2000	-9	-4	-9	-4	-10	-5
21	2500	-9		-9		-10	
22	3150	-9		-9		-10	
23	4000					-10	-5
24	5000					-10	

Tabelle 3.2.3-4 Schallpegel des Spektrums 2 zur Berechnung der Spektrum-Anpassungswerte C_{tr} (Standardbereich und beliebiger Frequenzbereich)

	1	2	3	4	5
1	Frequenz *i* in Hz	Schallpegel L_{ij} (Spektrum 2) in dB			
2		Standardbereich (C_{tr})		beliebiger Bereich ($C_{tr,n\text{-}m}$)	
3		Terz	Oktav	Terz	Oktav
4	50			-25	
5	63			-23	-18
6	80			-21	
7	100	-20		-20	
8	125	-20	-14	-20	-14
9	160	-18		-18	
10	200	-16		-16	
11	250	-15	-10	-15	-10
12	315	-14		-14	
13	400	-13		-13	
14	500	-12	-7	-12	-7
15	630	-11		-11	
16	800	-9		-9	
17	1000	-8	-4	-8	-4
18	1250	-9		-9	
19	1600	-10		-10	
20	2000	-11	-6	-11	-6
21	2500	-13		-13	
22	3150	-15		-15	
23	4000			-16	-11
24	5000			-18	

Die Angabe von *Anforderungen* kann sowohl mit den Einzahlangaben (z.B. *erf.* R'_w oder *erf.* $D_{nT,w}$) oder aber auch als Summe dieses Wertes und des zutreffenden Spektrum-Anpassungswertes erfolgen:

$$X_{A,1} = X_w + C \tag{3.2.3-8}$$

$$X_{A,2} = X_w + C_{tr} \tag{3.2.3-9}$$

Darin sind:

$X_{A,1}$	Einzahlangabe Luftschalldämm-Maß (Spektrum 1) in dB
$X_{A,2}$	Einzahlangabe Luftschalldämm-Maß (Spektrum 2) in dB
X_w	steht für die Einzahlangabe des erforderlichen Labor- (*erf.* R_w), Bau-Schalldämm-Maßes (*erf.* R'_w), Norm-Schallpegeldifferenz (*erf.* $D_{n,w}$) oder der Standard-Schallpegeldifferenz (*erf.* $D_{nT,w}$)
C	Spektrum-Anpassungswert (Spektrum 1)
C_{tr}	Spektrum-Anpassungswert (Spektrum 2)

Wenn Messungen für einen erweiterten Frequenzbereich durchgeführt werden, können zusätzliche Spektrum-Anpassungswerte für diesen Frequenzbereich berechnet und angegeben werden. Der entsprechende Frequenzbereich ist dann im Index von C oder C_{tr} anzugeben (Beispiel: R'_w (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$, $C_{tr,50\text{-}5000}$) = 53 (-1; -4; 0; -5) dB.

Die entsprechenden Schallpegelspektren zur Berechnung der Spektrum-Anpassungswerte sind für den bauakustisch üblichen sowie für erweiterte Frequenzbereiche in den Tabellen 3.2.3-3 (Spektrum 1) und 3.2.3-4 (Spektrum 2) zusammengestellt.

Die Ermittlung der Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} berechnet sich wie folgt:

$$C_j = X_{Aj} - X_w \tag{3.2.3-10}$$

$$X_{Aj} = -10 \cdot \lg \sum_i 10^{0,1 \cdot (L_{ij} - X_i)} \tag{3.2.3-11}$$

Darin sind:

C_j	Spektrum-Anpassungswert
j	Index für die Schallspektren 1 ($j = t$) und 2 ($j = tr$)
i	Index für die Terz- oder Oktavbänder
X_w	Einzahlangabe des bewerteten Labor- (R_w) oder Bau-Schalldämm-Maßes R'_w), der Norm-Schallpegeldifferenz ($D_{n,w}$) oder der Standard-Schallpegeldifferenz ($D_{nT,w}$)
X_{Aj}	A-bewertete Schalldruckpegeldifferenzen für das Spektrum j in dB(A)
L_{ij}	Schallpegel nach Tabelle 3.2.3-3 bzw. -4 bei der Frequenz i für das Spektrum j
X_i	frequenzabhängiges Labor- (R) oder Bau-Schalldämm-Maß (R'), Norm-Schallpegeldifferenz (D_n) oder Standard-Schallpegeldifferenz (D_{nT})

Schalldämmung zusammengesetzter Flächen

Das resultierende bewertete Luftschalldämm-Maß eines sich aus verschiedenen Einzelbauteilen zusammensetzenden Bauteils wird nach Formel 3.2.3-12 berechnet, wobei in Abhängigkeit der einzelnen vorliegenden Messergebnisse auch das Laborschalldämm-Maß R_w (ohne Nebenwegübertragung, z.B. für Fenster, Türen, Rolladenkästen) angesetzt werden kann.

Die erforderlichen Rechenwerte sind den Ausführungen der Abschnitte 10 bis 12 (Kennwerte und Konstruktionen) oder den Produktbeschreibungen (bzw. den dazugehörigen Prüfzeugnissen) der einzelnen Elementanbieter zu entnehmen.

$$R_{w,ges} = -10 \cdot \lg\left(\frac{1}{S_{ges}} \cdot \sum_{i=1}^{n} S_i \cdot 10^{-0,1 \cdot R_{i,w}} \right) \qquad (3.2.3\text{-}12)$$

Darin sind:

$R_{w,ges}$	gesamtes bewertetes Luftschalldämm-Maß in dB
S_i	Einzelfläche in m²
S_{ges}	Gesamtfläche in m² (Summe aller Einzelflächen)
$R_{i,w}$	bewertetes Luftschalldämm-Maß des Einzelbauteils in dB
n	Anzahl der Einzelbauteile

Schalldämmung eines Bauelements

Ist zur Kennzeichnung der Luftschalldämmung eines Bauelementes (z.B. bei Rolladenkästen) die aus Messungen im Prüfstand nach DIN EN ISO 10140-2 sich ergebende bewertete Norm-Schallpegeldifferenz bekannt, läßt sich daraus der Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes berechnen.

$$R_w = D_{n,e,w} - 10 \cdot \lg \frac{A_0}{S_{Pr}} \qquad (3.2.3\text{-}13)$$

Darin sind:

R_w	bewertetes Luftschalldämm-Maße des Bauelements in dB
$D_{n,e,w}$	bewertete Norm-Schallpegeldifferenz in dB
A_0	Bezugsabsorptionfläche (A_0 = 10 m²)
S_{Pr}	Prüffläche des Bauelements in m²

Die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,e,w}$ ändert sich mit Veränderung der geometrischen Abmessungen (z.B. bewirkt die Verdopplung der Länge eines Rollladenkastens die Verminderung von $D_{n,e,w}$ um 3 dB). Zur prinzipiellen Beschreibung unterschiedlicher Konstruktionen oder Systeme ist dieser Wert daher nicht geeignet.

Im Unterschied zur Vorgängernorm DIN 4109 erfolgt kein Abzug eines Vorhaltemaßes an den Bauteilkenngrößen. Unsicherheiten werden über ein Einrechnen eines sogenannten Sicherheitsbeiwertes u_{prog} beim Endergebnis der Berechnung einer zusammengesetzten Bauteilfläche berücksichtigt. Bei Außenbauteilen z.B. mit Fenster und Rollladen beträgt der Sicherheitsbeiwert u_{prog} = 2 dB.

3.2.4 Kenngrößen für den Trittschallschutz

Allgemeines

Im Gegensatz zum Luftschallschutz, bei dem eine Schallpegeldifferenz zwischen Sende- und Empfangsraum zur Beurteilung der Dämmqualität des trennenden Bauteils herangezogen wird, wird beim Trittschallschutz der im Empfangsraum gemessene Schalldruckpegel, der aus einer genormten Körperschallanregung resultiert, zur Beurteilung der Dämmqualität des trennenden Bauteils (in der Regel eine Decke oder Treppe) herangezogen. Diese genormte Körperschallanregung wird mit einem geeichten Norm-Hammerwerk realisiert (s. Abschnitt 13).

Auch beim Trittschallschutz wird differenziert zwischen Messungen der Trittschalldämmung von Decken in Prüfständen (Messung nach DIN EN ISO 10140-3, Angabe der entsprechenden Pegel *ohne* Apostroph) und Messungen der Trittschalldämmung von Decken in Gebäuden (Messung nach DIN EN ISO 16283-2, Angabe der entsprechenden Pegel *mit* Apostroph). Aus Gründen üblicher Praxisrelevanz erfolgen die nachfolgenden Betrachtungen für Trittschallpegel in Gebäuden.

Schallübertragungswege

Die Schallübertragung zwischen zwei Räumen erfolgt in ausgeführten Gebäuden nicht nur über das trennende Bauteil, sondern auch über flankierende Bauteile sowie über Rohrleitungen, Undichtigkeiten, Lüftungsanlagen etc. Die Nebenweg-Übertragung bei Trittschallanregung längs der angrenzenden, flankierenden Bauteile (Flankenübertragung) tritt gegenüber der direkten Schallabstrahlung insbesondere bei Decken mit untergehängter, biegeweicher Schale in Erscheinung.

Bild 3.2.4-1 zeigt beispielhaft mögliche Wege des Körperschalls in einem Gebäude nach Trittschallanregung einer Trenndecke.

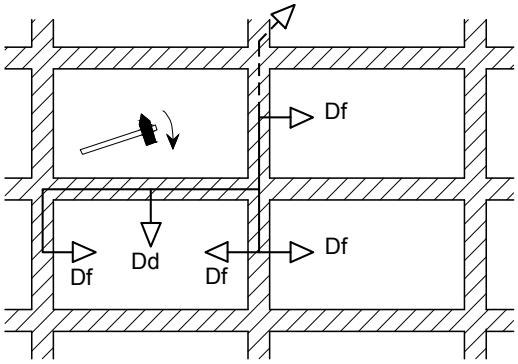


Bild 3.2.4-1 Beispielhafte Darstellung möglicher Wege des Körperschalls in einem Gebäude nach Trittschallanregung einer Trenndecke

Berechnungsmodell

Die im Empfangsraum registrierte und aufsummierte Schallleistung wird durch den Schall verursacht, der bei Trittschallanregung eines Bauteils im Senderaum übertragen wird, unabhängig davon, ob es sich um Luft- oder Körperschallfelder handelt.

Für **über**einanderliegende Räume wird der Gesamt-Trittschallpegel im Empfangsraum bestimmt durch:

$$L'_n = 10 \cdot \lg\left(10^{0,1 \cdot L_{n,d}} + \sum_{j=1}^{n} 10^{0,1 \cdot L_{n,f,ij}} \right) \tag{3.2.4-1}$$

Für **neben**einanderliegende Räume wird der Gesamt-Trittschallpegel im Empfangsraum bestimmt durch:

$$L'_n = 10 \cdot \lg\left(\sum_{j=1}^{n} 10^{0,1 \cdot L_{n,f,ij}} \right) \tag{3.2.4-2}$$

Darin sind:

L'_n Gesamt-Trittschallpegel im Empfangsraum in dB
$L_{n,d}$ Norm-Trittschallpegel durch direkte Trittübertragung in dB
$L_{n,f,ij}$ Norm-Trittschallpegel durch Flankenübertragung in dB
n Anzahl der Bauteile

Trittschallpegel

Der frequenzabhängige Trittschallpegel als mittlerer Schalldruckpegel in einem Terzband im Empfangsraum bei Anregung der geprüften Decke durch ein Norm-Hammerwerk wird auf der Basis von mindestens vier Messergebnissen ermittelt:

$$L_i = 10 \cdot \lg\left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^{n} 10^{0,1 \cdot L_j} \right) \tag{3.2.4-3}$$

Darin sind:

L_i frequenzabhängiger Trittschallpegel im Empfangsraum in dB
n natürliche ganze Zahl
j 1 bis n (Messstellen)
L_j Messwert des frequenzabhängigen Trittschallpegels am Ort j in dB

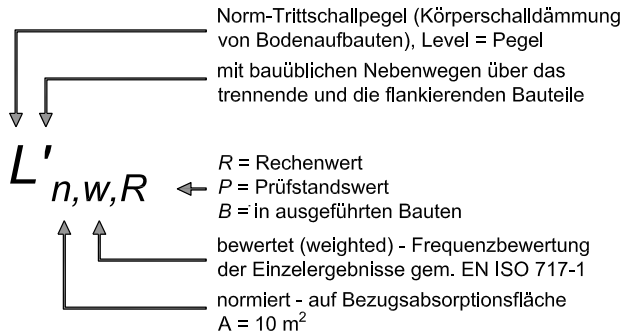


Bild 3.2.4-2 Beischreibung der Indizes für die Kenngrößen des Trittschalldämm-Maßes

Norm-Trittschallpegel

Da jedoch auch die raumakustische Ausgestaltung des Empfangsraumes in Form beliebiger unterschiedlicher schallabsorbierender Oberflächen Einfluss auf die Größenordnung des Trittschallpegels eines trennenden Bauteils hat (eine Änderung der Schallabsorptionsfläche im Empfangsraum verändert den dort ermittelten Trittschallpegel und damit scheinbar die Schallschutzqualität des trennenden Bauteils, ohne dass dieses selbst verändert wird), wird der frequenzabhänige Norm-Trittschallpegel eingeführt:

$$L'_n = L_i + 10 \cdot \lg \frac{A}{A_0} \tag{3.2.4-4}$$

Darin sind:

L'_n frequenzabhäniger Norm-Trittschallpegel in dB

L_i frequenzabhängiger Trittschallpegel im Empfangsraum, wenn die trennende Decke von einem Norm-Hammerwerk angeregt wird, in dB

A frequenzabhängige äquivalente Absorptionsfläche im Empfangsraum in m²

A_0 Bezugsabsorptionfläche (für Wohn- und Arbeitsräume: A_0 = 10 m²)

Standard-Trittschallpegel

Alternativ kann die Trittschalldämmung eines Trennelementes (in der Regel Trenndecke oder -treppe) zwischen zwei Räumen durch den frequenzabhängigen Standard-Trittschallpegel beschrieben werden:

$$L'_{nT} = L_i - 10 \cdot \lg \frac{T}{T_0} \tag{3.2.4-5}$$

Darin sind:

L'_{nT} frequenzabhäniger Standard-Trittschallpegel in dB

L_i frequenzabhängiger Trittschallpegel im Empfangsraum, wenn die trennende Decke von einem Norm-Hammerwerk angeregt wird, in dB

T frequenzabhängige Nachhallzeit im Empfangsraum in s

T_0 Bezugs-Nachhallzeit (für Wohn- und Arbeitsräume: T_0 = 0,5 s)

Die Ermittlung sowohl des Norm-Trittschallpegels L'_n als auch des Standard-Trittschallpegels L'_{nT} erfolgt in Gebäuden nach DIN EN ISO 16283-2.

Anmerkung:

Die Normierung des Trittschallpegels auf eine Nachhallzeit von 0,5 s berücksichtigt, dass in möblierten Wohnräumen nahezu volumen- und frequenzunabhängig eine Nachhallzeit von etwa 0,5 s vorliegt. Diese Normierung entspricht der Normierung des Trittschallpegels auf eine Bezugs-Absorptionsfläche von A_0 = 0,32 ·V, wobei V das Volumen des Empfangsraumes darstellt. Damit wird der Standard-Trittschallpegel L'_{nT} abhängig von der Richtung der Schallübertragung, wenn die beiden Räume unterschiedliche Volumina aufweisen.

Bewerteter Norm-Trittschallpegel

Der bewertete Normtrittschallpegel einer gebrauchsfertigen Decke ergibt sich aus:

$$L_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w \tag{3.2.4-6}$$

Darin sind:

$L_{n,w}$	bewerteter Normtrittschallpegel einer gebrauchsfertigen Decke in dB
$L_{n,w,eq}$	äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel von Massivdecken ohne Deckenauflage in dB
ΔL_w	Trittschallminderung der verwendeten Deckenauflage in dB

Beispielsweise in VDI 4100 (10.2012) werden Anforderungen nicht mehr an den bewerteten Norm-Trittschallpegel eines trennendenden Bauteils sondern vielmehr an den zulässigen bewerteten Standard-Trittschallpegel zul. $L'_{nT,w}$ erhoben – damit ergibt sich dann eine volumenabhängige Anforderung an das Bauteil. Nach entsprechender Umrechnung sowie unter Berücksichtigung der Zusammenhänge nach Sabine ergibt sich der bewerteter Norm-Trittschallpegel dann zu:

$$L'_{n,w} = \text{zul. } L'_{nT,w} + 10 \cdot \lg V_E - 15 \tag{3.2.4-7}$$

Darin sind:

$L'_{n,w}$	bewerteter Norm-Trittschallpegel in dB
zul. $L'_{nT,w}$	zulässiger bewerteter Standard-Trittschallpegel in dB
V_E	Volumen des Empfangsraumes in m³

Norm-Trittschallpegel flankierender Bauteile

Die Bezeichnung $L_{n,f}$ wird verwendet, wenn nur ein Flankenübertragungsweg die Schallübertragung bestimmt (beispielsweise bei Doppel- und Hohlraumböden) und die Bezeichnung $L_{n,f,ij}$, wenn nur ein festgelegter Übertragungsweg ij von mehreren Wegen berücksichtigt wird (wie bei Körperschallübertragungen an Stoßstellen von drei oder vier verbundenen Bauteilen).

$$L_{n,f} = L_i + 10 \cdot \lg \frac{A}{A_0} \tag{3.2.4-8}$$

Trittschallminderung durch Deckenauflagen

Die frequenzabhängige Trittschallminderung (Verbesserung des Trittschallschutzes eines trennenden Bauteils durch Anordnung einer Deckenauflage) wird mit den Norm-Trittschallpegeln vor und nach der Maßnahme ermittelt.

$$\Delta L' = L'_{n0} - L'_{n1} \tag{3.2.4-9}$$

Darin sind:

$\Delta L'$	frequenzabhängige Trittschallminderung in dB
L'_{n0}	frequenzabhängiger Norm-Trittschallpegel im Empfangsraum, gemessen ohne Deckenauflage in dB
L'_{n1}	frequenzabhängiger Norm-Trittschallpegel im Empfangsraum, gemessen mit Deckenauflage in dB

Die frequenzabhängige Trittschallminderung ΔL von schwimmenden Estrichen und Fußbodenbelägen wirkt auf der Sendeseite des trennenden Bauteils wie in Bild 3.2.4-2 dargestellt primär bei mittleren und hohen Frequenzen.

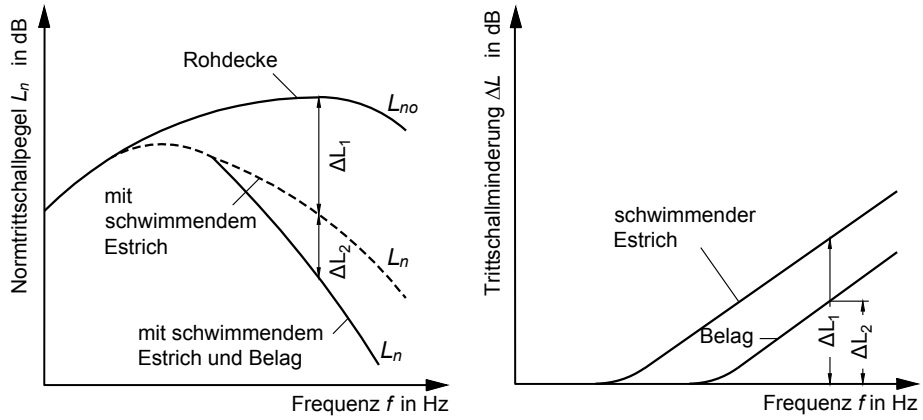


Bild 3.2.4-3 Grundsätzliches Verhalten von schwimmenden Estrichen und Belägen nach Gösele und Schüle [16]

Bewertung des Norm-Trittschallpegels

Dieses geschieht durch Verschieben der Bezugskurve entsprechend Tabelle 3.2.4-1 in ganzzahligen dB-Schritten, wobei in den Terzmittenfrequenzen die Summe der Überschreitungen der Bezugskurve durch die Messkurve einen Wert von 32 dB nicht überschreitet darf (wobei die Summe der Überschreitung natürlich dem Grenzwert von 32 dB möglichst nahekommen soll). Dieser Wert entspricht bei 16 Terzmittenfrequenzen einer mittleren Überschreitung von 2 dB. Der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ entspricht dann dem entsprechenden Norm-Trittschallpegel der verschobenen Bezugskurve bei $f = 500$ Hz. Die Verschiebung der Bezugskurve nach unten entspricht einer gegenüber dem Referenzbauteil verbesserten Konstruktion, die Verschiebung nach oben mithin dem Gegenteil. Bild 3.2.4-3 gibt ein Beispiel.

Tabelle 3.2.4-1 Bezugswerte der Terzbänder und der Oktavbänder für die Trittschalldämmung nach DIN EN ISO 717-2

	1	2	3
1	Frequenz in Hz	Bezugswert in dB	
2		Terzbänder	Oktavbänder
3	100	62	
4	125	62	67
5	160	62	
6	200	62	
7	250	62	67
8	315	62	
9	400	61	
10	500	60	65
11	630	59	
12	800	58	
13	1000	57	62

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 3.2.4-1 Bezugswerte der Terzbänder und der Oktavbänder für die Trittschalldämmung nach DIN EN ISO 717-2 (Fortsetzung)

	1	2	3
1	Frequenz in Hz	Bezugswert in dB	
2		Terzbänder	Oktavbänder
14	1250	54	
15	1600	51	
16	2000	48	49
17	2500	45	
18	3150	42	

Der frequenzabhängige Norm-Trittschallpegel L'_n ist für viele Anwendungsfälle des Bauwesens zu unhandlich, weswegen er - ggf. unter Ermittlung von Spektrum-Anpassungswerten (siehe unten) - entsprechend DIN EN ISO 717-2 in eine Einzahlangabe umgerechnet wird.

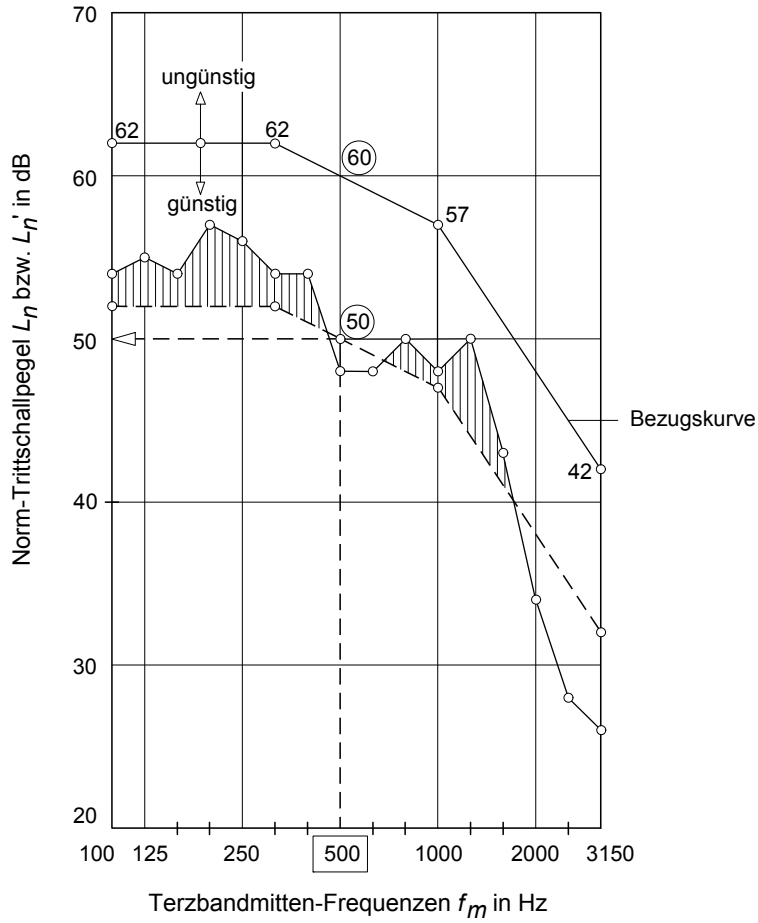


Bild 3.2.4-4 Beispiel für die Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$. Im Beispiel wird die Bezugskurve um -10 dB verschoben. Es ergibt sich mithin ein bewerteter Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ = 50 dB.

Spektrum-Anpassung

Der Spektrum-Anpassungswert ist so festgelegt, dass sich für massive Decken mit wirkungsvollen Deckenauflagen ein Wert von $C_I = 0$ dB ergibt. Für Holzbalkendecken mit den typischen tieffrequenten Spitzen nimmt er positive Werte an, für Betondecken mit weniger wirkungsvollen Deckenauflagen (oder ggf. auch ganz ohne Deckenauflagen) liegt er im Bereich $-15 \le C_I \le 0$ dB.

Um die o.g. Einflüsse bei besonderen Anforderungen berücksichtigen zu können, können diese als Summe ($L'_{n,w} + C_I$) angegeben werden.

Der Spektrum-Anpassungswert C_I errechnet sich wie folgt:

$$C_I = L'_{n,sum} - 15 - L'_{n,w} \tag{3.2.4-10}$$

$$C_I = L'_{nT,sum} - 15 - L'_{nT,w} \tag{3.2.4-11}$$

$$L'_{n,sum} = 10 \cdot \lg \sum_{i=1}^{k} 10^{0,1 \cdot L'_{n,i}} \tag{3.2.4-12}$$

$$L'_{nT,sum} = 10 \cdot \lg \sum_{i=1}^{k} 10^{0,1 \cdot L'_{nT,i}} \tag{3.2.4-13}$$

Darin sind:

C_I	Spektrum-Anpassungswert in dB
$L'_{n,w}$	bewerteter Norm-Trittschallpegel in dB
$L'_{nT,w}$	bewerteter Standard-Trittschallpegel in dB
k	k Mittenfrequenzen
$L'_{n,sum}$	energetische Addition für k Frequenzbänder
$L'_{nT,sum}$	energetische Addition für k Frequenzbänder
$L'_{n,i}$	Norm-Trittschallpegel in dB
$L'_{nT,i}$	Standard-Trittschallpegel in dB

Der Spektrum-Anpassungswert wird auf eine Stelle hinter dem Komma berechnet und dann wie folgt auf ganze Dezibel gerundet: aus +xy,5 wird gerundet xy+1, aus -xy,5 wird gerundet -xy.

Berechnungen des Spektrum-Anpassungswertes können auch zusätzlich für einen erweiterten Frequenzbereich (einschließlich 50 Hz - 63 Hz - 80 Hz) durchgeführt werden. In diesem Fall ist der Wert dann durch Angabe des betrachteten Bereiches entsprechend zu kennzeichnen, z.B. als $C_{I,50\text{-}2500}$.

3.2.5 Kenngrößen für Geräusche aus gebäudetechnischen Anlagen

Schalldruckpegel

Der Schalldruckpegel L_{AF} ist die kennzeichnende Größe für die Einwirkung von Störgeräuschen aus Wasserinstallationen und sonstigen gebäudetechnischen Anlagen auf zu schützende Aufenthaltsräume, die mit der Frequenzbewertung A und der Zeitbewertung F (FAST) gemessen wird.

Standard-Schalldruckpegel

Der Standard-Schalldruckpegel L_{nT} ist ein in Wohngebäuden auf eine Nachhallzeit von T_0 = 0,5 s normierter mittlerer Pegel, ermittelt als Mittelwert, der durch Einzelereignisse (kurzzeitige Geräuschspitzen) hervorgerufenen Maximalwerte des Schalldruckpegels, die im bestimmungsgemäßen Betriebsablauf auftreten.

$$L_{n,T} = L_i - 10 \cdot \lg \frac{T}{T_0} \tag{3.2.5-1}$$

Der maximale Norm-Schalldruckpegel $L_{AFmax,n}$ nach DIN 4109-1 kann wie folgt in den maximalen Standard-Schalldruckpegel $L_{AF,max,nT}$ nach VDI 4100 umgerechnet werden:

$$L_{AFmax,nT} = L_{AFmax,n} + 10 \cdot \lg \frac{A_0 \cdot T_0}{0{,}16 \cdot V} \tag{3.2.5-2}$$

Darin sind:

$L_{AFmax,n}$	Norm-Schalldruckpegel nach DIN 4109-1
$L_{AF\,max,nT}$	Standard-Schalldruckpegel nach VDI 4100
A_0	äquivalente Bezugs-Absorptionsfläche (A_0 = 10 m²) in m²
T_0	Bezugs-Nachhallzeit (T_0 = 0,5 s) in s
V	Volumen des Raums in m³

Norm-Schalldruckpegel

Der Norm-Schalldruckpegel $L_{AFmax,n}$ ist die kennzeichnende Größe für die Einwirkung von Störgeräuschen aus Wasserinstallationen und sonstigen gebäudetechnischen Anlagen auf zu schützende Aufenthaltsräume, die bezogen auf eine Bezugsabsorptionsfläche A_0 = 10 m² gemessen wird.

$$L_n = L_i + 10 \cdot \lg \frac{A}{A_0} \tag{3.2.5-3}$$

Der maximale Standard-Schalldruckpegel $L_{AF,max,nT}$ nach VDI 4100 kann wie folgt in den maximalen Norm-Schalldruckpegel $L_{AFmax,n}$ nach DIN 4109-1 umgerechnet werden:

$$L_{AFmax,n} = L_{AFmax,nT} - 10 \cdot \lg \frac{A_0 \cdot T_0}{0{,}16 \cdot V} \tag{3.2.5-4}$$

Armaturengeräuschpegel

Der Armaturengeräuschpegel L_{ap} ist der A-bewertete Schalldruckpegel als charakteristischer Wert für das Geräuschverhalten einer Armatur oder einem Geräte der Trinkwasserinstallation. Die Kennwerte werden messtechnisch ermittelt und sind einem bauaufsichtlichen Prüfzeugnis zu entnehmen.

Einfügungsdämm-Maß

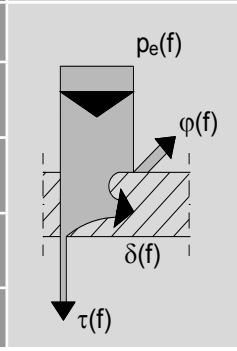
Das Einfügungsdämmmaß ΔL ist eine Kenngröße die ausdrückt, inwieweit eingefügte Maßnahmen zur Verminderung des in ein System eingeleiteten Körperschalls beitragen. Das Einfügungsdämmmaß ist das Verhältnis der Körperschallleistungen "ohne eingebauter Maßnahme" zu "mit eingebauter Maßnahme".

3.3 Raumakustische Grundlagen

Reflexions-, Transmissions- und Absorptionsgrad

Die verschiedenen frequenzabhängigen Schallgrade werden über die Beziehungen nach Tabelle 3.3-1 definiert.

Tabelle 3.3-1 Trennende Bauteile im Schallfeld: Definition unterschiedlicher frequenzabhängiger Schall-Leistungen und deren Anteil an der auftreffenden Schall-Leistung

	1	2	3	4	5
1	Bauteil im Schallfeld	Art der Schall-Leistung		Anteil	
2		Benennung	Zeichen	Benennung	Gleichung
3		auftreffend	$p_e(f)$		
4		reflektiert	$p_\rho(f)$	Reflexionsgrad	$\rho(f) = \frac{p_{\rho(f)}}{p_e(f)}$
5		dissipiert	$p_\delta(f)$	Dissipationsgrad	$\delta(f) = \frac{p_{\delta(f)}}{p_e(f)}$
6		transmittiert	$p_\tau(f)$	Transmissionsgrad	$\tau(f) = \frac{p_{\tau(f)}}{p_e(f)}$
7		absorbiert	$p_\alpha(f)$	Absorptionsgrad	$\alpha(f) = 1 - \rho(f)$

Äquivalente Schallabsorptionsfläche

Die frequenzabhängige äquivalente Schallabsorptionsfläche $A(f)$ ist definiert als eine virtuelle Fläche mit einem Schallabsorptionsgrad von $\alpha = 1$. Für einen Raum ergibt sich nach DIN EN 12354-6 die gesamte äquivalente Absorptionsfläche durch Aufsummierung der Schallabsorptionsflächen der Begrenzungsflächen, der Raumausstattung, der im Raum befindlichen Personen und des Luftvolumens:

$$A = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \cdot S_i + \sum_{j=1}^{o} A_j + \sum_{k=1}^{p} \alpha_{s,k} \cdot S_k + A_{air} \tag{3.3-1}$$

Darin sind:

A frequenzabhängige äquivalente Schallabsorptionsfläche in m^2

n Anzahl der verschiedenen Oberflächen im Raum i

α_i frequenzabhängiger individueller Absorptionsgrad der Oberfläche

S_i Einzelflächen in m^2

o Anzahl der verschiedenen Okjekte j

A_j äquvalente Schallabsorptionsfläche nicht flächenhafter Materialien, Gegenstände und Personen innerhalb des Raumes in m^2

p Anzahl der Okjektanordnungen k

$\alpha_{s,k}$ frequenzabhängiger Absorptionsgrad der Objektanordnung

S_k der von der Objektanordnung abgedeckten Oberfläche (z.B. Publikumsfläche) in m^2

A_{air} äquivalente Absorptionsfläche für die Luftabsorption in m^2 gemäß Gl. 3.3-2

Tabelle 3.3-2 Dämpfungskonstante der Luft *m* in Oktavbändern in Abhängigkeit von Temperatur und Luftfeuchte nach DIN EN 12354-6

	1	2	3	4	5	6	7	8
	Beschreibung	Schallleistungs-Dämpfungskonstant in Luft *m* in 10-3 Neper/m für die Oktavband-Mittenfrequenzen in Hz						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	10 °C, 30 % bis 50 % Luftfeuchte	0,1	0,2	0,5	1,1	2,7	9,4	29,0
2	10 °C, 50 % bis 70 % Luftfeuchte	0,1	0,2	0,5	0,8	1,8	5,9	21,1
3	10 °C, 70 % bis 90 % Luftfeuchte	0,1	0,2	0,5	0,7	1,4	4,4	15,8
4	20 °C, 30 % bis 50 % Luftfeuchte	0,1	0,3	0,6	1,0	1,9	5,8	20,3
5	20 °C, 50 % bis 70 % Luftfeuchte	0,1	0,3	0,6	1,0	1,7	4,1	13,5
6	20 °C, 70 % bis 90 % Luftfeuchte	0,1	0,3	0,6	1,1	1,7	3,5	10,6

$$A_{air} = 4 \cdot m \cdot V(1 - \Psi) \tag{3.3-2}$$

mit: $$\Psi = \frac{\sum_{j=1}^{o} V_j + \sum_{k=1}^{p} V_k}{V} \tag{3.3-3}$$

Darin sind:

A_{air} äquivalente Absorptionsfläche für die Luftabsorption in m^2

m Dämpfungskonstante der Luft in Neper je Meter gemäß Tab. 3.3-2

V Volumen des leeren Raumes in m^3

Ψ Objektanteil

$V_{obj,j}$ Volumen des Okjekts j in m^3

$V_{obj,k}$ Volumen der Okjektanordnung k in m^3

Bei Räumen mit Volumen unter 200 m^3 und Betrachtungen unter 1000 Hz kann die Absorption durch Luft vernachlässigt werden.

Die äquivalente Schallabsorptionsfläche eines Raumes kann messtechnisch bestimmt werden. Nach **SABINE** [17] gilt folgende Beziehung zwischen frequenzabhängiger äquivalenter Schallabsorptionsfläche und frequenzabhängiger Nachhallzeit:

$$A = 0{,}163 \cdot \frac{V}{T} \tag{3.3-4}$$

Darin sind:

A frequenzabhängige äquivalente Schallabsorptionsfläche in m^2

V Raumvolumen in m^3

T frequenzabhängige Nachhallzeit in s

Nachhallzeit

Als Nachhallzeit T eines Raumes wird derjenige Zeitraum definiert, in dem in diesem Raum ein Schallsignal mit dem Schalldruckpegel L nach seiner Beendigung um 60 dB reduziert wird, vgl. Bild 3.3-2. Die Nachhallzeit ist ebenfalls frequenzabhängig zu ermitteln.

Bei hohen Hintergrundpegeln ist ein Pegelabfall von 60 dB oft nicht messbar, dann wird z.B. ein T_{30} (bei ΔL = 30 dB) ermittelt und entsprechend hochgerechnet ($T_{60} = 2 \cdot T_{30}$).

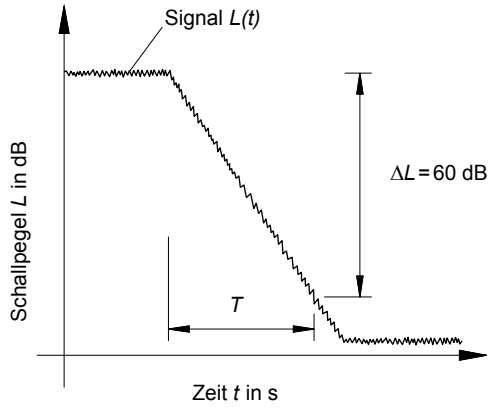


Bild 3.3-1 Verlauf eines Schallsignals gegebener Frequenz über die Zeit nach seiner Beendigung mit Kennzeichnung der Nachhallzeit T dieser Frequenz

$$T = 0{,}163 \cdot \frac{V}{A} \tag{3.3-5}$$

Darin sind:

$T(f)$	frequenzabhängige Nachhallzeit in s
V	Luftvolumen in m^3
$A(f)$	frequenzabhängige äquivalente Schallabsorptionsfläche in m^2

Gesamtstörschalldruckpegel

Der A-bewertete Störschalldruckpegel L_{NA} ist der Schalldruckpegel im betrachteten Raum, der von Außengeräuschen, Geräuschen aus Nachbarräumen, von haustechnischen Anlagen, Sanitärinstallationen und den fest installierten medientechnischen Geräten erzeugt wird.

Eine gut überlegte Anordnung der Räume im Gebäude in der Vorplanungsphase verringert den Aufwand für den baulichen Schallschutz oder körperschallisolierende Maßnahmen bei technischen Anlagen.

Schallpegelminderung

Durch bauakustische Maßnahmen in Form einer Erhöhung der äquivalenten Schallabsorptionsfläche eines Raumes läßt sich in einem diffusen Schallfeld der Schallpegel reduzieren (Schallpegelminderung ΔL. Dieses beschränkt sich jedoch auf den Bereich außerhalb des Hallradius', da innerhalb des Hallradius' der Anteil des direkten Schalls maßgebend ist. Unter Hallradius r_H wird diejeinige Entfernung rund um die Schallquelle bezeichnet, bei der der von der Schallquelle direkt ausgestrahlte Schallanteil und der diffus immittierende - also bereits mindestens einmal reflektierte - Schallanteil gleich groß sind.

Der Erfolg einer bauakustischen Maßnahme zur Reduzierung des Schallpegels in einem Raum wird in der Regel am Objekt durch Messungen der Nachhallzeit vor und nach der Baumaßnahme beurteilt.

$$\Delta L = 10 \cdot \lg\left[1 + \frac{\Delta A}{A_0}\right] \tag{3.3-6}$$

$$\Delta L = 10 \cdot \lg\left[\frac{T_0}{T}\right] \tag{3.3-7}$$

Darin sind:

ΔL	frequenzabhängige Schallpegelminderung in dB
ΔA	zusätzliche frequenzabhängige Schallabsorptionsfläche in m^2
A_0	frequenzabhängige Schallabsorptionsfläche im Anfangszustand in m^2
T	frequenzabhängige Nachhallzeit (nach der Baumaßnahme) in s
T_0	frequenzabhängige Nachhallzeit im Anfangszustand (vor der Baumaßnahme) in s

In der Praxis kann die vorhandene Absorptionsfläche in der Regel höchstens verdoppelt werden, sodass eine Pegelsenkung von max. 3 dB erreichbar ist.

In Klassenzimmern, Besprechungsräumen, Mehrpersonenbüros oder Versammlungsräumen, wo viele Personen gleichzeitig reden, kann die Unterhaltung zu einer Tortur werden, wenn die Absorption im Raum zu gering oder dem Spektrum nicht richtig auf die Quellen angepasst ist [18]. Wenn die tiefen Frequenzen unbedämpft bleiben, da die anwesenden Personen selbst nur Frequenzen oberhalb 250 Hz absorbieren, kann ein Dröhnen im Raum entstehen. Das führt i.d.R. dazu, dass die Redner zum lauteren Sprechen neigen, wodurch sich die Kommunikation weiter verschlechtert.

Wenn ein Sprecher Lärm ausgesetzt wird, erhöht er die Lautstärke seines Sprechens, um sich in der lauten Umgebung dem Gegenüber trotzdem verständlich zu machen. Der Sprecher erhöht jedoch meist nicht nur seine Lautstärke, sondern in vielen Fällen unwillkürlich auch die Tonhöhe seiner Stimmlage, da sich hohe Frequenzen besser gegen Störgeräusche durchsetzen als tiefe. Der Störgeräusch-Pegel schraubt sich so immer weiter in die Höhe. Dieses Phänomen wird in der Akustik als **Lombard Effekt** bezeichnet. Der Effekt, entdeckt von dem französischen Wissenschaftler Étienne Lombard, lässt sich auch umkehren – durch die Verwendung von schallabsorbierenden Materialien im Raum und einer Verkürzung der Nachhallzeit wird das Gegenteil erreicht: Je besser die Sprachverständlichkeit und je weniger Störgeräusche es gibt, desto leiser sprechen die Anwesenden insgesamt.

Ungüstig wirkt sich der Lombard Effekt z.B. in Schulzimmern mit schlechter Akustik aus. Bei Untersuchungen in Deutschland hat man in gewissen Klassenräumen Pegel ab 50 dB(A) aufwärts, bis sogar zu 85 dB(A), gemessen. Maximal 45 dB(A) dürften es eigentlich sein. Durch diesen Lärm werden Lehr- und Lernresultate zum Teil erheblich beeinflusst. Gute Schulraumakustik ist so in den letzten Jahren zum wichtigen Kriterium geworden.

4. Ermittlung der Außenlärmbelastung

4.1 Anforderungen und Orientierungswerte

4.1.1 Allgemeines

Unter Lärm versteht man im Allgemeinen Geräusche eines Schalldruckpegels, der sich zumindestens störend, wenn nicht gar schädigend auf den menschlichen Organismus auswirken. Wenn die Wahrnehmung von Schall auch zunächst subjekt und von den individuellen Randbedingungen abhängig ist, lassen sich doch zur Einschätzung von Lärmwirkungen Mittelwerte für entsprechende A-bewertete Dauerschallpegel angeben, vgl. Tabelle 4.1.1-1.

Tabelle 4.1.1-1 Zusammenstellung von Auswirkungen auf den Menschen infolge von Lärmeinwirkung nach Becher [19]

	1	2
1	äquivalenter Dauerschallpegel (Untergrenze) in dB(A)	Auswirkung auf den Menschen
2	30 bis 40	Schlafstörungen
3	40 bis 85	Kommunikationsstörungen
4	45 bis 85	Konzentrationstörungen
5	45	Bevölkerungsreaktionen (20%)
6	60 bis 85	Vegetative Wirkungen
7	65	Bevölkerungsreaktionen (30 bis 70%)
8	85	Hörschäden

Vor diesem Hintergrund existieren eine Vielzahl von Regelwerken, die eine Beschränkung der Schallimmissionen vorgeben. Im Folgenden sind die wichtigsten Anforderungen bei Vorgabe einer Schallausbreitung im Freien zusammengestellt.

4.1.2 Anforderungen nach TA Lärm

Die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm [20] dient sowohl dem Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche als auch der entsprechenden Vorsorge (schädliche Umwelteinwirkungen sind hier Geräuschimmissionen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen herbei führen). Sie gilt für Anlagen, die als genehmigungsbedürftige oder nicht genehmigungsbedürftige Anlagen den Anforderungen des zweiten Teiles des BImSchG [21] entsprechen. Sie gilt nicht für

- Sportanlagen, die der Sportanlagenlärmschutzverordnung (18.BImSchV) [22] unterliegen,
- sonstige nicht genehmigungsbedürftige Freizeitanlagen sowie Freiluftgaststätten,
- nicht genehmigungsbedürftige landwirtschaftliche Anlagen,
- Schießplätze, auf denen mit Waffen ab Kaliber 20 geschossen wird,

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020
W. M. Willems et al., *Schallschutz: Bauakustik*, Detailwissen Bauphysik, https://doi.org/10.1007/978-3-658-28454-1_4

- Tagebaue und die zum Betrieb eines Tagebaus erforderlichen Anlagen,
- Baustellen,
- Seehafenumschlagsanlagen,
- Anlagen für soziale Zwecke.

Der maßgebliche Immissionsort ist derjenige Ort im Einwirkungsbereich der Anlage, an dem eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte nach Tabelle 4.1.2-1 am ehesten zu erwarten ist. Wenn im Einwirkungsort der Anlage aufgrund der Vorbelastung (das ist die bereits bestehende Belastung eines Ortes mit Geräuschimmissionen von allen Anlagen im Sinne der TA Lärm, jedoch ohne den Immissionsbeitrag der zu beurteilenden Anlage) zu erwarten ist, dass die Immissionsrichtwerte nach Tabelle 4.1.2-1 an einem anderen Ort überschritten werden, so ist zusätzlich auch derjenige Ort, an dem die Gesamtbelastung (das ist die Belastung eines Ortes mit Geräuschimmissionen, die von allen Anlagen im Sinne der TA Lärm hervorgerufen wird) den maßgeblichen Immissionsrichtwert am höchsten übersteigt, als zusätzlicher maßgeblicher Immissionsort festzulegen.

Inwieweit sich Fremdgeräusche (das sind alle Geräusche, die nicht von der zu beurteilenden Anlage ausgehen) oder eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte auf die Genehmigung der zu beurteilenden Anlage auswirken, wird dezidiert in den §§ 3 und 4 der TA Lärm ausgeführt, auf die in diesem Zusammenhang verwiesen wird.

Tabelle 4.1.2-1 Immissionsrichtwerte für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden nach TA Lärm [20]

	1	2	
1	Immissionsort	Immissionsrichtwerte der Beurteilungspegel[1)] L_r in dB(A)	
2		tags 6.00 bis 22.00 Uhr	nachts 22.00 bis 6.00 Uhr
3	in Industriegebieten	70	
4	in Gewerbegebieten	65	50
5	in urbanen Gebieten	63	45
6	in Kern-, Dorf- und Mischgebieten	60	45
7	in allgemeinen Wohn- und Kleinsiedlungsgebieten	55[2)]	40[2)]
8	in reinen Wohngebieten	50[2)]	35[2)]
9	in Kurgebieten, für Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45[2)]	35[2)]

1) Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte am Tage um maximal 30 dB(A) und in der Nacht maximal um 20 dB(A) überschreiten.

2) Der Beurteilungspegel ist wegen der erhöhten Störwirkung der Geräusche an Werktagen zwischen 6.00 und 7.00 Uhr sowie zwischen 20.00 und 22.00 Uhr ebenso wie an Sonn- und Feiertagen zwischen 6.00 und 9.00 Uhr, 13.00 und 15.00 Uhr sowie zwischen 20.00 und 22.00 Uhr um 6 dB(A) zu erhöhen. Von der Berücksichtigung dieses Zuschlages kann abgesehen werden, soweit dies wegen der besonderen örtlichen Verhältnisse unter Berücksichtigung des Schutzes vor schädlichen Umwelteinwirkungen erforderlich ist.

Ist wegen voraussehbarer Besonderheiten beim Betrieb einer Anlage zu erwarten, dass in seltenen Fällen oder über eine begrenzte Zeitdauer, aber nicht an mehr als zehn Tagen oder Nächten eines Kalenderjahres und nicht an mehr als an jeweils zwei aufeinander folgenden Wochenenden, die Immissionsrichtwerte nach Tabelle 4.1.2-1 auch bei Einhaltung des Standes der Technik zur Lärmminderung nicht eingehalten werden können, so kann eine Überschreitung im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für genehmigungsbedürftige Anlagen zugelassen werden. Bei bestehenden genehmigungsbedürftigen oder nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen kann unter den genannten Voraussetzungen von einer Anordnung abgesehen werden. Grundsätzlich sind die oben beschriebenen Gegebenheiten und die Auswirkungen auf die Nachbarschaft jeweils im Einzelfall zu prüfen. Erfolgt die Beurteilung der Sachlage für den Betreiber der Anlage positiv, so gelten für die Immissionsrichtwerte bei diesen seltenen Ereignissen die Anforderungen nach Tabelle 4.1.2-2.

Tabelle 4.1.2-2 Immissionsrichtwerte außerhalb von Gebäuden für seltene Ereignisse

	1	2	
1	Immissionsort	Immissionsrichtwerte der Beurteilungspegel L_r in dB(A)	
2		tags 6.00 bis 22.00 Uhr	nachts 22.00 bis 6.00 Uhr
3	in Gewerbegebieten	70[1)]	55[1)]
4	in urbanen Gebieten	70[2)]	55[2)]
5	in Kern-, Dorf- und Mischgebieten	70[2)]	55[2)]
6	in allgemeinen Wohn- und Kleinsiedlungsgebieten	70[2)3)]	55[2)3)]
7	in reinen Wohngebieten		
8	in Kurgebieten, für Krankenhäuser und Pflegeanstalten		

1) Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte am Tage um maximal 25 dB(A) und in der Nacht maximal um 15 dB(A) überschreiten.

2) Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte am Tage um maximal 20 dB(A) und in der Nacht maximal um 10 dB(A) überschreiten.

3) Der Beurteilungspegel ist wegen der erhöhten Störwirkung der Geräusche an Werktagen zwischen 6.00 und 7.00 Uhr sowie zwischen 20.00 und 22.00 Uhr ebenso wie an Sonn- und Feiertagen zwischen 6.00 und 9.00 Uhr, 13.00 und 15.00 Uhr sowie zwischen 20.00 und 22.00 Uhr um 6 dB(A) zu erhöhen. Von der Berücksichtigung dieses Zuschlages kann abgesehen werden, soweit dies wegen der besonderen örtlichen Verhältnisse unter Berücksichtigung des Schutzes vor schädlichen Umwelteinwirkungen erforderlich ist.

Die TA Lärm [20] erhebt zusätzlich Anforderungen an die Begrenzung von Geräuschübertragung (Luftschall, Körperschall) innerhalb des Gebäudes gegenüber betriebsfremden, schutzbedürftigen Räumen, vgl. Tabelle 4.1.2-3.

Handelt es sich bei der Beurteilung der Geräuschimmissionen um Immissionen aus der Nutzung bestehender Anlagen, so sind Fragen der Verhältnismäßigkeit nach § 17 BImSchG [21] (bei genehmigungsbedürftigen Anlagen) sowie der Ermessensausübung nach § 24 BImSchG (bei nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen) zu beantworten, vgl. dazu die umfangreichen Ausführungen der TA Lärm [20] Abschnitt 5.

Für nachträgliche Anordnungen bei bestehenden genehmigungsbedürftigen Anlagen gilt, dass eine nachträgliche Anordnung nicht getroffen werden darf, wenn sich eine Überschreitung der Immissionsrichtwerte nach den Tabellen 4.1.2-1 bis 4.1.2-3 aus einer Erhöhung oder erstmaligen Berücksichtigung der Vorbelastung ergibt, die Zusatzbelastung weniger als 3 dB(A) beträgt und die Immissionsrichtwerte um nicht mehr als 5 dB(A) überschritten werden.

Grundsätzlich gilt, dass Fahrzeuggeräusche auf dem Betriebsgrundstück sowie bei der Ein- und Ausfahrt, die in Zusammenhang mit dem Betrieb der Anlage entstehen, der zu beurteilenden Anlage zuzurechnen sind.

Tabelle 4.1.2-3 Immissionsrichtwerte für Immissionsorte innerhalb von Gebäuden nach TA Lärm [20]

	1	2	
1	Immissionsort: betriebsfremder schutzbedürftiger Raum nach DIN 4109-1	Immissionsrichtwerte der Beurteilungspegel [2] L_r in dB(A)	
2		tags 6.00 bis 22.00 Uhr	nachts 22.00 bis 6.00 Uhr
3	in Industriegebieten	35[1]	25[1]
4	in Gewerbegebieten		
5	in urbanen Gebieten		
6	in Kern-, Dorf- und Mischgebieten		
7	in allgemeinen Wohn- und Kleinsiedlungsgebieten		
8	in reinen Wohngebieten		
9	in Kurgebieten, für Krankenhäuser und Pflegeanstalten		

[1] Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte um maximal 10 dB(A) überschreiten.

[2] Vergleich auch Anforderungen nach Abschnitt 5.2.3

4.1.3 Anforderungen nach Sportanlagenlärmschutzverordnung

Die 18. Verordnung zur Durchführung des Bund-Immisionsschutzgesetzes (18. BImSchV), kurz: Sportanlagenlärmschutzverordnung [22], gilt für die Errichtung, die Beschaffenheit und den Betrieb von Sportanlagen, sofern sie einer Genehmigung nach § 4 des BImSchG [21] nicht bedürfen. Zur Sportanlage zählen auch Einrichtungen, die mit der Sportanlage in einem engen räumlichen Zusammenhang stehen. Zur Nutzungsdauer der Sportanlage gelten auch die Zeiten des An- und Abfahrverkehrs sowie des Zu- und Abgangs.

Sportanlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass die in Tabelle 4.1.3-1 genannten Immissionsrichtwerte unter Anrechnung der Geräuschimmissionen anderer Sportanlagen nicht überschritten werden.

Dabei ist zu beachten, dass weitergehende Vorschriften, vor allem zum Schutz der Sonn- und Feiertags-, Mittags- und Nachtruhe oder zum Schutz besonders empfindlicher Gebiete, davon unberührt bleiben. Gegebenenfalls sind Nebenbestimmungen und Anordnungen im Einzelfall entsprechend §5 der 18. BImSchV (Sportanlagenverordnung) [22] projektbezogen zu überprüfen.

Tabelle 4.1.3-1 Immissionsrichtwerte für Immissionsorte außerhalb und innerhalb von Gebäuden nach der Sportanlagenlärmschutzverordnung [22]

	1	2	3	4	5	6
1	Immissionsort		Immissionsrichtwerte der Beurteilungspegel L_r [1] in dB(A)			
2			an Werktagen			
3			tags	Ruhezeit	Ruhezeit	nachts
4			6.00 - 22.00 h	6.00 - 8.00 h	20.00 - 22.00 h	22.00 - 6.00 h
5			an Sonn- und Feiertagen			
6			tags 7.00 - 22.00 h	Ruhezeit 7.00 - 9.00 h	Ruhezeit[2] 13.00 - 15.00 h 20.00 - 22.00 h	nachts 22.00 - 7.00 h
7	in Gewerbegebieten	außerhalb von Gebäuden	65	60	65	50
8	in urbanen Gebieten		63	58	63	45
9	in Kern-, Dorf- und Mischgebieten		60	55	60	45
10	in allgemeinen Wohn- und Kleinsiedlungsgebieten		55	50	55	40
11	in reinen Wohngebieten		50	45	50	35
12	in Kurgebieten, für Krankenhäuser und Pflegeanstalten		45	45	45	35
13	in Aufenthaltsräumen von Wohnungen, die baulich aber nicht betrieblich mit der Sportanlage verbunden sind	innerhalb /	35	35	35	25

[1] Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte *außerhalb des Gebäudes* am Tage um maximal 30 dB(A) und in der Nacht maximal um 20 dB(A) und *innerhalb des Gebäudes* um maximal 10 dB(A) überschreiten.

[2] Die Ruhezeit von 13.00 bis 15.00 Uhr ist nur zu berücksichtigen, wenn die Nutzungsdauer der Sportanlage oder der Sportanlagen in der Zeit von 9.00 bis 20.00 Uhr mindestens vier Stunden beträgt

Bei Sportanlagen, die vor dem 26. Oktober 1991 baurechtlich genehmigt oder - soweit eine Baugenehmigung nicht erforderlich war - errichtet waren, soll die zuständige Behörde von einer Festsetzung von Betriebszeiten absehen, wenn die Immissionsrichtwerte außerhalb von Gebäuden jeweils um weniger als 5 dB(A) überschritten werden; dies gilt nicht für Immissionsorte in Kurgebieten, vor Krankenhäusern und Pflegeanstalten.

Zur Erfüllung der Pflichten des Betreibers, Sportanlagen so zu errichten und zu betreiben, dass die o.g. Immissionsrichtwerte nicht überschritten werden, werden folgende Maßnahmen gefordert:

- Es sind an Lautsprecheranlagen und ähnlichen Einrichtungen technische Maßnahmen, wie z.B. Einbau von Schallpegelbegrenzern und dezentrale Aufstellung, zu treffen.
- Es sind technische und bauliche Schallschutzmaßnahmen, wie z.B. die Verwendung lärmgeminderter oder lärmmindernder Ballfangzäune, Bodenbeläge, Schallschutzwände oder Schallschutzwälle, zu treffen.

- Es sind Vorkehrungen zu treffen, dass Zuschauer keine übermäßig lärmerzeugenden Instrumente wie pyrotechnische Gegenstände oder druckgasgetriebene Lärmfanfaren verwenden.
- An- und Abfahrtswege und Parkplätze sind durch Maßnahmen betrieblicher und organisatorischer Art so zu gestalten, dass schädliche Umwelteinflüsse durch Geräusche auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

4.1.4 Anforderungen nach der Verkehrslärmschutzverordnung

Die 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (16. BImSchV), kurz: Verkehrslärmschutzverordnung [23], gilt für den Bau oder die wesentliche Änderung von öffentlichen Straßen sowie von Schienenwegen der Eisenbahn und Straßenbahnen (im Folgenden mit Straßen- und Schienenwegen abgekürzt).

Zum Schutz der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgeräusche ist beim Bau oder der wesentlichen Änderung von Straßen- oder Schienenwegen sicherzustellen, dass die Beurteilungspegel die Immissionsgrenzwerte nach Tabelle 4.1.4-1 nicht überschreiten.

Tabelle 4.1.4-1 Immissionsrichtwerte nach der Verkehrslärmschutzverordnung [23]

	1	2	
1	Immissionsort[1)]	Immissionsrichtwerte der Beurteilungspegel [2)] L_r in dB(A)	
2		tags 6.00 bis 22.00 Uhr	nachts 22.00 bis 6.00 Uhr
3	an Krankenhäusern, Schulen, Kurheimen und Altenheimen	57	47
4	in reinen und allgemeinen Wohn- und Kleinsiedlungsgebieten	59	49
5	in Kern-, Dorf- und Mischgebieten	64	54
6	in Gewerbegebieten	69	59

1) Die Art der bezeichneten Anlagen und Gebiete ergibt sich aus den Festsetzungen in den Bebauungsplänen. Sonstige in den Bebauungsplänen festgesetzte und nicht festgesetzte Flächen für Anlagen und Gebiete sind als bauliche Anlagen im Außenbereich (Zeilen 3, 5 und 6) entsprechend ihrer Schutzbedürftigkeit zu beurteilen.

2) Wird die zu schützende Nutzung nur am Tag oder nur in der Nacht ausgeübt, so ist nur der Immissionsgrenzwert für diesen Zeitraum anzuwenden.

Eine Änderung von Straßen oder Schienenwegen gilt in den nachfolgend aufgeführten Fällen als wesentlich:

- Eine Straße wird um einen oder mehrere durchgehende Fahrstreifen für den Kfz-Verkehr oder ein Schienenweg um ein oder mehrere durchgehende Gleise baulich erweitert.
- Der Beurteilungspegel des Verkehrslärmes eines Verkehrsweges wird durch einen erheblichen baulichen Eingriff um mindestens 3 dB(A) oder auf mindestens 70 dB(A) am Tage bzw. mindestens 60 dB(A) in der Nacht erhöht.
- Der Beurteilungspegel des Verkehrslärmes eines zu ändernden Verkehrsweges wird *außerhalb von Gewerbegebieten* von mindestens 70 dB(A) am Tage bzw. mindestens 60 dB(A) in der Nacht durch einen erheblichen baulichen Eingriff erhöht.

4.1.5 Orientierungswerte nach DIN 18005-1 Bbl. 1

In Beiblatt 1 zu DIN 18005-1 werden für die städtebauliche Planung (nicht für die Zulassung von Einzelvorhaben, wie z.B. nach TA Lärm [20]) Orientierungswerte der Immissions-Beurteilungspegel angegeben. Es handelt sich dabei nicht um normative Festlegungen sondern um zusätzliche Informationen. Diese Orientierungswerte haben dabei vorrangig Bedeutung für die Planung von Neubaugebieten mit schutzbedürftigen Nutzungen und für die Neuplanung von Flächen, von denen Schallemissionen ausgehen und auf vorhandene oder geplante schutzbedürftige Nutzungen einwirken können. Da die Orientierungswerte allgemein, d.h. sowohl für Großstädte als auch für ländliche Gemeinden gelten, können örtliche Gegebenheiten in bestimmten Fällen eine Variation dieser Werte erforderlich machen.

Die Orientierungswerte nach DIN 18005-1 Bbl. 1 sind in Tabelle 4.1.5-1 zusammengestellt.

Tabelle 4.1.5-1 Schalltechnische Orientierungswerte für die städtebauliche Planung nach DIN 18005-1 Bbl. 1

	1	2	3	4
1	Immissionsort[1)]	Orientierungswerte der Beurteilungspegel [2)] L_r in dB(A)		
2		tags 6.00 bis 22.00 Uhr	nachts 22.00 bis 6.00 Uhr	
3			Emissionsart 1[3)]	Emissionsart 2[3)]
4	Reine Wohngebiete, Wochenendhausgebiete, Ferienhausgebiete	50	35	40
5	allgemeine Wohn-, Kleinsiedlungs- und Campingplatzgebiete	55	40	45
6	Friedhöfe, Kleingarten- und Parkanlagen	55		
7	besondere Wohngebiete	60	40	45
8	Dorf- und Mischgebiete	60	45	50
9	Kern- und Gewerbegebiete	65	50	55
10	sonstige Sondergebiete, sofern sie schutzbedürftig sind, je nach Nutzungsart	45 bis 65	35 bis 65	

1) Als Immissionsort gelten die maßgebenden Ränder der Baufläche oder der überbaubaren Grundstücksfläche oder Flächen sonstiger Nutzung

2) Die Beurteilungspegel der Geräusche verschiedener Arten von Schallquellen (Verkehr, Industrie und Gewerbe, Freizeitlärm) sollen wegen der unterschiedlichen Einstellung der Betroffenen zu verschiedenen Arten von Geräuschquellen jeweils für sich allein mit den Orientierungswerten verglichen und nicht addiert werden.

3) Emissionsart 1: Industrie-, Gewerbe- und Freizeitlärm sowie Geräusche von vergleichbaren öffentlichen Betrieben. Emissionsart 2: alle anderen Lärmquellen

4.2 Ermittlung von Schallimmissionen nach DIN 18005-1

4.2.1 Allgemeines

Die DIN 18005-1 gibt selbst keine Vorgaben zur Berechnung von Schallimmissionen, sondern verweist auf die einschlägigen Regelwerke oder gibt Richtwerte in Form von Nomogrammen und Tabellen an.

4.2.2 Richtwerte zur Einhaltung unterschiedlicher Beurteilungspegel

Für einige unterschiedliche Straßen- und Schienenwege sind in Tabelle 4.2.2-1 beispielhaft die Größenordnungen für Abstände angegeben, die bei ungehinderter Schallausbreitung (das heißt: bei freier Sichtverbindung) ungefähr erforderlich sind, um während der Nacht (in der Regel 22.00 bis 6.00 Uhr) bestimmte Beurteilungspegel einzuhalten.

Für Industrie- und Gewerbegebiete gibt Tabelle 4.2.2-2 für unterschiedliche zulässige Beurteilungspegel am Immissionsort den minimal erforderlichen Abstand zwischen Immissionsort und Rand des Industrie- oder Gewerbegebietes in Abhängigkeit der Fläche des schallemittierenden Gebietes an; ungehinderte Schallausbreitung vorausgesetzt. Dabei werden als Emissionsschall-Leistungspegel - unabhängig von der Tages- oder Nachtzeit - für Industriegebiete 65 dB(A) und für Gewerbegebiete 60 dB(A) angenommen.

Tabelle 4.2.2-1 Richtwerte für den Abstand, der von der Achse eines Verkehrsweges ohne weitere Schallschutzmaßnahmen bei ungehinderter Schallausbreitung eingehalten werden muss, um den angegebenen Beurteilungspegel nicht zu überschreiten.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Art des Verkehrsweges		Frequentierug Kfz bzw. Züge/24h	Höchstgeschwindigkeit in km/h	erforderlicher Abstand von der Achse *a* in m bei einem Beurteilungspegel L_r bei Nacht von in dB(A)			
2					55	50	45	40
3	Straße[2]	Bundesautobahnen	60.000	–	450	800	1300	1800
4		Bundesstraßen	15.000	100/80	100	200	450	800
5		Landesstraßen	6.000	100/80	40	70	150	330
6		Gemeindestraßen	3.000	50		20	40	90
7	Schiene[1]	Fernverkehrsstrecke	200	200	190	400	750	1200
8		Nahverkehrsstrecke	100	160	100	240	500	850
9		Nahverkehrstrecke ohne Güterverkehr	50	120	20	40	100	220
10		Straßenbahnlinie	200	60		10	20	40

[1] Verkehr auf Strecken mit nicht besonders überwachten Gleisen auf Betonschwellen

[2] Verkehr auf nicht geriffeltem Gussasphalt als Fahrbahnbelag

Tabelle 4.2.2-2 Abstand, der vom Rand eines geplanten rechteckigen Industrie- oder Gewerbegebietes ohne Geräuschkontingentierung bei ungehinderter Schallausbreitung (entspricht freier Sichtverbindung) etwa eingehalten werden muss, um einen vorgegebenen Beurteilungspegel nicht zu überschreiten

	1	2	3	4	5	6	7
1	Fläche in ha	erforderlicher Abstand vom Rand des schallemittierenden Gebietes *a* in m bei einem einzuhaltenden Beurteilungspegel L_r infolge von Lärm aus Industrie[1] / Gewerbe[2] in Höhe von in dB(A)					
2		60 / 55	55 / 50	50 / 45	45 / 40	40 / 35	35 / –
3	1	25	50	100	200	350	600
4	2	30	70	150	300	500	800
5	5	35	95	200	400	700	1200
6	10	40	100	300	550	950	1500
7	20	50	150	400	700	1200	1900
8	50	60	200	550	1000	1700	2600
9	100	70	300	700	1300	2100	3100
10	200	80	350	850	1600	2500	3600
11	500	95	450	1100	2000	3100	4400

[1] Flächenbezogener Schall-Leistungspegel bei Tag und Nacht 65 dB(A)

[2] Flächenbezogener Schall-Leistungspegel bei Tag und Nacht 60 dB(A)

4.2.3 Verweise auf Regelwerke

Die in DIN 18005-1, Abschnitt 7 angeführten Verweise auf schalltechnische Regelwerke, die im Rahmen der städtebaulichen Planung heranzuziehen sind, sind in Tabelle 4.2.3-1 zusammengestellt.

Hinweis:

Demnächst sollen die RLS-90 [24] und die GEStrO-92 [26] durch die neuen Normen RLS-19 "Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen" [25] und die TP KoSD-19 "Technische Prüfvorschrift zur Korrekturwertbestimmung der Geräuschemission von Straßendeckschichten" [27] ersetzt werden. Dort wird ein neuer Geräuschminderungswert D_{STrO} eingeführt; er wird angegeben für zwei Geschwindigkeitsklassen und getrennt für Pkw und Lkw und kann einfacher für neue optimierte Deckschichttypen ermittelt werden. Für die verbindliche Anwendung ist noch eine Änderung der 16. BimSchV [23] erforderlich.

Tabelle 4.2.3-1 Zusammenstellung der in DIN 18005-1 Abschnitt 7 angeführte Verweise auf schalltechnische Regelwerke

	1	2	3
1	Anwendungsbereich	Regelwerk	Quelle
2	Straßenverkehr	RLS-90[1)]	[24]
3	Öffentliche Parkplätze und Parkplätze von nicht genehmigungsbedürftigen Sportanlagen		
4	Andere Parkplätze	Parkplatzlärmstudie	[28]
5	Parkplätze von gewerblichen Anlagen, Sport- und Freizeitanlagen → siehe ebendort	–	–
6	Schienenverkehr	Schall 03[2)]	[29]
7	Verkehrsflughäfen mit Linienverkehr, militärische Flughäfen für Flugzeuge mit Strahltriebwerken	FluglärmG	[30]
8	Flugzeug-Landeplätze	Landeplatz-Fluglärmleitlinie	[31]
9	Schiffsverkehr auf Flüssen und Kanälen	RLS-90[3)4)]	[24]
10	Gewerbliche Anlage einschließlich ihrer Parkplätze	TA Lärm	[20]
11	Immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftige Sportanlagen	Sportanlagenlärmschutz-Verordnung	[22]
12	Andere Sportanlagen	TA Lärm	[20]
13	Schießanlagen bis Kaliber 20 mm	TA Lärm	[20]
14	Freizeitanlagen	Ländervorschriften	–

1) Die Beurteilungspegel können auch nach DIN 18005-1 Abschnitt A.2 (vgl. auch nachfolgende Bilder 4.2.4-1 und 4.2.4-2) abgeschätzt werden.

2) Die Beurteilungspegel können auch nach DIN 18005-1 Abschnitt A.3 (vgl. auch nachfolgende Bilder 4.2.4-3 und 4.2.4-4) abgeschätzt werden.

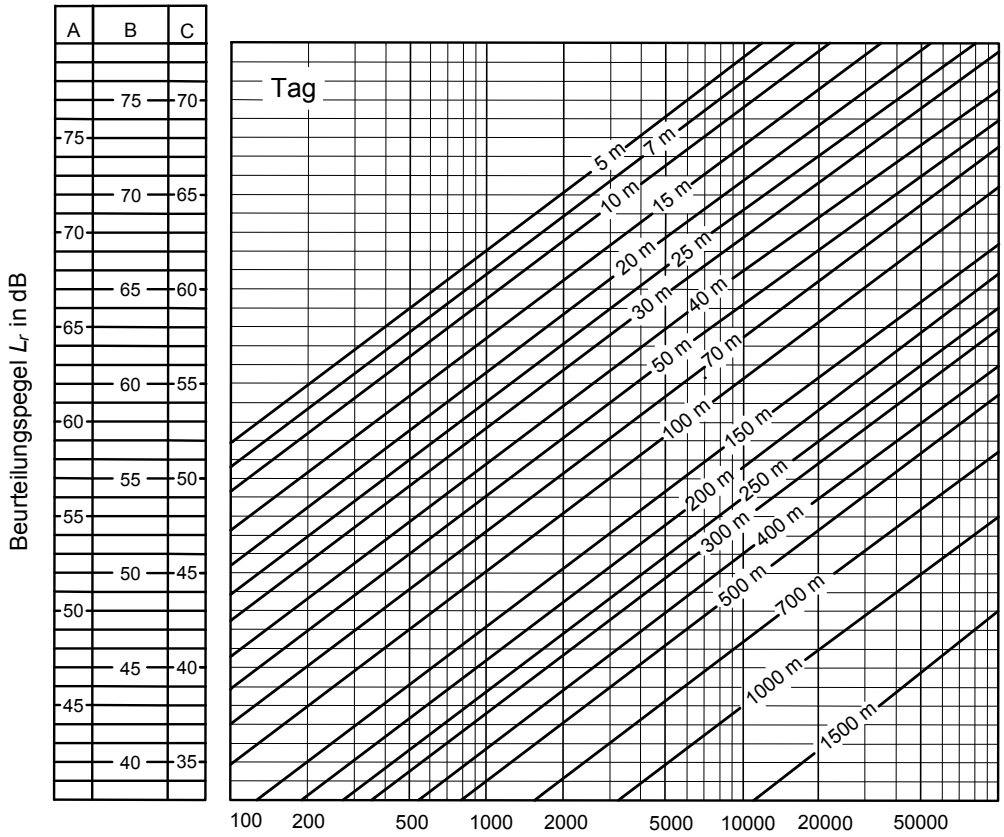
3) Anstelle eines Motorschiffes, Schleppzuges oder Schubverbandes sind drei Lkw mit einer Geschwindigkeit v = 80 km/h anzunehmen (dieser Wert entspricht $L_{m,E}$ = 52 dB(A)).

4) Die Beurteilungspegel können auch nach DIN 18005-1 Abschnitt A.4 (vgl. auch nachfolgendes Bild 4.2.4-5 abgeschätzt werden.

4.2.4 Vereinfachte Schätzverfahren für Verkehrsanlagen (Diagramme)

Mit Hilfe der nachfolgend aufgeführten Diagramme können die vom Verkehr unterschiedlicher Verkehrsanlagen erzeugten Beurteilungspegel abgeschätzt werden. Die Diagramme gelten für (bezogen auf den Abstand zwischen Emissions- und Immissionsort) lange gerade Verkehrswege sowie eine unbehinderte Schallausbreitung (d. h. freie Sicht zwischen Emissions- und Immissionsort).

Straßenverkehr bei Tag



Straßengattung	
Autobahn	A
Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindeverbindungsstraßen	B
Stadt- und Gemeindestraßen	C

Korrekturen für Sonderfälle

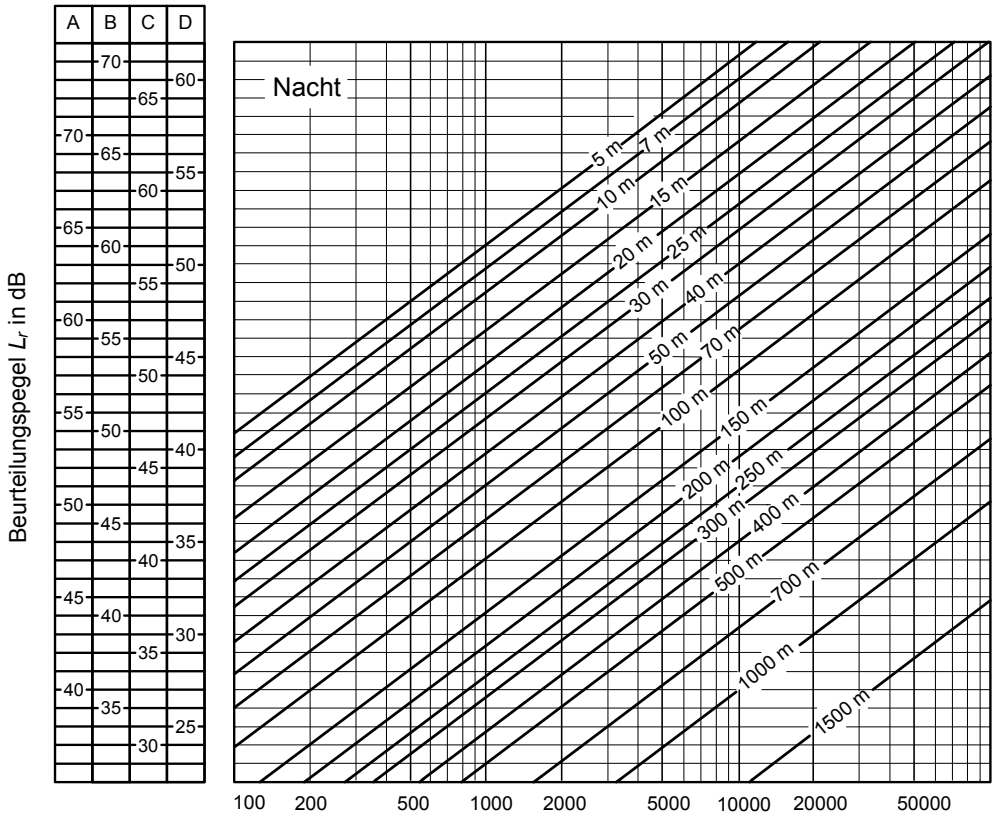
Zulässige Höchstgeschwindigkeit
- auf Autobahnen 80 km/h oder auf Stadtstraßen 30 km/h: - 2,5 dB

Straßenoberfläche
- offenporiger Asphalt auf Außerortsstraßen mit zulässigen Höchstgeschwindigkeiten von mehr als 60 km/h: - 3 dB
- unebenes Pflaster auf Straßen mit zulässigen Höchstgeschwindigkeiten von 50 km/h und mehr: + 6 dB
- unebenes Pflaster auf Straßen mit zulässigen
- Höchstgeschwindigkeiten von 30 km/h und mehr: + 3 dB

Befindet sich ein Immissionsort in weniger als 100 m Entfernung von einer Lichtsignalanlage, sollte ein Zuschlag von 2 dB auf den Beurteilungspegel erfolgen. Auch die Beurteilungspegel für Immissionsorte in Straßenschluchten (beidseitige, mehrgeschossige und geschlossene Bebauung) sollte mit 2 dB beaufschlagt werden.

Bild 4.2.4-1 Diagramm zur Abschätzung des Beurteilungspegels von Straßenverkehr für verschiedene Abstände während des Tages nach DIN 18005-1

Straßenverkehr bei Nacht



Autobahn	Bundesstraßen	Landes-, Kreis- und Gemeindeverbindungsstraßen	Stadt- und Gemeindestraße
A	B	C	D

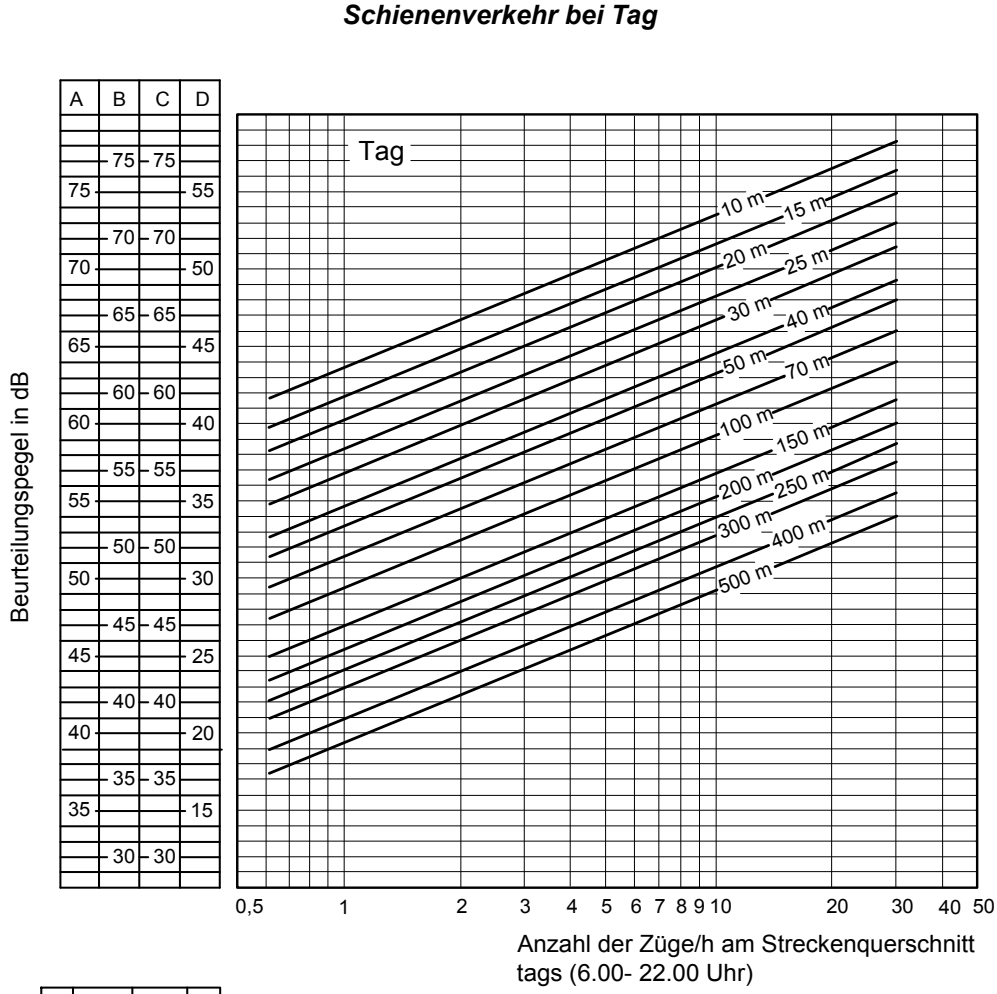
Korrekturen für Sonderfälle

Zulässige Höchstgeschwindigkeit
- auf Autobahnen 80 km/h oder auf Stadtstraßen 30 km/h: - 2,5 dB

Straßenoberfläche
- offenporiger Asphalt auf Außerortsstraßen mit zulässigen Höchstgeschwindigkeiten von mehr als 60 km/h: - 3 dB
- unebenes Pflaster auf Straßen mit zulässigen Höchstgeschwindigkeiten von 50 km/h und mehr: + 6 dB
- unebenes Pflaster auf Straßen mit zulässigen Höchstgeschwindigkeiten von 30 km/h und mehr: + 3 dB

Befindet sich ein Immissionsort in weniger als 100 m Entfernung von einer Lichtsignalanlage, sollte ein Zuschlag von 2 dB auf den Beurteilungspegel erfolgen. Auch die Beurteilungspegel für Immissionsorte in Straßenschluchten (beidseitige, mehrgeschossige und geschlossene Bebauung) sollte mit 2 dB beaufschlagt werden.

Bild 4.2.4-2 Diagramm zur Abschätzung des Beurteilungspegels von Straßenverkehr für verschiedene Abstände während der Nacht nach DIN 18005-1



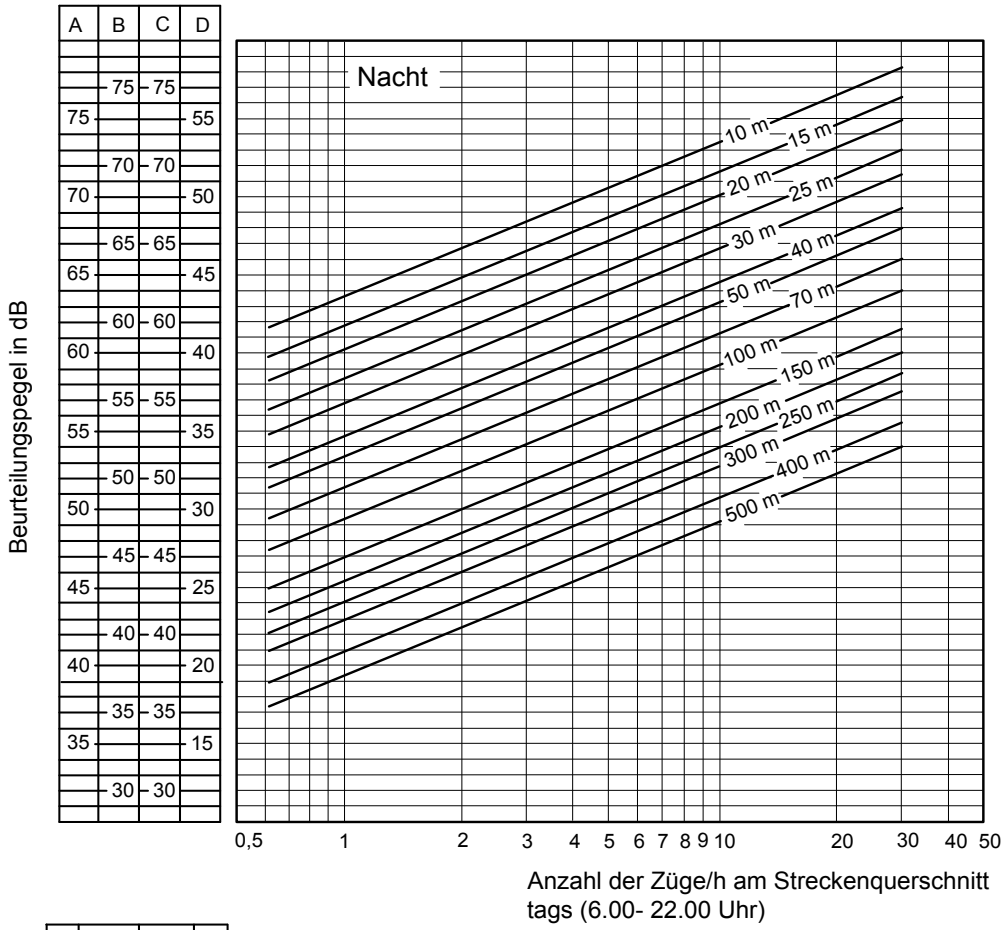
Fernverkehr	Nahverkehr mit Güterzügen	Nahverkehr ohne Güterzüge	Straßenbahn
A	B	C	D

A Fernverkehr: V_{max} = 200 km/h;Güterverkehrsanteil tags etwa 10%
B Nahverkehr mit Güterzügen: V_{max} = 160 km/h;Güterverkehrsanteil tags etwa 15%
C Nahverkehr ohne Güterzüge: V_{max} = 120 km/h;Güterverkehrsanteil tags etwa 0%
D Straßenbahn: V_{max} = 60 km/h

Im Beurteilungspegel ist die geringe Störwirkung des Schienenverkehrs mit einem Abschlag von 5 dB(A) berücksichtigt.

Bild 4.2.4-3 Diagramm zur Abschätzung des Beurteilungspegels von Schienenverkehr für verschiedene Abstände während des Tages nach DIN 18005-1

Schienenverkehr bei Nacht



Fernverkehr	Nahverkehr mit Güterzügen	Nahverkehr ohne Güterzüge	Straßenbahn
A	B	C	D

A Fernverkehr: V_{max} = 200 km/h;Güterverkehrsanteil tags etwa 10%
B Nahverkehr mit Güterzügen: V_{max} = 160 km/h;Güterverkehrsanteil tags etwa 15%
C Nahverkehr ohne Güterzüge: V_{max} = 120 km/h;Güterverkehrsanteil tags etwa 0%
D Straßenbahn: V_{max} = 60 km/h

Im Beurteilungspegel ist die geringe Störwirkung des Schienenverkehrs mit einem Abschlag von 5 dB(A) berücksichtigt.

Bild 4.2.4-4 Diagramm zur Abschätzung des Beurteilungspegels von Schienenverkehr für verschiedene Abstände während der Nacht nach DIN 18005-1

Schiffsverkehr auf einem Kanal oder Fluss

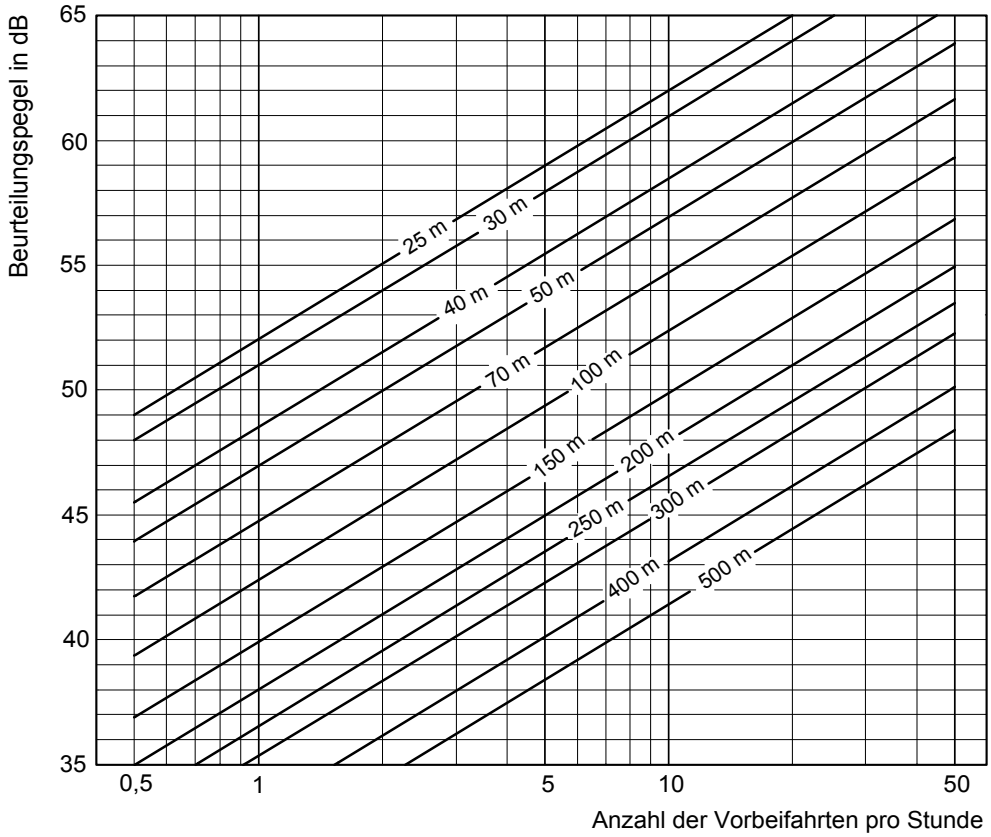


Bild 4.2.4-5 Diagramm zur Abschätzung des Beurteilungspegels von Schiffsverkehr auf einem Kanal oder Fluß für verschiedene Abstände nach DIN 18005-1

4.3 Ermittlung von Schallimmissionen nach TA Lärm

4.3.1 Allgemeines

Nach der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) [20] setzt sich der maßgebliche Beurteilungspegel $L_{r,G}$ am maßgebenden Immissionsort zusammen aus einer **Vorbelastung** $L_{r,V}$ und der **Zusatzbelastung** $L_{r,Z}$.

Dabei versteht man unter der Vorbelastung die Belastung eines Ortes mit Geräuschimmissionen von allen Anlagen im Sinne der TA Lärm [20] ohne den Immissionsbeitrag der zu beurteilenden Anlage, jedoch unter Einbeziehung der Verkehrsgeräusche auf öffentlichen Verkehrsflächen, vgl. dazu Nummer 7.4 in [20].

Unter der Zusatzbelastung versteht man denjenigen Immissionsbeitrag, der durch die zu beurteilende Anlage einschließlich ihrer internen Verkehrsgeräusche hervorgerufen wird.

Die Ermittlung der einzelnen Einflüsse erfolgt in einer Kombination von Mess- und Rechenverfahren. Der maßgebliche Beurteilungspegel wird für den maßgeblichen Immissionsort bestimmt. Dieser liegt

- bei bebauten Flächen 0,5 m außerhalb vor der Mitte des geöffneten Fensters des vom Geräusch am stärksten betroffenen Raumes nach DIN 4109,
- bei unbebauten Flächen oder bebauten Flächen, die keine Gebäude mit schutzbedürftigen Räumen enthalten, an dem am stärksten betroffenen Rand der Fläche, wo nach dem Bau- und Planungsrecht Gebäude mit schutzbedürftigen Räumen erstellt werden dürfen,
- bei mit der zu beurteilenden Anlage baulich verbundenen schutzbedürftigen Räumen, bei Körperschallübertragung sowie bei der Einwirkung tieffrequenter Geräusche in dem am stärksten betroffenen schutzbedürftigen Raum.

Die TA Lärm sieht nach Nummer A 1.2 für die Ermittlung der Geräuschimmissionen im Regelfall folgende Vorgehensweise vor:

- Ermittlung der Geräuschimmissionen aus Vorbelastung durch Messung und
- Ermittlung der Geräuschimmissionen aus Zusatzbelastung durch überschlägige oder detaillierte Prognose.

Grundsätzlich hängt die Genauigkeit der Immissionsprognosen wesentlich von der Zuverlässigkeit der Eingangsparameter ab, die mit entsprechender Sorgfältigkeit zu ermitteln sind.

Die Vorgehensweisen zur Prognostizierung von Geräuschimmissionen sind im Folgenden in zusammengefasster Form dargestellt.

4.3.2 Geräuschimmissionen aus Vorbelastung durch Messung

Die Geräuschimmissionen sind an den maßgeblichen Immissionsorten zu ermitteln. Ist dieses nicht möglich (z.B. bei Fremdgeräuscheinwirkung oder bei Seltenheit von Mitwindwetterlagen), lassen sich die Immissionen unter Umständen auch durch Messungen an Ersatzimmissionsorten in Verbindung mit Schallausbreitungsberechnungen substituieren.

Die Zusammenstellung aller Parameter sowie ihre Beschreibungen, Einheiten und Ermittlungsvorgaben erfolgt in Tabelle 4.3.2-1.

Tabelle 4.3.2-1 Zusammenstellung aller Parameter sowie ihrer Beschreibungen und Ermittlungsvorgaben (A-bewertete Größen mit der Zeitbewertung F nach DIN EN 60651) zur Ermittlung der Geräuschimmission aus Vorbelastung gemäß TA Lärm [20]

	1	2	3	4
1	Parameter[1)]	Beschreibung	Einheit	Ermittlung nach
2	$L_{V,r}$	maßgeblicher Beurteilungspegel der Vorbelastung	dB(A)	Gl. 4.3.2-1
3	n	Anzahl der Beurteilungspegel	-	Messung
4	$L_{r,i}$	Beurteilungspegel der Messung i	dB(A)	Gl. 4.3.2-2
5	T	Teilzeit, die Summe aller Teilzeiten muss am Tage 16 h und in der Nacht 1 h betragen	h	Messung
6	N	Anzahl der gewählten Teilzeiten	-	
7	C_{met}	meteorologische Korrektur	dB(A)	DIN ISO 6913-2
8	L_{Aeq}	A-bewerteter Mittelungspegel zur Beurteilung der Geräuschimmissionen	dB(A)	Messung nach DIN 45645-1
9	L_{AFmax}	A-bewerteter Maximalpegel des Schalldruck-pegels zur Beurteilung von Geräuschspitzen	dB(A)	
10	K_T	Zuschlag für Ton- und/oder Informations-haltigkeit von Geräuschspitzen	dB(A)	nach Auffälligkeit: 0, 3 oder 6 dB(A)
11	$L_{AFT(t)}$	A-bewerteter Taktmaximalpegel mit Taktlänge von 5 sec	dB(A)	Messung nach DIN 45645-1
12	L_{AFTeq}	A-bewerteter Taktmaximal-Mittelungspegel zur Ermittlung des Zuschlags für Impulshaltigkeit des zu beurteilenden Geräusches	dB(A)	Gl. 4.3.2-3 aus den $L_{AFT(t)}$[2)]
13	k	Anzahl der Takte (Taktlänge 5 Sekunden)	-	Messung
14	K_I	Zuschlag für Impulshaltigkeit	dB(A)	Gl. 4.3.2-4

1) Zur Kennzeichnung von Zeitintervallen wird der Index *j* angehängt, wobei *j* die Nummer des jeweiligen Intervalls bezeichnet.

2) Diese Formel gilt nur bei gleichen Taktzeiten (hier: 5 Sekunden). Für ungleiche Taktintervalle wird auf DIN 45641 Abschnitt 3 verwiesen.

$$L_{V,r} = 10 \cdot \lg\left[\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} 10^{0,1 \cdot L_{r,i}}\right] \tag{4.3.2-1}$$

$$L_{r,i} = 10 \cdot \lg\left[\frac{1}{T_r} \cdot \sum_{j=1}^{N} T_j \cdot 10^{0,1 \cdot (L_{Aeq,j} - C_{met} + K_{T,j} + K_{I,j})}\right] \tag{4.3.2-2}$$

$$L_{AFTeq} = 10 \cdot \lg\left[\frac{1}{k} \cdot \sum_{j=1}^{k} 10^{0,1 \cdot L_{AFT(t),j}}\right] \tag{4.3.2-3}$$

$$K_{I,j} = L_{AFTeq,j} - L_{Aeq,j} \tag{4.3.2-4}$$

4.3.3 Geräuschimmissionen aus Zusatzbelastung mit der überschlägigen Prognose

Die überschlägige Prognose der Geräuschimmission ist für die Vorplanung und in denjenigen Fällen ausreichend, in denen die nach ihr berechneten Beurteilungspegel zu keiner Überschreitung der Immissionsrichtwerte führen. Bei der überschlägigen Prognose werden die Mittelungspegel am maßgeblichen Immissionsort mit Hilfe der A-bewerteten Schall-Leistungspegel, der Einwirkzeiten und der Richtungskorrekturen der Schallquellen sowie einer vereinfachten Schallausbreitungsberechnung ermittelt, bei der eine schallausbreitungsbegünstigende Wetterlage zugrundegelegt und nur die geometrische Schallausbreitungsdämpfung berücksichtigt wird.

Die Zusammenstellung aller Berechnungsparameter sowie ihre Beschreibungen, Einheiten und Ermittlungsvorgaben erfolgt in Tabelle 4.3.3-1.

Tabelle 4.3.3-1 Zusammenstellung aller Berechnungsparameter sowie ihrer Beschreibungen und Ermittlungsvorgaben (A-bewertete Größen) zur Ermittlung der Geräuschimmissionen aus Zusatzbelastung für den maßgeblichen Immissionsort mit der überschlägigen Prognose

	1	2	3	4
1	Parameter	Beschreibung	Einheit	Ermittlung nach
2	$L_{G,r}$	maßgeblicher Beurteilungspegel der Gesamtbelastung, der sich nach Inbetriebnahme der Anlage einstellt	dB(A)	Gl. 4.3.3-1
3	$L_{V,r}$	maßgeblicher Beurteilungspegel der Vorbelastung	dB(A)	Gl. 4.2.2-1
4	$L_{Z,r}$	maßgeblicher Beurteilungspegel der Zusatzbelastung aus allen Teilzeiten T_j	dB(A)	Gl. 4.3.3-2
5	T	Teilzeit; die Summe T_r aller Teilzeiten muss am Tage 16 h und in der Nacht 1 h betragen	h	Messung
6	C_{met}	meteorologische Korrektur	dB(A)	DIN ISO 9613-2
7	K_T	Zuschlag für Ton- und/oder Informationshaltigkeit von Geräuschspitzen	dB(A)	nach Auffälligkeit: 0, 3 oder 6 dB(A)
8	K_I	Zuschlag für Impulshaltigkeit	dB(A)	nach Störwirkung: 0, 3 oder 6 dB(A)
9	$L_{Aeq,j}$	Beurteilungspegel für jeden maßgeblichen Immissionsort der Anlage für die Teilzeit j, berechnet aus den Pegeln und Einwirkzeiten *aller* Schallquellen *k*	dB(A)	Gl. 4.3.3-3
10	$L_{Aeq,k,j}$	Mittlerer A-bewerteter Schall-Leistungspegel der Schallquelle k in der Teilzeit j	dB(A)	Gl. 4.3.3-4
11	L_{WAeq}	Von Teilflächen der Außenhaut eines Gebäudes abgestrahlter mittlerer Schall-Leistungspegel[1)]	dB(A)	VDI 2571 bzw. Gl. 4.3.3-5
12	T_j	Teilzeit j	h	Messung und Planungsunterl.
13	$T_{E,k,j}$	Einwirkzeit der Schallquelle k in der Teilzeit j	h	
14	L_I	Mittlerer A-bewerteter Schalldruckpegel im Innern des Gebäudes	dB(A)	VDI 2571
15	R'_w	bewertetes Luftschalldämm-Maß	dB(A)	DIN 4109

(Fortsetzung auf nächster Seite)

Tabelle 4.3.3-1 Zusammenstellung aller Berechnungsparameter sowie ihrer Beschreibungen und Ermittlungsvorgaben (A-bewertete Größen) zur Ermittlung der Geräuschimmissionen aus Zusatzbelastung für den maßgeblichen Immissionsort mit der überschlägigen Prognose (Fortsetzung)

	1	2	3	4
	Parameter	Beschreibung	Einheit	Ermittlung nach
16	S	Fläche des schallübertragenden Bauteils	m^2	Planungsunterl.
17	S_0	Bezugsfläche (S_0 = 1,0 m^2)	m^2	VDI 2571
18	D_I	Richtwirkungsmaß bei Eigenabschirmung des Gebäudes	dB(A)	VDI 2714
19	K_0	Raumwinkelmaß[2)]	dB(A)	
20	s_m	Abstand des Immissionsortes vom Emissionsort (Schallquelle)[3)]	m	Planungs-unterlagen
21	$L_{r,Trf,k,j}$[4)]	Beurteilungspegel der Verkehrsvorgänge auf dem Teil k des Betriebsgrundstückes (= Schallquelle k) für die Teilzeit j	dB(A)	DIN 18005-1
22	L_{AFmax}	A-bewerteter maximaler Schall-Leistungspegel Pegel kurzzeitiger Geräuschspitzen[5)] der Anlage	dB(A)	Gl. 4.3.3-6
23	$L_{AFmax,k}$	A-bewerteter maximaler Schall-Leistungspegel Pegel kurzzeitiger Geräuschspitzen der Schallquelle *k*	dB(A)	Messung oder Planungsunterl.

1) Bei Räumen, in denen der Innenpegel durch Schall mit starken tieffrequenten Komponenten bestimmt wird (Beispiele: langsam laufende Siebe oder Mühlen, Kolbenkompressoren, Auspacktrommeln, Motorenprüfstände, Brenner in Verbindung mit Feuerungsanlagen, langsam laufende Ventilatoren), ergeben sich nach VDI 2571 zu niedrige Schall-Leistungspegel. Hier muss dann für die in's Freie abgestrahlte Schall-Leistung ein Sicherheitszuschlag von + 5 dB(A) berücksichtigt werden.

2) Reflexionen, die nicht im Raumwinkelmaß enthalten sind, sind nach VDI 2714 durch die Annahme von Spiegelschallquellen zu berücksichtigen.

3) Wenn der Abstand des Immissionsortes vom Mitelpunkt der Anlage mehr als das Zweifache ihrer größten Ausdehnung beträgt, kann für alle Schallquellen einheitlich statt s_m der Abstand des Immissionsortes vom Mittelpunkt der Anlage eingesetzt werden.

4) Einführung des Index' *Trf* für *Traffic* (*V* wie Verkehr könnte zu Verwechslungen mit der Vorbelastung *V* führen).

5) Dieser Pegel ist nur zu ermitteln, wenn zu erwarten ist, dass kurzzeitige Geräuschspitzen von der Anlage die entsprechenden zulässigen Höchstwerte nach TA Lärm überschreiten.
In diesem Fall sind die beschriebenen Schallausbreitungsberechnungen statt mit den mittleren Schall-Leistungspegeln aller Schallquellen mit den maximalen Schall-Leistungspegeln der Schallquellen mit kurzzeitigen Geräuschspitzen zu wiederholen.

$$L_{G,r} = 10 \cdot \lg\left[10^{0,1 \cdot L_{V,r}} + 10^{0,1 \cdot L_{Z,r}}\right] \tag{4.3.3-1}$$

$$L_{Z,r} = 10 \cdot \lg\left[\frac{1}{T_r} \cdot \sum_{j=1}^{N} T_j \cdot 10^{0,1 \cdot (L_{Aeq,j} - C_{met} + K_{T,j} + K_{I,j})}\right] \tag{4.3.3-2}$$

$$L_{Aeq,j} = 10 \cdot \lg\left[\frac{1}{T_j} \cdot \sum_k (T_{E,k,j} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,k,j}}\right] \quad (4.3.3\text{-}3)$$

$$L_{Aeq,k,j} = L_{WAeq} + D_I + K_0 - 20 \cdot \lg(s_m) - 11 \quad (4.3.3\text{-}4)$$

$$L_{WAeq} = L_I - R'_w - 4 + 10 \cdot \lg\frac{S}{S_0} \quad (4.3.3\text{-}5)$$

$$L_{AF\max} = 10 \cdot \lg \sum_k 10^{0,1 \cdot L_{AF\max,k}} \quad (4.3.3\text{-}6)$$

4.3.4 Geräuschimmissionen aus Zusatzbelastung mit der detaillierten Prognose

Kann die überschlägige Prognose nicht angewendet werden, sind die Geräuschimmissionen mit Hilfe der detaillierten Prognose zu ermitteln.

Wie bei der überschlägigen Prognose auch erfolgen die Berechnungen auf der Basis der unterschiedlichen Schallquellen (in der Regel aus Betrieb der Anlage und den damit verbundenen Verkehrsgeräuschen) in - sofern erforderlich - unterschiedlichen Teilzeiten und unter Berücksichtigung der Richtwirkungskorrektur sowie Angaben zur Ton-, Informations- und Impulshaltigkeit.

Der Unterschied zur überschlägigen Prognose besteht in folgenden Einzelheiten:

- Die Berechnungen der Immissionspegel sollen in den Oktavbändern 63 Hz bis 4000 Hz erfolgen (Anteile des Spektrums in der Oktave 8000 Hz sind nur in Ausnahmefällen, also bei entsprechend hochfrequenten Schallemissionen, zu berücksichtigen), sofern die entsprechenden Emissionsdaten bekannt sind. Andernfalls ist auch hier mit den A-bewerteten Pegeln zu rechnen.
- Die Schallausbreitungsberechnung erfolgt unter Berücksichtigung von Bebauung, Bewuchs und Industriegelände, Reflexionen und Schallschirmen sowie Lage und Höhe nach DIN ISO 9613-2.
- Die von den Teilflächen der Außenhaut abgestrahlten Schall-Leistungen sind entsprechend VDI 2714 möglichst in Oktavbändern zu ermitteln.
  Anmerkung:
  Die in VDI 2714 angegebene Formel zur Berechnung der Innenschallpegel setzt ein diffuses Schallfeld voraus und ergibt somit in Fabrikhallen in der Regel zu hohe Werte (für nahe an den Außenhautelementen gelegene Schallquellen ergeben sich etwas zu niedrige Werte). Liegen genauere Berechnungsgrundlagen vor (z.B. nach VDI 3760), kann von den damit berechneten Innenschallpegeln ausgegangen werden.

Die Maßgaben der Tabelle 4.3.3-1 sind unter Berücksichtigung der oben angeführten Unterschiede dann entsprechend zu modifizieren.

4.4 Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV)

4.4.1 Berechnung der Beurteilungspegel an Straßen

Der Beurteilungspegel einer Straße L_r ($L_{r,T}$ für den Tag, d.h. für den Zeitraum von 6.00 bis 22.00 Uhr, und $L_{r,N}$ für die Nacht, d.h. für den Zeitraum von 22.00 bis 6.00 Uhr) ergibt sich als Gesamtpegel aus den einzelnen Beurteilungspegeln $L_{r,T,i}$ respektive $L_{r,N,i}$ der jeweils äußeren Fahrstreifen nach Gl. 4.4.1-1 bzw. Gl. 4.4.1-2, wobei das Verkehrsaufkommen der Straße den beiden äußeren Fahrstreifen i =1 und i =2 jeweils zur Hälfte zuzuordnen ist. Dabei werden lange, gerade Fahrstreifen vorausgesetzt, die auf ihrer gesamten Länge konstante Emissionen und unveränderte Ausbreitungsbedingungen aufweisen. Ist dies nicht der Fall, müssen die Fahrstreifen in einzelnen Abschnitte unterteilt werden, deren Beurteilungspegel nach der RLS-90 [24], Kapitel 4 zu ermitteln sind.

$$L_{r,T} = 10 \cdot \lg \sum_{i=1}^{2} 10^{0,1 \cdot L_{r,T,i}} = 10 \cdot \lg \left(10^{0,1 \cdot L_{r,T,1}} + 10^{0,1 \cdot L_{r,T,2}} \right) \tag{4.4.1-1}$$

$$L_{r,N} = 10 \cdot \lg \sum_{i=1}^{2} 10^{0,1 \cdot L_{r,N,i}} = 10 \cdot \lg \left(10^{0,1 \cdot L_{r,N,1}} + 10^{0,1 \cdot L_{r,N,2}} \right) \tag{4.4.1-2}$$

Der Beurteilungspegel $L_{r,T,i}$ für den Tag sowie der Beurteilungspegel $L_{r,N,i}$ für die Nacht werden für einen Fahrstreifen i einer Straße nach den Angaben der Tabelle 4.4.1-1 ermittelt.

Tabelle 4.4.1-1 Zusammenstellung aller Berechnungsparameter sowie ihrer Beschreibungen und Ermittlungsvorgaben nach Verkehrslärmschutzverordnung [23]

	1	2	3	4
1	Parameter	Beschreibung	Einheit	Ermittlung nach
2	$L_{r,T,i}$	Beurteilungspegel des Fahrstreifens *i* bei Tage	dB(A)	Gl. 4.4.1-3
3	$L_{r,N,i}$	Beurteilungspegel des Fahrstreifens *i* bei Nacht	dB(A)	Gl. 4.4.1-4
4	$L_{m,T}^{(25)}$	Mittelungspegel für den Tag	dB(A)	Bild 4.4.1-1 oder Gl. 4.4.1-5
5	$L_{m,N}^{(25)}$	Mittelungspegel für die Nacht	dB(A)	
6	M	maßgebende stündliche Verkehrsstärke	Kfz/h	Tabelle 4.4.1-2 in Verbindung mit der DTV (tägl. Verkehrsstärke)
7	p	maßgebender Lkw-Anteil (über 2,8 t zulässiges Gesamtgewicht	%	
8	DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrstärke	Kfz/Tag	Prognose
9	D_V	Korrektur für unterschiedliche zulässige Höchstgeschwindigkeiten	dB(A)	Bild 4.4.1-2 oder Gl. 4.4.1-6 bis -9
10	D_{StrO}	Korrektur für unterschiedl. Straßenoberflächen	dB(A)	Tabelle 4.4.1-3
11	D_{Stg}	Korrektur für Steigungen und Gefälle	dB(A)	Tabelle 4.4.1-4

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 4.4.1-1 Zusammenstellung aller Berechnungsparameter sowie ihrer Beschreibungen und Ermittlungsvorgaben nach Verkehrslärmschutzverordnung [23] (Fortsetzung)

	1	2	3	4
1	Parameter	Beschreibung	Einheit	Ermittlung nach
12	$D_{S\perp}$	Pegeländerung durch unterschiedliche Abstände $s_\perp$ ohne Boden- und Meteorologiedämpfung	dB(A)	Bild 4.4.1-3 oder Gl. 4.4.1-10
13	$s_\perp$	Abstand zwischen Emissionsort (0,5 m über der Mitte des betrachteten Fahrstreifens) und maßgebendem Immissionsort[1)]	m	Planungsunterlagen
14	D_{BM}	Pegeländerung durch Boden- und Meteorologiedämpfung	dB(A)	Bild 4.4.1-4 oder Gl. 4.4.1-11
15	h_m	mittlere Höhe[2)]	m	Planungsunterlagen
16	D_B	Pegeländerung durch topographische Gegebenheiten, bauliche Maßnahmen und Reflexionen[3)]	dB(A)	RLS 90 [23], Kapitel 4
17	K	Zuschlag für erhöhte Störwirkung von lichtzeichengeregelten Kreuzungen und Einmündungen	dB(A)	Tabelle 4.4.1-5

1) Vor Gebäuden liegt er in Höhe der Geschossdecken (0,2 m über der Fensteroberkante) des zu schützenden Raumes; bei Außenwohnbereichen liegt er 2,0 m über der Mitte der als Außenwohnbereich genutzten Fläche.

2) Die mittlere Höhe ist der mittlere Abstand zwischen dem Grund und der Verbindungslinie zwischen Emissions- und Immissionsort (in ebenem Gelände ergibt sich die mittlere Höhe als arithmetischer Mittelwert der Höhen des Emissions- und des Immissionsortes über Grund).

3) Dies können z.B. Lärmschutzwälle und -wände, Einschnitte, Bodenerhebungen und Abschirmungen durch bauliche Anlagen sein.

$$L_{r,T,i} = L_{m,T}{}^{(25)} + D_V + D_{StrO} + D_{Stg} + D_{S\perp} + D_{BM} + D_B + K \tag{4.4.1-3}$$

$$L_{r,N,i} = L_{m,N}{}^{(25)} + D_V + D_{StrO} + D_{Stg} + D_{S\perp} + D_{BM} + D_B + K \tag{4.4.1-4}$$

$$L_{m,T}{}^{(25)} = 37{,}3 + 10 \cdot \lg\left(M \cdot (1 + 0{,}082 \cdot p)\right)$$
bzw.
$$L_{m,N}{}^{(25)} = 37{,}3 + 10 \cdot \lg\left(M \cdot (1 + 0{,}082 \cdot p)\right) \tag{4.4.1-5}$$

$$D_V = L_{Pkw} - 37{,}3 + 10 \cdot \lg\left[\frac{100 + \left(10^{0{,}1 \cdot D} - 1\right) \cdot p}{100 + 8{,}23 \cdot p}\right] \tag{4.4.1-6}$$

$$L_{Pkw} = 27{,}7 + 10 \cdot \lg\left(1 + \left(0{,}02 \cdot v_{Pkw}\right)^3\right) \tag{4.4.1-7}$$

$$L_{Lkw} = 23{,}1 + 12{,}5 \cdot \lg\left(v_{Lkw}\right) \tag{4.4.1-8}$$

$$D = L_{Lkw} - L_{Pkw} \tag{4.4.1-9}$$

$$D_{S\perp} = 15{,}8 - 10 \cdot \lg\left(s_\perp\right) - 0{,}0142 \cdot \left(S_\perp\right)^{0{,}9} \tag{4.4.1-10}$$

$$D_{BM} = -4{,}8 \cdot e^{\left[-\left(\frac{h_m}{s_\perp} \cdot \left(8{,}5 + \frac{100}{s_\perp}\right)\right)^{1{,}3}\right]} \tag{4.4.1-11}$$

Der Beurteilungspegel der beiden äußeren Fahrstreifen sind zum Gesamtbeurteilungspegel für die Straße zusammenzufassen und auf ganze dB(A) aufzurunden.

$$L_{r,ges} = 10 \cdot \lg\left(10^{0{,}1 \cdot L_{r,1}} + 10^{0{,}1 \cdot L_{r,2}}\right) \tag{4.4.1-12}$$

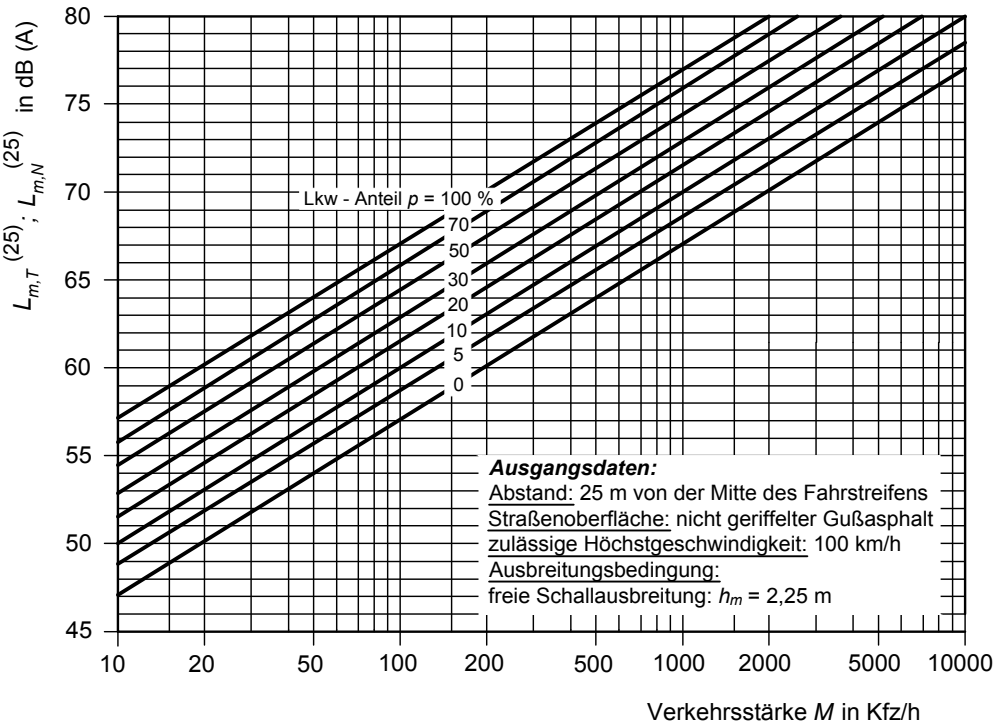


Bild 4.4.1-1 Bestimmung des Mittelungspegels $L_{m,T}^{(25)}$ bzw. $L_{m,N}^{(25)}$

Tabelle 4.4.1-2 Maßgebende Verkehrsstärke *M* in Kfz/h und maßgebende Lkw-Anteile *p* (Lkw über 2,8 t zulässiges Gesamtgewicht) in Abhängigkeit der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV) nach Verkehrslärmschutzverordnung [23]

	1	2	3	4	5
1	Straßengattung	tags (6.00 bis 22.00 Uhr)		nachts (22.00 bis 6.00 Uhr)	
2		*M* in Kfz/h	*p* in %	*M* in Kfz/h	*p* in %
3	Bundesautobahn	0,06 · DTV	25	0,014 · DTV	45
4	Bundesstraße		20	0,011 · DTV	20
5	Landes-, Kreis- oder Gemeindeverbindungsstraße		20	0,008 · DTV	10
6	Gemeindestraße		10	0,011 · DTV	3

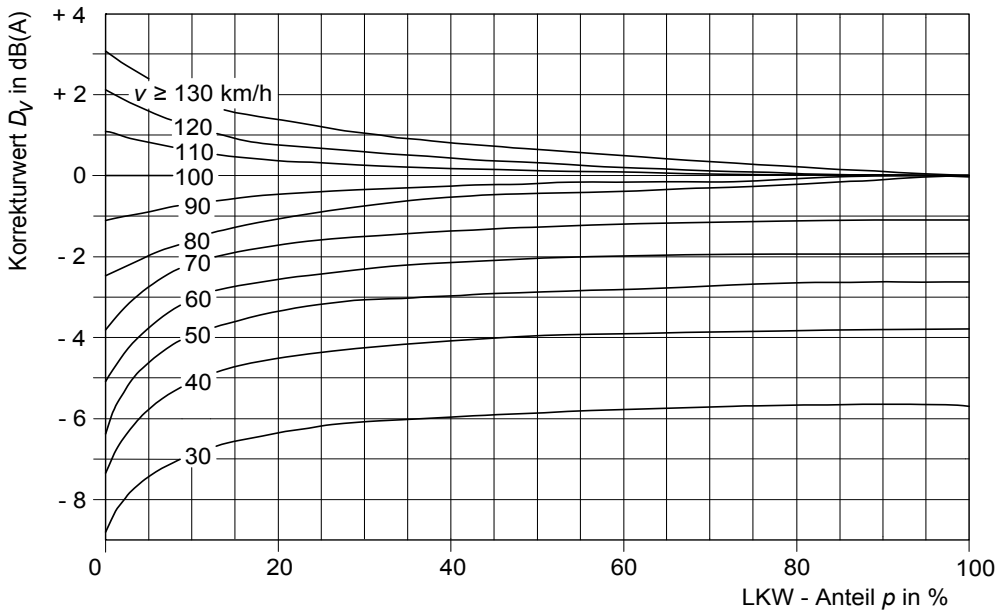


Bild 4.4.1-2 Korrekturwert D_V für unterschiedliche zulässige Höchstgeschwindigkeiten *v* der Pkw in Abhängigkeit vom Lkw-Anteil *p*

Tabelle 4.4.1-3 Korrekturwert D_{StrO} für unterschiedliche Straßenoberflächen bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit v = 50 km/h nach Verkehrslärmschutzverordnung [23]

	1	2
1	Straßenoberfläche	D_{StrO} [1)] in dB(A)
2	nicht geriffelte Gußasphalte, Asphaltbetone, oder Splittmastixasphalte	0
3	Beton oder geriffelte Gußasphalte	2
4	Pflaster mit ebener Oberfläche	3
5	Pflaster	6

1) Für lärmmindernde Straßenoberflächen, bei denen aufgrund neuer bautechnischer Entwicklungen eine dauerhafte Lärmminderung nachgewiesen ist, können auch andere Korrekturwerte berücksichtigt werden. Beispiel: offenporige Asphalte mit zulässigen Höchstgeschwindigkeiten $v \geq 60$ km/h $\rightarrow D_{StrO} = -3$ dB(A).

Tabelle 4.4.1-4 Korrekturwert D_{Stg} für Steigungen und Gefälle (Zwischenwerte sind linear zu interpolieren) nach Verkehrslärmschutzverordnung [23]

	1	2
1	Steigung / Gefälle [1)] in %	D_{Stg} in dB(A)
2	≤ 5	0
3	6	0,6
4	7	1,2
5	8	1,8
6	9	2,4
7	10	3,0
8	jedes weitere Prozent	0,6

1) Zwischenwerte sind linear zu interpolieren

Tabelle 4.4.1-5 Zuschlag K für erhöhte Störwirkung lichtzeichengeregelter Kreuzungen und Einmündungen nach Verkehrslärmschutzverordnung [23]

	1	2
1	Abstand a des Immissionsortes vom nächsten Schnittpunkt der Achsen sich kreuzender oder zusammentreffender Fahrstreifen in m	K in dB(A)
2	$40 \leq a$	3
3	$40 < a \leq 70$	2
4	$70 < a \leq 100$	1

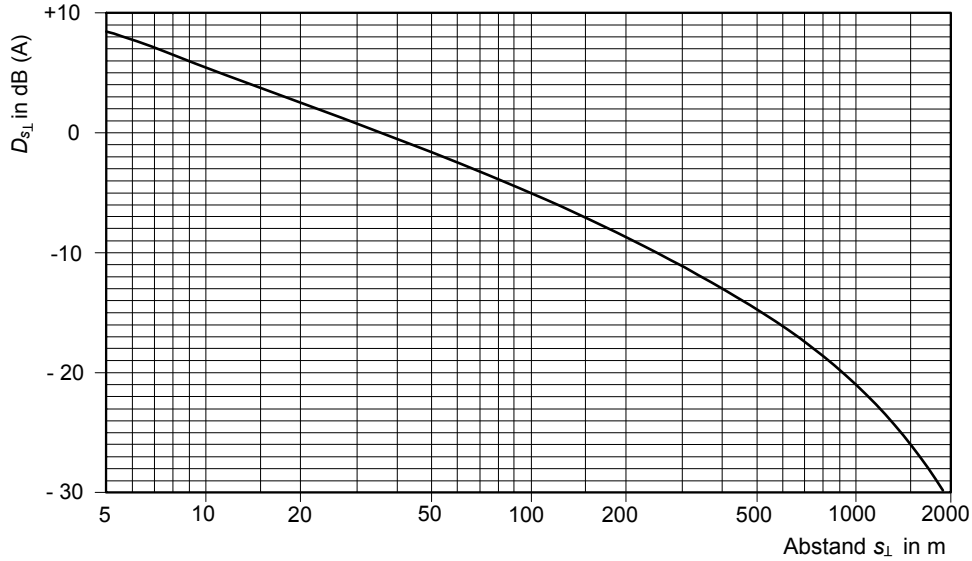


Bild 4.4.1-3 Pegeländerung $D_{s\perp}$ infolge unterschiedlicher Abstände $s_\perp$ zwischen Emissionsort (0,5 m über der Mitte des betrachteten Fahrstreifens) und dem maßgeblichen Immissionsort

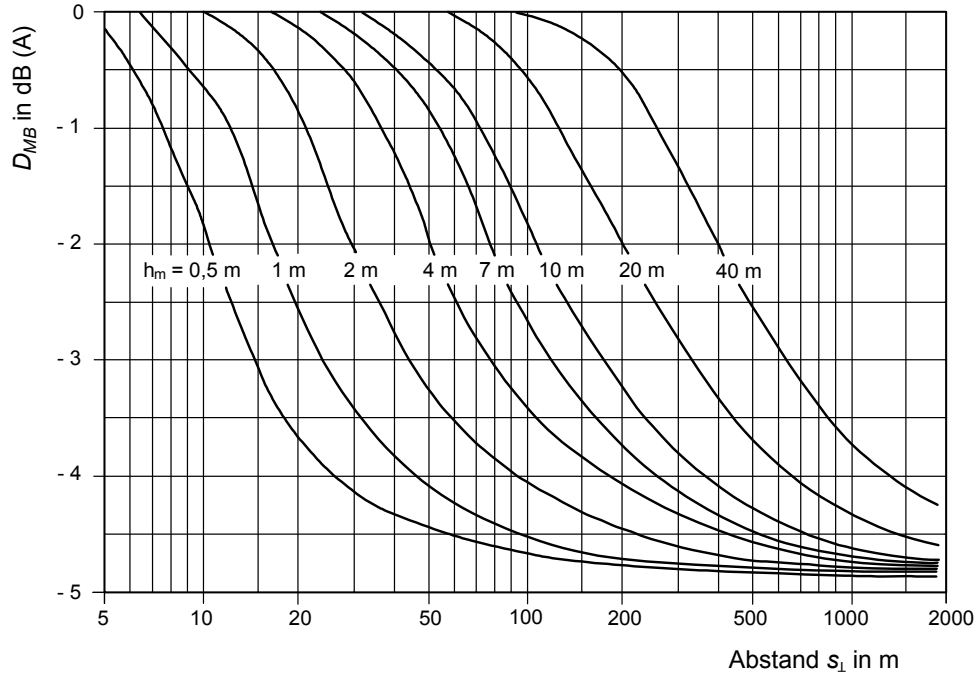


Bild 4.4.1-4 Pegeländerung D_{BM} infolge von Boden- und Meteorologiedämpfung in Abhängigkeit der mittleren Höhe

4.4.2 Berechnung der Beurteilungspegel bei Schienenwegen

Vorgabe auf Ebene 1 (Festlegungen)

Die Möglichkeit, hinsichtlich der Einstufung in Lärmpegelbereiche auf Festlegungen, wie z.B. gesetzliche Vorschriften oder Verwaltungsvorschriften, Bebauungspläne oder Lärmkarten zurückgreifen zu können, besteht hier nicht.

Vorgabe auf Ebene 2 (Berechnung)

Im Gegensatz zur Erstausgabe der neuen DIN 4109-2 von Juli 2016 besteht in der entsprechenden aktuellen Ausgabe von Januar 2019 nicht mehr die relativ wenig aufwändige Möglichkeit, die Beurteilungspegel für Schienenverkehrswege mithilfe der Nomogramme in DIN 18005-1 (07.2002) A.3 zu ermitteln.

Aktuell 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 Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV [23] zu bestimmen, wobei zur Bildung des maßgeblichen Außenlärmpegels zu den errechneten Werten jeweils 3 dB(A) zu addieren sind. Aufgrund der Frequenzzusammensetzung von Schienenverkehrsgeräuschen in Verbindung mit dem Frequenzspektrum der Schalldämm-Maße von Außenbauteilen kann der Beurteilungspegel für Schienenverkehr pauschal um 5 dB zu abgemindern werden (Entwurf DIN 4109-2/A1).

Anmerkung 1:

Ob dieser Abschlag wirklich anzusetzen ist, ist den jeweiligen landesspezifischen Verwaltungsvorschriften Technische Baubestimmungen (VV TB) zu entnehmen. In Nordrhein-Westfalen heißt es (entgegen der Muster-VV TB [38]*) beispielsweise: "Eine Minderung des Beurteilungspegels für Schienenverkehr…ist mit der Bauaufsichtsbehörde abzustimmen. Erforderlichenfalls ist ein gutachterliche Stellungnahme eines Sachverständigen einzuholen".*

Grundlage für die Berechnung des Beurteilungspegels nach der aktuellen Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV [23] sind die Anzahl der prognostizierten Züge der jeweiligen Zugart sowie die den betrieblichen Planungen zugrunde liegenden Geschwindigkeiten auf dem zu betrachtenden Planungsabschnitt einer Bahnstrecke.

Damit ergibt sich dann die prinzipielle Vorgehensweise wie folgt:

1. Aufteilung der zu betrachtenden Bahnstrecke in einzelne Gleise und Abschnitte u. a. mit gleicher Verkehrszusammensetzung, gleicher Geschwindigkeit, gleicher Fahrbahnart und gleichem Fahrflächenzustand sowie Identifizierung und Festlegung der Schallquellen von Rangier- und Umschlagbahnhöfen.
2. Ausgehend von den Mengen je Stunde n_{Fz} aller Arten *Fz* von Fahrzeugeinheiten, Berechnung der längenbezogenen bzw. flächenbezogenen Pegel der Schallleistung in Oktavbändern, getrennt für jeden Abschnitt einer Strecke bzw. für jede Schallquelle eines Rangier- und Umschlagbahnhofs in allen Höhenbereichen h.
3. Zerlegung der Abschnitte in Teilstücke k_S bzw. Zerlegung der Flächen in Teilflächen k_f zur Bildung von Punktschallquellen mit zugeordnetem Pegel der Schallleistung unter Berücksichtigung der Richtwirkung und der Abstrahlcharakteristik.
4. Berechnung der Schallemissionen von Eisenbahnen und von Straßenbahnen.

5. Berechnung der Schallimmission durch Ausbreitungsrechnung.
6. Zusammenfassung der Schallimmissionsanteile am Immissionsort.
7. Bildung des Beurteilungspegels für die maßgeblichen Beurteilungszeiträume.

Anmerkung 2:

Die für die Berechnung verwendeten Softwareprodukte müssen die normgerechte Abbildung dieser Vorschrift sicherstellen, was in Anlehnung an die DIN 45687 (05.2006) erfolgen kann.

Die tatsächliche rechnerische Umsetzung der Vorgaben der 16. BImSchV [23] wird aufgrund der Vielzahl der erforderlichen, teilweise sehr differenzierten Eingangsparameter üblicherweise auf den Betreibern der betrachteten Schienenwege bzw. ein entsprechend involviertes Ingenieurbüro beschränkt bleiben.

Im Rahmen der hier besprochenen bauakustischen Nachweise bietet es sich grundsätzlich an, die erforderlichen Informationen beim Betreiber der Schienenwege, also z.B. bei der Deutschen Bahn, einzuholen. Hier erhält man dann üblicherweise eine Exceltabelle mit den erforderlichen, kodierten Angaben, deren Inhalte sich entweder direkt in die genutzte Ausbreitungssoftware einlesen lassen oder andernfalls dort per Hand eingegeben werden müssen; im Anschluss erfolgt eine entsprechende eigene Ausbreitungsrechnung nach DIN ISO 9613.

Vorgabe auf Ebene 3 (Messung)

Alternativ zur rechnerischen Ermittlung können die Pegel aber auch ortspezifisch gemessen werden; hierzu sei auf die Festlegungen nach DIN 4109-4 C.2 und C.5 verwiesen.

Maßgeblicher Außenlärmpegel

Der zur Bemessung der Fassade erforderliche maßgebliche Außenlärmpegel infolge von Schienenverkehr ergibt sich dann entsprechend Tabelle 4.4.2-1.

Tabelle 4.4.2-1 Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels nach DIN 4109-2

	1	2
1	A-bewertete Pegeldifferenz in dB	A-bewerteter maßgeblicher Außenlärmpegel in dB
2	$\Delta L_r = L_{r,Tag} - L_{r,Nacht} \geq 10$ dB	$L_a = L_{r,Tag} + 3$ dB
3	$\Delta L_r = L_{r,Tag} - L_{r,Nacht} < 10$ dB	$L_a = L_{r,Nacht} + 3$ dB + 10 dB

4.5 Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien - DIN ISO 9613-2

4.5.1 Allgemeines

Einen Überblick über die Anwendungsmöglichkeiten des beschriebenen Verfahrens gibt Tabelle 4.5.1-1.

Tabelle 4.5.1-1 Zusammenstellung verschiedener praxisrelevanter Schallquellen und ihre Beurteilung hinsichtlich der Anwendbarkeit der DIN ISO 9613-2

	1	2	3
1	Schallquelle	Anwendbarkeit von DIN ISO 9613-2	
2		gegeben	nicht gegeben
3	Straßen- oder Schienenverkehr	x	
4	Industrielärm	x	
5	Bautätigkeiten	x	
6	Fluglärm		x
7	Druckwellen infolge von Sprengungen, militärischer oder ähnlicher Aktivitäten		x
8	andere bodennahe Schallquellen	in der Regel	

Mit dem Verfahren nach DIN ISO 9613-2 lassen sich grundsätzlich drei verschiedene Immissionswerte berechnen; sie sind in Tabelle 4.5.1-2 in vergleichender Form zusammengestellt. Ihre Ermittlung wird dann im Weiteren detalliert dargestellt.

Tabelle 4.5.1-2 Zusammenstellung und Vergleich der nach DIN ISO 9613-2 ermittelbaren Immissionswerte

	1	2	3	4	5	6
1	Bezeichnung	Kurz-zeichen	Angabe des Pegels		Einheit	Einwirk-zeitraum
2			für Oktavband-mitten-frequenzen	A-bewertete Einzahlangabe		
3	äquivalenter Oktavband-Dauerschalldruckpegel bei Mitwind	$L_{fT}(DW)$	x		dB	Kurzzeit[1)]
4	äquivalenter A-bewerteter Dauerschalldruckpegel bei Mitwind	$L_{AT}(DW)$		x	dB(A)	Kurzzeit[1)]
5	A-bewerteter Langzeit-Mittelungspegel	$L_{AT}(LT)$		x	dB(A)	Langzeit[2)]

1) Die Dauer des Beurteilungszeitraumes wird dadurch bestimmt, dass in diesem Zeitraum die für die Schallausbreitung (von der Schallquelle zum Immissionsort) möglichst günstigen Witterungsbedingung vorherrschen.

2) Zeitraum von mehreren Monaten bis zu einem Jahr. In diesem Zeitraum treten im Regelfall eine Vielzahl unterschiedlicher Witterungsbedingungen (sowohl für die Schallausbreitung günstige als auch ungünstige) ein.

4.5.2 Randbedingungen

Die im Nachfolgenden beschriebenen Algorithmen enthalten spezielle Terme zur Berücksichtigung der folgenden physikalischen Effekte:

- geometrische Ausbreitung
- Luftabsorption
- Bodeneffekte
- allgemeine Bebauung einschließlich Industriegelände
- Bewuchs
- Reflexion an Flächen
- Abschirmung durch Hindernisse

Für die hier beschriebene Rechenverfahren gelten Mitwindausbreitungsbedingungen, die wie folgt definiert werden:

- Windrichtung innerhalb eines Winkels von ± 45° von der Geraden, die den Mittelpunkt der maßgeblichen Schallquelle mit dem Mittelpunkt des festgelegten Immissionsgebietes verbindet, wobei der Wind von der Schallquelle zum Immissionsgebiet weht und
- Windgeschwindigkeiten zwischen etwa 1 m/s und 5 m/s, gemessen in einer Höhe von 3 m bis 11 m über dem Boden.

Anmerkung

Die angegebenen Algorithmen gelten in gleicher Weise auch für die Schallausbreitung in einer gut entwickelten, leichten Bodeninversion, wie sie üblicherweise in klaren, windstillen Nächten auftritt.

Grundsätzlich gelten die nachfolgend beschriebenen Gleichungen für die Dämpfung des Schalls, der von *Punktschallquellen* emittiert wird. Ausgedehnte Schallquellen (Beispiele: Straßen- oder Schienenverkehr, Industriegelände aus einer oder mehreren Einzelanlagen mit oder ohne innerbetrieblichem Verkehr) sind daher in eine Vielzahl von Punktschallquellen zu zerlegen, wobei jede dieser einzelnen Punktschallquellen dann eine bestimmte Schall-Leistung und eine bestimmte Schallausbreitungscharakteristik aufweist. Eine Linienschallquelle wird somit in einzelne Linienabschnitte, eine Flächenschallquelle in einzelne Teilflächen unterteilt, die unter dem Gesichtspunkt der Schallemission dann durch eine einzelne Punktschallquelle repräsentiert wird.

Eine Gruppe von Punktschallquellen kann jedoch wiederum auch durch eine sogenannte *äquivalente Punktschallquelle* in der Mitte dieser Gruppe beschrieben werden, wenn alle folgende Bedingungen gelten:

1. Die Schallquellen weisen näherungsweise die gleichen Schall-Leistungspegel sowie Höhen über dem Boden auf.
2. Zwischen den Schallquellen und dem Immissionsort liegen dieselben Ausbreitungsbedingungen vor.
3. Der Abstand d von der einzelnen äquivalenten Punktschallquelle zum Immissionsort ist mehr als doppelt so groß wie die größte Abmessung H_{max} der Schallquellen, vgl. dazu Bild 4.5.2-1.

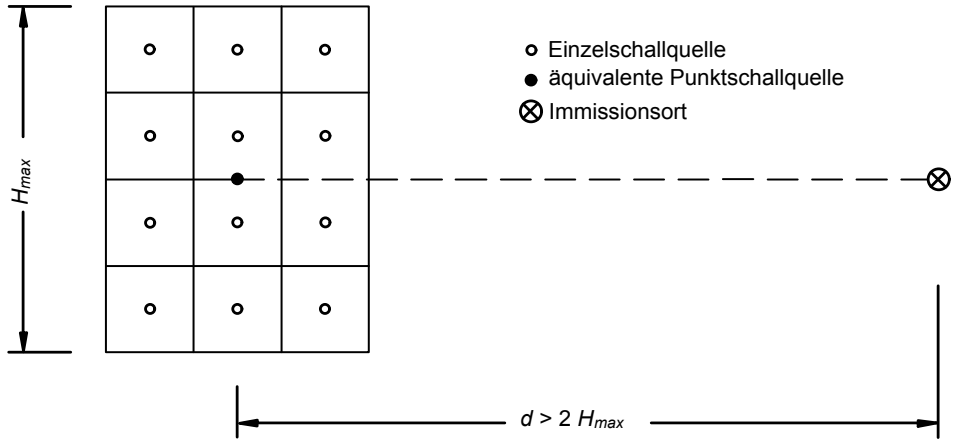


Bild 4.5.2-1 Skizze zum Verhältnis des Abstandes d (Emissionsort zu äquivalenter Punktschallquelle) zur größten Abmessung H_{Max} von Schallquellen

Zusätzlich zu den realen Schallquellen werden ggf. Spiegelschallquellen eingeführt, um Reflexionen an Wänden und Decken (nicht jedoch am Boden) zu berücksichtigen.

4.5.3 Rechenvorgaben

Tabelle 4.5.3-1 Zusammenstellung aller Berechnungsparameter sowie ihrer Beschreibungen und Ermittlungsvorgaben zur Ermittlung des äquivalenten Oktavband-Dauerschalldruckpegels bei Mitwind $L_{fT}(DW)$

	1	2	3	4
1	Parameter	Beschreibung	Einheit	Ermittlung nach
2	$L_{fT}(DW)$	äquivalenter Oktavband-Dauerschalldruckpegel bei Mitwind	dB	Gl. 4.5.3-1
3	L_W	Oktavband-Schall-Leistungspegel, bezogen auf eine Bezugsschall-Leistung von 1 pW	dB	Messung
4	D_C	Richtwirkungskorrektur	dB	Gl. 4.5.4-1
5	D_I	Richtwirkungsmaß der Punktschallquelle[1)]	dB	Bild 4.5.4-1
6	D_Ω	Richtwirkungsmaß[2)] zur Berücksichtigung einer Schallausbreitung in Raumwinkeln $\Omega \leq 4\pi$	dB	Gl. 4.5.4-2 bzw. Tabelle 4.5.4-1
7	Ω	Raumwinkel	sr[3)]	Planungs-unterlagen
8	A	Oktavbanddämpfung	dB	Gl. 4.5.5-1
9	A_{div}	Dämpfung aufgrund geometrischer Ausbreitung	dB	Tabelle 4.5.6-1
10	A_{atm}	Dämpfung aufgrund von Luftabsorption	dB	Tabelle 4.5.7-1
11	A_{gr}	Dämpfung aufgrund des Bodeneffektes	dB	Tabellen 4.5.8-1 bzw. 4.5.9-1
12	A_{bar}	Dämpfung aufgrund von Abschirmung	dB	Tabelle 4.5.10-1
13	A_{misc}	Dämpfung aufgrund verschiedener anderer Effekte[4)]	dB	Tabelle 4.5.11-1

(Fußnoten siehe nächste Seite)

1) Das Richtwirkungsmaß D_I wird nach VDI 2714 Abschnitt 5.1 auch mit DI (directivity index) bzw. nach VDI 2571 Abschnitt 3.4.1 auch mit ΔL_Z bezeichnet

2) Das Richtwirkungsmaß D_Ω wird nach VDI 2714 Abschnitt 5.2 ermittelt, wobei dort der Begriff Raumwinkelmaß K_0 verwendet wird.

3) Die Einheit des Raumwinkels ist Sterad (Kurzzeichen: sr)

4) Unter den verschiedenen anderen Effekten werden hier die Effekte infolge von Bebauung, Industriegelände oder Bewuchs verstanden.

Die Rechenvorgaben zur Ermittlung der Schallimmissionswerte entsprechend Tabelle 4.5.3-1 sind zusammen mit Angabe aller anderen erforderlichen Parameter und Beschreibungen sowie Ermittlungsvorgaben nachfolgend in den Tabellen 4.5.3-2 bis 4.5.3-4 zusammengestellt.

$$L_{fT}(DW) = L_W + D_C - A \tag{4.5.3-1}$$

$$L_{AT}(DW) = 10 \cdot \lg\left[\sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{j=1}^{n} 10^{0{,}1\cdot\left[L_{fT}(ij)+A_f(j)\right]}\right)\right] \tag{4.5.3-2}$$

$$L_{AT}(LT) = L_{AT}(DW) - C_{met} \tag{4.5.3-3}$$

Tabelle 4.5.3-2 Zusammenstellung aller Berechnungsparameter sowie ihrer Beschreibungen und Ermittlungsvorgaben zur Ermittlung des äquivalenten A-bewerteten Dauerschalldruckpegels bei Mitwind $L_{AT}(DW)$

	1	2	3	4
1	Parameter	Beschreibung	Einheit	Ermittlung nach
2	$L_{AT}(DW)$	äquivalenter A-bewerteter Dauerschalldruckpegel bei Mitwind	dB(A)	Gl. 4.5.3-2
3	$L_{fT}(ij)$	äquivalenter Oktavband-Dauerschalldruckpegel bei Mitwind	dB	Ergebnisse aus Tabelle 4.5.3-1
4	i	Index zur Indentifizierung der Schallquelle i mit Ausbreitungsweg i		Planungs-unterlagen
5	j	Index zur Angabe der betrachteten Oktavband-mittenfrequenz von 63 bis 8000 Hz		
6	n	Anzahl der Schallquellen mit Ausbreitungswegen		Planungs-unterlagen
7	$A_f(j)$	Korrekturwerte für die genormte A-Bewertung	dB	Tabelle 4.5.3-3

Tabelle 4.5.3-3 Korrekturwerte A_f für die A-Bewertung für ein Oktavspektrum

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Parameter	Einheit								
2	Oktavmittenfrequenz	Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
3	Korrekturwert A_f	dB	- 26	- 16	- 9	- 3	0	+ 1	+ 1	- 1

Tabelle 4.5.3-4 Zusammenstellung aller Berechnungsparameter sowie ihrer Beschreibungen und Ermittlungsvorgaben zur Ermittlung des äquivalenten A-bewerteten Langzeit-Mittelungspegels $L_{AT}(LT)$

	1	2	3	4
1	Parameter	Beschreibung	Einheit	Ermittlung nach
2	$L_{AT}(LT)$	äquivalenter A-bewerteter Langzeit-Mittelungspegel	dB(A)	Gl. 4.5.3-3
3	$L_{AT}(DW)$	äquivalenter A-bewerteter Dauerschalldruckpegel bei Mitwind	dB(A)	Ergebnis aus Tabelle 4.5.3-2
4	C_{met}	meteorologische Korrektur	dB(A)	Tabelle 4.5.12-1

4.5.4 Richtwirkungskorrektur

Die Richtwirkungskorrektur D_C setzt sich entsprechend Gl. 4.5.4-1 zusammen aus den zwei Richtwirkungsmaßen D_I und D_Ω.

$$D_C = D_I + D_\Omega \tag{4.5.4-1}$$

Das Richtwirkungsmaß der Punktschallquelle D_I gibt an, um wieviel Dezibel der Schalldruckpegel der Schallquelle in der betrachteten Ausbreitungsrichtung höher oder niedriger ist als der einer ungerichteten Schallquelle gleicher Schall-Leistung im gleichen Abstand. Für das Richtwirkungsmaß schallabstrahlender Gebäudeflächen (Eigenabschirmung von Gebäuden) können die Angaben aus Bild 4.5.4-1 verwendet werden.

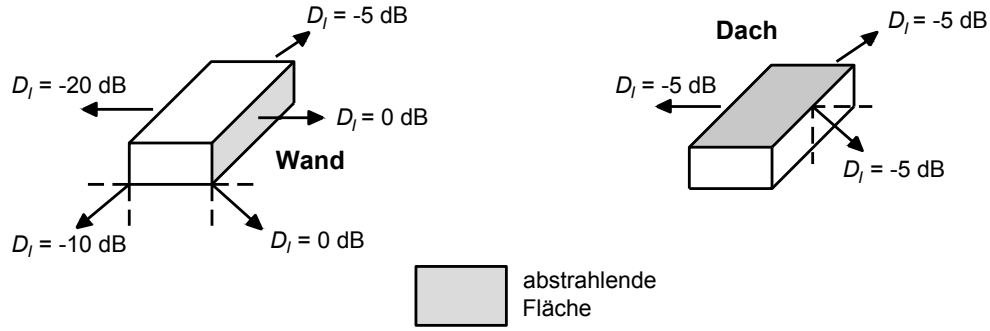


Bild 4.5.4-1 Näherungswerte für die Richtwirkungsmaße D_I (bzw. DI nach VDI 2714 oder ΔL_Z nach VDI 2571) von schallabstrahlenden Gebäudeflächen (Dach, Wand, Fenster etc.) bei mittleren Frequenzen nach VDI 2714. Die für D_I angegebenen Werte gelten jeweils für die in Pfeilrichtung befindlichen Immissionsorte (Aufpunkte)

Anmerkung:

Dabei ist zu beachten, dass das Richtwirkungsmaß prinzipiell frequenzabhängig ist, die Angaben nach Bild 4.5.4-1 jedoch für Berechnungen mit A-Schalldruckpegeln vorgesehen sind. Für eine exakte frequenzabhängige Darstellung von D_I wird auf Anhang A der VDI 2714 verwiesen, wobei hier jedoch eine genaue Kenntnis der Richtcharakteristik der jeweiligen Quelle (z.B. Schornstein) vorausgesetzt wird.

Tabelle 4.5.4-1 Raumwinkel Ω und Raumwinkelmaß D_Ω entsprechend der Lage der Schallquelle in unmittelbarer Nähe von reflektierenden Flächen

	1	2	3	4
1	Lage der Schallquelle	Schall-abstrahlung in	Raumwinkel Ω in sr	Raumwinkelmaß D_Ω in dB
2	frei im Raum, hoch über dem Boden	Ganzraum	4π	0
3	in oder unmittelbar vor (über) einer stark reflektierenden Fläche (z.B. über Boden)	Halbraum	2π	+ 3
4	vor zwei aufeinander senkrecht stehenden Flächen (z.B. über Boden und vor Wand)	Viertelraum	π	+ 6
5	vor drei aufeinander senkrecht stehenden Flächen (z.B. über Boden und vor Wandinnenecke)	Achtelraum	$\pi/2$	+ 9

Den Einfluß durch Reflexionen an schallharten Flächen, die sich in unmittelbarer Nähe von der Schallquelle befinden, berücksichtigt das Richtwirkungsmaß D_Ω. Es kann für beliebige Raumwinkel Ω nach Gl. 4.5.4-2 berechnet oder für einfache Randbedingungen Tabelle 4.5.4-1 entnommen werden.

$$D_\Omega = 10 \cdot \lg\left(\frac{4\pi}{\Omega}\right) \tag{4.5.4-2}$$

Anmerkung

Grundsätzlich kann der Einfluss reflektierender Flächen nahe der Schallquelle auch entsprechend VDI 2714 Abschnitt 7 durch die Anordnung von Spiegelschallquellen berücksichtigt werden. In Abschnitt 5.2 der VDI 2714 wird jedoch empfohlen, hierauf zu verzichten, wenn die reflektierende Fläche schallhart ist und für den Abstand s entsprechend Bild 4.5.4-2 gilt: $s > 8 \cdot a_Q \cdot \cos\vartheta$.

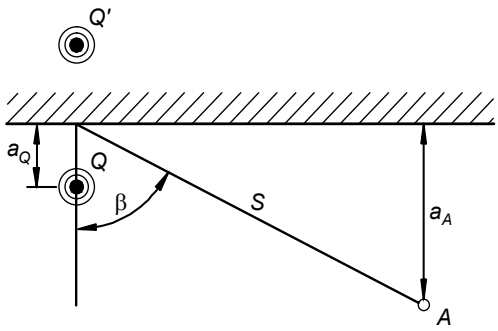


Bild 4.5.4-2 Reflektierende Fläche mit: Schallquelle *Q*, Spiegelschallquelle *Q'*, Abstand von Schallquelle zur reflektierender Fläche a_Q, Abstand von Immissionsort zur reflektierenden Fläche a_A, Strecke s und Winkel ϑ

4.5.5 Dämpfung - Oktavbanddämpfung

Der Oktavbanddämpfungsterm A setzt sich entsprechend Gl. 4.5.5-1 aus den in Tabelle 4.5.3-1 genannten Dämpfungseinflüssen zusammen. Die Ermittlung der einzelnen Dämpfungsterme erfolgt in den nachfolgenden Abschnitten.

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc} \tag{4.5.5-1}$$

4.5.6 Dämpfung - Geometrische Ausbreitung

Die geometrische Dämpfung berücksichtigt die kugelförmige Schallausbreitung einer Punktschallquelle im Freifeld. Die Rechenvorgaben zur Ermittlung des Dämpfungsterms für die geometrische Ausbreitung A_{div} sind zusammen mit Angabe aller anderen erforderlichen Parameter und Beschreibungen sowie Ermittlungsvorgaben nachfolgend in Tabelle 4.5.6-1 zusammengestellt.

$$A_{div} = 20 \cdot \lg\left(\frac{d}{d_0}\right) + 11 \tag{4.5.6-1}$$

Tabelle 4.5.6-1 Zusammenstellung aller Parameter sowie ihrer Beschreibungen und Ermittlungsvorgaben zur Berechnung des Dämpfungsterms für die geometrische Ausbreitung A_{div}

	1	2	3	4
1	Parameter	Beschreibung	Einheit	Ermittlung nach
2	A_{div}	Dämpfungsterm für die geometrische Ausbreitung	dB	Gl. 4.5.6-1
3	d	Abstand zwischen Schallquelle und Immissionsort	m	Planungsunterlagen
4	d_0	Bezugsabstand (d_0 = 1,0 m)	m	

4.5.7 Dämpfung - Luftabsorption

Die Luftabsorption ist abhängig von der Entfernung zwischen Schallquelle und Emissionsort sowie vom Absorptionskoeffizienten der Luft. Dieser ist wiederum abhängig von der Frequenz des Schalls, der Umgebungstemperatur und der relativen Luftfeuchte, weniger jedoch vom Umgebungsdruck. Bei der Berechnung von Immissionen sollte der Absorptionskoeffizient auf Mittelwerten basieren, die sich aus dem ortsüblichen Schwankungsbereich der Witterungsbedingungen ergeben.

Die Rechenvorgaben zur Ermittlung des Dämpfungsterms für die Luftabsorption A_{atm} sind zusammen mit Angabe aller anderen erforderlichen Parameter und Beschreibungen sowie Ermittlungsvorgaben nachfolgend in Tabelle 4.5.7-1 zusammengestellt.

$$A_{atm} = \frac{\alpha \cdot d}{1000} \tag{4.5.7-1}$$

Tabelle 4.5.7-1 Zusammenstellung aller Parameter sowie ihrer Beschreibungen und Ermittlungsvorgaben zur Berechnung des Dämpfungsterms der Luftabsorption A_{atm}

	1	2	3	4
1	Parameter	Beschreibung	Einheit	Ermittlung nach
2	A_{atm}	Dämpfungsterm der Luftabsorption	dB	Gl. 4.5.7-1
3	α	Absorptionskoeffizient der Luft für Oktavbänder	dB/km	Tabelle 4.5.7-2
4	d	Abstand zwischen Schallquelle und Immissionsort	m	Planungsunterlagen

Tabelle 4.5.7-2 Absorptionskoeffizienten der Luft α für Oktavbänder

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Zustand der Luft[1)]		Absorptionskoeffizient der Luft α für Oktavbandmittenfrequenzen in dB/km							
2	Temperatur in °C	rel. Feuchte in %	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
3	10	70	0,1	0,4	1,0	1,9	3,7	9,7	32,8	117,0
4	20	70	0,1	0,3	1,1	2,8	5,0	9,0	22,9	76,6
5	30	70	0,1	0,3	1,0	3,1	7,4	12,7	23,1	59,3
6	15	20	0,3	0,6	1,2	2,7	8,2	28,2	88,8	202,0
7	15	50	0,1	0,5	1,2	2,2	4,2	10,8	36,2	129,0
8	15	80	0,1	0,3	1,1	2,4	4,1	8,3	23,7	82,8

[1)] Für abweichende Witterungsbedingungen siehe DIN 9613-1

4.5.8 Dämpfung - Bodeneffekt A_{gr}

Die Bodendämpfung resultiert primär aus der Überlagerung des sich direkt ausbreitenden Schalles mit dem am Boden reflektierten Schall. Bei Mitwindbedingungen stellt sich ein abwärts gekrümmter Ausbreitungsweg ein, der sicherstellt, dass die Dämpfung in erster Linie durch die Bodenoberflächen in der Nähe der Schallquelle und des Immissionsortes bestimmt wird. Im Rahmen des hier beschriebenen Verfahrens, das nur für näherungsweise ebene Untergründe (also bei waagerechten oder konstant geneigten Flächen) anwendbar ist, wird unterschieden zwischen:

- Quellbereich (schallquellennaher Bereich),
- Mittelbereich (der entfällt, wenn sich Quell- und Empfängerbereich überlappen) und
- Empfängerbereich.

Die Definitionen dieser Bereiche sind Bild 4.5.8-1 zu entnehmen.

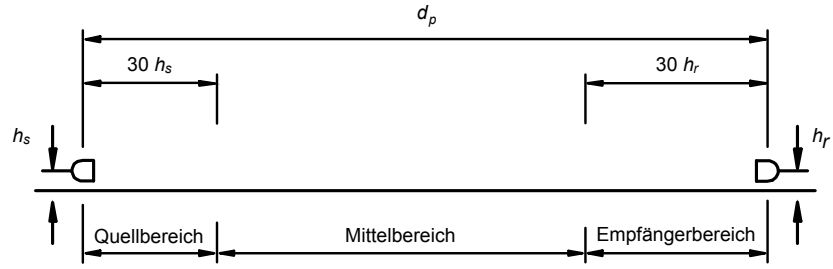


Bild 4.5.8-1 Definition der drei Bereiche zur Bestimmung der Bodendämpfung. Darin ist d_p der Abstand zwischen Schallquelle und Immissionsort, h_s die Höhe der Schallquelle und h_r die Höhe des Immissionsortes über dem Boden

Die Rechenvorgaben zur Ermittlung des Dämpfungsterms für den Bodeneffekt A_{gr} sind zusammen mit Angabe aller anderen erforderlichen Parameter und Beschreibungen sowie Ermittlungsvorgaben nachfolgend in Tabelle 4.5.8-1 zusammengestellt

Tabelle 4.5.8-1 Zusammenstellung aller Parameter sowie ihrer Beschreibungen und Ermittlungsvorgaben zur Berechnung des Dämpfungsterms des Bodeneffektes A_{gr}

	1	2	3	4
1	Parameter	Beschreibung	Einheit	Ermittlung nach
2	A_{gr}	Dämpfungsterm des Bodeneffektes	dB	Gl. 4.5.8-1
3	A_s	Dämpfungsterm für den Quellbereich	dB	Tabelle 4.5.8-2
4	A_r	Dämpfungsterm für den Empfängerbereich	dB	
5	A_m	Dämpfungsterm für den Mittelbereich	dB	
6	$G_{(s,r,m)}$	Bodenfaktor für die drei o.g. Bereiche	-	Tabelle 4.5.8-3
7	$h_{s,r}$	Höhe der Schallquelle (Index *s*) bzw. des Immissionsortes (Index *r*)	m	Planungsunterlagen
8	d_p	Auf die Bodenebene projizierter Abstand zwischen Schallquelle und Immissionsort	m	Planungsunterlagen
9	a'	Funktionen, die den Einfluss des Abstandes zwischen Schallquelle und Immissionsort sowie der Quell- bzw. Empfängerhöhe auf die Bodendämpfung angeben	dB	Bild 4.5.8-2 oder Gl. 4.5.8-2 bis Gl. 4.5.8-5
10	b'			
11	c'			
12	d'			
13	q	Zwischenwert für den Mittelbereich	dB	Tabelle 4.5.8-4

$$A_{gr} = A_s + A_r + A_m \tag{4.5.8-1}$$

Tabelle 4.5.8-2 Zusammenstellung der erforderlichen Rechenalgorithmen für die Dämpfungsterme nach Gl. 4.5.8-1 in Oktavbändern

	1	2	3	4
1	Oktavband-mittenfrequenzen	Dämpfungsterme in dB		
2	in Hz	Quellbereich A_s	Mittelbereich A_m	Empfängerbereich A_r
3	63	-1,5	$-3q$	-1,5
4	125	$-1{,}5 + G_s \cdot a'(h_s)$		$-1{,}5 + G_r \cdot a'(h_r)$
5	250	$-1{,}5 + G_s \cdot b'(h_s)$		$-1{,}5 + G_r \cdot b'(h_r)$
6	500	$-1{,}5 + G_s \cdot c'(h_s)$		$-1{,}5 + G_r \cdot c'(h_r)$
7	1000	$-1{,}5 + G_s \cdot d'(h_s)$	$-3q \cdot (1 - G_m)$	$-1{,}5 + G_r \cdot d'(h_r)$
8	2000			
9	4000	$-1{,}5 \cdot (1 - G_s)$		$-1{,}5 \cdot (1 - G_r)$
10	8000			

$$a'(h) = 1{,}5 + 3{,}0 \cdot e^{-0{,}12\cdot(h-5)^2} \cdot (1 - e^{-0{,}02\cdot d_p}) + 5{,}7 \cdot e^{-0{,}09\cdot h^2} \cdot (1 - e^{-2{,}8\cdot 10^{-6}\cdot d_p^2}) \quad (4.5.8\text{-}2)$$

$$b'(h) = 1{,}5 + 8{,}6 \cdot e^{-0{,}09\cdot h^2} \cdot (1 - e^{-0{,}02\cdot d_p}) \quad (4.5.8\text{-}3)$$

$$c'(h) = 1{,}5 + 14{,}0 \cdot e^{-0{,}46\cdot h^2} \cdot (1 - e^{-0{,}02\cdot d_p}) \quad (4.5.8\text{-}4)$$

$$d'(h) = 1{,}5 + 5{,}0 \cdot e^{-0{,}9\cdot h^2} \cdot (1 - e^{-0{,}02\cdot d_p}) \quad (4.5.8\text{-}5)$$

Tabelle 4.5.8-3 Bodenfaktor *G*

	1	2	3
1	Kategorie	Beispiele	Bodenfaktor *G*
2	Harter Boden	Straßenpflaster, Wasser, Eis, Beton, festgestampfter Boden, jede andere Oberfläche geringer Porosität	0
3	Poröser Boden	mit Gras, Bäumen oder anderem Bewuchs bedeckte Böden sowie jede für Pflanzenwachstum geeignete Oberfläche, wie z.B. Ackerland	1
4	Mischboden	Mischung aus hartem und porösem Boden	0 bis 1[1)]

[1)] *G* entspricht hier dem Prozentsatz des Anteils porösen Bodens

Tabelle 4.5.8-4 Ermittlung der Zwischenwerte *q*

	1	2
1	Bedingung	Zwischenwert *q* in dB
2	$d_p \leq 30 \cdot (h_s + h_r)$	0
3	$d_p > 30 \cdot (h_s + h_r)$	$1 - [30 \cdot (h_s + h_r)] / d_p$

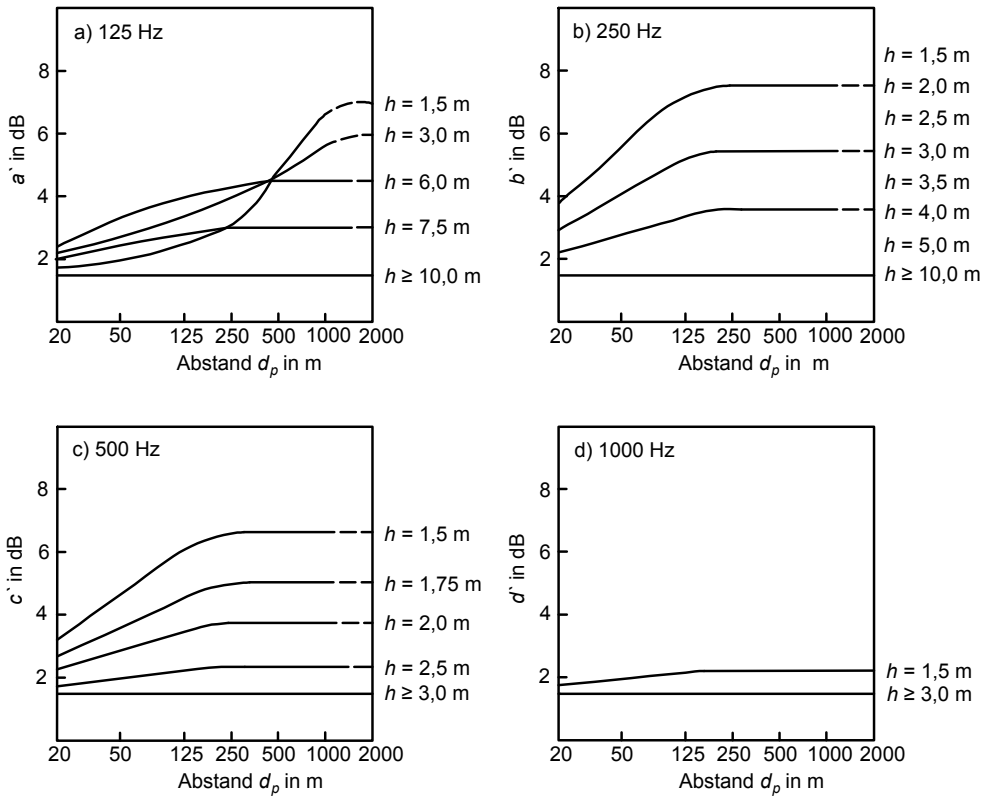


Bild 4.5.8-2 Graphische Ermittlung der Funktionen *a'*, *b'*, *c'* und *d'* auf Basis der Gleichungen 4.5.8-2 bis 4.5.8-5

4.5.9 Dämpfung - Vereinfachtes Verfahren für den Bodeneffekt

Der Bodeneffekt lässt sich für beliebig geformte Bodenoberflächen mit einem vereinfachten Verfahren ermitteln, wenn die drei folgenden Bedingungen gelten:

- Es ist nur der A-bewertete Schalldruckpegel von Interesse,
- der Schall breitet sich über porösen Böden oder gemischten Böden mit einem überwiegenden Anteil an porösen Böden aus und
- der Schall ist kein reiner Ton.

Wird das hier vorgestellte vereinfachte Verfahren angewendet, muss die Richtwirkungskorrektur D_C nach Gl. 4.5.4-1 ein korrigiertes Richtwirkungsmaß D_Ω enthalten, vgl. Angaben in Tabelle 4.5.9-1.

Die Rechenvorgaben zur vereinfachten Ermittlung des Dämpfungsterms für den Bodeneffekt A_{atm} sind zusammen mit Angabe aller anderen erforderlichen Parameter und Beschreibungen sowie Ermittlungsvorgaben nachfolgend in Tabelle 4.5.9-1 zusammengestellt.

Tabelle 4.5.9-1 Zusammenstellung aller Parameter sowie ihrer Beschreibungen und Ermittlungsvorgaben zur vereinfachten Berechnung des Dämpfungsterms des Bodeneffektes A_{gr}

	1	2	3	4
1	Parameter	Beschreibung	Einheit	Ermittlung nach
2	A_{gr}	Dämpfungsterm des Bodeneffektes	dB	Gl. 4.5.9-1
3	h_m	mittlere Höhe des Schallausbreitungsweges über dem Boden	m	Gl. 4.5.9-2
4	F	Fläche	m^2	Bild 4.5.9-1
5	h_s	Höhe der Schallquelle über dem Boden	m	Planungsunterlagen
6	h_r	Höhe des Empfängers über dem Boden	m	
7	d	Abstand von Schallquelle zu Empfänger	m	
8	d_p	auf die Bodenebene projizierter Abstand von Schallquelle zu Empfänger	m	
9	D_Ω	für das vereinfachte Verfahren korrigiertes Richtwirkungsmaß	dB	Gl. 4.5.9-3

$$A_{gr} = 4{,}8 - \frac{2 \cdot h_m}{d} \cdot \left(17 + \frac{300}{d} \right) \geq 0 \qquad (4.5.9\text{-}1)$$

$$h_m = \frac{F}{d} \qquad (4.5.9\text{-}2)$$

$$D_\Omega = 10 \cdot \lg \left[1 + \frac{d_p^2 + (h_s - h_r)^2}{d_p^2 + (h_s + h_r)^2} \right] \qquad (4.5.9\text{-}3)$$

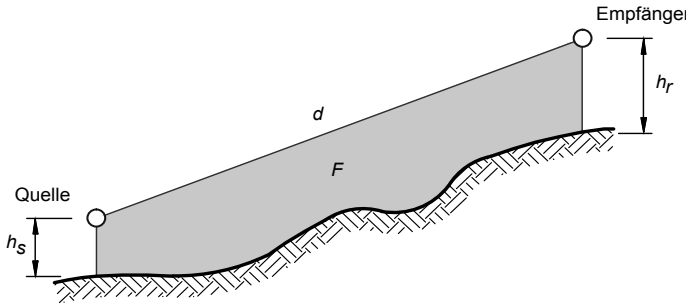


Bild 4.5.9-1 Skizze zur Definition der Fläche F

4.5.10 Dämpfung - Abschirmung

Die Schallausbreitung von der Schallquelle (Emissionsort) zum Empfänger (Immissisonsort) kann durch abschirmende Hindernisse (z.B. Schallschutzwände, Gebäude, Wälle, Böschungen) behindert werden, wobei das Hindernis im Allgemeinen als Schallschirm bezeichnet wird. In den einen Teil des Bereiches hinter diesem Schallschirm gelangt der Schall nicht direkt, sondern nur durch Beugung an den Schirmkanten sowie durch Reflexionen und Streuungen. Eine abschirmende Wirkung stellt sich bei Schallschirmen jedoch nur ein, wenn

- die flächenbezogene Masse des Schallschirmes mindestens 10 kg/m^2 beträgt,
- der Schallschirm eine geschlossene Oberfläche ohne Spalte, Risse und Lücken aufweist
- die Horizontalabmessungen des Schallschirmes ($l_r + l_l$) senkrecht zur Verbindungslinie zwischen Schallquelle und Empfänger größer ist als die Wellenlänge λ des Schallsignals bei der entsprechend betrachteten Oktavband-Mittenfrequenz (vgl. dazu nachfolgendes Bild 4.5.10-1).

Erfüllt der betreffende Schallschirm alle diese Anforderungen, ist er für die nachfolgenden Berechnungen als Rechteckelement mit senkrechten Kanten darzustellen, vgl. auch Bild 4.5.10-3), wobei die Schirmoberkante jedoch schräg ansteigend oder abfallend sein kann.

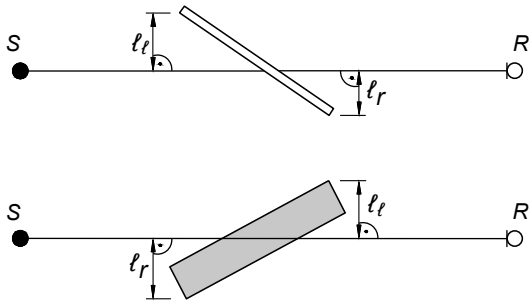


Bild 4.5.10-1 Draufsicht auf zwei unterschiedliche Schallschirme (oben: Wand, unten: Gebäude, Wall o.ä.) mit Angabe von ℓ_r und ℓ_l (senkrechte Horizontalabweichungen von der Verbindungslinie zwischen Schallquelle *S* und Empfänger *R*) zur Überprüfung der Abschirmwirkung

Die Beugung eines Schallsignals erfolgt an einem Schallschirm sowohl an der Schirmoberkante als auch an seinen senkrechten seitlichen Begrenzungskanten. Bild 4.5.10-2 zeigt die entsprechenden Schallausbreitungswege an der Prinzipskizze eines sehr kurzen Schallschirmes (bei langen Schallschirmen mit ausreichenden horizontalen Schirmüberständen ist die seitliche Schallbeugung ohne praktische Auswirkung auf den Empfänger).

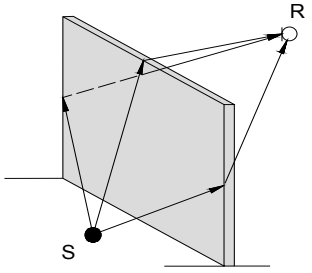


Bild 4.5.10-2 Mögliche Schallausbreitungswege infolge Beugungseffekten an einem Schallschirm (Prinzipskizze eines sehr kurzen Schallschirmes) mit Schallquelle *S* und Empfänger *R*

Die Rechenvorgaben zur Ermittlung des Dämpfungsterms für die Abschirmung A_{bar} (in Anlehnung an die Ausführungen der VDI 2720 auch Einfügungsdämpfungsmaß genannt) sind zusammen mit Angabe aller anderen erforderlichen Parameter und Beschreibungen sowie Ermittlungsvorgaben nachfolgend in Tabelle 4.5.10-1 zusammengestellt.

Tabelle 4.5.10-1 Zusammenstellung aller Parameter sowie ihrer Beschreibungen und Ermittlungsvorgaben zur Berechnung des Dämpfungsterms der Abschirmung A_{bar}

	1	2	3	4
1	Parameter	Beschreibung	Einheit	Ermittlung nach
2	A_{bar}	Dämpfungsterm der Abschirmung um die Oberkante des Schallschirm	dB	Gl. 4.5.10-1
3		Dämpfungsterm der Abschirmung um die seitliche Begrenzungskante des Schallschirm	dB	Gl. 4.5.10-2
4	D_Z	Abschirmmaß für jedes Oktavband[1)]	dB	Gl. 4.5.10-3
5	C_2	Proportionalitätsfaktor für den Schirmwert: $C_2 = 20$[2)]	-	-
6	C_3	Faktor zur Beugungsdifferenzierung[3)]	-	Gl. 4.5.10-4
7	λ	Wellenlänge des Schalls bei der jeweils betrachteten Oktavband-Mittenfrequenz	m	Planungs-unterlagen
8	z	Weglängenunterschied des gebeugten und des direkten Schalls bei Einfachbeugung[4)]	m	Gl. 4.5.10-5
9		Weglängenunterschied des gebeugten und des direkten Schalls bei Doppelbeugung[4)]	m	Gl. 4.5.10-6
10	d_{ss}	Abstand von Schallquelle zur (ersten) Beugungskante	m	Bilder 4.5.10-3 bzw. 4.5.10-4 und Planungs-unterlagen
11	d_{sr}	Abstand von (zweiter) Beugungskante zu Empfänger (Aufpunkt)	m	
12	a	Abstand zwischen Schallquelle und Empfänger parallel zum Schallschirm	m	Bild 4.5.10-5
13	K_{met}	Korrekturfaktor für meteorologische Einflüsse[5)]	-	Gl. 4.5.10-7

1) Zur Berechnung des Abschirmmaßes wird angenommen, dass nur ein maßgeblicher Schallausbreitungsweg von der Schallquelle zum Empfänger existiert. Trifft diese Annahme nicht zu, sind für die anderen maßgeblichen Ausbreitungswege separate Berechnungen durchzuführen. Die sich dann ergebenden Einzelergebnisse sind für den Immissionsort (Aufpunkt) dann energetisch zu addieren.

2) Dieser Wert schließt Bodenreflexionen mit ein. Werden diese jedoch in Sonderfällen durch Spiegelschallquellen berücksichtigt, erhöht sich der Faktor C_2 auf 40.

3) Die in Gl. 4.5.10-4 angegebene Rechenvorschrift gilt für Doppelbeugungen (in VDI 2720 auch allgemein für Mehrfachbeugungen). Bei Einfachbeugung ($e = 0$) gilt $C_3 = 1$.

4) Verläuft die Sichtlinie zwischen Schallquelle und Empfänger oberhalb der Schirmoberkante („freie Sicht“) so erhält z ein negatives Vorzeichen.

5) Für $z < 0$ und seitliche Beugung um Schallschirme gilt $K_{met} = 1$.

$$A_{bar} = D_Z - A_{gr} > 0 \tag{4.5.10-1}$$

$$A_{bar} = D_Z > 0 \tag{4.5.10-2}$$

$$D_Z = 10 \cdot \lg\left[3 + \frac{C_2 \cdot C_3 \cdot z \cdot K_{met}}{\lambda}\right] \tag{4.5.10-3}$$

$$C_3 = \frac{1 + \left(\frac{5 \cdot \lambda}{e}\right)^2}{\frac{1}{3} + \left(\frac{5 \cdot \lambda}{e}\right)^2} \tag{4.5.10-4}$$

$$z = \left[\left(d_{ss} + d_{sr}\right)^2 + a^2\right]^{0,5} - d \tag{4.5.10-5}$$

$$z = \left[\left(d_{ss} + d_{sr} + e\right)^2 + a^2\right]^{0,5} - d \tag{4.5.10-6}$$

$$K_{met} = e^{(-1)\cdot\frac{\sqrt{\frac{d_{ss}\cdot d_{sr}\cdot d}{2\cdot z}}}{2000}} \tag{4.5.10-7}$$

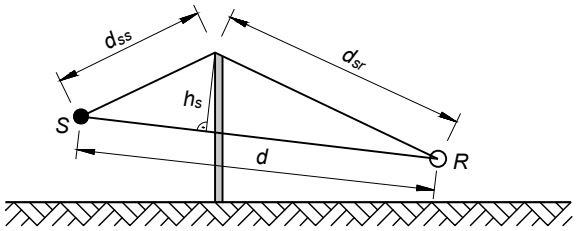


Bild 4.5.10-3 Definition der geometrischen Größen zur Bestimmung des Schirmwertes *z* bei Einfachbeugung

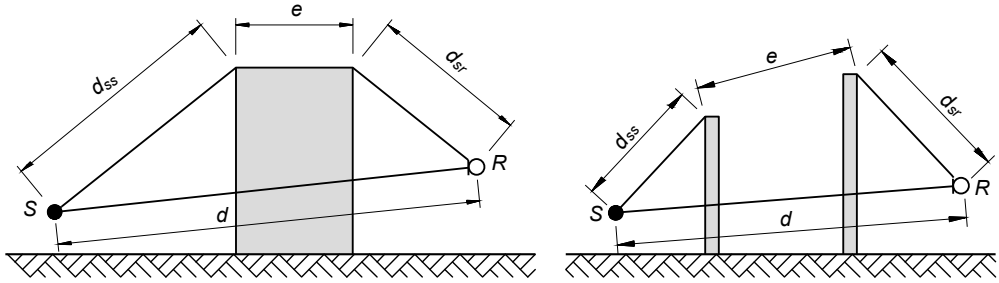


Bild 4.5.10-4 Definition der geometrischen Größen zur Bestimmung des Schirmwertes *z* bei Doppelbeugung

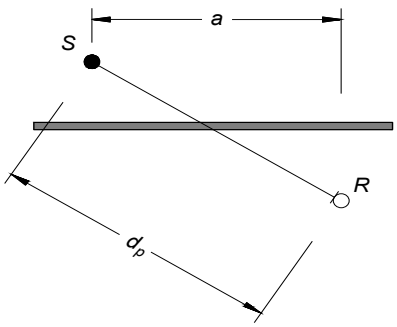


Bild 4.5.10-5 Definition des Abstandes *a* zwischen Schallquelle (*S*) und Empfänger (*R*) parallel zum Schallschirm

Anmerkung:

Das Abschirmmaß D_Z sollte unabhängig vom betrachteten Oktavband im Falle einer Einfachbeugung einen Wert von 20 dB und im Falle einer Mehrfachbeugung einen Wert von 25 dB nicht überschreiten.

4.5.11 Dämpfung - Zusätzliche Dämpfungsarten

Tabelle 4.5.11-1 Zusammenstellung aller Parameter sowie ihrer Beschreibungen und Ermittlungsvorgaben zur Berechnung des Dämpfungsterms für zusätzliche Dämpfungsarten A_{misc}

	1	2	3	4
1	Parameter	Beschreibung	Einheit	Ermittlung nach
2	A_{fol}	Dämpfungsterm für Bewuchs[1)2)]	dB	Tabelle 4.5.11-2
3	d_f	Durch den Bewuchs verlaufende Weglänge	m	Gl. 4.5.11-1
4	d_1	Teilweglänge im Bereich der Schallquelle	m	Bild 4.5.11-1 in Verbindung mit Planungsunterl.
5	d_2	Teilweglänge im Bereich des Empfängers	m	
6	A_{site}	Dämpfungsterm für Industriegelände[3)]	dB	Tabelle 4.5.11-3
7	d_s	Durch die Installationen eines Industriegebietes verlaufende Weglänge	m	Bild 4.5.11-2 in Verbindung mit Planungsunterl.
8	A_{hous}	Dämpfungsterm für Bebauung[4)]	dB(A)	Gl. 4.5.11-2
9	$A_{hous,1}$	Partial-Dämpfungsterm 1	dB(A)	Gl. 4.5.11-3
10	d_b	Durch die Bebauung verlaufende Weglänge	m	Gl. 4.5.11-4
11	B	Bebauungsdichte[5)] entlang des Weges d_b	%	Planungsunterl.
12	$A_{hous,2}$	Partial-Dämpfungsterm 2[6)]	dB(A)	Gl. 4.5.11-5
13	p	Fassadendichte[7)]	%	Planungsunterl.

[1)] Voraussetzung für einen Dämpfungsbeitrag durch Bewuchs mit Bäumen und Sträuchern ist, dass der Bewuchs so dicht ist, dass er die Sicht des Ausbreitungswegs vollständig blockiert (Faustregel: Es muss unmöglich sein, mehr als eine kurze Strecke durch den Bewuchs hindurch zu sehen).

(Fortsetzung Fußnoten siehe nächste Seite)

2) Der Dämpfungsterm A_{fol} sollte 24 dB nicht überschreiten.

3) Der Dämpfungsterm A_{site} ist auf 10 dB begrenzt.

4) Der Dämpfungsterm A_{hous} sollte 10 dB(A) nicht überschreiten.

5) Die Bebauungsdichte ist definiert als der Quotient aus Gesamtgrundfläche der Häuser und gesamter Baugrundfläche (also einschließlich der von Häusern bedeckten Fläche).

6) Dieser Term kann dann angesetzt werden, wenn es eine ausgeprägte Gebäudereihe in der Nähe einer Straße, Eisenbahnstrecke oder ähnlichen Korridors gibt. Voraussetzung ist dabei, dass dieser Term kleiner als das Einfügungsmaß eines Schallschirmes A_{bar} an derselben Stelle mit der mittleren Höhe der Gebäude ist.

7) Die Fassadendichte ist definiert als der Quotient aus Länge der Fassaden und der Gesamtlänge der Straße, Eisenbahnstrecke oder ähnlichen Korridors. Dieser Wert ist begrenzt auf maximal 90%.

Der Term A_{misc} umfasst die Dämpfung von Schall auf seinem Ausbreitungsweg infolge von

- Bewuchs (A_{fol}),
- Industriegelände (A_{site}) und
- Bebauung (A_{hous}).

Vorausgesetzt wird hier zur Berechnung der einzelnen Dämpfungseffekte eine gekrümmte Mitwindsituation, die näherungsweise durch einen Kreisbogen mit einem Radius von $r = 5000$ m dargestellt wird.

Die Rechenvorgaben zur Ermittlung des Dämpfungsterms für die zusätzlichen Dämpfungsarten A_{misc} sind zusammen mit Angabe aller anderen erforderlichen Parameter und Beschreibungen sowie Ermittlungsvorgaben nachfolgend in Tabelle 4.5.11-1 zusammengestellt.

Tabelle 4.5.11-2 Dämpfungsterm A_{fol} eines Oktavbandgeräusches aufgrund von Schallausbreitung über eine durch dichten Bewuchs verlaufende Weglänge d_f

	1	2	3
1	Bandmittenfrequenz in Hz	Dämpfungsterm A_{fol} in dB	
2		Weglänge: $10 \leq d_f \leq 20$	Weglänge: $20 < d_f \leq 200$ [1)]
3	63	0	$0{,}02 \cdot d_f$
4	125	0	$0{,}03 \cdot d_f$
5	250	1	$0{,}04 \cdot d_f$
6	500	1	$0{,}05 \cdot d_f$
7	1000	1	$0{,}06 \cdot d_f$
8	2000	1	$0{,}08 \cdot d_f$
9	4000	2	$0{,}09 \cdot d_f$
10	8000	2	$0{,}12 \cdot d_f$

1) Bei Weglängen über 200 m sollte das Dämpfungsmaß für 200 m verwendet werden.

$$d_f = d_1 + d_2 \tag{4.5.11-1}$$

Darin sind:

d_f Durch den Bewuchs verlaufende Weglänge in m
d_1, d_2 siehe Bild 4.5.11-1

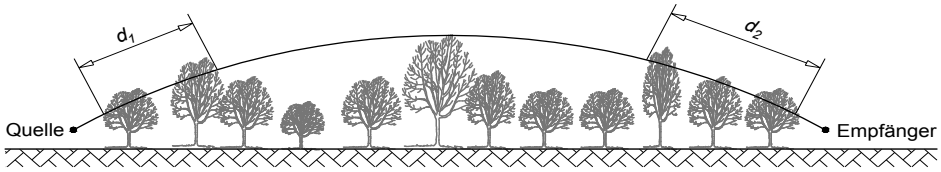


Bild 4.5.11-1 Definition der Teilstrecken d_1 und d_2 für einen gekrümmten Schallausbreitungsradius von r = 5000 m durch einen dichten Bewuchs. Die Skizze gilt sinngemäß auch für eine entsprechende Bebauung.

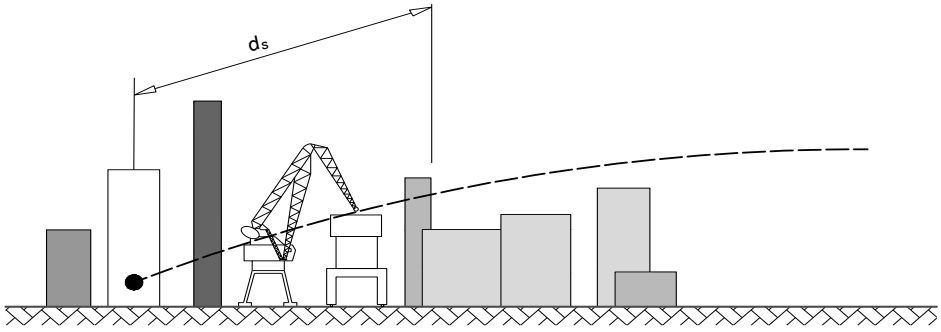


Bild 4.5.11-2 Definition der Weglänge d_s für einen gekrümmten Schallausbreitungsradius von r = 5000 m durch die Installationen einer Industrieanlage

Tabelle 4.5.11-3 Dämpfungsterm A_{site} eines Oktavbandgeräusches aufgrund von Schallausbreitung über eine durch Installationen in Industrieanlagen verlaufende Weglänge d_s

	1	3
1	Bandmittenfrequenz in Hz	Dämpfungsterm A_{site} [1)] in dB
3	63	$0{,}02 \cdot d_s$
4	125	$0{,}03 \cdot d_s$
5	250	$0{,}04 \cdot d_s$
6	500	$0{,}05 \cdot d_s$
7	1000	$0{,}06 \cdot d_s$
8	2000	$0{,}08 \cdot d_s$
9	4000	$0{,}09 \cdot d_s$
10	8000	$0{,}12 \cdot d_s$

1) Der Dämpfungsterm A_{site} ist auf 10 dB begrenzt.

$$A_{hous} = A_{hous,1} + A_{hous,2} \tag{4.5.11-2}$$

$$A_{hous,1} = 0{,}1 \cdot B \cdot d_b \tag{4.5.11-3}$$

$$d_b = d_1 + d_2 \tag{4.5.11-4}$$

$$A_{hous,2} = -10 \cdot \lg\left[1 - \frac{p}{100}\right] \tag{4.5.11-5}$$

4.5.12 Meteorologische Korrektur

Dem A-bewerteten Langzeit-Mittelungspegel $L_{AT}(LT)$ liegt ein Zeitintervall zugrunde, das mehrere Monate oder auch ein Jahr beträgt. Ein solcher Zeitraum beinhaltet im Regelfall eine Vielzahl unterschiedlicher Witterungsbedingungen, die eine Schallausbreitung begünstigen oder auch behindern. Zur Erfassung dieses Langzeitverhaltens wird die meteorologische Korrektur C_{met} eingeführt.

Die Rechenvorgaben zur Ermittlung der meteorologischen Korrektur C_{met} sind zusammen mit Angabe aller anderen erforderlichen Parameter und Beschreibungen sowie Ermittlungsvorgaben nachfolgend in Tabelle 4.5.12-1 zusammengestellt.

$$\text{Für } d_p \le 10 \cdot (h_s + h_r) \quad \text{gilt:} \quad C_{met} = 0 \tag{4.5.12-1}$$

$$\text{Für } d_p > 10 \cdot (h_s + h_r) \quad \text{gilt:} \quad C_{met} = C_0 \cdot \left[1 - \frac{10 \cdot (h_s + h_r)}{d_p}\right] \tag{4.5.12-2}$$

Tabelle 4.5.12-1 Zusammenstellung aller Parameter sowie ihrer Beschreibungen und Ermittlungsvorgaben zur Berechnung der meteorologischen Korrektur C_{met}

	1	2	3	4
1	Parameter	Beschreibung	Einheit	Ermittlung nach
2	C_{met}	Meteorologische Korrektur	dB	Gl. 4.5.12-1 und Gl. 4.5.12-2
3	C_0	Faktor zur Berücksichtigung statistischer Daten für Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Temperaturgradienten	dB	lokale Wetterstationen, Abschätzungen nach Tabelle 4.5.12-2
4	h_s	Höhe der Schallquelle über dem Boden	m	Planungsunterlagen
5	h_r	Höhe des Empfängers über dem Boden	m	
6	d_p	auf die Bodenebene projizierter Abstand von Schallquelle zu Empfänger	m	

Tabelle 4.5.12-2 Abschätzungen für C_0

	1	2
1	Beschreibung des Betrachtungsbereiches	C_0 in dB
2	Für Schallausbreitung günstige Witterungsbedingungen während der Hälfte des betrachteten Zeitraumes und während der anderen Hälfte Dämpfungen - gegenüber den günstigen Witterungsbedingungen - um mindestens 10 dB erhöht	+3
3	Beschränkung des Bereiches der Erfahrungswerte	0 bis +5
4	Regelfall	≤ +2

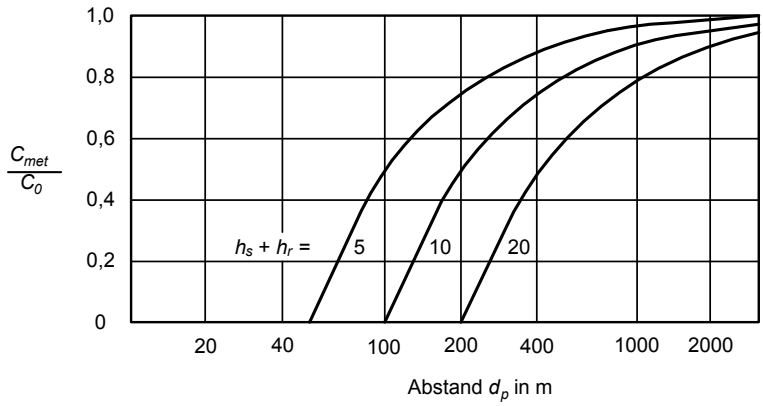


Bild 4.5.12-1 Meteorologische Korrektur C_{met}

4.6 Schallausbreitungseffekte im Freien nach VDI 2714

Mit der VDI 2714 steht dem Anwender ein weiteres Arbeitsmittel zur Berechnung von Schallausbreitungseffekten im Freien zur Verfügung. Da sich die oben ausführlich beschriebene DIN 9613-2 jedoch in weiten Teilen auf diese - ältere - VDI-Richtlinie stützt, sei sie hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Auf eine zusätzliche Information der VDI 2714 soll jedoch kurz eingegangen werden - es handelt sich dabei um den Einfluß der Windrichtung auf den Schalldruckpegel am Immissionsort. Bild 4.6-1 zeigt den entsprechenden Einfluß unterschiedlicher Windrichtungen (Mitwind, Querwind und Gegenwind) anhand der korrelierenden A-bewerteten Schalldruckpegeländerung.

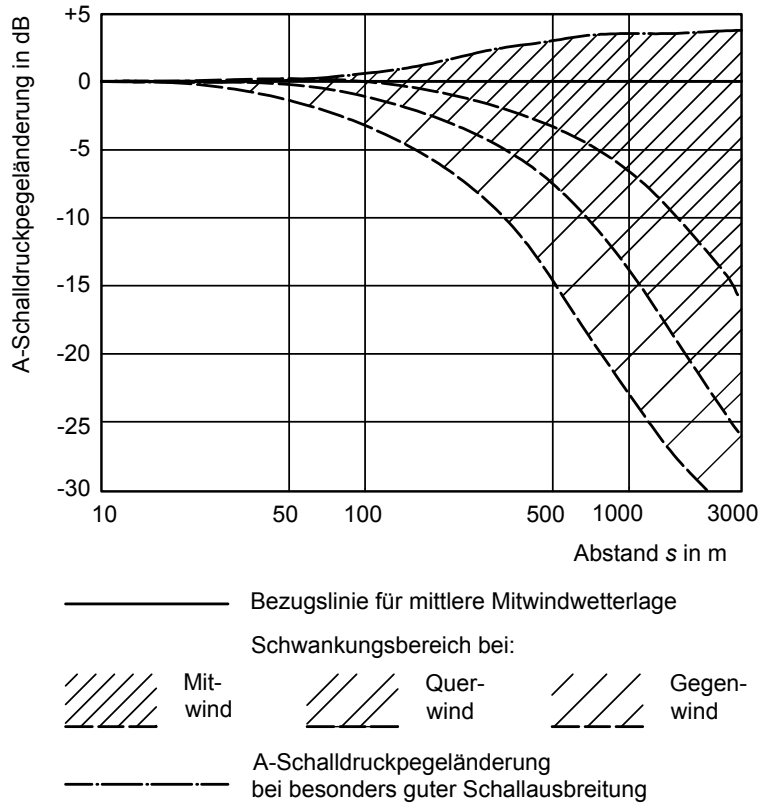


Bild 4.6-1 Ungefährer Schwankungsbereich der A-bewerteten Schalldruckpegeländerun-gen, gemessen an Immissionsorten in verschiedenen Abständen von großflächigen Industrieanlagen bei unterschiedlichen Windrichtungen mit *s* als horizontalem Abstand zwischen Anlagenmitte und Immissionsort, nach VDI 2714

Es ist deutlich zu erkennen, dass bei Gegenwind und erwärmten Böden - je nach Abstand und Höhe - am Immissionsort Schalldruckpegel auftreten können, die um mehr als 20 dB(A) unter den nach VDI 2714 berechneten Werten liegen.

4.7 Emissionen aus dem Gebäude ins Freie nach DIN EN ISO 12354-4

Für die Nachweisführung des erforderlichen baulichen Schallschutzes im Industrie- und Gewerbebau sind die Außenbauteile so zu bemessen, dass am schalltechnisch ungünstigst gelegenen Immissionsort der nächsten Wohnbebauung ein nach TA-Lärm [20] vorgegebener Schalldruckpegel nicht überschritten wird.

Damit wird für den Nachweis/die Bemessung der Gebäudehülle im Industrie- und Gewerbebau eine recht komplexe Gesamtbetrachtung der Schallausbreitung erforderlich, die als vereinfachte Übersicht in Bild 4.7-1 skizziert ist.

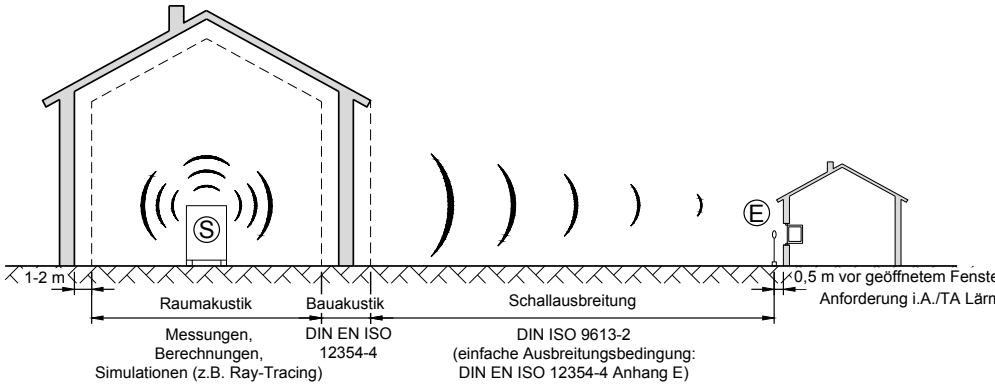


Bild 4.7-1 Skizze der Schallausbreitung zwischen dem Emissionsort/Schallquelle S (z.B. Maschinen in einer Industriehalle) und dem Immissionsort E (vor dem geöffneten Fenster der schalltechnisch nächstliegenden Wohnbebauung)

Für den schalltechnisch vorgelagerten Teil sind mithin raumakustische Berechnungen oder auch entsprechende Schallmessungen zur Ermittlung der sich aus der Hallennutzung ergebenden Schalldruckpegel $L_{p,in}$ im Nahfeld der Innenoberflächen der Außenbauteile erforderlich.

Für den schalltechnisch nachgelagerten Teil ist dann eine Berechnung der Schallausbreitung vom Nahfeld der Außenoberflächen der Halle (oder einem entsprechenden anderen Gebäude) zum maßgeblichen Immissionsort durchzuführen. Dabei sind außerhalb des Gebäudes angesiedelte, mit der Nutzung des Gebäudes direkt zusammenhängende Emissionsquellen (z.B. Ventilatoren, außenliegende Kompressoren, Verkehrsgeräusche) in die Berechnungen mit einzubeziehen. Grundsätzlich basiert diese Schallausbreitungsberechnung auf den Vorgaben der DIN ISO 9613-2.

Für die Schalldämmeigenschaften der Gebäudehülle ergeben sich die erforderlichen Kennwerte erf. R und erf. $D_{n,e}$ mithin also nicht für einen speziellen Gebäudetyp, sondern jeweils individuell aus der Gebäudenutzung und der anliegenden Bebauungssituation.

Das Nachweis- und Bemessungsverfahren nach DIN EN ISO 12354-4 ist detailliert in Kapitel 8.1 beschrieben.

4.8 Schallschutz aus Gaststätten und Kegelbahnen

Die VDI 3726 beschäftigt sich sowohl mit den erforderlichen Maßnahmen zur Übertragungsminderung von Luft- und Körperschall aus Gaststätten und Kegelbahnen in fremde Wohn- und Arbeitsräume, als auch mit den Maßnahmen zur Minimierung der Luftschallübertragung über Bauteile, wie z.B. Fassaden und Dächer, aus diesen Räumlichkeiten ins Freie.

Die vor diesem Hintergrund erforderlich werdenden resultieren Bau-Schalldämm-Maße derjenigen raumumschließenden Bauteile, die Gaststätten und Kegelbahnen ans Freie grenzen lassen, werden ermittelt zu:

$$\text{erf. } R'_{w,res} = L_{AFm} - L_{r,zul} + 10 \cdot \lg\left(\frac{S_g}{S_0}\right) - 20 \cdot \lg\left(\frac{s}{s_0}\right) - 12\,dB \qquad \text{(Formel 4.8-1)}$$

Darin sind:

erf. $R'_{w,res}$	resultierendes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß der gesamten Außenfläche (S_g) in dB
L_{AFm}	Mittelungspegel im Innern der Gaststätte in dB(A); bei Kegelbahnen ist der mittlere Maximalpegel $L_{AF,max,m}$ anzusetzen
$L_{r,zul}$	zulässiger "Immissionsrichtwert (außen)" nach VDI 2058, Bl. 1 in dB(A)
S_g	Außenfläche in Abstrahlrichtung in m²
S_0	Bezugsfläche: $S_0 = 1$ m²
s	geringster Abstand zwischen der Außenfläche S_g und dem Immissionsort in m
s_0	Bezugslänge: $s_0 = 1$ m

Um den Schallschutz bei Gaststätten der Geräuschstufen G-II bis G-IV und Kegelbahnen nach VDI 3726 sicherzustellen, dürfen die Fenster nur als Fluchtweg öffenbar sein; dies setzt eine mechanische Be- und Entlüftung voraus. Für Außentüren muss eine "Schallschleuse" vorgesehen werden, wobei nicht beide Türen gleichzeitig geöffnet werden dürfen.

5 Anforderungen an den Schallschutz und rechtliche Rahmenbedingungen

5.1 Allgemeines

5.1.1 Rechtlicher Anspruch

Im Rahmen der schallschutztechnischen Bemessungen bzw. Nachweisführungen zeichnen sich heute zwei unterschiedliche Anforderungsprofile ab:

1. Durch die bauaufsichtliche Einführung der DIN 4109 werden entsprechende Schallschutzanforderungen hinsichtlich eines **öffentlich rechtlichen Nachweises** vor dem Hintergrund der staatlichen Fürsorgepflicht erhoben. Durch diese baulichen Mindestanforderungen soll gewährleistet werde, dass der Nutzer vor unzumutbaren Belästigungen durch Schallübertragung geschützt wird, sofern in den benachbarten Räumen keine ungewöhnlich starken Geräusche verursacht werden. Damit ist dann auch offensichtlich, dass auf diesem Anforderungsniveau nicht erwartet werden kann, dass Geräusche z.B. aus der Nachbarwohnung nicht mehr wahrgenommen werden.
2. Für den hinsichtlich der tatsächlichen Nutzung des Gebäudes erforderlichen Schallschutz ist dann ein **privatrechtlicher Nachweis** mit ggf. deutlich erhöhten Anforderungen zu führen. Um spätere Auseinandersetzungen über den geschuldeten Schallschutz zu vermeiden, ist es äußerst ratsam, das gewünschte Niveau, die gewünschten Kennwerte oder die gewünschte Schallschutzstufe expressis verbis zu vereinbaren, vgl. auch VDI 4100 (08.2007). Vor diesem Hintergrund ist auch zu bedenken, dass eine Beschreibung des Bauobjektes (z.B. in der Präambel von Baubeschreibungen) als „gehobene“, „zeitgemäße“ oder ähnliche Bauweise bereits die Schuldung eines erhöhten Schallschutzes beinhalten. Zur Festlegung der avisierten Schallschutzqualität können unterschiedliche Regelwerke herangezogen werden, vgl. dazu Tab. 5.1.1-1

Tabelle 5.1.1-1 Überblick über die Regelwerke, die Anforderungen an den baulichen Schallschutz erheben oder empfehlen

	1	2	3	4
1	Regelwerk	Titel	Erscheinungs-datum	Abschnitt
2	DIN 4109-1	Schallschutz im Hochbau - Teil1: Mindestanforderungen Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen	Jan. 2018	5.2.1 - 5.2.4
3	DIN 4109-5 (Entwurf)	Schallschutz im Hochbau - Teil 5: Erhöhte Anforderungen	Entwurf Mai 2019	5.3.1
4	DIN 4109 Bbl. 2	Schallschutz im Hochbau - Hinweise für Planung und Ausführung, Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz, Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- oder Arbeitsbereich	Nov.1989	5.3.2
5	DIN SPEC 91314	Schallschutz im Hochbau – Anforderungen für einen erhöhten Schallschutz im Wohnungsbau	Jan. 2017	5.3.3

(Fortsetzung nächste Seite)

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020
W. M. Willems et al., *Schallschutz: Bauakustik*, Detailwissen Bauphysik, https://doi.org/10.1007/978-3-658-28454-1_5

Tabelle 5.1.1-1 Überblick über die Regelwerke, die Anforderungen an den baulichen Schallschutz erheben oder empfehlen (Fortsetzung)

	1	2	3	4
1	Regelwerk	Titel	Erscheinungs-datum	Abschnitt
6	VDI 4100 (alt)	Schallschutz von Wohnungen - Kriterien für Planung und Beurteilung	Aug. 2007 zurückgezogen	5.3.4
7	VDI 4100	Schallschutz im Hochbau – Wohnungen - Beurteilung und Vorschläge für den erhöhten Schallschutz	Okt. 2012	5.3.5
8	DEGA Empfehlungen 103	Schallschutz im Wohnungsbau - Schallschutzausweis	Jan. 2018	5.3.6
9	DEGA Empfehlungen 104	Empfehlungen für den eigenen Wohnbereich	Feb. 2015	5.3.7
10	VDI 2569	Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro	Entwurf Feb. 2016	5.3.8
11	VDI 3726	Schallschutz bei Gaststätten und Kegelbahnen	Jan. 1991	5.3.9

Tabelle 5.1.1-2 Überblick über die Gültigkeitsbereiche der verschiedenen Regelwerke

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Regelwerk	Kennwerte für									Schallschutz vor Geräuschen aus			
2		Außenbauteile	Mehrfamilienhäuser	Einfamilien-Doppel- u. Reihenhäuser	Eigener Wohnbereich	Bürogebäude	gemischte Nutzungen	Hotels und Beherbergungsstätten	Krankenhäuser und Sanatorien	Schulen und vergl. Einrichtungen	Gaststätten und Kegelbahnen	besonders lauten Räumen	Gebäudetechnischen Anlagen	verbundenen Betrieb
3	DIN 4109-1	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	
4	DIN E 4109-5		X	X			X	X	X				X	X
5	DIN 4109 Bbl. 2		X	X	X	X	X	X	X					
6	DIN SPEC 91314		X	X		X							X	X
7	VDI 4100 (alt)	X	X	X	X								X	X
8	VDI 4100	X	X	X	X								X	
9	DEGA 103	X	X [1)]		X						X		X	X
10	DEGA 104				X								X	
11	VDI 2569	X				X						X		
12	VDI 3726	X [2)]									X		X	

[1)] Es wird übergreifend der Begriff Wohneinheit verwendet.

[2)] Außengeräusche werden insoweit behandelt, als sie aus Gaststätten und Kegelbahnen ins Freie dringen.

5.1.2 Sicherheitskonzept

Neu in die Nachweisverfahren der Normengruppe DIN 4109 (07.2016) aufgenommen ist ein Sicherheitskonzept, bei dem unterschiedliche Unsicherheitsbeiträge *u* bestimmt und in einem resultierenden Unsicherheitsbeiwert der Prognose u_{Prog} zusammengefasst werden. Dafür entfallen das bekannte Vorhaltemaß bei der Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels sowie die Differenzierung zwischen Rechen- und Prüfwerten mit der entsprechenden Beaufschlagung letzterer Werte.

Diese auch als Sicherheitsbeiwerte bezeichneten Größen können mit unterschiedlich aufwändigen Verfahren ermittelt werden; dargestellt werden sollen hier nur die sich nach dem sogenannten vereinfachten Verfahren ergebenden Sicherheitsbeiwerte (vgl. Tab. 5.1.2-1).

Tabelle 5.1.2-1 Zusammenstellung der Anforderungen an Bauteile unter Berücksichtigung der Sicherheitsbeiwerte nach dem vereinfachten Verfahren aus DIN 4109-2

	1	2	3
1	Kenngröße	Anforderung mit Sicherheitsbeiwert	Formel
2	Luftschalldämmung trennender Bauteile	$R'_w - 2\,\text{dB} \geq \text{erf}.R'_w$	(5.1.2-1)
3	Luftschalldämmung von Außenbauteilen	$R'_{w,ges} - 2\,\text{dB} \geq \text{erf}.R'_{w,ges}$	(5.1.2-2)
4	Luftschalldämmung von Türen	$R'_w - 5\,\text{dB} \geq \text{erf}.R'_w$	(5.1.2-3)
5	Trittschalldämmung	$L'_{n,w} + 3\,\text{dB} \leq \text{zul}.L'_{n,w}$	(5.1.2-4)

5.1.3 Rundungsregeln

Mit der Einführung der DIN 4109-2 gibt es eine eindeutige Regelung hinsichtlich der Rundung im Rechenverfahren bzw. bezogen auf das Ergebnis.

a) Die Berechnung der bauakustischen Kenngrößen R'_w und $L'_{n,w}$ sowie der Ansatz der zugehörigen Eingangsgrößen erfolgt mit mit einer Genauigkeit von 1/10 dB. Auch die in Prüfständen ermittelten Größen müssen mit einer Genauigkeit von 1/10 dB verwendet werden.

b) Die Anwendung der Sicherheitsbeiwerte auf das nach a) berechnete Ergebnis der bauakustischen Kenngrößen erfolgt mit einer Genauigkeit von 1/10 dB.

c) Der Vergleich des Endergebnisses aus b) Mit einer Genauigkeit von 1/10 dB mit den Anforderungen nach DIN 4109-1.

Veranschaulicht wird diese Regel am folgenden Beispiel aus der Norm, nachgewiesen werden soll das bewertete Bauschalldämmmaß R'_w einer Wohnungstrennwand:

- Für die Wohnungstrennwand gilt nach DIN 4109-1: erf. $R'_w \geq 53$ dB.
- Die Berechnung ergibt für die Wand: vorh. $R'_w = 54{,}9$ dB.
- Der Sicherheitsbeiwert $u_{prog} = 2$ dB ist anzuwenden.
- Es ergibt sich somit folgender Vergleich:
  54,9 dB – 2 dB = 52,9 dB < erf. R'_w = 53 dB
  Der Nachweis ist somit nicht erbracht.

5.2 Bauordnungsrechtliche Anforderungen

5.2.1 Luftschalldämmung von Außenbauteilen nach DIN 4109

Die Mindestanforderungen an das bewertete, gesamte Luftschalldämm-Maß *erf.* $R'_{w,ges}$ nach DIN 4109-1 werden erhoben an entsprechende Fassaden, Dächer von ausgebauten Dachräumen und Decken von Aufenthaltsräumen, die zugleich den oberen Gebäudeabschluss bilden. Bei Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen und bei Kriechböden sind die Anforderungen durch Dach und Decke gemeinsam zu erfüllen. Die Anforderungen gelten als erfüllt, wenn das Schalldämm-Maß der Decke allein um nicht mehr als 10 dB unter dem erforderlichen gesamten Schalldämm-Maß liegen.

Die Anforderung an das gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß von schutzbedürftigen Räumen ergibt sich unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Raumarten, einer Raumgeometrie-Korrektur und einem Unsicherheitszuschlag. Dabei ist jedoch zu beachten, dass Gebäude, die innerhalb der Schutzzonen von Flugplätzen liegen, für die Lärmschutzbereiche nach dem FluLärmG festgesetzt sind, hier hinsichtlich der Anforderungen gegenüber Luftverkehr ausgenommen und gesondert zu betrachten sind.

$$R'_{w,ges} = L_a - K_{Raumart} \tag{5.2.1-1}$$

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

$$\Rightarrow \quad L_a - K_{Raumart} - 2\,\text{dB} \geq \text{erf.}\, R'_{w,ges} + K_{AL} \tag{5.2.1-2}$$

$$K_{AL} = 10 \cdot \lg\left(\frac{S_S}{0{,}8 \cdot S_G}\right) \tag{5.2.1-3}$$

Darin sind:

$R'_{w,ges}$	gesamtes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß der Fassade in dB
erf. $R'_{w,ges}$	gefordertes gesamtes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß in dB
L_a	Maßgeblicher Außenlärmpegel nach Formel 5.2.1-4 in dB(A)
$K_{Raumart}$	Korrekturwert für die Raumart nach Tab. 5.2.1-1 in dB
K_{AL}	Korrekturwert für den Außenlärm in dB
S_S	Gesamtfläche des Außenbauteils eines Aufenthaltsraumes in m²
S_G	Grundfläche des Aufenthaltsraumes in m²

Tabelle 5.2.1-1 Korrektur für die Raumart und Mindestanforderung

	1	2	3
1	Raumbezeichnungen	$K_{Raumart}$ in dB	Mindestanforderung
2	Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien	25	$R'_{w,ges} \geq 35$ dB
3	Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume u.Ä.	30	$R'_{w,ges} \geq 30$ dB
4	Büroräume und Ähnliches	35	

Tabelle 5.2.1-2 Zuordnung von Lärmpegelbereichen und maßgeblichem Außenlärmpegel

	1		2	3	4	5	6	7	8
1	Lärmpegelbereich		I	II	III	IV	V	VI	VII
2	maßgeblicher Außenlärmpegel	L_a in dB(A)	55	60	65	70	75	80	> 80[1)]

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

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 abgewickelten Flächen, die den Raum nach außen begrenzen. Die Konsequenzen für die Anforderungen zeigt beispielhaft Tabelle 5.2.1-3, bei der die K_{AL}-Werte für unterschiedlich angeordnete, aber ansonsten gleiche Aufenthaltsräume (Rauminnenmaße: Tiefe x Breite x Höhe = 5,0 x 4,0 x 2,5 Meter) zusammengestellt werden.

Tabelle 5.2.1-3 Beispiele für den Korrekturwert K_{AL} unterschiedlich angeordneter, ansonsten aber gleicher Aufenthaltsräume (Rauminnenmaße: T x B x H = 5,0 x 4,0 x 2,5 Meter)

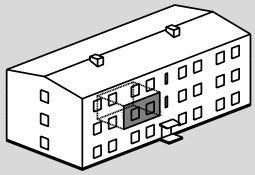
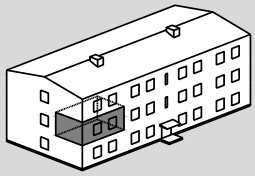
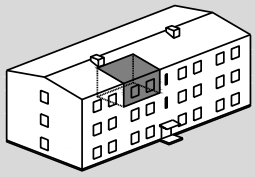
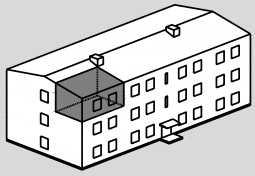
	1	2	3	4
1	Lage des Raumes	Grundfläche Raum S_G in m^2	Fassadenfläche S_S in m^2	Korrekturwert K_{AL} in dB
2		20,0	10,0	– 2,0
3		20,0	22,5	+ 1,5
4		20,0	30,0	+ 2,7
5		20,0	47,5	+ 4,7

Tabelle 5.2.1-4 Vorgaben und Grundlagen zur Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels nach DIN 4109-2

<table>
<tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th></tr>
<tr><td>1</td><td rowspan="2">Lärmquelle</td><td colspan="3">Ermittlungsgrundlagen (hierarchisch gelistet)[1)]</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Ebene 1</td><td>Ebene 2</td><td>Ebene 3</td></tr>
<tr><td>3</td><td rowspan="2">Straßen-verkehr</td><td rowspan="2">Verwaltungs-vorschriften, Bebauungspläne, Lärmkarten etc.[3)]</td><td>vereinfachtes Verfahren nach DIN 18005-1 A.2
→ Nomogramme Kapitel 4.2.4
+ Zuschlag 3 dB(A) [2)]</td><td rowspan="3">Messungen nach DIN 4109-4, C.1 und C.5.</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Berechnung nach 16. BImSchV
+ Zuschlag 3 dB(A) [2)]</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Schienen-verkehr</td><td colspan="2">Berechnung nach 16. BImSchV
+ Abschlag − 5 dB(A) [4)]
+ Zuschlag 3 dB(A) [2)]</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Wasser-verkehr [5)]</td><td colspan="2">Berechnung nach DIN 18005-1 A4
(Nomogramme Kapitel 4.2.4)
+ Zuschlag 3 dB(A)[2)]</td><td>Messungen nach DIN 4109-4, C.1 und C.5.</td></tr>
<tr><td>7</td><td rowspan="2">Luftverkehr</td><td colspan="3">Für Flugplätze, für die Lärmschutzbereiche nach dem FluLärmG festgesetzt sind, gelten innerhalb der Schutzzonen die Regelungen dieses Gesetzes.</td></tr>
<tr><td>8</td><td colspan="3">Für Flugplätze, die nicht dem FluLärmG unterliegen, werden die Geräuschimmissionen nach DIN 45684-1, DIN 45684-2 oder nach der Landeplatz-Fluglärmleitlinie [31] des Länderausschusses für Immissionsschutz ermittelt.
+ Zuschlag 3 dB(A) [2)]</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Gewerbe- und Industrie-anlagen</td><td>Ansetzen der entsprechenden Immissionsrichtwerte der TA Lärm
+ Zuschlag 3 dB(A) [2)]</td><td colspan="2">Ermittlung der tatsächlich auftretenden Beurteilungspegel nach TA Lärm[6)]
+ Zuschlag 3 dB(A) [2)]</td></tr>
</table>

1) Die Beurteilungspegel sind immer für den Tag (6:00 Uhr bis 22:00 Uhr) und für die Nacht (22:00 Uhr bis 6:00 Uhr) zu berechnen.

2) Beträgt die Differenz der Beurteilungspegel zwischen Tag und Nacht < 10 dB(A), so ergibt sich ein weiterer Zuschlag auf den Beurteilungspegel für die Nacht von + 10 dB(A) zum Schutz des Nachtschlafes.

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

4) Aufgrund der Frequenzzusammensetzung von Schienenverkehrsgeräuschen in Verbindung mit dem Frequenzspektrum der Schalldämm-Maße von Außenbauteilen ist der Beurteilungspegel hier pauschal zu mindern.

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

6) 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.

Sowohl bei der Berechnung von $R'_{w,ges.}$ als auch von S_s werden – im Gegensatz zur alten DIN 4109 (11.1989) – alle außenlärmbeanspruchten Außenbauteile S_i des betrachteten Raumes kumulativ berücksichtigt.

Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels

Zur Bestimmung des maßgeblichen Außenlärmpegels bei Vorliegen verschiedener Lärmquellen (Straßen-, Schienen-, Luft- und Wasserverkehr, Industrie- und Gewerbelärm) werden die unterschiedlichen Lärmimmissionen in der Regel jeweils getrennt für Tag und Nacht ermittelt.

Beträgt die Differenz der Beurteilungspegel zwischen Tag und Nacht weniger als 10 dB, so ergibt sich der maßgebliche Außenlärm zum Schutz des Nachtschlafes aus der Summe des Beurteilungspegels der Nacht und einem Zuschlag von 10 dB. Die Addition des Zuschlags von 3 dB auf die unterschiedlichen Pegel (siehe Tab. 5.2.1-4) darf nur einmal, nämlich auf den Summenpegel erfolgen.

$$L_{a,res} = 10 \cdot \lg \sum_{i=1}^{n} \left(10^{0,1 \cdot L_{a,i}} \right) \tag{5.2.1-4}$$

Darin sind:

$L_{a,res}$ resultierender maßgeblicher Außenlärmpegel in dB(A)

$L_{a,i}$ maßgeblicher Außenlärmpegel einer Lärmquelle in dB(A)

n Anzahl der Lärmquellen

Sind Lärmschutzwände oder -wälle vorhanden, darf der maßgebliche Außenlärmpegel entsprechend den Vorgaben der DIN 18005-1 (siehe Abschnitt 4) ohne besonderen Nachweis abgemindert werden um

- 5 dB(A) bei offener Bebauung und um
- 10 dB(A) bei geschlossener Bebauung bzw. bei Innenhöfen.

Um die an den jeweiligen Fassadenflächen S_i gegebenenfalls anliegenden unterschiedlichen Lärmpegel $L_{a,i}$ zu berücksichtigen, wird für jeden maßgeblichen Außenlärmpegel, der vom maximal vorliegenden maßgeblichen Außenlärmpegel $L_{a,max}$ abweicht, ein Korrekturwert K_{LPB} ($K_{LPB,i} = L_{a,max} - L_{a,i}$) berechnet und auf alle Schalldämm-Maße der diesem maßgeblichen Außenlärmpegel zugeordneten Fassadenteile i addiert.

Der zur Bemessung der Fassade bzw. zur Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels relevante Pegel ergibt sich dann bei Differenzen der Beurteilungspegel zwischen Tag und Nacht wie folgt:

$$\begin{aligned} \Delta L = L_{r,Tag} - L_{r,Nacht} \geq 10 \text{ dB} \quad &\rightarrow L_a = L_{r,Tag} + 3 \text{ dB} \\ \Delta L = L_{r,Tag} - L_{r,Nacht} < 10 \text{ dB} \quad &\rightarrow L_a = L_{r,Tag} + 3 \text{ dB} + 10 \text{ dB} \end{aligned} \tag{5.2.1-5}$$

Darin sind:

ΔL Pegeldifferenz in dB

$L_{r,Tag}$ Beurteilungspegel für den Tag (6:00 Uhr bis 22:00 Uhr) in dB(A)

$L_{r,Nacht}$ Beurteilungspegel für die Nacht (22:00 Uhr bis 6:00 Uhr) in dB(A)

L_a Außenlärmpegel in dB(A)

3 dB Zuschlag

10 dB Zuschlag zum Schutz des Nachtschlafes

Ermittlung des Beurteilungspegels bei Straßenverkehr

Bei Vorgaben auf Ebene 1 (s. Tab. 5.2.1-4) erfolgt die Einstufung in Lärmpegelbereiche durch Festlegungen, wie z. B. gesetzliche Vorschriften oder Verwaltungsvorschriften, Bebauungspläne oder Lärmkarten. Dabei ist jedoch zu beachten, dass Lärmkarten nach der Richtlinie 2002/49/EG (EU-Umgebungslärmrichtlinie) zur Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels **nicht** herangezogen werden können.

Sind die Vorgaben nach Ebene 1 nicht maßgebend, so können die Beurteilungspegel mit Hilfe der Nomogramme nach DIN 18005-1 A.2 auf Basis der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke DTV und des Abstandes des Immissionsortes von der Mitte des nächstgelegenen Fahrstreifens ermittelt werden.

Die Nomogramme nach DIN 18005-1 für die Ermittlung der Beurteilungspegel infolge von Straßenverkehr sind in Kapitel 4.2.4 zu finden. Die beiden Diagramme gelten für nicht geriffelten Gussasphalt als Straßenbelag, bei Autobahnen, Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindeverbindungsstraßen ohne Geschwindigkeitsbeschränkung, bei Gemeindestraßen für eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h.

Alternativ zur Ermittlung durch Nomogramme können die Beurteilungspegel auch ortspezifisch mit den Algorithmen und Vorgaben nach der Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV berechnet werden. Auch hier 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.

Als weitere Möglichkeit zur rechnerischen Ermittlung können die Pegel aber auch ortsspezifisch gemessen werden nach den Festlegungen in DIN 4109-4 C.1 und C.5.

Ermittlung des Beurteilungspegels bei Wasserverkehr

Die Beurteilungspegel sind 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 Berechnung erfolgt im Einwirkungsbereich von Schiffsverkehr auf Flüssen und Kanälen mithilfe der Vorgaben nach DIN 18005-1 A.4, vgl. dazu das Bemessungsnomogramm in Bild 4.2.4-5.

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

Anmerkung: Tieffrequenter Schall ist

- *nach DIN 4109-1 Schall im Frequenzbereich von 50 Hz bis 80 Hz (Angabe in Terzbandmittenfrequenzen)*
- *nach E-DIN 45680 definiert als Schall mit vorherrschenden Energieanteilen bei Frequenzen < 140 Hz (Terzbandmittenfrequenz 125 Hz) und/oder bei Pegeldifferenzen* $L_{p,Ceq} - L_{p,Aeq} > 15$ *dB*
- *nach DIN 45680 definiert als Schall mit vorherrschenden Energieanteilen bei Frequenzen < 90 Hz und/oder bei Pegeldifferenzen* $L_{CF} - L_{AF} > 20$ *dB*

Alternativ zur rechnerischen Ermittlung können die Pegel aber auch ortsspezifisch gemessen werden; hierzu sei auf die Festlegungen nach DIN 4109-4 C.3 und C.5 verwiesen.

Der zur Bemessung der Fassade bzw. zur Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels relevante Beurteilungspegel infolge von Wasserverkehr ergibt sich dann gemäß Formel 5.2.1-5.

Ermittlung des Beurteilungspegels bei Schienenverkehr

Die Möglichkeit, hinsichtlich der Einstufung in Lärmpegelbereiche auf Festlegungen, wie z.B. gesetzliche Vorschriften oder Verwaltungsvorschriften, Bebauungspläne oder Lärmkarten zurückgreifen zu können, besteht hier nicht.

Im Gegensatz zur Erstausgabe der neuen DIN 4109-2 von Juli 2016 besteht in der entsprechenden aktuellen Ausgabe von Januar 2019 nicht mehr die relativ wenig aufwändige Möglichkeit, die Beurteilungspegel für Schienenverkehrswege mithilfe der Nomogramme in DIN 18005-1 (07.2002) A.3 zu ermitteln.

In Abschnitt 4.4.2 ist eine prinzipielle Vorgehensweise beschrieben. Aufgrund der Frequenzzusammensetzung von Schienenverkehrsgeräuschen in Verbindung mit dem Frequenzspektrum der Schalldämm-Maße von Außenbauteilen kann der Beurteilungspegel für Schienenverkehr pauschal um 5 dB gemindert werden.

Ermittlung des Beurteilungspegels bei 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.

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.

Der zur Bemessung der Fassade bzw. zur Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels relevante Beurteilungspegel infolge von Gewerbe- und Industrielärmverkehr ergibt sich dann gemäß Formel 5.2.1-5.

Ermittlung des Beurteilungspegels bei Flugverkehr außerhalb des FluLärmG

Grundsätzlich gilt zunächst, dass für diese Flugplätze die Geräuschimmissionen nach DIN 45684-1, DIN 45684-2 oder nach der Landeplatz-Fluglärmleitlinie [31] des Länderausschusses für Immissionsschutz ermittelt werden können. Zur Bildung des maßgeblichen Außenlärmpegels sind zu den errechneten Werten jeweils 3 dB(A) zu addieren. In Sonderfällen kann hier aber auch die unten (3. Absatz) beschriebene Vorgehensweise angewendet werden.

Wird in diesen Gebieten jedoch vermutet, dass die Belastung durch Fluglärm vor allem von sehr hohen Maximalpegeln herrührt, so sollte der mittlere maximale Schalldruckpegel $L_{AF,max}$ bestimmt werden.

Wenn jedoch im Beurteilungszeitraum t (das sind max. 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

- im Durchschnitt häufiger als 1-mal pro Stunde

um > 20 dB(A) überschritten wird und zusätzlich gilt, dass $L_{AF,max} - L_{eq} > 20$ dB(A) ist, so gilt für den „maßgeblichen Außenlärmpegel“:

$$L_a = L_{AF,max} - 20 \text{ dB(A)} + 3 \text{ dB(A)} \quad (5.2.1\text{-}6)$$

Der zur Bemessung der Fassade bzw. zur Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels relevante Beurteilungspegel infolge des hier beschrieben Fluglärm ergibt sich dann gemäß Formel 5.2.1-5.

Ermittlung des Beurteilungspegels bei Flugverkehr innerhalb des FluLärmG

Für Gebäude, die innerhalb der Schutzzonen von Flugplätzen liegen, für die Lärmschutzbereiche nach dem FluLärmG [30] festgesetzt sind, gelten hinsichtlich des Schutzes gegen Luftverkehr die in Tab. 5.2.1-5 zusammengestellten Anforderungen nach 2. Fluglärmschutzverordnung; grundsätzlich gelten hier auch die weiteren Regelungen der unterschiedlichen Fluglärmschutz-Verordnungen:

1. FlugLSV [32]

   Die „Verordnung über die Datenerfassung und das Berechnungsverfahren für die Festsetzung von Lärmschutzbereichen“ gilt für die Festsetzung von Lärmschutzbereichen nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm. Sie regelt Anforderungen an die zur Ermittlung der Lärmbelastung erforderliche Datenerfassung über den voraussehbaren Flugbetrieb sowie an das Berechnungsverfahren für die Ermittlung der Lärmbelastung.

2. FlugLSV [33]

   Die „Flugplatz-Schallschutzmaßnahmenverordnung“ gilt für die Errichtung von schutzbedürftigen Einrichtungen und Wohnungen im Lärmschutzbereich eines Flugplatzes sowie für die Errichtung von Wohnungen in der Tag-Schutzzone 2 eines Flugplatzes und erhebt entsprechende Schallschutzanforderungen.

   Sie gilt auch für die Erstattung von Aufwendungen für bauliche Schallschutzmaßnahmen an schutzbedürftigen Einrichtungen/Wohnungen, die bei der Festsetzung des Lärmschutzbereichs errichtet sind oder deren Errichtung zum Schutz gegen Fluglärm zulässig ist.

3. FlugLSV [34]

   Die „Fluglärm-Außenwohnbereichsentschädigungs-Verordnung“ gilt für Grundstücke, auf denen bei Festsetzung des Lärmschutzbereichs für einen neuen oder wesentlich baulich erweiterten Flugplatz Wohnungen oder schutzbedürftige Einrichtungen zulässigerweise errichtet sind oder zulässigerweise errichtet werden dürfen und die in der Tag-Schutzzone 1 des Flugplatzes gelegen sind. Für diese Grundstücke enthält sie nähere Bestimmungen über die Entschädigung für Beeinträchtigungen des Außenwohnbereichs.

Die Mindestanforderungen nach 2. FlugLSV an das resultierende bewertete Bauschalldämm-Maß Umfassungsbauteile von dem Fluglärm ausgesetzten Aufenthaltsräumen, die in Abhängigkeit ihrer Zugehörigkeit zu den entsprechenden Isophonen-Bändern in der Tag-Schutzzone 1 und in der Tag-Schutzzone 2 bzw. in der Nacht-Schutzzone liegen, sind in Tab. 5.2.1-5 zusammengestellt.

Die erforderlichen Informationen zu den einzelnen Flughäfen sind auf den entsprechend Internet-Seiten zu finden; in Nordrhein-Westfalen beispielsweise ist eine parzellenscharfe Darstellung der Grundstücke über den Link "http://www.tim-online.nrw.de" nach Eingabe von Gemeinde, Straße und Hausnummer möglich.

Tabelle 5.2.1-5 Anforderungen nach 2. FlugLSV an das resultierende bewertete Bauschalldämm-Maß der Umfassungsbauteile von dem Fluglärm ausgesetzten Aufenthaltsräumen

	1	2	3
1	Isphonenbänder[1] mit dem A-bewerteten äquivalenten Dauerschalldruckpegel		Erforderliches resultierendes bewertetes Bauschalldämm-Maß[2)3]
2	Tag-Pegel $L_{Aeq,\,Tag}$ in dB	Nacht-Pegel $L_{Aeq,\,Nacht}$ in dB	erf. $R'_{w,res}$ in dB
3	$L_{Aeq,\,Tag} < 60$	$L_{Aeq,\,Nacht} < 50$	30
4	$60 \le L_{Aeq,\,Tag} < 65$	$50 \le L_{Aeq,\,Nacht} < 55$	35
5	$65 \le L_{Aeq,\,Tag} < 70$	$55 \le L_{Aeq,\,Nacht} < 60$	40
6	$70 \le L_{Aeq,\,Tag} < 75$	$60 \le L_{Aeq,\,Nacht} < 65$	45
7	$L_{Aeq,\,Tag} \ge 75$	$L_{Aeq,\,Nacht} \ge 65$	50

1) Für Aufenthaltsräume einer baulichen Anlage, deren Grundfläche in zwei Isophonen-Bändern liegt, wird einheitlich das resultierende bewertete Bauschalldämm-Maß $R'_{w,res}$ des höheren Isophonen-Bandes zugrunde gelegt.

2) Das resultierende bewertete Bauschalldämm-Maß $R'_{w,res}$ ist nach Tab. 9 der DIN 4109, Ausgabe November 1989, in Abhängigkeit vom Verhältnis der gesamten Außenfläche eines Raumes $S_{(W+F)}$ zur Grundfläche des Raumes S_G zu erhöhen oder zu vermindern.

3) Belüftungseinrichtungen dürfen nicht zu einer Minderung des resultierenden bewerteten Bauschalldämm-Maßes $R'_{w,res}$ führen.

5.2.2 Mindestanforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung in Gebäuden mit Wohn- oder Arbeitsbereichen

Tabelle 5.2.2-1 Mindestanforderungen an die Schalldämmung in **Mehrfamilienhäusern, Bürogebäuden und in gemischt genutzten Gebäuden** nach DIN 4109-1

	1	2	3	4	5
1	Bauteile		Mindest-anforderungen		Bemerkungen
			R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
2	Decken	Decken unter allg. nutzbaren Dachräumen, z.B. Trockenböden, Abstellräumen und ihren Zugängen	≥ 53	≤ 52	
3		Wohnungstrenndecken (auch Treppen)	≥ 54	≤ 50 [1)2)]	Wohnungstrenndecken sind Bauteile, die Wohnungen voneinander oder von fremden Arbeitsräumen trennen. Ausnahmeregelungen siehe [1)2)]
4		Trenndecken (auch Treppen) zwischen fremden Arbeitsräumen bzw. vergleichbaren Nutzeinheiten	≥ 54	≤ 53	
5		Decken über Kellern, Hausfluren, Treppenräumen unter Aufenthaltsräumen	≥ 52	≤ 50	Die Anforderung an die Trittschall-dämmung gilt für die Trittschallüber-tragung in fremde Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen.
6		Decken über Durchfahrten, Einfahrten von Sammel-garagen und Ähnlichem unter Aufenthaltsräumen	≥ 55	≤ 50	
7		Decken unter / über Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen	≥ 55	≤ 46	Wegen der verstärkten Übertragung tiefer Frequenzen können zusätzliche Maßnahmen zur Körperschall-dämmung erforderlich werden.
8		Decken unter Terrassen und Loggien über Aufenthaltsräumen	–	≤ 50	Bezüglich R'_w bzw. $R'_{w,ges}$ siehe Abschnitt 5.2.1 „Luftschalldämmung von Außenbauteilen“.

1) Im Falle von baulichen Änderungen von vor dem 1. Juli 2016 fertiggestellten Gebäuden liegt die Anforderung bei $L'_{n,w} \leq 53$ dB.

2) Beim Neubau von Gebäuden mit Deckenkonstruktionen, die dem Holz-, Leicht- und Trockenbau zuzuordnen sind, liegt die Anforderung bei $L'_{n,w} \leq 53$ dB.

Anmerkung: Nicht für alle gebräuchlichen Deckenkonstruktionen kann derzeit ein Anforderungswert $L'_{n,w} \leq 50$ dB nachgewiesen werden. Bis zum Vorliegen geeigneter Lösungen nach der Überarbeitung von DIN 4109-33 gilt deshalb die in Fußnote 2) genannte Anforderung.

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 5.2.2-1 Mindestanforderungen an die Schalldämmung in **Mehrfamilienhäusern, Bürogebäuden und in gemischt genutzten Gebäuden** nach DIN 4109-1 (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5
	Bauteile		Mindest-anforderungen		Bemerkungen
			R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
9	Decken	Decken unter Laubengängen	–	≤ 53	Die Anforderung an die Trittschall-dämmung gilt für die Trittschallüber-tragung in fremde Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen.
10		Balkone	–	≤ 58	
11		Decken und Treppen innerhalb von Wohnungen, die sich über zwei Geschosse erstrecken	–	≤ 50	
12		Decken unter Bad und WC mit / ohne Bodenentwässerung	≥ 54	≤ 53	
13		Decken unter Hausfluren	–	≤ 50	
14	Treppen	Treppenläufe und -podeste	–	≤ 53	
15	Wände	Wohnungstrennwände und Wände zwischen fremden Arbeitsräumen	≥ 53	–	Wohnungstrennwände sind Bauteile, die Wohnungen voneinander oder von fremden Arbeitsräumen trennen.
16		Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren	≥ 53	–	Für Wände mit Türen gilt: *erf.* $R'_{w,Wand}$ = *erf.* $R_{w,Tür}$ + 15 dB ($R_{w,Tür}$ vgl. Zeilen 20 und 21) Wandbreiten < 30 cm bleiben dabei unberücksichtigt.
17		Wände neben Durch-fahrten, Sammelgaragen einschließlich Einfahrten	≥ 55	–	
18		Wände von Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen	≥ 55	–	
19		Schachtwände von Aufzugsanlagen an Aufenthaltsräumen	≥ 57	–	

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 5.2.2-1 Mindestanforderungen an die Schalldämmung in **Mehrfamilienhäusern, Bürogebäuden und in gemischt genutzten Gebäuden** nach DIN 4109-1 (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5
	Bauteile		Mindest-anforderungen		Bemerkungen
			R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
20	Türen	Türen, die von Hausfluren oder Treppenräumen in geschlossene Flure und Dielen von Wohnungen und Wohnheimen oder von Arbeitsräumen führen	≥ 27		Bei Türen beziehen sich die Anforderungen auf R_w. Nach DIN 4109-2 muss ein Sicherheitsbeiwert von 5 dB berücksichtigt werden.
21		Türen, die von Hausfluren oder Treppenräumen unmittelbar in Aufenthaltsräume - außer Flure und Dielen - von Wohnungen führen	≥ 37		

Tabelle 5.2.2-2 Mindestanforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung zwischen **Einfamilien-Reihenhäusern** und zwischen **Doppelhäusern** nach DIN 4109-1

	1	2	3	4	5
1	Bauteile		Mindest-anforderungen		Bemerkungen
			R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
2	Decken	Decken	–	≤ 41	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt nur für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in waagerechter oder schräger Richtung.
3		Bodenplatte auf Erdreich bzw. Decke über Kellergeschoss	–	≤ 46	
4		Treppenläufe und -podeste	–	≤ 46	
5	Wände	Haustrennwände zu Aufenthaltsräumen, die im untersten Geschoss (erdberührt oder nicht) eines Gebäudes gelegen sind	≥ 59	–	
6		Haustrennwände zu Aufenthaltsräumen, unter denen mindestens 1 Geschoss (erdberührt oder nicht) des Gebäudes vorhanden ist	≥ 62	–	

Tabelle 5.2.2-3 Mindestanforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung in **Hotels** und **Beherbergungsstätten** nach DIN 4109-1

	1	2	3	4	5
1	Bauteile		Mindest-anforderungen		Bemerkungen
			R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
2	Decken	Decken, einschließlich Decken unter Fluren	≥ 54	≤ 50	Die Anforderung an die Trittschall-dämmung gilt für die Trittschall-übertragung in Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen.
3		Decken unter Bad und WC ohne / mit Bodenentwässerung	≥ 54	≤ 53	
4		Decken unter / über Schwimm-bädern, Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen zum Schutz gegenüber Schlafräumen	≥ 55	≤ 46	Wegen der verstärkten Übertragung tiefer Frequenzen können zusätz-liche Maßnahmen zur Körperschall-dämmung erforderlich sein.
5	Treppen	Treppenläufe und -podeste	–	≤ 58	Keine Anforderungen an Treppenläufe und Zwischenpodeste in Gebäuden mit Aufzug.
6	Wände	Wände zwischen Übernachtungsräumen sowie zwischen Fluren und Übernachtungsräumen	≥ 47	–	Gilt auch für Trennwände mit Türen zwischen fremden Übernachtungsräumen ($R'_{w,res}$).
7	Türen	Türen zwischen Fluren und Übernachtungsräumen	≥ 32	–	Bei Türen beziehen sich die Anforderungen auf R_w. Nach DIN 4109-2 muss ein Sicherheitsbeiwert von 5 dB berücksichtigt werden.

Tabelle 5.2.2-4 Mindestanforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung zwischen Räumen in **Krankenhäusern** und **Sanatorien** nach DIN 4109-1

	1	2	3	4	5
1	Bauteile		Mindest-anforderungen		Bemerkungen
			R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
2	Decken	Decken, einschließlich Decken unter Fluren	≥ 54	≤ 53	Die Anforderung an die Trittschall-dämmung gilt für die Trittschall-übertragung in Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen.
3		Decken unter Bad und WC ohne / mit Bodenentwässerung	≥ 54	≤ 53	
4		Decken unter / über Schwimm-bädern, Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen	≥ 55	≤ 46	Wegen der verstärkten Übertragung tiefer Frequenzen können zusätz-liche Maßnahmen zur Körperschall-dämmung erforderlich sein.

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 5.2.2-4 Mindestanforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung zwischen Räumen in **Krankenhäusern** und **Sanatorien** nach DIN 4109-1 (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5
1	Bauteile		Mindest-anforderungen		Bemerkungen
			R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
5	Treppen	Treppenläufe und -podeste	–	≤ 58	Keine Anforderungen an Treppenläufe und Zwischenpodeste in Gebäuden mit Aufzug.
6	Wände	Wände zwischen – Krankenräumen – Fluren und Krankenräumen – Untersuchungs- bzw. Sprechzimmern – Fluren und Untersuchungs- bzw. Sprechzimmern – Krankenräumen und Arbeits- und Pflegeräumen	≥ 47	–	
7		Wände zwischen Räumen mit Anforderungen an erhöhtes Ruhebedürfnis und besondere Vertraulichkeit (Diskretion)	≥ 52	–	
8		Wände zwischen – Operations- bzw. Behandlungsräumen – Fluren und Operations- bzw. Behandlungsräumen	≥ 42	–	
9		Wände zwischen – Räumen der Intensivpflege – Fluren und Räumen der Intensivpflege	≥ 37	–	
10	Türen	Türen zwischen – Fluren und Krankenräumen – Operations- bzw. Behandlungsräumen – Fluren und Operations- bzw. Behandlungsräumen	≥ 32	–	Bei Türen beziehen sich die Anforderungen auf R_w. Nach DIN 4109-2 muss ein Sicherheitsbeiwert von 5 dB berücksichtigt werden.
11		Türen zwischen Räumen mit Anforderungen an erhöhtes Ruhebedürfnis und besondere Vertraulichkeit (Diskretion)	≥ 37	–	
12		Türen zwischen – Untersuchungs- bzw. Sprechzimmern – Fluren und Untersuchungs- bzw. Sprechzimmern	≥ 37	–	

Tabelle 5.2.2-5 Mindestanforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung in **Schulen, Ausbildungsstätten** und **vergleichbaren Einrichtungen**[1)] nach DIN 4109-1

	1	2	3	4	5
1	Bauteile		Mindest-anforderungen		Bemerkungen
			R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
2	Decken	Decken zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen	≥ 55	≤ 53	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in Aufenthaltsräumen in alle Schallausbreitungsrichtungen. Zu ähnlichen Räumen gehören auch solche Räume mit erhöhtem Ruhebedürfnis, z. B. Schlafräume.
3		Decken unter Fluren	≥ 55	≤ 53	
4		Decken zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und z. B. Sporthallen, Werkräumen	≥ 60	≤ 46	
5		Decken zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und „lauten“ Räumen (z. B., Speiseräume, Cafeterien, Musikräume, Spielräume, Technikzentralen)	≥ 55	≤ 46	Wegen der verstärkten Übertragung tiefer Frequenzen können zusätzliche Maßnahmen zur Körperschalldämmung erforderlich sein.
6	Wände	Wände zwischen Unterrichts-räumen oder ähnlichen Räumen untereinander und zu Fluren	≥ 47	–	Zu ähnlichen Räumen gehören auch solche Räume mit erhöhtem Ruhebedürfnis, z. B. Schlafräume.
7		Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und Treppenhäusern	≥ 52	–	
8		Wände zw. Unterrichtsräumen und ähnlichen Räumen und „lauten“ Räumen (z. B. Speiseräume, Cafeterien, Musikräume, Spielräume, Technikzentralen)	≥ 55	–	
9		Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und z. B. Sporthallen, Werkräumen	≥ 60	–	
10	Türen	Türen zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und Fluren	≥ 32	–	Bei Türen beziehen sich die Anforderungen auf R_w. Nach DIN 4109-2 muss ein Sicherheitsbeiwert von 5 dB berücksichtigt werden.
11		Türen zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen untereinander	≥ 37	–	

[1)] Zu den vergleichbaren Einrichtungen gehören beispielsweise öffentliche Kindertagesstätten.

5.2.3 Mindestanforderungen bei „besonders lauten“ Räumen

Tabelle 5.2.3-1 Mindestanforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung zwischen „besonders lauten“ und „schutzbedürftigen“ Räumen nach DIN 4109-1

	1	2	3	4
1	Art der „besonders lauten“ Räume	Mindestanforderungen		
2		bewertetes Luftschalldämm-Maß von Decken und Wänden R'_w in dB		bewerteter Norm-Trittschallpegel von Fußböden $L'_{n,w}$ [1)2)] in dB
3		Schalldruckpegel $L_{AF,max}$ in dB(A) 75 bis 80	81 bis 85	
4	Räume mit „besonders lauten“ gebäudetechnischen Anlagen oder Anlagenteilen	≥ 57	≥ 62	≤ 43[3)]
5	Betriebsräume von Handwerks- und Gewerbebetrieben; Verkaufsstätten	≥ 57	≥ 62	≤ 43
6	Küchenräume der Küchenanlagen von Beherbergungsstätten, Krankenhäusern, Sanatorien, Gaststätten, Imbissstuben und dergleichen (bis 22:00 Uhr in Betrieb)	≥ 55		≤ 43
7	Küchenräume wie vor, jedoch auch nach 22.00 Uhr in Betrieb	≥ 57[4)]		≤ 33
8	Gasträume (bis 22:00 Uhr in Betrieb)	≥ 55	≥ 57	≤ 43
9	Gasträume mit Betrieb auch nach 22.00 Uhr mit maximalem Schalldruckpegel $L_{AF,max} \leq 85$ dB(A)	≥ 62		≤ 33
10	Räume von Kegelbahnen - Keglerstube - Bahn	≥ 67		≤ 33 ≤ 13
11	Gasträume mit max. Schalldruckpegel $85 \leq L_{AF,max} \leq 95$ dB(A), z.B. mit elektroakustischen Anlagen	≥ 72		≤ 28

1) Jeweils in Richtung der Schallausbreitung

2) Die für Maschinen erforderliche Körperschalldämmung ist mit diesem Wert nicht erfasst; hierfür sind ggf. weitere Maßnahmen erforderlich. Ebenso kann je nach Art des Betriebes ein niedrigerer bewerteter Normrittschallpegel notwendig sein; dies ist im Einzelfall zu prüfen. Wegen der verstärkten Übertragung tiefer Frequenzen können zusätzliche Maßnahmen zur Schalldämmung erforderlich sein.

3) Nicht erforderlich, wenn geräuscherzeugende Anlagen ausreichend körperschallgedämmt aufgestellt werden; eventuelle Anforderungen nach Tabelle 5.2.2-1 bis 5.1.2-5 bleiben davon unberührt.

4) Handelt es sich um Großküchenanlagen und darüber liegende Wohnungen als schutzbedürftige Räume, gilt $R'_w \geq 62$ dB.

5.2.4 Mindestschallschutz vor Geräuschen aus gebäudetechnischen Anlagen und baulich mit dem Gebäude verbundenen Betrieben

Gebäudetechnische Anlagen sind nach DIN 4109-1 dem Gebäude dienende

- Versorgungs- und Entsorgungsanlagen
- Transportanlagen
- fest eingebaute betriebstechnische Anlagen.

Als gebäudetechnische Anlagen gelten außerdem

- Gemeinschaftswaschanlagen
- Schwimmanlagen, Saunen und dergleichen
- Sportanlagen
- zentrale Staubsauganlagen
- Garagenanlagen
- fest eingebaute motorbetriebene außenliegende Sonnenschutzanlagen und Rollläden.

Nutzergeräusche, wie z.B. das Aufstellen eines Zahnputzbechers auf eine Abstellplatte, hartes Schließen des WC-Deckels, Rutschen in der Badewanne, oder Geräusche von ortsveränderlichen Maschinen und Geräten (z.B. Staubsauger, Waschmaschinen, Küchengeräte und Sportgeräte) im eigenen Wohnbereich unterliegen nicht den aufgeführten Anforderungen.

Tabelle 5.2.4-1 Werte für die zulässigen Schalldruckpegel in fremden schutzbedürftigen Räumen von Geräuschen aus gebäudetechnischen Anlagen und baulich mit dem Gebäude verbundenen Betrieben nach DIN 4109-1

	1	2	3	4
1	Geräuschquelle		Art der schutzbedürftigen Räume	
2			Wohn- und Schlafräume	Unterrichts- und Arbeitsräume
3			max. zulässiger Schalldruckpegel in dB(A)	
4	Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam) [1),2),3)]		$L_{AF,max,n} \leq 30$	$L_{AF,max,n} \leq 35$
5	Sonstige hausinterne, fest installierte technische Schallquellen der technischen Ausrüstung, Ver- und Entsorgung sowie Garagenanlagen		$L_{AF,max,n} \leq 30$ [3)]	$L_{AF,max,n} \leq 35$ [3)]
6	Gaststätten einschließlich Küchen, Verkaufsstätten, Betriebe u. Ä.	tags 6 bis 22 Uhr	$L_r \leq 35$ $L_{AF,max} \leq 45$	$L_r \leq 35$ $L_{AF,max} \leq 45$
7		nachts nach TA Lärm	$L_r \leq 25$ $L_{AF,max} \leq 35$	$L_r \leq 35$ $L_{AF,max} \leq 45$

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

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

3) Abweichend von DIN EN ISO 10052 (2010-10), 6.3.3, wird auf Messung in der lautesten Raumecke verzichtet (siehe auch DIN 4109-4).

Die in Tabelle 5.2.4-1 zusammengestellten Anforderungen an den zulässigen A-bewerteten Schalldruckpegel gelten für fremde schutzbedürftige Räume, die Tabelle 5.2.4-2 im eigenen Wohnbereich.

Tabelle 5.2.4-2 Mindestanforderungen für die zulässigen Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen in der eigenen Wohnung, erzeugt von raumlufttechnischen Anlagen im eigenen Wohnbereich nach DIN 4109-1

	1	2	3
1	Geräuschquelle	max. zulässiger Schalldruckpegel in dB(A) [1) 2) 3) 4)]	
2		Wohn- und Schlafräume	Küchen
3	Fest installierte technische Schallquellen der Raumlufttechnik im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich	$L_{AF,max,n} \leq 30$	$L_{AF,max,n} \leq 35$

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

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

3) Abweichend von DIN EN ISO 10052 (2010-10), 6.3.3, wird auf Messung in der lautesten Raumecke verzichtet (siehe auch DIN 4109-4).

4) Es sind um 5 dB höhere Werte zulässig, sofern es sich um Dauergeräusche ohne auffällige Einzeltöne handelt.

Tabelle 5.2.4-3 Empfehlungen für maximale Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen in der eigenen Wohnung, erzeugt von heiztechnischen Anlagen im eigenen Wohnbereich nach DIN 4109-1

	1	2	3
1	Geräuschquelle	max. zulässiger Schalldruckpegel in dB(A) [1) 2) 3)]	
2		Wohn- und Schlafräume	Küchen
3	Fest installierte technische Schallquellen der heiztechnischen Anlagen im eigenen Wohnbereich	$L_{AF,max,n} \leq 30$	$L_{AF,max,n} \leq 33$

1) Einzelne, kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim Ein- und Ausschalten der Anlagen auftreten (z.B. Zündgeräusche bei Heizanlagen) dürfen die genannten Empfehlungen um max. 5 dB überschreiten.

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

3) Abweichend von DIN EN ISO 10052 (2010-10), 6.3.3, wird auf Messung in der lautesten Raumecke verzichtet (siehe auch DIN 4109-4).

Für Armaturen und Geräte der Wassersinstallation sind Armaturengruppen festgelegt, in die sie aufgrund des gemessenen Armaturengeräuschpegels wie folgt eingestuft werden.

Tabelle 5.2.4-4 Mindestanforderungen an Armaturen und Geräte der Trinkwasser-Installation nach DIN 4109-1

	2		3	4
1	Armaturen		Armaturen-geräuschpegel L_{ap} [1] für kennzeichnenden Fließdruck oder Durchfluss [2] in dB(A)	Armaturen-gruppe
2	Auslaufarmaturen		≤ 20 [3]	I
3	Anschlussarmaturen – Geräte-Anschlussarmaturen – Elektronisch gesteuerte Armaturen mit Magnetventil			
4	Druckspüler			
5	Spülkästen			
6	Durchflusswassererwärmer			
7	Durchgangsarmaturen, wie – Absperrventile – Eckventile – Rückflussverhinderer – Sicherheitsgruppen – Systemtrenner – Filter		≤ 30 [3]	II
8	Drosselarmaturen (z. B. Vordrosseln oder Eckventile)			
9	Druckminderer			
10	Duschköpfe			
11	Auslaufvorrichtungen, die direkt an die Auslaufarmatur angeschlossen werden, wie	- Strahlregler - Durchflussbegrenzer	≤ 15	I
12		- Kugelgelenke - Rohrbelüfter - Rückflussverhinderer	≤ 25	II

[1] Die Messungen von L_{ap} müssen bei 0,3 MPa und 0,5 MPa erfolgen.

[2] Nach DIN EN ISO 3822-1 bis DIN EN ISO 3822-4. Dieser Wert darf bei dem in DIN EN ISO 3822-1 bis DIN EN ISO 3822-4 für die einzelnen Armaturen genannten oberen Fließdruck von 0,5 MPa oder Durchfluss Q 1 um bis zu 5 dB überschritten werden.

[3] Geräuschspitzen, die beim Betätigen der Armaturen entstehen (Öffnen, Schließen, Umstellen, Unterbrechen u. a.), werden bei der Prüfung nach DIN EN ISO 3822-1 bis DIN EN ISO 3822-4 im Allgemeinen nicht erfasst. Der A-bewertete Schallpegel dieser Geräusche, gemessen mit der Zeitbewertung FAST wird erst dann zur Bewertung herangezogen, wenn es die Messverfahren nach einer nationalen oder Europäischen Norm zulassen.

5.3 Zivilrechtliche Anforderungen

5.3.1 Erhöhte Anforderungen an die Schalldämmung nach DIN 4109-5

Wahrnehmbarkeit von Geräuschen

Die empfundene Wahrnehmung von Geräuschen aus Nachbarwohnungen hängt von vielen Faktoren ab, an erster Stelle von der Schalldämmung der Trennbauteile, der Größe der Räume, aber auch vom Grundgeräuschpegel der Umgebung. In nachfolgender Tabelle wird die subjektive Wahrnehmbarkeit üblicher Geräusche zwischen Wohneinheiten bei erhöhtem Schallschutz im Vergleich zu den bauordnungsrechtlichen Anforderungen im Geschosswohnungsbau beschrieben.

Tabelle 5.3.1-1 Beschreibung der subjektiven Wahrnehmung üblicher Geräusche zwischen Wohneinheiten im Vergleich nach DIN 4109-5 (E 05.2019)

	1	2	3	4
1	Geräusch	Beschreibung	Wahnnehmbarkeit (Grundgeräuschpegel von 25 dB(A), Aufenthaltsräume mit üblicher Größe und Ausstattung)	
2			DIN 4109-1	DIN 4109-5
3	normale Sprache	ruhige Unterhaltung	nicht verstehbar, kaum hörbar	nicht verstehbar, nicht hörbar
4	angehobene Spache	angeregte Unterhaltung mehrerer Personen	in Allgemeinen nicht verstehbar, noch hörbar	nicht verstehbar, kaum hörbar
5	normale Musik	leises Musizieren, Lautsprecheranlage	gut hörbar	hörbar
6	Gehgeräusche	bei üblichem Gehen ohne Fersengang	hörbar	noch hörbar
7	aus gebäude-technischen Anlagen	Aufzuggeräusche, automatisch schließende Türe und Tore, Türöffner, Hebeanlagen, Heizungs- und Lüftungsanlagen	hörbar	noch hörbar
8	aus Sanitärtechnik /Wasser-installationen	übliche Benutzung von Dusche, WC-Spülung	hörbar	noch hörbar
9	Betätigungs-spitzen	kurzzeitige Pegelspitzen beim Betätigen von WC-Spülung, Öffnen/ Schließen von Wasserarmaturen	gut hörbar	hörbar
10	Nutzergeräusche	übliches Ablegen von Gegen-ständen auf Ablagen oder sanitären Ausstattungsgegenständen, manuelle Rollladenbetätigung	gut hörbar [1)]	hörbar [1)]
11	von Haushaltsgeräten	Staubsauger, Mixer, Haartrockner, Waschmaschine	gut hörbar [1)]	hörbar [1)]

[1)] Sowohl Nutzergeräusche als auch Geräusche von Haushaltsgeräten unterliegen starken Schwankungen, abhängig vom Gerät und vom Nutzungsverhalten. Dies kann zu einer abweichenden Wahrnehmbarkeit dieser Geräusche führen.

Anmerkung: Laute Sprache (z. B. Streit, Party), laute Musik (z. B. Musizieren, laute Lautsprecheranlagen) oder spielende Kinder (z. B. tobende, hüpfende, trampelnde) können unabhängig vom Schallschutzniveau nach DIN 4109-1 oder DIN 4109-5 in der Nachbarwohnung deutlich wahrgenommen bzw. teilweise verstanden werden.

Luftschalldämmung von Außenbauteilen

Es werden keine Anforderungen an die Schalldämmung von Außenbauteile festgelegt, die über die Mindestanforderungen nach DIN 4109-1 hinausgehen.

Schallschutz vor Geräuschen aus gebäudetechnischen Anlagen

Die Anforderungen an gebäudetechnische Anlagen sind nachfolgender Tabelle zu entnehmen. Bei den Armaturen und Geräten der Wasserinstallationen wird auf DIN 4109-1 verwiesen.

Tabelle 5.3.1-2 Maximal zulässiger Schalldruckpegel in fremden schutzbedürftigen Räumen von Geräuschen aus gebäudetechnischen Anlagen und baulich mit dem Gebäude verbundenen Betrieben nach DIN 4109-5 (E 05.2019)

	1	2	3	4
1	Geräuschquelle		Art der schutzbedürftigen Räume	
2			Wohn- und Schlafräume in Mehrfamilienhäusern	Wohn- und Schlafräume in Einfamilienreihen- und Doppelhäusern
3			max. zulässiger Schalldruckpegel in dB(A)	
4	Sanitärtechnik / Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam)		$L_{AF,max,n} \leq 27$ [1)2)3)]	$L_{AF,max,n} \leq 25$ [1)2)3)]
5	Sonstige hausinterne, fest installierte technische Schallquellen der technischen Ausrüstung, Ver- und Entsorgung sowie Garagenanlagen		$L_{AF,max,n} \leq 27$ [3)]	$L_{AF,max,n} \leq 25$ [3)]

1) Einzelne, kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim Betätigen der Armaturen und Geräte (Öffnen, Schließen, Umstellen, Unterbrechen u.a.) entstehen, dürfen die Kennwerte um nicht mehr als 10 dB überschreiten.

2) Werkvertragliche Voraussetzungen zur Erfüllung des zulässigen Schalldruckpegels:

- Die Ausführungsunterlagen müssen die Anforderungen des Schallschutzes berücksichtigen, d. h. zu den Bauteilen müssen die erforderlichen Schallschutznachweise vorliegen;
- außerdem muss die verantwortliche Bauleitung benannt und zu einer Teilabnahme vor Verschließen bzw. Bekleiden der Installation hinzugezogen werden.

3) Abweichend von DIN EN ISO 10052 (2010-10), 6.3.3, wird auf Messung in der lautesten Raumecke verzichtet (siehe auch DIN 4109-4).

Tabelle 5.3.1-3 Anforderungen für die zulässigen Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen in der eigenen Wohnung, erzeugt von raumlufttechnischen Anlagen im eigenen Wohnbereich nach DIN 4109-5 (E 05.2019)

	1	2
1	Geräuschquelle	max. zulässiger Schalldruckpegel in dB(A)
2		Wohn- und Schlafräume
3	Fest installierte technische Schallquellen der Raumlufttechnik im eigenen Wohnbereich	$L_{AF,max,n} \leq 27$ [1) 2) 3) 4) 5)]

1) Einzelne, kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim Betätigen der Armaturen und Geräte (Öffnen, Schließen, Umstellen, Unterbrechen u.a.) entstehen, dürfen die Kennwerte um nicht mehr als 5 dB überschreiten.

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

3) Abweichend von DIN EN ISO 10052 (2010-10), 6.3.3, wird auf Messung in der lautesten Raumecke verzichtet (siehe auch DIN 4109-4).

4) Es sind um 5 dB höhere Werte zulässig, sofern es sich um Dauergeräusche ohne auffällige Einzeltöne handelt.

5) Die Anforderung gilt nachts bei reduzierter Lüftung. *Anmerkung:* Solange in DIN 4109-4 keine Vorgaben für die Messung von raumlufttechnischen Anlagen enthalten sind, ist mit reduzierter Lüftung mind. 70% des max. Luftvolumenstroms gemeint.

Luft- und Trittschallschutz

Tabelle 5.3.1-4 Erhöhte Anforderungen an die Schalldämmung in **Mehrfamilienhäusern** und in **gemischt genutzten Gebäuden** nach DIN 4109-5 (E 05.2019)

	1	2	3	4	5
1	Bauteile		Anforderungen an den erhöhten Schallschutz		Bemerkungen
			R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
2	Decken	Decken unter allgemein nutzbaren Dachräumen, z.B. Trockenböden, Abstellräumen und ihren Zugängen	≥ 56	≤ 47	
3		Wohnungstrenndecken (auch Treppen)	≥ 57	≤ 45	Wohnungstrenndecken sind Bauteile, die Wohnungen voneinander oder von fremden Arbeitsräumen trennen.
4		Trenndecken (auch Teppen) zwischen fremden Arbeitsräumen bzw. vergleichbaren Nutzeinheiten	–	–	Trenndecken (auch Treppen) zw. fremden Arbeitsräumen bzw. vergleichbaren Nutzungseinheiten sind nicht im Anwendungsbereich dieses Dokuments enthalten.

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 5.3.1-4 Erhöhte Anforderungen an die Schalldämmung in **Mehrfamilienhäusern** und in **gemischt genutzten Gebäuden** nach DIN 4109-5 (E 05.2019) (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5
1	Bauteile		Anforderungen an den erhöhten Schallschutz		Bemerkungen
			R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
5	Decken	Decken über Kellern, Hausfluren, Treppenräume unter Aufenthaltsräumen	≥ 55	≤ 45	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen.
6		Decken über Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen und ähnlichem unter Aufenthaltsräumen	≥ 57	≤ 45	
7		Decken unter / über Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen	≥ 57	≤ 41	Wegen der verstärkten Übertragung tiefer Frequenzen können zusätzliche Maßnahmen zur Schalldämmung erforderlich sein.
8		Decken unter Terrassen und Loggien über Aufenthaltsräumen	–	≤ 45	
9		Decken unter Laubengängen	–	≤ 45	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen.
10		Balkone	–	≤ 58 [1)]	
11		Decken und Treppen innerhalb von Wohnungen, die sich über zwei Geschosse erstrecken	–	≤ 45	
12		Decken unter Bad und WC ohne/mit Bodenablauf	≥ 57	≤ 47	
13		Decken unter Hausfluren	–	≤ 45	
14		Treppenläufe und -podeste	–	≤ 47	
15	Wände	Wohnungstrennwände und Wände zwischen fremden Arbeitsräumen	≥ 56	–	Wohnungstrennwände sind Bauteile, die Wohnungen voneinander oder von fremden Arbeitsräumen trennen.
16		Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren	≥ 56	–	Für Wände mit Türen wird gefordert: $erf.\ R'_{w,Wand} = erf.\ R_{w,Tür} + 15$ dB Darin bedeutet $erf.\ R_{w,Tür}$ die erforderliche Schalldämmung der Tür nach Zeile 20 oder Zeile 21.
17		Wände neben Durchfahrten, Sammelgaragen, einschließlich Einfahrten	≥ 55 [1)]	–	
18		Wände von Spiel oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen	≥ 57	–	
19		Schachtwände von Aufzugsanlagen an Aufenthaltsräumen	≥ 57 [1)]	–	

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 5.3.1-4 Erhöhte Anforderungen an die Schalldämmung in **Mehrfamilienhäusern** und in **gemischt genutzten Gebäuden** nach DIN 4109-5 (E 05.2019) (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5
1	Bauteile		Anforderungen an den erhöhten Schallschutz		Bemerkungen
			R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
20	Türen	Türen, die von Hausfluren oder Treppenräumen in geschlossene Flure und Dielen von Wohnungen und Wohnheimen oder von Arbeitsräumen führen	≥ 32	–	Bei Türen beziehen sich die Anforderungen auf *erf* R_w nach DIN 4109-1.
21		Türen, die von Hausfluren oder Treppenräumen unmittelbar in Aufenthaltsräume - außer Flure und Dielen - von Wohnungen führen	≥ 40 [2)]	–	

[1)] Entspricht den Werten aus DIN 4109-1

[2)] Die Anforderung beträgt 37 dB unter der Voraussetzung, dass durch gleichwertige schallschutztechnische Maßnahmen, z. B. Schallabsorption in Hausfluren oder Treppenräumen, Schallschleusen im Eingangsbereich, der Schallschutz zwischen Treppenraum und Aufenthaltsraum verbessert wird.

Tabelle 5.3.1-5 Erhöhte Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung zwischen **Einfamilien-Reihenhäusern** und zwischen **Doppelhaushälften** nach DIN 4109-5

	1	2	3	4	5
1	Bauteile		Anforderungen an den erhöhten Schallschutz		Bemerkungen
			R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
2	Decken	Decken	–	≤ 38	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt nur für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in waagerechter oder schräger Richtung.
3		Bodenplatte auf Erdreich bzw. Decke über Kellergeschoss	–	≤ 41	
4		Treppenläufe und -podeste	–	≤ 41	
5	Wände	Haustrennwände zu Aufenthaltsräumen, die im untersten Geschoss (erdberührt oder nicht) eines Gebäudes gelegen sind	≥ 64	–	
6		Haustrennwände zu Aufenthaltsräumen, unter denen mindestens 1 Geschoss (erdberührt oder nicht) des Gebäudes vorhanden ist	≥ 67	–	

Tabelle 5.3.1-6 Erhöhte Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung in **Hotels** und **Beherbergungsstätten** nach DIN 4109-5 (E 05.2019)

	1	2	3	4	5
1	Bauteile		Anforderungen an den erhöhten Schallschutz		Bemerkungen
			R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
2	Decken [1)]	Decken, einschließlich Decken unter Fluren	≥ 57	≤ 45	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in Aufenthaltsräume in alle Schall-Ausbreitungsrichtungen.
3		Decken unter Bad und WC ohne / mit Bodenentwässerung	≥ 57	≤ 46	
4		Decken unter / über Schwimmbädern, Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen zum Schutz gegenüber Schlafräumen	≥ 58	≤ 43	Wegen verstärkten tieffrequenten Schalls können zusätzliche Maßnahmen zur Körperschalldämmung erforderlich sein.
5	Treppen	Treppenläufe und -podeste [1)]	–	≤ 46	Keine Anforderungen an Treppenläufe und Zwischenpodeste in Gebäuden mit Aufzug.
6	Wände	Wände zwischen Übernachtungsräumen sowie Fluren und Übernachtungsräumen	≥ 52	–	Gilt auch für Trennwände mit Türen zwischen fremden Übernachtungsräumen.
7	Türen	Türen zwischen Fluren und Übernachtungsräumen	≥ 37	–	Bei Türen gilt R_w nach DIN 4109-1.

[1)] Weichfedernde Bodenbeläge dürfen für den Nachweis des Trittschallschutzes angerechnet werden.

Tabelle 5.3.1-7 Erhöhte Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung zwischen Räumen in **Krankenhäusern** und **Sanatorien** nach DIN 4109-5

	1	2	3	4	5
1	Bauteile		Anforderungen an den erhöhten Schallschutz		Bemerkungen
			R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
2	Decken [1)]	Decken, einschließlich Decken unter Fluren	≥ 57	≤ 46	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen.
3		Decken unter Bädern und WCs ohne / mit Bodenablauf	≥ 57	≤ 46	
4		Decken unter/über Schwimmbädern, Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen	≥ 58	≤ 43	Wegen der verstärkten Übertragung tiefer Frequenzen können zusätzliche Maßnahmen zur Körperschalldämmung erforderlich sein.

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 5.3.1-7 Erhöhte Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung zwischen Räumen in **Krankenhäusern** und **Sanatorien** nach DIN 4109-5 (E 05.2019) (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5
1	Bauteile		Anforderungen an den erhöhten Schallschutz		Bemerkungen
			R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
5	Treppen [1]	Treppenläufe und -podeste	–	≤ 46	Keine Anforderungen an Treppenläufe und Zwischenpodeste in Gebäuden mit Aufzug.
6	Wände	Wände zwischen – Krankenräumen – Fluren und Krankenräumen – Untersuchungs- bzw. Sprechzimmern – Fluren und Untersuchungs- bzw. Sprechzimmern – Krankenräumen und Arbeits- und Pflegeräumen	≥ 52	–	
7		Wände zwischen Räumen mit Anforderungen an erhöhtes Ruhebedürfnis und besondere Vertraulichkeit (Diskretion)	≥ 52 [2]	–	
8		Wände zwischen – Operations- bzw. Behandlungsräumen – Fluren und Operations- bzw. Behandlungsräumen	≥ 42 [2]	–	
9		Wände zwischen – Fluren und Räumen der Intensivpflege	≥ 42	–	
10	Türen	Türen zwischen – Untersuchungs- bzw. Sprechzimmern – Fluren und Untersuchungs- bzw. Sprechzimmern	≥ 37 [2]	–	Bei Türen beziehen sich die Anforderungen auf R_w. Nach DIN 4109-2 muss ein Sicherheitsbeiwert von 5 dB berücksichtigt werden.
11		Türen zwischen Räumen mit Anforderungen an erhöhtes Ruhebedürfnis und besondere Vertraulichkeit (Diskretion)	≥ 37 [2]	–	
12		Türen zwischen – Fluren und Krankenräumen – Operations- bzw. Behandlungsr. – Fluren und Operations- bzw. Behandlungsräumen	≥ 37	–	

[1] Weichfedernde Bodenbeläge dürfen für den Nachweis des Trittschallschutzes angerechnet werden.

[2] Entspricht den Werten aus DIN 4109-1

5.3.2 Erhöhter Schallschutz nach Beiblatt 2 der DIN 4109 (11.1989)

Tabelle 5.3.2-1 Empfehlungen für einen erhöhten Schallschutz an die Luft- und Trittschalldämmung zum Schutz gegen Schallübertragung aus einem **fremden** Wohn- und Arbeitsbereich nach Beiblatt 2 zu DIN 4109 (11.1989), Tab. 2

	1	2	3	4	5
	Bauteile		Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz		Bemerkungen
			R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
1	**Geschosshäuser mit Wohnungen und Arbeitsräumen**				
2	Decken	Decken unter allgemein nutzbaren Dachräumen, z.B. Trockenböden, Abstellräumen und ihren Zugängen	≥ 55	≤ 46	
3		Wohnungstrenndecken (auch -treppen), Decken zwischen fremden Arbeitsräumen bzw. vergleichbare Nutzeinheiten	≥ 55	≤ 46	Weichfedernde Bodenbeläge dürfen für den Nachweis des Trittschallschutzes angerechnet werden.
4		Decken über Kellern, Hausfluren, Treppenräume unter Aufenthaltsräumen	≥ 55	≤ 46	Der Vorschlag für den erhöhten Schallschutz an die Trittschalldämmung gilt nur für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume, ganz gleich, ob sie in waagerechter, schräger oder senkrechter (nach oben) Richtung erfolgt.
5		Decken über Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen und ähnlichem unter Aufenthaltsräumen	–	≤ 46	
6		Decken unter Terrassen und Loggien über Aufenthaltsräumen	–	≤ 46	
7		Decken unter Laubengängen	–	≤ 46	Der Vorschlag für den erhöhten Schallschutz an die Trittschalldämmung gilt nur für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume, ganz gleich, ob sie in waagerechter, schräger oder senkrechter (nach oben) Richtung erfolgt.
8	Decken	Decken und Treppen innerhalb von Wohnungen, die sich über zwei Geschosse erstrecken	–	≤ 46	Der Vorschlag für den erhöhten Schallschutz an die Trittschalldämmung gilt nur für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume, ganz gleich, ob sie in waagerechter, schräger oder senkrechter (nach oben) Richtung erfolgt. Weichfedernde Bodenbeläge dürfen für den Nachweis des Trittschallschutzes angerechnet werden. Bei Sanitärobjekten in Bad und WC ist für eine ausreichende Körperschalldämmung zu sorgen.
9		Decken unter Bad und WC ohne/mit Bodenentwässerung	≥ 55	≤ 46	
10		Decken unter Hausfluren	–	≤ 46	

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 5.3.2-1 Empfehlungen für einen erhöhten Schallschutz an die Luft- und Trittschalldämmung zum Schutz gegen Schallübertragung aus einem **fremden** Wohn- und Arbeitsbereich nach Beiblatt 2 zu DIN 4109 (11.1989), Tab. 2 (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5
	Bauteile		Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz		Bemerkungen
			R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
1	**Geschosshäuser mit Wohnungen und Arbeitsräumen**				
11	Treppen	Treppenläufe und -podeste	–	≤ 46	
12	Wände	Wohnungstrennwände und Wände zwischen fremden Arbeitsräumen	≥ 55	–	
13	Wände	Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren	≥ 55	–	Für Wände mit Türen gilt : *erf.* $R'_{w,Wand}$ = *erf.* $R_{w,Tür}$ + 15 dB, vgl. Zeile 14. Wandabschnitte mit einer Breite < 30 cm bleiben dabei unberücksichtigt.
14	Türen	Türen, die von Hausfluren oder Treppenräumen in Flure und Dielen von Wohnungen und Wohnheimen oder von Arbeitsräumen führen	≥ 37	–	Bei Türen beziehen sich die Anforderungen auf *erf* R_w.
15	**Einfamilien-Doppelhäuser und Einfamilien-Reihenhäuser**				
16	Decken	Decken	–	≤ 38	Der Vorschlag für den erhöhten Schallschutz an die Trittschalldämmung gilt nur für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume, ganz gleich, ob sie in waagerechter, schräger oder senkrechter (nach oben) Richtung erfolgt. Weichfedernde Bodenbeläge dürfen für den Nachweis des Trittschallschutzes angerechnet werden.
17	Decken	Treppenläufe und -podeste und Decken unter Fluren	–	≤ 46	
18	Wände	Haustrennwände	≥ 67	–	

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 5.3.2-1 Empfehlungen für einen erhöhten Schallschutz an die Luft- und Trittschalldämmung zum Schutz gegen Schallübertragung aus einem **fremden** Wohn- und Arbeitsbereich nach Beiblatt 2 zu DIN 4109 (11.1989), Tab. 2 (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5
	Bauteile		Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz		Bemerkungen
			R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
19	**Beherbergungsstätten, Krankenanstalten, Sanatorien**				
20	Decken	Decken	≥ 55	≤ 46	
21	Decken	Decken unter Bad und WC ohne/mit Bodenentwässerung	≥ 55	≤ 46	Der Vorschlag für den erhöhten Schallschutz an die Trittschalldämmung gilt nur für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume, ganz gleich, ob sie in waagerechter, schräger oder senkrechter (nach oben) Richtung erfolgt. Weichfedernde Bodenbeläge dürfen für den Nachweis des Trittschallschutzes angerechnet werden. Bei Sanitärobjekten in Bad und WC ist für eine ausreichende Körperschalldämmung zu sorgen.
22	Decken	Decken unter Fluren	–	≤ 46	Der Vorschlag für den erhöhten Schallschutz an die Trittschalldämmung gilt nur für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume, ganz gleich, ob sie in waagerechter, schräger oder senkrechter (nach oben) Richtung erfolgt.
23	Treppen	Treppenläufe und -podeste	–	≤ 46	
24	Wände	Wände zwischen Übernachtungs- bzw. Krankenräumen	≥ 52	–	
25	Wände	Wände zwischen Fluren und Übernachtungs- bzw. Krankenräumen	≥ 52	–	Das *erf.* R'_w gilt für die Wand allein.
26	Türen	Türen zwischen Fluren und Krankenräumen	≥ 37	–	Bei Türen gilt nach DIN 4109/ 11.89, Tab. 1, *erf.* R_w.
27	Türen	Türen zwischen Fluren und Übernachtungsräumen	≥ 37	–	

Tabelle 5.3.2-2 Empfehlungen für normalen und erhöhten Schallschutz; Luft- und Trittschalldämmung zum Schutz gegen Schallübertragung aus dem **eigenen** Wohn- und Arbeitsbereich nach Beiblatt 2 zu DIN 4109 (11.1989), Tab. 3

	1	2	3	4	5	6
	Bauteile	Empfehlungen für normalen Schallschutz		Empfehlungen für erhöhten Schallschutz		Bemerkungen
		R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
1	**innerhalb des eigenen Wohngebäudes**					
2	Decken in Einfamilienhäusern, ausgenommen Kellerdecken und Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen	≥ 50	≤ 56	≥ 55	≤ 46	Bei Decken zwischen Wasch- und Aborträumen nur als Schutz gegen Trittschallübertragung in Aufenthaltsräumen. Weichfedernde Bodenbeläge dürfen für den Nachweis des Trittschallschutzes angerechnet werden.
3	Treppen und Treppenpodeste in Einfamilienhäusern	–	–	–	≤ 53	Der Vorschlag für den erhöhten Schallschutz an die Trittschalldämmung gilt nur für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume, ganz gleich, ob sie in waagerechter, schräger oder senkrechter (nach oben) Richtung erfolgt. Weichfedernde Bodenbeläge dürfen für den Nachweis des Trittschallschutzes angerechnet werden.
4	Decken von Fluren in Einfamilienhäusern	–	≤ 56	–	≤ 46	
5	Wände ohne Türen zw. „lauten“ und „leisen“ Räumen unterschiedlicher Nutzung, z.B. zw. Wohn- und Kinderschlafzimmer	≥ 40	–	≥ 47	–	
6	**innerhalb des eigenen Büro- und Verwaltungsgebäudes**					
7	Decken, Treppen, Decken von Fluren und Treppenraumwände	≥ 52	≤ 53	≥ 55	≤ 46	Weichfedernde Bodenbeläge dürfen für den Nachweis des Trittschallschutzes angerechnet werden.
8	Wände zwischen Räumen mit üblicher Bürotätigkeit	≥ 37	–	≥ 42	–	Es ist darauf zu achten, dass diese Werte nicht durch Nebenwegübertragung über Flur und Türen verschlechtert werden.
9	Wände zw. Fluren u. Räumen mit üblicher Bürotätigkeit	≥ 37	–	≥ 42	–	
10	Wände von Räumen für konzentrierte geistigeTätigkeit oder zur Behandlung vertraulicher Angelegenheiten	≥ 45	–	≥ 52	–	
11	Wände zwischen Fluren und Räumen nach Zeile 10	≥ 45	–	≥ 52	–	
12	Türen in Wänden nach Zeile 8 + 9	≥ 27	–	≥ 32	–	Bei Türen gelten die Werte für die Schalldämmung bei alleiniger Übertragung durch die Tür.
13	Türen in Wänden nach Zeile 10 + 11	≥ 37	–	–	–	

5.3.3 Erhöhte Anforderungen nach DIN SPEC 91314

Die DIN SPEC 91314 wird zurückgezogen, sobald eine Überarbeitung, Veröffentlichung und bauaufsichtliche Einführung der DIN 4109 Bbl. 2 bzw. DIN 4109-5 erfolgt ist.

Wahrnehmbarkeit von Geräuschen

Die empfundene Wahrnehmung von Geräuschen aus Nachbarwohnungen hängt von vielen Faktoren ab, an erster Stelle von der Schalldämmung der Trennbauteile, der Größe der Räume, aber auch vom Grundgeräuschpegel der Umgebung. In nachfolgender Tabelle wird die subjektive Wahrnehmbarkeit üblicher Geräusche zwischen Wohneinheiten bei erhöhtem Schallschutz im Vergleich zu den bauordnungsrechtlichen Anforderungen im Geschosswohnungsbau beschrieben.

Tabelle 5.3.3-1 Wahrnehmung üblicher Geräusche zwischen Wohneinheiten im Vergleich nach DIN SPEC 91314

	1	2	3	4
1	Geräusch	Beschreibung	Wahnnehmbarkeit (abendlicher Grundgeräuschpegel von 25 dB(A), üblich große Aufenthaltsräume)	
2			DIN 4109-1	DIN SPEC 91314
3	laute Sprache	Party, Streit	teilweise verstehbar, im Allgemeinen hörbar	im Allgemeinen nicht mehr verstehbar, aber noch hörbar
4	angehobene Spache	angeregte Unterhaltung mehrerer Personen	in Allgemeinen nicht verstehbar, teilweise hörbar	nicht verstehbar
5	normale Sprache	ruhige Unterhaltung	nicht verstehbar, noch hörbar	nicht verstehbar, kaum hörbar
6	sehr laute Musik	Musizieren mit lauten Instrumenten oder Verstärkeranlagen, sehr laute HiFi-/Videoanlage	sehr deutlich hörbar	
7	laute Musik	Musizieren ohne Verstärker, laute HiFi-/Videoanlage	sehr deutlich hörbar	
8	normale Musik	leises Musizieren, HiFi-/ Videoanlage	deutlich hörbar	noch hörbar
9	Wasser-installationen	übliche Benutzung von Dusche, WC-Spülung	noch hörbar	im Allgemeinen kaum hörbar
10	Betätigungs-spitzen	kurzzeitige Pegelspitzen beim Betätigen von WC-Spülung, Öffnen/ Schließen von Wasserarmaturen	hörbar	noch hörbar
11	Sonstige Geräusche	bei üblichem Ablegen von Gegenständen auf Ablagen oder sanitären Ausstattungsgegenständen, manuelle Rollladenbetätigung	hörbar	noch hörbar
12	Gebäudetechnische Anlagen	Aufzuggeräusche, automatisch schließende Türe und Tore,Türöffner, Klingelanlagen, Hebeanlagen, Wärmepumpen, Lüfter	noch hörbar	im Allgemeinen noch hörbar

Kennwerte für einen erhöhten Schallschutz in Mehrfamilienhäusern

Die Kennwerte der DIN SPEC 91314 beschreiben die erhöhte Schallschutzqualität bei Wohnungen, deren sonstige Ausstattung weitergehenden Komfortansprüchen genügen sollen (siehe auch Abschnitt 5.1).

Tabelle 5.3.3-2 Kennwerte für eine erhöhte Luft- und Trittschalldämmung von Wänden, Türen und Decken zum Schutz gegen Schallübertragung aus einem fremden Wohn- und Arbeitsbereich nach DIN SPEC 91314

	1	2	3	4	5
1	Bauteile		erhöhte Anforderungen		Bemerkungen
			R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
2	Wände	Wohnungstrennwände zw. Aufenthaltsräumen von Wohnungen und fremden Räumen	≥ 55	–	
3		Treppenhauswände zwischen Aufenthaltsräumen von Wohnungen und fremden Fluren bzw. Treppenhäusern	≥ 55	–	Für Wände mit Türen gilt : *erf.* $R'_{w,Wand}$ = *erf.* $R_{w,Tür}$ + 15 dB, vgl. Zeile 4 u. 5. Wandabschnitte mit einer Breite < 30 cm bleiben dabei unberücksichtigt.
4	Türen	Zugang zu den Aufenthaltsräumen von Wohnungen über einen abgeschlossenen Wohnungsflur	≥ 32	–	Schalldämm-Maß R_w der Tür im eingebauten Zustand
5		direkter Zugang zu den Aufenthaltsräumen von Wohnungen	≥ 42	–	
6	Decken	Wohnungstrenndecken zwischen Aufenthaltsräumen von Wohnungen und fremden Räumen	≥ 56	≤ 46	in alle Richtungen, weichfedernde Bodenbeläge dürfen nicht für den Nachweis des Trittschallschutzes angerechnet werden
7		Decken, Podeste und Treppenläufe zwischen Aufenthaltsräumen von Wohnungen und fremden Treppenhäusern	–	≤ 46	
8		von Balkonen, Loggien, Laubengängen, Terrassen über Wohnungen	–	≤ 49	

Die Werte gelten insbesondere bei bauakustisch ungünstigen Übertragungssituationen (z. B. versetzte Grundrisse oder bei Eckräumen mit großen Außenwandflächen im Verhältnis zur Grundfläche und bei kleinen Räumen).

Tabelle 5.3.3-3 Kennwerte für eine erhöhte Luftschalldämmung zwischen Einfamilien-Reihen- und Einfamilien-Doppelhäusern nach DIN SPEC 91314

	1	2	3	4	5
1	Bauteile		erhöhte Anforderungen		Bemerkungen
			R'_w in dB	$L'_{n,w}$ in dB	
2	Haustrennwände	Haustrennwände zw. fremden Aufenthaltsräumen, unter denen mindestens ein Geschoss (erdberührt oder nicht) des Gebäudes vorhanden ist	≥ 67	–	vollständige Trennung [1)]
3		Haustrennwände zwischen fremden Aufenthaltsräumen, die im untersten Geschoss (erdberührt oder nicht) eines Gebäudes gelegen sind	≥ 62	–	unvollständige Trennung
4	Decken und Treppen	Decken und Treppen zu fremden Aufenthaltsräumen, unter denen mindestens ein Geschoss (erdberührt oder nicht) des Gebäudes vorhanden ist	–	≤ 38	vollständige Trennung [1)]
5		Decken und Treppen zu fremden Aufenthaltsräumen, die im untersten Geschoss (erdberührt oder nicht) eines Gebäudes gelegen sind	–	≤ 41	unvollständige Trennung

[1)] Die genannten Werte gelten für das Erdgeschoss und die Geschosse darüber. Eine vollständige Trennung liegt vor, wenn das Gebäude unterkellert ist und die Trennfuge mindestens ab Oberkante der Bodenplatte vorhanden ist. Nicht unterkellerte Gebäude und Gebäude mit „Weißer Wanne“ gelten als unvollständig getrennt.

Schallschutz vor Geräuschen aus gebäudetechnischen Anlagen

Die maximal zulässigen Schalldruckpegel der von gebäudetechnischen Anlagen emittierten und auf schutzbedürftige Räume einwirkenden Geräusche sind nachfolgender Tabelle zu entnehmen.

Bei den Armaturen und Geräten der Wasserinstallationen wird vorausgesetzt, dass sie den Anforderungen nach DIN 4109-1 entsprechen.

Tabelle 5.3.3-4 Maximal zulässige Norm-Schalldruckpegel in fremden schutzbedürftigen Räumen, erzeugt von gebäudetechnischen Anlagen und baulich mit dem Gebäude verbundenen Betrieben nach DIN SPEC 91314

	1	2	3
1	Geräuschquellen	Maximal zulässige Norm-Schalldruckpegel in dB(A)	
		Wohn- und Schlafräume in Mehrfamilienhäusern	Wohn- und Schlafräume in Einfamilien-Reihen- und Einfamilien-Doppelhäusern
2	Sanitärtechnik/Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam)	$L_{AFmax,n} \leq 27$ [1)2)3)]	$L_{AFmax,n} \leq 25$ [1)2)3)]
3	Sonstige hausinterne, fest installierte technische Schallquellen der technischen Ausrüstung, Ver- und Entsorgung sowie Garagenanlagen	$L_{AFmax,n} \leq 27$ [3)]	$L_{AFmax,n} \leq 25$ [3)]

1) Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim Betätigen der Armaturen und Geräte (Öffnen, Schließen, Umstellen, Unterbrechen) entstehen, dürfen die Kennwerte um nicht mehr als 10 dB überschreiten.

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

3) Abweichend von DIN EN ISO 10052 wird auf Messung in der lautesten Raumecke verzichtet. Damit sind die Messergebnisse aus Prüfzeugnissen oder Prüfberichten nach DIN EN ISO 10052 entsprechend zu korrigieren.

Hinweise zur Planung und Ausführung eines erhöhten Schallschutzes

Grundrissplanung

Die Anordnung der Räume in vertikaler und horizontaler Richtung zueinander spielt eine wichtige Rolle. Es ist von Vorteil, wenn fremde Räume gleicher Nutzung aneinander grenzen, das betrifft sowohl besonders schutzbedürftige Räume wie Schlafzimmer, als auch Räume wie Bäder und Küchen mit schallemittierenden haustechnischen Ver- und Entsorgungsanlagen. Weiterhin ist zu beachten, dass störende Geräusche verstärkt wahrgenommen werden, wenn der Grundgeräuschpegel niedrig ist, d.h. in besonders ruhigen, vom Außenlärm abgeschotteten Aufenthalträumen.

Nicht immer lassen sich alle Räume einer Wohnung mit einem erhöhten Schallschutz realisieren aufgrund eines kleinen Raumvolumens oder einem hohen Übertragungsanteil der Flankenbauteile. Diese Räume sollten eine untergeordnete Nutzung erhalten.

Rechenverfahren
Der erhöhte Schallschutz sollte in der Regel nach DIN 4109-2 in Verbindung mit den Bauteilkatalogen nach DIN 4109-31 bis DIN 4109-36 berechnet werden. Die rechnerischen Ermittlungen werden in der Regel für bauakustisch ungünstigste Raumsituationen geführt und weisen eine Unsicherheit auf, die über Sicherheitsabschläge zu berücksichtigen ist.

Ausschreibung und Bauüberwachung
Neben der Gestaltung des Bauvertrags mit eindeutigen und ausführlichen Ausschreibung der Bauleistungen hinsichtlich der bauakustischen Planung ist eine baubegleitende Überwachung der Ausführung zu empfehlen. Dies betrifft insbesondere die Ausbaugewerke wie z. B. Estricharbeiten, Installationen, Trockenbau, Fliesenleger- und Bodenbelagsarbeiten.

Leichte Bauweise
Mehrschalige, biegeweiche Konstruktionen können hohe Direktschalldämm-Maße erreichen. Bei leichten zweischaligen Trennbauteilen sollten aneinandergrenzende Leichtbauteile im Hohlraum der zwei Schalen allerdings getrennt werden, um störende Flankenübertragung zu vermeiden. Die Hinweise der DIN 4109-33 sollten beachtet werden.

Biegesteife Wände
Bei zweischaligen Wohnungstrennwänden in Massivbauweise sollten die Geschossdecken nicht über die Trennfuge durchlaufen. Anderenfalls ist im akustischen Sinne keine Zweischaligkeit gegeben. Im Fall der Trennung sollte beachtet werden, dass die einzelnen Wandschalen als Flankenbauteile in vertikaler Richtung fungieren und daher unter Umständen zur Verschlechterung der vertikalen Schallschutzes führen, wenn die flächenbezogen Masse der Einzelschalen gering ist.

Trennfugen und schwimmende Estriche
Die bauakustische Wirksamkeit von Trennfugen zwischen Baukörpern, Estrichen, usw. wird nur dann wirksam, wenn eine schallbrückenfreie Ausführung vorliegt. Luftgefüllte Trennfugen sind anfällig gegenüber Einschlüssen mit Körperschallbrücken und sollten daher stets mit einem weichen Faserdämmstoff verfüllt werden. Insbesondere Rohrleitungen im Fußbodenaufbau und Rohrdurchdringungen können in Verbindung mit Bodenbelägen den Trittschallschutz sowie bedingt auch den Luftschallschutz verschlechtern. Eine großzügig dimensionierte Fußbodenaufbauhöhe sowie eine sorgfältige Ausführung werden zur Zielerreichung geringer Norm-Trittschallpegel empfohlen.

Hinsichtlich der Luftschalldämmung ist zu beachten, dass unter Türen und Leichtbauwänden durchlaufende Estriche sowohl die Trittschall- als auch die Luftschalldämmung angrenzender Räume erheblich vermindern können. Eine funktionsfähige Trennfuge im Bereich der Raumtrennbauteile sollte ausgeführt werden.

Flankenbauteile

Ein immer noch wenig beachtetes Phänomen ist die erhöhte Schallübertragung über besonders leichte flankierende Massivbauteile. Diese lassen sich besonders gut durch Luft- und Körperschall anregen und leiten somit den Schall auch über ausreichend dimensionierte Trennbauteile verstärkt weiter. Dieser Sachzusammenhang wird im Bemessungsverfahren nach DIN 4109-2 nunmehr deutlich berücksichtigt. Sollen leichte flankierende Massivbauteile zum Einsatz kommen, empfiehlt sich deren akustische Entkopplung über z. B. elastische Zwischenschichten.

Zweischalige, biegeweiche Konstruktionen verringern die Flankenübertragung, wenn die raumseitige Schale im akustischen Sinne biegeweich ist, d. h. eine geringe Abstrahlung aufweist. Bei leichten Trennbauteilen sollten flankierende Leichtbauteile im Hohlraum der zwei Schalen allerdings getrennt werden, um störende Flankenübertragung zu vermeiden. Die Hinweise der DIN 4109-31 bis DIN 4109-36 sollten beachtet werden.

Eine verstärkte Flankenübertragung massiver Bauteile kann auftreten, wenn im Empfangsraum z. B. aus Gründen der Wärmedämmung raumseitig angeklebte Wärmedämmplatten hoher dynamischer Steifigkeit mit Putz, Bauplatten oder Fliesen bekleidet sind.

Nebenwegübertragung

Die Schallübertragung über Nebenwege, wie z. B. Durchbrüche in Installationsschächten oder -kanälen, Luftkanälen, Deckenhohlräumen, usw. kann zu einer Verschlechterung der Schalldämmung des betreffenden Trennbauteils beitragen. Diesen Fällen kann bereits in der Planung vorgebeugt werden und ist zudem eine Angelegenheit sorgfältiger Bauausführung.

Körperschallübertragung

Die Körperschallübertragung kann auch in schallschutztechnisch hervorragend ausgeführten Gebäuden als störend empfunden werden. Insbesondere im Bereich der haustechnischen Anlagen und Wasserinstallationen sollten folgende Hinweise beachtet werden. Verbesserung der Körperschalldämmung durch:

- schwere Ausbildung des durch Körperschall angeregten Bauteils;
- Vorsatzschale im schutzbedürftigen Raum;
- Vorwandinstallationen und Entkopplungsmaßnahmen im lauten Raum;
- schwimmend verlegte Podeste/Betonplatten für z. B. Heizkessel, Klimageräte, Wärmepumpen.

Gebäudetechnische Anlagen und Wasserinstallationen

Im Bereich der technischen Gebäudeausrüstung sollten eine Vielzahl von bauakustischen Maßnahmen zum erhöhten Schallschutz beachtet werden. DIN 4109-36 gibt entsprechende Hinweise.

5.3.4 Anforderungen für Wohnungen nach VDI 4100 (08.2007)

Schallschutzstufen

Tabelle 5.3.4-1 Wahrnehmung üblicher Geräusche aus Nachbarwohnungen und Zuordnung zu den drei Schallschutzstufen (SSt) I bis III nach VDI 4100 (08.2007)

	1	2	3	4
1	Art der Geräuschemission	Wahrnehmung der Immission aus der Nachbarwohnung [1)]		
2		SSt I	SSt II	SSt III
3	laute Sprache	verstehbar	im Allgemeinen verstehbar	im Allgemeinen nicht verstehbar
4	Sprache mit angehobener Sprechweise	im Allgemeinen verstehbar	in Allgemeinen nicht verstehbar	nicht verstehbar
5	Sprache mit normaler Sprechweise	im Allgemeinen nicht verstehbar	nicht verstehbar	nicht hörbar
6	Gehgeräusche	im Allgemeinen störend	im Allgemeinen nicht mehr störend	nicht störend
7	Geräusche aus haustechnischen Anlagen	unzumutbare Belästigungen werden im Allg. vermieden	gelegentlich störend	nicht oder nur selten störend
8	Hausmusik, laut eingestellte Rundfunk- und Fernsehgeräte, Parties	deutlich hörbar		im Allgemeinen hörbar

[1)] Annahme: abendlicher Grundgeräuschpegel von 20 dB(A) und üblich große Aufenthaltsräume.

Schallschutz gegen Außenlärm

Tabelle 5.3.4-2 Kennwerte für das bewertete, resultierende Luftschalldämm-Maß von Außenbauteilen nach VDI 4100 (08.2007) für Schallschutzstufe **(SSt) III**

	1	2	3	4
1	Lärmpegelbereich	Maßgeblicher Außenlärmpegel in dB(A)	Raumarten	
2			Aufenthaltsräume von Wohnungen in Mehrfamilienhäusern	Aufenthaltsräume in Doppel- und Reihenhäusern
3			erforderliche, resultierende Luftschalldämm-Maß von Außenbauteilen $erf\,R'_{w,res}$ in dB	
4	I	≤ 55	35	35
5	II	56 bis 60	35	35
6	III	61 bis 65	40	40
7	IV	66 bis 70	45	45
8	V	71 bis 75	50	50
9	VI	75 bis 80	55	55
10	VII	> 80	–[1)]	–[1)]

[1)] Die Anforderungen sind hier aufgrund der örtlichen Gegebenheiten festzulegen.

Die Kennwerte der Schallschutzstufen I und II für die Außenschalldämmung entsprechen den Anforderungen der DIN 4109 und sind dem Kapitel 5.2.1 zu entnehmen, die Kennwerte der Schallschutzstufe III sind höher und in Tabelle 5.3.4-2 dargestellt.

Tabelle 5.3.4-3 Korrekturwert für das erforderliche bewertete, resultierende Luftschalldämmmaß von Außenbauteilen nach Tab. 5.3.4-2 in Abhängigkeit des Verhältnisses $S_{(W+F)}/S_G$ nach DIN 4109

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	$S_{(W+F)} / S_G$	2,5	2,0	1,6	1,3	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4
2	Korrekturwert	+ 5	+ 4	+ 3	+ 2	+ 1	0	- 1	- 2	- 3
3	Darin sind: $S_{(W+F)}$ Gesamtfläche des Außenbauteils eines Aufenthaltsraumes in m² S_G Grundfläche des Aufenthaltsraumes in m²									

Luftschallschutz

Tabelle 5.3.4-4 Kennwerte für das bewertete erforderliche Luftschalldämm-Maß von trennenden Bauteilen nach VDI 4100 (08.2007)

	1	2	3	4
1	Bauteile	SSt I	SSt II	SSt III
2		erforderliches bewertetes Luftschalldämm-Maß R'_w in dB		
3	**Wohnungen in Mehrfamilienhäusern**			
4	Horizontale Schallübertragung (Wände) zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Räumen	nach DIN 4109	≥ 56	≥ 59
5	Vertikale Schallübertragung (Decken) zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Räumen		≥ 57	≥ 60
6	Bauteile zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Treppenhäusern bzw. Fluren		≥ 56	≥ 59
7	**Doppel- und Reihenhäuser**			
8	Bauteile zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Räumen	nach DIN 4109	≥ 63 [1)]	≥ 68
9	**Eigener Bereich** (selbst genutztes Haus oder Wohnung)			
10	Horizontale Schallübertragung (Wände ohne Türen) zwischen Aufenthaltsräumen	nach DIN 4109 Bbl. 2	≥ 48	≥ 48
11	Vertikale Schallübertragung (Decken) zwischen Aufenthaltsräumen		≥ 55	≥ 55

[1)] Bei zweischaliger Ausführung werden bei fehlerfreier Ausführung i.d.R. wesentlich höhere Schalldämm-Maße erreicht.

Trittschallschutz

Tabelle 5.3.4-5 Kennwerte für den erforderlichen bewerteten Norm-Trittschallpegel von trennenden Bauteilen nach VDI 4100 (08.2007)

	1	2	3	4	5
1	Bauteile	SSt I	SSt II	SSt III	Bemerkungen
2		erforderlicher bewerteter Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ in dB			
3	**Wohnungen in Mehrfamilienhäusern**				
4	Trittschallschutz zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Räumen	Anforderung nach DIN 4109	≤ 46	≤ 39	
5	Trittschallschutz zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Treppenhäusern		≤ 53	≤ 46	
6	Empfehlung: Treppen zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Treppenhäusern	≤ 53	≤ 46	≤ 39	Empfehlung für einen langfristig anzustrebenden Schallschutz nach VDI 4100, Tab. 10
7	**Doppel- und Reihenhäuser**				
8	Trittschallschutz zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Räumen (horizontale oder diagonale Ausbreitungsrichtung)	nach DIN 4109	≤ 41 [1)]	≤ 34 [1)]	
9	Trittschallschutz zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Treppenläufen oder -podesten (horizontale oder diagonale Ausbreitungsrichtung)		≤ 46	≤ 39	
10	**Eigener Bereich** (selbst genutztes Haus oder Wohnung)				
11	Trittschallschutz zwischen Aufenthaltsräumen oder zwischen Aufenthaltsräumen und Erschließungs- bzw. Gemeinschaftsräumen (horizontale, vertikale oder diagonale Ausbreitungsrichtung)	nach DIN 4109 Bbl. 2	≤ 46 [2)]	≤ 46 [2)]	Gilt auch zwischen Aufenthaltsräumen und Treppen bzw. Treppenpodesten

[1)] Bei zweischaliger Ausführung werden bei fehlerfreier Ausführung i.d.R. wesentlich höhere Schalldämm-Maße erreicht.

[2)] Weichfedernde Bodenbeläge dürfen mit angerechnet werden.

Schallschutz vor Geräuschen aus haustechnischen Anlagen

Tabelle 5.3.4-6 Maximal zulässige Schalldruckpegel in fremden schutzbedürftigen Räumen, erzeugt von haustechnischen Anlagen und baulich mit dem Gebäude verbundenen Betrieben nach VDI 4100 (08.2007)

	1	2	3	4	5
1	Geräusche		SSt I	SSt II	SSt III
2			max. zulässige Schalldruckpegel		
3	**Wohnungen in Mehrfamilienhäusern**				
4	von Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam) [6]	L_{In} in dB(A)	nach DIN 4109	30 [2)3)]	25 [2)3)]
5	von sonstigen haustechnischen Anlagen	L_{AFmax} in dB		30 [3)]	25 [3)]
6	von baulich verbundenen Gewerbebetrieben (tags)	L_r [1)] in dB		35 [4)]	- [5)]
7	**Doppel- und Reihenhäuser**				
8	von Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam) [6]	L_{In} in dB(A)	nach DIN 4109	25 [2)3)]	20 [2)3)]
9	von sonstigen haustechnischen Anlagen	L_{AFmax} in dB		25 [3)]	20 [3)]
10	von baulich verbundenen Gewerbebetrieben (tags)	L_r [1)] in dB		30 [4)]	- [5)]
11	**Eigener Bereich** (selbst genutztes Haus oder Wohnung)				
12	von Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam) [6]	L_{In} in dB(A)	nach DIN 4109 Bbl. 2	30 [2)3)]	30 [2)3)]
13	von sonstigen haustechnischen Anlagen	L_{AFmax} in dB		30 [3)]	25 [3)]

1) nach TA-Lärm

2) Wenn Abwassergeräusche gesondert (ohne die zugehörigen Armaturengeräusche) auftreten, sind wegen der erhöhten Lästigkeit dieser Geräusche um 5 dB(A) niedrigere Werte einzuhalten.

3) Nutzergeräusche sollten durch Maßnahmen soweit wie möglich gemindert werden. Wegen fehlender Messverfahren werden jedoch keine Kennwerte angegeben.

4) L_{AFmax} höchstens 10 dB(A) höher

5) In Schallschutzstufe III (SSt III) ist in der Regel gewerbliche Nutzung störungsfrei nicht möglich.

6) Ohne die Geräusche der Anlagen im eigenen Bereich

5.3.5 Anforderungen für Wohnungen nach VDI 4100 (10.2012)

Schallschutzstufen

Hinweis 1: Die Schallschutzstufen (SSt) nach VDI 4100 (08.2007) entsprechen *nicht* den SSt der VDI 4100 (10.2012).

Hinweis 2: Das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w der entsprechenden Bauteile ergibt sich bei $T_0 = 0{,}5$ s aus der Empfehlung der Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ und der Geometrie des Empfangsraums gemäß Abschnitt 7.3.6.

Tabelle 5.3.5-1 Wahrnehmung üblicher Geräusche aus Nachbarwohnungen und Zuordnung zu den drei Schallschutzstufen (SSt) in Mehrfamilienhäusern nach VDI 4100 (10.2012)

	1	2	3	4
1	Art der Geräuschemission	Wahrnehmung der Immission aus der Nachbarwohnung [1)]		
2		SSt I	SSt II	SSt III
3	laute Sprache	undeutlich verstehbar	kaum verstehbar	im Allgemeinen nicht verstehbar
4	Sprache mit angehobener Sprechweise	im Allgemeinen kaum verstehbar	in Allgemeinen nicht verstehbar	nicht verstehbar
5	Sprache mit normaler Sprechweise	im Allgemeinen nicht verstehbar	nicht verstehbar	nicht hörbar
6	sehr laute Musikpartys	sehr deutlich hörbar	deutlich hörbar	noch hörbar
7	laute Musik, laut eingestellte Geräte	deutlich hörbar	noch hörbar	kaum hörbar
8	Musik mit normaler Lautstärke	noch hörbar	kaum hörbar	nicht hörbar
9	spielende Kinder	hörbar	noch hörbar	kaum hörbar
10	Gehgeräusche	im Allgemeinen kaum störend	im Allgemeinen nicht störend	nicht störend
11	Nutzergeräusche	hörbar	noch hörbar	im Allgemeinen nicht hörbar
12	Geräusche aus haustechnischen Anlagen	unzumutbare Belästigungen werden im Allgem. vermieden	im Allgemeinen nicht störend	nicht oder nur selten störend
13	Haushaltsgeräte	noch hörbar	kaum hörbar	im Allgemeinen nicht hörbar

[1)] Annahme: abendlicher Grundgeräuschpegel von 20 dB(A) und üblich große Aufenthaltsräume.

Tabelle 5.3.5-2 Zuordnung der Schallschutzstufen I bis III zu Wohnungen mit unterschiedlichen Komfortansprüchen nach VDI 4100 (10.2012)

	1	2
1	Schallschutzstufe	Erwartung
2	I	… bei (neu erstellter) Wohnung, bei welcher die Ausführung und Ausstattung gegenüber einer einfachsten Ausführung und Ausstattung angehoben ist.
3	II	… bei Wohnung, die auch in ihrer sonstigen Ausführung und Ausstattung durchschnittlichen Komfortansprüchen genügt.
4	III	… bei Wohnung, die auch in ihrer sonstigen Ausführung und Ausstattung sowie Lage besonderen Komfortansprüchen genügt.
5	EB I	… an einen gewissen Schallschutz auch im eigenen Bereich.
6	EB II	… an einen höheren Schallschutz auch im eigenen Bereich.

Schallschutz gegen Außenlärm

Die Kennwerte der Schallschutzstufen I und II für die Außenschalldämmung entsprechen den Anforderungen der DIN 4109 und dem Abschnitt 5.2.1 zu entnehmen, die Kennwerte der Schallschutzstufe III sind höher und in Tabelle 5.3.5-3 aufgeführt.

Tabelle 5.3.5-3 Kennwerte für das bewertete, resultierende Luftschalldämm-Maß bzw. die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz von Außenbauteilen nach VDI 4100 (10.2012) für Schallschutzstufe **(SSt) III**

	1	2	3	4
1	Lärmpegel-bereich	Maß-geblicher Außenlärm-pegel in dB(A)	Raumarten [1]	
			schutzbedürftige Räume von Wohnungen in Mehrfamilienhäusern	schutzbedürftige Räume von Doppel- und Reihenhäusern
			erforderliche, resultierende Luftschalldämm-Maß von Außenbauteilen *res.* R'_w (*res.* $D_{nT,w}$ [2]) in dB	
2	I	≤ 55	35	35
3	II	56 bis 60	35	35
4	III	61 bis 65	40	40
5	IV	66 bis 70	45	45
6	V	71 bis 75	50	50
7	VI	75 bis 80	55	55
8	VII	> 80	–[3]	–[3]

[1] Schutzbedürftige Räume in Wohnungen sind alle Aufenthaltsräume mit einer Grundfläche ≥ 8 m²

[2] ohne Raumkorrektur nach Tab. 5.3.5-4

[3] Die Anforderungen sind hier aufgrund der örtlichen Gegebenheiten festzulegen.

Tabelle 5.3.5-4 Korrekturwert für das erforderliche bewertete, resultierende Luftschalldämmmaß von Außenbauteilen nach Tab. 5.3.5-3 in Abhängigkeit des Verhältnisses $S_{(W+F)}/S_G$ nach DIN 4109

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	$S_{(W+F)} / S_G$	2,5	2,0	1,6	1,3	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4
2	Korrekturwert	+ 5	+ 4	+ 3	+ 2	+ 1	0	- 1	- 2	- 3
3	Darin sind: $S_{(W+F)}$ Gesamtfläche des Außenbauteils eines Aufenthaltsraumes in m² S_G Grundfläche des Aufenthaltsraumes in m²									

Luftschallschutz

Tabelle 5.3.5-5 Kennwerte für die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz zur Beurteilung des Luftschallschutzes nach VDI 4100 (10.2012)

	1	2	3	4
1	Bauteile	erforderliche bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $erf\ D_{nT,w}$ in dB		
2		SSt I	SSt II	SSt III
3	**Wohnungen in Mehrfamilienhäusern**			
4	Wände und Decken zwischen fremden Räumen	≥ 56	≥ 59	≥ 64
5	zwischen Aufenthaltsräumen und Treppenraumwand mit Tür	≥ 45	≥ 50	≥ 55
6	**Doppel- und Reihenhäuser**			
7	zwischen Aufenthaltsräumen und fremden Räumen	≥ 65	≥ 69	≥ 73
8	**Eigener Bereich** (selbst genutztes Haus oder Wohnung)		SSt EB I	SSt EB II
9	horizontale (Wände ohne Türen) und vertikale Übertragung		48	52
10	bei offenen Grundrissen Wand mit Tür zum getrennten Raum		26	31

Trittschallschutz

Tabelle 5.3.5-6 Kennwerte für den bewerteten Norm-Trittschallpegel zur Beurteilung des Trittschallschutzes nach VDI 4100 (10.2012)

	1	2	3	4	5
1	Bauteile	erforderlicher bewerteter Norm-Trittschallpegel $erf\,L'_{nT,w}$ in dB			Bemerkungen
2		SSt I	SSt II	SSt III	
3	**Wohnungen in Mehrfamilienhäusern**				
4	horizontale, vertikale oder diagonale Übertragung	≤ 51	≤ 44	≤ 37	gilt auch für die Trittschall-übertragung von Balkonen, Loggiene, Laubengängen und Terrassen in fremde schutzbedürftige Räume
5	**Doppel- und Reihenhäuser**				
6	horizontale oder diagonale Übertragung	≤ 46	≤ 39	≤ 32	gilt auch für die Trittschall-übertragung von Balkonen, Loggiene, Laubengängen und Terrassen in fremde schutzbedürftige Räume
7	**Eigener Bereich** (selbst genutztes Haus oder Wohnung)		SSt EB I	SSt EB II	
8	Decken, Treppen im abgetrennten Treppenraum [1)]		53	46	

[1)] oben und unten abgeschlossen

Schallschutz vor Geräuschen aus haustechnischen Anlagen

Tabelle 5.3.5-7 Maximal zulässige Schalldruckpegel in fremden schutzbedürftigen Räumen, erzeugt von haustechnischen Anlagen und baulich mit dem Gebäude verbundenen Betrieben nach VDI 4100 (10.2012)

	1	2	3	4	5
1	Geräusche		max. zulässige Schalldruckpegel		
2			SSt I	SSt II	SSt III
3	**Wohnungen in Mehrfamilienhäusern**				
4	aus gebäudetechnischen Anlagen (einschließlich Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam)	$L_{AFmax,nT}$ [1)] in dB	≤ 30	≤ 27	≤ 24
5	**Doppel- und Einfamilien-Reihenhäuser**				
6	aus gebäudetechnische Anlagen (einschließlich Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam)	$L_{AFmax,nT}$ [1)] in dB	≤ 30	≤ 25	≤ 22
7	**Eigener Bereich** (selbst genutztes Haus oder Wohnung)			SSt EB I	SSt EB II
8	aus gebäudetechnische Anlagen einschließlich Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam für die Ver- und Entsorgung des eigenen Bereichs	$L_{AFmax,nT}$ [2)3)] in dB		35	30

1) Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim Betätigen (Öffnen; Schließen, Umstellen, Unterbrechen u. Ä.) der Armaturen und Geräte der Wasserinstallation entstehen, sollen die Kennwerte der SSt II und SSt III um nicht mehr als 10 dB übersteigen. Dabei wird eine bestimmungsgemäße Benutzung vorausgesetzt.

2) Dies gilt nicht für Geräusche von im eigenen Bereich fest installierten technischen Schallquellen (Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlagen), die – im üblichen Betrieb – vom Bewohner beeinflusst, das heißt. selbst betätigt bzw. in Betrieb gesetzt werden. Bei offenen Grundrissen kann nicht sichergestellt werden, dass im schutzbedürftigen Raum $L_{AFmax,nT}$ = 35 dB eingehalten werden.

3) Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim Betätigen (Öffnen; Schließen, Umstellen, Unterbrechen u. Ä.) der Armaturen und Geräte der Wasserinstallation entstehen, sollen die empfohlenen Schallschutzwerte der SSt EB I und SSt EB II um nicht mehr als 10 dB übersteigen. Dabei wird eine bestimmungsgemäße Benutzung vorausgesetzt.

5.3.6 DEGA-Empfehlungen 103

Der Begriff „Wohneinheit“ wird in der DEGA-Empfehlung 103 vom Januar 2018 [35] als allgemein übergreifender Begriff für Wohnungen in Mehrgeschosshäusern sowie für Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser verwendet. Der Schallschutz in diesen Wohneinheiten wird anhand der Schallschutzklassen A* bis F bzw. EW 1 bis EW 3 für den eigenen Wohnbereich klassifiziert und ist in Tab. 5.3.6-3 beschrieben.

Die Schallschutzklassen werden hinsichtlich des Standortes und der Außenlärmsituation gemäß Tab. 5.3.6-1 charakterisiert. Die maßgebliche Außenlärmbelastung für das Gebäude durch Straßen-, Schienen-, Wasser- und Luftverkehr, Gewerbe und Freizeitlärm wird nach DIN 4109-1 ermittelt.

Tabelle 5.3.6-1 Charakterisierung der Schallschutzstufen A* bis F hinsichtlich des Standortes und der Außenlärmsituation nach DEGA-Richtlinie 103 [35]

	1	2
1	Schallschutz-klasse	Beschreibung
2	Klasse A*	Sehr leises Wohngebiet
3	Klasse A	Ruhiges Wohngebiet
4	Klasse B	Wohngebiet ohne besondere Anforderungen an den Schallschutz der Außenbauteile
5	Klasse C	Misch- bzw. Kerngebiet mit mäßiger Außenlärmbelastung und Anforderungen an den Schallschutz der Außenbauteile
6	Klasse D	Misch- bzw. Kerngebiet mit hohen Anforderungen an den Schallschutz der Außenbauteile.
7	Klasse E	Gewerbegebiet oder hohe Außenlärmbelastung und sehr hohe Anforderungen an den Schallschutz der Außenbauteile.
8	Klasse F	Industriegebiet oder sehr hohe Außenlärmbelastung und sehr hohe Anforderungen an den Schallschutz der Außenbauteile.

Tabelle 5.3.6-2 Maßgeblicher Außenlärmpegel, Anforderungen an die Außenbauteile und Gebietscharakter nach DEGA-Empfehlung 103 [35]

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		Schallschutzklasse						
2		F	E	D	C	B	A	A*
3	mindestens vorhandener Gebietscharakter	**GI** (Industrie-gebiet)	**GE/MU** (Gewerbe-/ urbanes Gebiet)	**MI/WB** (Misch-, besonderes Wohngebiet)		**WA** (allgemeines Wohngebiet)		**WR** (reines Wohngebiet)
4	Lärmpegelbereich	VI	V	IV	III	II	I	
5	Außenlärmpegel L_a in dB(A)	≥ 76	71 - 75	66 - 70	61 - 65	56 - 60	≤ 55	
6	Luftschalldämmung Außenbauteile $R'_{w,ges}$ in dB	–	–	wie DIN 4109-1				
7				+ 0 dB				+ $C_{tr,50\text{-}3150}$

Tabelle 5.3.6-3 Zuordnung der Schallschutzstufen A* bis F bei üblicher Wohnungsnutzung einschließlich EW1 bis EW3 im eigenen Wohnbereich nach DEGA-Richtlinie 103 [35]

	1	2
1	Schallschutz-klasse	Beschreibung
2	Klasse A*	Wohneinheit mit sehr gutem Schallschutz, die ein ungestörtes Wohnen nahezu ohne Rücksichtnahme gegenüber den Nachbarn ermöglicht.
3	Klasse A	Wohneinheit mit sehr gutem Schallschutz, die ein ungestörtes Wohnen ohne große Rücksichtnahme gegenüber den Nachbarn ermöglicht.
4	Klasse B	Wohneinheit mit gutem Schallschutz, die bei gegenseitiger Rücksichtnahme zwischen den Nachbarn ein ruhiges Wohnen bei weitgehendem Schutz der Privatsphäre ermöglicht.
5	Klasse C	Wohneinheit mit gegenüber der Klasse D wahrnehmbar besserem Schall-schutz, in der die Bewohner bei üblichem rücksichtsvollen Wohnverhalten im allgemeinen Ruhe finden und die Vertraulichkeit gewahrt bleibt.
6	Klasse D	Wohneinheit mit einem Schallschutz, der die Anforderungen der DIN 4109-1 für Geschosshäuser mit Wohnungen und Arbeitsräumen im Wesentlichen erfüllt und damit die Bewohner in Aufenthaltsräumen im Sinne des Gesundheitsschutzes vor unzumutbaren Belästigungen durch Schallübertragung aus fremden Wohneinheiten und von außen schützt. Es kann nicht erwartet werden, dass Geräusche aus fremden Wohneinheiten oder von außen nicht mehr wahrgenommen werden. Dies erfordert gegenseitige Rücksichtnahme durch Vermeidung unnötigen Lärms. Die Anforderungen setzen voraus, dass in benachbarten Räumen keine ungewöhnlich starken Geräusche verursacht werden.
7	Klasse E	Wohneinheit mit einem Schallschutz, der die Anforderungen der DIN 4109-1 nicht erfüllt. Belästigungen durch Schallübertragung aus fremden Wohneinheiten und von außen sind möglich; besondere Rücksichtnahme ist unbedingt erforderlich. Die Vertraulichkeit ist nicht mehr gegeben.
8	Klasse F	Wohneinheit mit einem schlechten Schallschutz, der deutlich unter den Anforderungen der DIN 4109-1 liegt. Mit Belästigungen durch Schallüber-tragung aus fremden Wohneinheiten und von außen muss auch bei bewusster Rücksichtnahme gerechnet werden; Vertraulichkeit kann nicht erwartet werden.
9	Klasse EW1	Schallschutz im eigenen Wohnbereich, bei welchem Vertraulichkeit nicht erwartet werden kann.
10	Klasse EW2	Schallschutz im eigenen Wohnbereich, bei welchem ein Mindestmaß an Vertraulichkeit gewährleistet werden kann und erhebliche Störungen vermieden werden.
11	Klasse EW3	Schallschutz im eigenen Wohnbereich, bei welchem Vertraulichkeit gewährleistet werden kann und Störungen vermieden werden.

Tabelle 5.3.6-4 Definition der Schallschutzstufen A* bis F anhand der Wahrnehmung üblicher Geräusche aus Nachbarwohnungen nach DEGA-Richtlinie 103 [35]

	1	2	3	4	5	6	7	8
	Geräusch	Schallschutzklasse						
		F	E	D	C	B	A	A*
3	laute Sprache	einwandfrei zu verstehen, sehr deutlich hörbar		einwandfrei verstehbar, deutlich hörbar	teilweise zu verstehen, im Allg. hörbar	im Allg. nicht verstehbar, teilweise hörbar	nicht verstehbar, noch hörbar	nicht verstehbar, nicht hörbar
4	angehobene Sprache	einwandfrei verstehbar, sehr deutlich hörbar	einwandfrei verstehbar, deutlich hörbar	teilweise verstehbar, im Allg. hörbar	im Allg. nicht verstehbar, teilweise hörbar	nicht verstehbar, noch hörbar	nicht verstehbar, nicht hörbar	
5	normale Sprache	einwandfrei verstehbar, deutlich hörbar	teilweise verstehbar, im Allg. hörbar	im Allg. nicht verstehbar, teilweise hörbar	nicht verstehbar, noch hörbar	nicht verstehbar, nicht hörbar		
6	sehr laute Musik	sehr deutlich hörbar					deutlich hörbar	hörbar
7	laute Musik	sehr deutlich hörbar				deutlich hörbar	hörbar	noch hörbar
8	normale Musik	sehr deutlich hörbar			deutlich hörbar	hörbar	noch hörbar	nicht hörbar
9	Wasserinstallationen, Urinieren	sehr deutlich hörbar	deutlich hörbar	hörbar	noch hörbar	nicht hörbar		
10	Betätigungsspitzen	sehr deutlich hörbar		deutlich hörbar	hörbar	noch hörbar	nicht hörbar	
11	Nutzergeräusche bei normaler Handhabung	sehr deutlich hörbar		deutlich hörbar	hörbar	noch hörbar	nicht hörbar	
12	Gehgeräusche	sehr deutlich hörbar		deutlich hörbar	hörbar	noch hörbar	nicht hörbar	
13	spielende Kinder	sehr deutlich hörbar			deutlich hörbar	hörbar	noch hörbar	nicht hörbar
14	Haushaltsgeräte	sehr deutlich hörbar			deutlich hörbar	hörbar	noch hörbar	nicht hörbar

Bedingungen für die Gültigkeit der Beschreibungen:

1. Nachhallzeit im Empfangsraum T = 0,5 s (bzw. Absorptionsfläche A = 10 m^2) und übliches Volumen des Empfangraums von 30 bis 60 m^3
2. Übertragungsfläche wie zwischen üblichen Wohn- bzw. Schlafräumen von 10 bis 15 m^2
3. stetiger Frequenzverlauf der Schalldämmung/Trittschallpegel ohne auffällige Einbrüche
4. Grundgeräuschpegel von L_{eq} = 20 dB(A) sowie zeitliche und spektrale Verteilung entsprechend Rosa Rauschen

Die in den nachfolgenden Tabellen angegebenen Kennwerte gelten jeweils unabhängig von der Übertragungsrichtung (horizontal, vertikal oder diagonal) und der Art des trennenden Bauteilen; im Hinblick auf den Luftschall sind dies Wände und Decken, im Hinblick auf den Trittschall Decken, Treppen, Podeste, Terrassen, Balkone, Loggien, Hausflure und Laubengänge.

Tabelle 5.3.6-5 Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung zwischen fremden Wohneinheiten nach DEGA-Empfehlung 103 [35]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Bauteile			Schallschutzklasse						
2				F	E	D	C	B	A	A*
3	**Luftschall**									
4	Wände [1]	R'_w	dB	< 50	≥ 50	≥ 53	≥ 56	≥ 62	≥ 67	≥ 72
5	Decken [1]	R'_w	dB	< 50	≥ 50	≥ 54	≥ 57	≥ 62	≥ 67	≥ 72
6	Wohnungseingangstüren in Flure oder Dielen [2]	R_w	dB	< 22	≥ 22	≥ 27	≥ 32	≥ 37	≥ 40	
7	Wohnungseingangstüren direkt in Aufenthaltsräume [2]	R_w	dB	< 32	≥ 32	≥ 37	≥ 42	nicht zulässig		
8	**Trittschall**									
9	Decken	$L'_{n,w}$	dB	> 60 [3]	≤ 60 [3]	≤ 50	≤ 45 [3]	≤ 40 [3]	≤ 35	≤ 30
10	Balkone, Loggien, Terrassen	$L'_{n,w}$	dB	> 63 [3]	≤ 63 [3]	≤ 50 [4]	≤ 48 [3]	≤ 43 [3]	≤ 38	≤ 33
11	Treppen, Podeste, Hausflure, Laubengänge	$L'_{n,w}$	dB	> 63 [3]	≤ 63 [3]	≤ 53 [5]	≤ 48 [3]	≤ 43 [3]	≤ 38	≤ 33

[1] Bei Trennflächen von weniger als 10 m² ist der Nachweis über D_{nw} zu führen.

[2] Die Anforderung an die Türen gilt für die Schallübertragung über die betriebsfertig eingebaute Tür ohne Nebenwege.

[3] Bei geprüftem ΔL_w ist ein austauschbarer Bodenbelag anrechenbar.

[4] Bei Balkonen Anforderung $L'_{n,w} \leq 58$ dB;

[5] Bei Hausfluren Anforderung $L'_{n,w} \leq 50$ dB

Tabelle 5.3.6-6 Empfehlungen für das A/V-Verhältnis[1] in allgemein zugänglichen Treppenhäusern und Fluren von mehrgeschossigen Wohngebäuden nach DEGA-Empfehlung 103

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		Schallschutzklasse						
2		F	E	D	C	B	A	A*
3	A/V-Verhältnis [1] (äquivalente Schallabsorptionsfläche / Volumen)	keine Maßnahmen			≥ 0,10		≥ 0,20 oder kein gemeinsames Treppenhaus	

[1] Ein A/V-Verhältnis (äquivalente Schallabsorptionsfläche / Volumen) von 0,10 führt in der Regel zu einer Nachhallzeit von ca. 1,4 bis 1,8 s. Die akustischen Absorptionsflächen bzw. baulichen Maßnahmen sind über alle Geschosse möglichst gleichmäßig zu verteilen.

Tabelle 5.3.6-7 Anforderungen an Geräusche aus Wasseristallationen, gebäudetechnischen Anlagen und Gewerbebetrieben nach DEGA-Empfehlung 103 [35]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Geräusche			Schallschutzklasse						
2				F	E	D	C	B	A	A*
3	Geräusche aus Wasserinstallationen u. gebäudetechnischen Anlagen, [1) 2)] Nutzergeräusch Urinieren		$L_{AF,max,n}$ in dB(A)	> 35	≤ 35	≤ 30	≤ 27	≤ 24	≤ 20	
3	Nutzergeräusche [2) 4)]		$L_{AF,max,n}$ in dB(A)	> 45	≤ 45	≤ 40	≤ 35	≤ 30	≤ 25	≤ 20
3	Körperschallentkopplung Kleinhammerwerk [4)]		$L_{Kn,w}$ in dB(A)	> 63	≤ 63	≤ 58	≤ 53	≤ 48	≤ 43	≤ 38
4	Geräusche [3)] aus Gaststätten, Betrieben, Praxen u.a.	tags	L_r $L_{AF,max,n}$ in dB(A)	> 35 > 45	≤ 35 ≤ 45	≤ 30 ≤ 40	≤ 25 ≤ 35	≤ 25 ≤ 35	nicht zulässig	
5		nachts	L_r $L_{AF,max,n}$ in dB(A)	> 25 > 35	≤ 25 ≤ 35	≤ 20 ≤ 30	≤ 15 ≤ 25	≤ 15 ≤ 25	nicht zulässig	

1) Wenn keine tieffrequenten Geräuschanteile vorliegen (d.h., wenn die Differenz der C- und A-bewerteten Summenpegel gemäß DIN 45 680 kleiner als 20 dB ist), werden im Schallschutzausweis Bonuspunkte vergeben. Die Anf. gelten auch für Heizungs- und Lüftungsanlagen im eigenen Bereich.

2) Beim messtechn. Nachweis kann alternativ für die Bewertung auch $L_{AF,max,nT}$ verwendet werden.

3) Die Werte der Klasse F überschreiten die Immissionswerte der TA-Lärm.

4) Erläuterungen siehe Tab. 5.3.6-8 bzw. Anhang V.2 der DEGA-Empfehlung 103.

Tabelle 5.3.6-8 Orientierende Planungshinweise zur Eingruppierung für die zu erwartenden Nutzergeräusche bzw. für die Körperschallentkopplung in Abhängigkeit der einzelnen Klassen nach DEGA-Empfehlung 103/V2 [35]

	1	2	3	4	5	6	7
1	Schallschutzklasse						
2	F	E	D	C	B	A	A*
3	keine besonderen Maßnahmen	Planungshinweise der DIN 4109	wie E und sorgfältige Körperschallentkopplung aller Bauteile	wie D und zusätzlich alle Vorwandinstallationen in Trockenbauweise erstellt	zweischalige Bauweise erforderlich	zweischalige Bauweise mit hoher Schalldämmung erforderlich	wie A

5.3.7 DEGA-Memorandum BR 0104

Zum Schallschutz gegen Geräusche aus dem eigenen Wohn- und Arbeitsbereich gemäß des DEGA-Memorandum BR 0104 [36] werden Kennwerte in Tab. 5.3.7-1 gegeben. Der Schallschutz hängt im Wesentlichen von der Ausführung der Türen und dem Lüftungskonzept ab, sowie von der Grundrissgestaltung (offene oder geschlossene Variante).

Tabelle 5.3.7-1 Kennwerte für den Schallschutz im eigenen Wohnbereich nach DEGA-Memorandum BR 0104 [36]

	1	2	3	4	5
1	Bauteile		Schallschutzklasse gemäß Tab. 5.3.7-2		
2			EW1	EW2	EW3
3	**Luftschall**				
4	Wände ohne Türen von schützenswerten Räumen, z.B. Schlaf- und Kinderzimmer [2)]	R'_w in dB	≥ 40	≥ 43	≥ 47
5	Decken innerhalb einer Wohneinheit	R'_w in dB	≥ 48	≥ 51	≥ 55
6	Zimmertüren in/von schützenswerten Räumen, z. B. Schlaf- oder Kinderzimmer – offener Grundriss [1)] – geschlossener Grundriss [1)]	R_w in dB	 ≥ 22 ≥ 17	 ≥ 27 ≥ 22	 ≥ 32 ≥ 27
7	**Trittschall**				
8	Decken vertikal und Treppen innerhalb einer Wohneinheit [3)]	$L'_{n,w}$ in dB	≤ 58	≤ 53	≤ 46
9	**Geräusche**				
10	Geräusche aus Wasserinstallationen	$L_{AF,max,n}$ in dB(A)	≤ 35	≤ 30	≤ 25
11	Geräusche aus Heizungs- und Lüftungsanlagen	$L_{AF,max,n}$ in dB(A)	≤ 30	≤ 25	≤ 25

1) Bei geschlossenen Grundrissen sind wegen der zwei hintereinander liegenden Türen geringere Schalldämm-Maße für die Einzeltür angegeben als bei offenen Grundrissen.

2) Wände mit Türen dürfen ein 5 dB geringeres Schalldämm-Maß (für die Wand) aufweisen

3) Weichfedernde Bodenbeläge dürfen angerechnet werden.

Tabelle 5.3.7-2 Erläuterungen der Schallschutzklassen im eigenen Wohnbereich nach DEGA-Memorandum BR 0104 [36]

	1	2
1	Schallschutz-klasse	Beschreibung
2	Klasse EW1	Ausreichender und mindestens empfohlener Schallschutz für den eigenen Bereich, der im Allgemeinen akzeptiert wird. Geräusche aus dem eigenen Bereich sind deutlich hörbar.
3	Klasse EW2	Befriedigender Schallschutz für den eigenen Bereich mit guter Akzeptanz bei höheren Erwartungen an den Schallschutz innerhalb des eigenen Wohnbereichs. Geräusche aus dem eigenen Bereich sind hörbar.
4	Klasse EW3	Guter Schallschutz für den eigenen Bereich mit hoher Zufriedenheit. Geräusche aus dem eigenen Bereich sind nur noch teilweise hörbar.

Ein offener Grundriss dann gegeben, wenn die Schallübertragung über ein Trennbauteil mit eingebauter Tür stattfindet, ohne dass ein Flur oder eine Diele zwischengeschaltet ist. Ein Beispiel ist in Bild 5.3.7-1 gegeben.

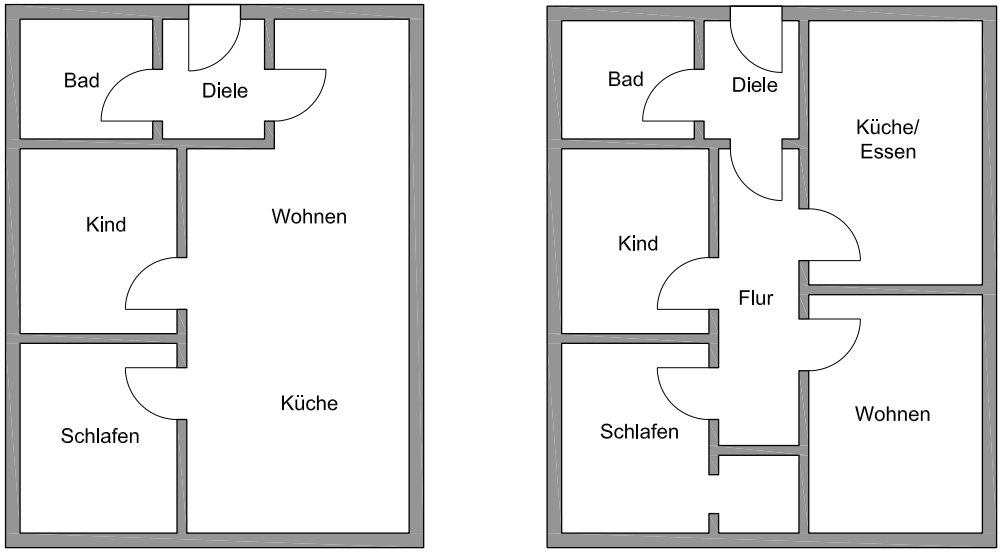


Bild 5.3.7-1 Beispiele für eine offene (links) und geschlossene (rechts) Grundrissgestaltung

Planungshinweise:

- Offene Grundrisse sollten vermieden werden, wenn ein gewisser Schallschutz im eigenen Wohnbereich gewünscht wird.
- Bei kontrollierter Wohnraumlüftung und Lüftungskonzepten mit Überstromöffnungen sind ggf. Schalldämpfer erforderlich.
- Um mit Türen ein Schalldämm-Maß von 27 dB zu erreichen, müssen die Türen eine umlaufende Dichtungsebene (Bodenfuge: z.B. Absenkdichtung) aufweisen.
- Bei der Auswahl der Qualitätsstufen ist zu berücksichtigen, dass die Belästigung durch Geräusche innerhalb der Wohnung zunimmt, je ruhiger das Umgebungsgeräusch bzw. je höher die Schalldämmung der Außenbauteile des Gebäude sind.
- Nutzergeräusche weisen auch im eigenen Bereich ein sehr hohes Störpotenzial auf und sollten deshalb durch bauliche Maßnahmen reduziert werden. Die Orientierungswerte gemäß Schallschutzklasse D der Tabelle 5.3.6-7 sollten angestrebt werden, der Anhang V.2 der DEGA-Empfehlung 103 enthält hierzu weitere Hinweise.

5.3.8 Empfehlungen an den Schallschutz bei Büros nach VDI 2569

Tabelle 5.3.8-1 Wesentliche vorkommenden Schall- und Geräuschquellen in Bürogebäuden nach VDI 2569

	1	2
1	Schall- und Geräuschquelle	Beispiel
2	Personen	- Stimmen bei Gesprächen zwischen Personen, bei Telefonaten und Sprachsteuerung - Bewegung - erzeugte Arbeitsgeräusche
3	Informationsmedien	- Telefonklingeln - Lüftergeräusche von PC, Servern und sonstigen Bürogeräten - Vervielfältigungsgeräte wie Drucker, Kopierer etc.
4	Außengeräusche	- Verkehrslärm (Straße, Schiene, Wasser, Luft) - Lärm aus Gewerbe- und Industriebetrieben
5	Fremde und eigene geräuschintensive Gewerbeeinheiten im selben Gebäude	
6	Gebäudetechnische Anlagen	- Lüftungs-/Heizungsanlagen - Aufzüge - Türen

Tabelle 5.3.8-2 Wahrnehmung der Geräusche aus benachbarten Räumen nach VDI 2569

	1	2	3
1	Schallschutz-Klasse	Einzelbüro / Mehrpersonenbüro	Vertrauliches Büro
2	**A**	normale Sprache im Allgemeinen nicht verstehbar	angehobene Sprache im Allgemeinen nicht verstehbar
3	**B**	normale Sprache teilweise verstehbar	angehobene Sprache im Allgemeinen kaum verstehbar
4	**C**	normale Sprache verstehbar	

Tabelle 5.3.8-3 Empfehlungen für den Luft- und Trittschallschutz im eigenen Arbeitsbereich nach VDI 2569

	1	2	3	4	5
1	Schallübertragung		Schallschutz-Klasse [1]		
2			**A**	**B**	**C**
3	**Luftschall**				
4	zwischen Einzelbüros	$D_{nT,w}$ in dB	≥ 42	≥ 37	≥ 32
5	zwischen Mehrpersonenbüros		≥ 37	≥ 32	≥ 27
6	zum vertraulichen Büro		≥ 50	≥ 45	
7	zwischen Einzelbüro und gering frequentierten Verkehrsflächen [2),3)]		≥ 37	≥ 32	≥ 27
8	zwischen Einzelbüro und hoch frequentierten Verkehrsflächen [2),3)]		≥ 42	≥ 37	≥ 32
9	Mehrpersonenbüro gegenüber Verkehrsflächen [2),3)]		≥ 37	≥ 32	≥ 27
10	vertrauliches Büro gegenüber Verkehrsflächen [2),3)]		≥ 45	≥ 40	
11	**Trittschall** aus Verkehrswegen und sonstigen Bereichen				
12	Einzelbüro	$L'_{nT,w}$ in dB	≤ 55	≤ 60	≤ 65
13	Mehrpersonenbüro				
14	vertrauliches Büro				

[1)] Besprechungsräume sind sinngemäß einzuordnen.

[2)] Bei transparenten Wänden sind gegebenenfalls geringere Werte ausreichend, da eine Sichtverbindung gegeben ist.

[3)] Die angegebenen Empfehlungen beziehen sich auf alle Schallübertragungswege inklusive Türen.

Tabelle 5.3.8-4 Empfehlungen für maximale Schalldruckpegel aus Störgeräuschen

	1	2	3	4	5
1	Schallübertragung		Schallschutz-Klasse		
2			A	B	C
3	**Störschall**				
4	im Einzelbüro aus angrenzendem „lauten Raum“	L_{NA} in dB	≤ 25	≤ 30	≤ 35
5	im Mehrpersonenbüro aus angrenzendem „lauten Raum“		≤ 30	≤ 35	
6	im Einzelbüro aus bauseitigen Geräuschen und Außenlärm	$L_{NA,Bau}$ in dB	≤ 30	≤ 35	≤ 40
7	im Mehrpersonenbüro aus bauseitigen Geräuschen und Außenlärm		≤ 35	≤ 40	

5.3.9 Anforderungen bei Gaststätten und Kegelbahnen nach VDI 3726

Tabelle 5.3.9-1 Mindest-Schallschutz-Anforderungen[4)] zu schutzbedürftigen Räumen bei Geräuschen aus Gaststätten und Kegelräumen nach VDI 3726

	1	2	3	4
1	Gaststätten-kategorie nach Tab. 5.3.9-2	Mittelungspegel	mittlerer Maximalpegel	bewertetes Bau-Schalldämm-Maß der Decken und Wände
		L_{AFm} in dB(A)	$L_{AF,max,m}$ in dB(A)	R'_w in dB
2	Gaststätten			
3	G-I	-	≤ 80 (≤ 75)[1)]	55
4	G-II	≤ 80	≤ 85 (≤ 80)[1)]	62
5	G-III	≤ 90	≤ 95	72
6	G-IV	> 90	> 95	> 72 [3)]
7	Keglerstube	≤ 85	≤ 90	67
8	Kegelbahn			
9	Aufsetzen[2)] der Kugel (Spielbereich)	–	≤ 95	67
10	Aufprall [2)] der Kugel im Kegelbereich (Kugelfang)	–	≤ 105	> 72 [3)]

1) mittlerer Maximalpegel der Beschallungsanlage

2) gemessen im Bereich der Anregungsstelle

3) nur durch konsequente bauliche Trennung und/oder ausreichend bemessene Pufferzonen (z.B. Zwischengeschosse ohne Wohnnutzung) zu erreichen

4) ein erhöhter Schallschutz ist gesondert zu vereinbaren und zahlenmäßig festzulegen

Tabelle 5.3.9-2 Zusammenstellung von Begriffsdefinitionen nach VDI 3726

	1	2
1	Begriff	Definition
2	Gaststätten der Geräuschstufe I (G-I)	Tagescafés, Imbiß-Stuben einschließlich deren Nebenräume (Beschallungsanlagen mit Begrenzung der mittleren Maximalpegel auf 75 dB(A); geöffnet bis maximal 22.00 Uhr
3	Gaststätten der Geräuschstufe II (G-II)	Gaststätten und Spielhallen (Beschallungsanlagen mit Begrenzung der mittleren Maximalpegel auf 80 dB(A); geöffnet auch nach 22.00 Uhr
4	Gaststätten der Geräuschstufe III (G-III)	Gaststätten (Beschallungsanlagen mit Begrenzung der mittleren Maximalpegel auf 95 dB(A); geöffnet auch nach 22.00 Uhr
5	Gaststätten der Geräuschstufe IV (G-IV)	Gaststätten, z.B. Tanzlokale mit Musikkapellen, Diskos, Varietés (Beschallungsanlagen mit mittl. Maximalpegel größer als 95 dB(A)
6	Kegelbahn	jede Art von Kegel- oder Bowlingbahnen

5.3.10 MVV TB - Bauordnungsrechtliche Umsetzung

Technische Baubestimmungen

Aufgrund der föderalen Zuständigkeiten werden in Deutschland die Planung, Bemessung und Ausführung von Bauwerken und die Verwendung von Bauprodukten in den Landesbauordnungen geregelt. Diese enthalten allgemeine und materielle Anforderungen sowie Verfahrensregeln. Für das Weitere verweisen sie auf die Technischen Baubestimmungen. Diese konkretisieren die allgemeinen Anforderungen der Bauordnungen – zum Beispiel durch Inbezugnahme einschlägiger technischer Regeln.

In Deutschland gibt es 16 Landesbauordnungen, die sich an einem gemeinsamen Muster – der Musterbauordnung – orientieren. Die Musterbauordnung [37] wurde 2019 geändert (MBO 2019).

Im Zuge der Novellierung wurden die technischen Regeln für die Planung, Bemessung und Ausführung von Bauwerken und für Bauprodukte in einem Dokument zusammengeführt, und zwar in der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) [38]:

- **Teile A** und **B** der MVV TB enthalten im Wesentlichen Vorschriften für die Planung, Bemessung und Ausführung von Bauwerken.
- In **Teil C** sind die Regelungen für die Verwendung von Bauprodukten zusammengestellt, die nicht die CE-Kennzeichnung nach Bauproduktenverordnung (Verordnung (EU) Nr. 305/2011) tragen. Zudem enthält dieser Teil Festlegungen zu Bauprodukten und Bauarten, für die ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis vorgesehen ist.
- **Teil D** bietet Informationen zu Bauprodukten, für die kein bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis erforderlich ist. Ferner enthält dieser Teil Regelungen zu freiwilligen Herstellerangaben in Bezug auf Wesentliche Merkmale harmonisierter Bauprodukte, die nicht von der CE-Kennzeichnung der zugrundeliegenden technischen Spezifikation erfasst sind.

Aber erst mit Einführung in den einzelnen Bundesländern wird die Anwendung der neuen Fassung der DIN 4109 öffentlich-rechtlich verbindlich. Inzwischen ist in fast allen Bundesländern die Normengruppe mit Einführung der MVV TB eingeführt worden, jedoch teilweise mit individuellen Vorgaben der jeweiligen landesspezifischen VV TB.

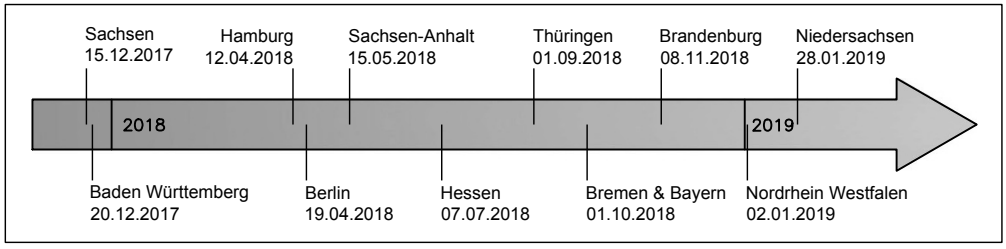


Bild 5.3.10-1 Stand der Umsetzung der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) in den Ländern nach [39] (Stand 15.08.2019)

Tabelle 5.3.10-1 Übersicht der einzelnen Kapitel und Inhalte der aktuellen Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) nach [39]

	1	2	3	4
1	Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB)			
2	Teil A	Teil B	Teil C	Teil D
3	Konkretisierung der Grundanforderungen an Bauwerke	Ergänzung zu Teil A für Bauteile und Sonderkonstruktionen	Regelungen zur Leistung von nicht harmonisierten Bauprodukten Bauprodukte und Bauarten, für die ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfungszeugnis als bauaufsichtlicher Verwendungsnachweis vorgesehen ist	Produkte, für die kein Verwendbarkeitsnachweis notwendig ist
4	• Planungs-, Bemessungs- und Ausführungsnormen • Stufen und Klassen • fehlende wesentliche Merkmale • unzulässige Verwendungszwecke	• Planungs-, Bemessungs- und Ausführungsnormen • Stufen und Klassen • fehlende wesentliche Merkmale	• Produktnormen und weitere Anforderungen • Vorraussetzungen und Verfahren der Übereinstimmungsbestätigung • Angaben zu Bauprodukten und Bauarten, die lediglich ein abP [1] benötigen	• Nicht abschließende Liste von Bauprodukten, für die kein Verwendbarkeitsnachweis notwendig ist • Regelungen zur Technischen Dokumentation

[1] allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis

Auswirkung für "DIN 4109 - Schallschutz im Hochbau"

Im Januar 2018 ist die DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau" mit den beiden Teilen 1: *Mindestanforderungen* und Teil 2: *Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen* erschienen. Somit wurde nach fast 30 Jahren der Kernbereich der DIN 4109 neu aufgestellt.

Während sich die Anforderungen im Teil 1 der Norm nur unwesentlich gegenüber der Ausgabe aus dem Jahr 1989 geändert haben, sind die Änderungen im Teil 2 der Norm von erheblicher Bedeutung, hier wurden die erforderlichen Rechenverfahren für den Schallschutznachweis neu definiert. Diese neuen Berechnungsverfahren sind deutlich detaillierter und erhöhen den Aufwand für einen Schallschutznachweis. In einigen Bausituationen sind auch aufwendigere Bauteilkonstruktionen erforderlich.

In den im August 2017 veröffentlichten, überarbeiteten Musterverwaltungsvorschriften technische Baubestimmungen (MVV TB) [38] wurde nur der Teil 1 der DIN 4109 in den Hauptteil der MVVTB übernommen und als technisches Regelwerk für den baulichen Schallschutz vorgesehen. Im Weiteren wird gesagt: "Der schalltechnische Nachweis kann nach DIN 4109-2 in Verbindung mit DIN 4109-31 bis -36 geführt werden". Darüber hinaus wurde festgelegt, dass für Bauteile im Massivbau auch wie bisher das alte Berechnungsverfahren nach DIN 4109 (11.1989), Beiblatt 1 für den Schallschutznachweis angewendet werden darf. Dies führt neben anderer Festlegungen in der MVV TB bei der Anwendung, d.h., der Erstellung von Schallschutznachweisen für den bauaufsichtlichen Bereich, für unklare Verhältnisse.

Tabelle 5.3.10-2 Grundlegende Struktur der Normengruppe DIN 4109 (07.2016)

	1	2	3	4
1	Normenteil	Inhalt	Spezifikation	Normenstand
2	DIN 4109-1	Mindestanforderungen		01.2018
3	DIN 4109-2	rechnerische Nachweisführung		01.2018
4	DIN 4109-4	bauakustische Prüfungen		07.2016
5	Beiblatt 2 DIN 4109-5 (E)	erhöhter Schallschutz		11.1989 05.2019
6	DIN 4109-31	Daten für rechnerischen Nachweis → Bauteilkataloge	Rahmendokument	07.2016
7	DIN 4109-32		Massivbau	07.2016
8	DIN 4109-33		Holz-, Leicht- und Trockenbau	07.2016
9	DIN 4109-34		Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen	10.2018
10	DIN 4109-34/A1		Ergänzung: Wärmedämm-verbundsysteme	12.2019
11	DIN 4109-35		Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden	10.2018
12	DIN 4109-35/A1		Ergänzung: Vorhangfassaden	12.2019
13	DIN 4109-36		Gebäudetechnische Anlagen	07.2016

6 Nachweisverfahren Teil A (Emissionsquelle außerhalb des Gebäudes)

6.1 Schallschutz gegen Außenlärm nach DIN 4109

6.1.1 Luftschalldämmung von Außenbauteilen

Der Nachweis wird erbracht, wenn:

$$R'_{w,ges} - 2\,\text{dB} \geq \text{erf}.R'_{w,ges} + K_{AL} \qquad (6.1.1\text{-}1)$$

Darin sind:

$R'_{w,ges}$	ermitteltes gesamtes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß in dB
- 2 dB	Sicherheitsbeiwert (vereinfachtes Verfahren)
erf $R'_{w,ges}$	erforderliches gesamtes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß in dB
K_{AL}	Korrekturwert für den Außenlärm in dB gemäß Gl. 5.2.1-3

Tabelle 6.1.1-1 Vorgehensweise beim Nachweis der Luftschalldämmung von Außenbauteilen

	1	2	3	4
1	Schritt	Beschreibung	Wert	siehe
2	Anforderung	unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Raumarten, einer Raumgeometrie-Korrektur und einem Unsicherheitszuschlag	erf.$R'_{w,ges}$	Kapitel 5.2.1
3		Sicherheitsbeiwert	u_{prog}	Tabelle 5.1.2-1
4	maßgeblicher Außenlärmpegel	Ermittlungsgrundlage und Zuschläge	L_a	Kapitel 5.2.1
5		ggf. vereinfachtes Verfahren nach DIN 18005-1 A.2 (Nomogramme)		Kapitel 4.2.4
6	Fassade	gesamtes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß	$R'_{w,ges}$	Formel 6.1.1-2
7	Außenwand, Dach	bewertetes Schalldämm-Maß	R'_w	Kapitel 7.1.1
8	Fenster	bewertetes Schalldämm-Maß	R_w	Kapitel 10.11
9	Bauteile und Elemente	Schalldämmaß des Bauteils Schalldämmaß des Elementes	$R_{e,i,w}$	Formel 6.1.1-4 Formel 6.1.1-5
10	Nachweis	ermitteltes $R'_{w,ges} \geq$ gefordertes $R'_{w,ges}$		Formel 6.1.1-1

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020
W. M. Willems et al., *Schallschutz: Bauakustik*, Detailwissen Bauphysik, https://doi.org/10.1007/978-3-658-28454-1_6

Ermittlung des gesamten bewerteten Luftschalldämm-Maßes

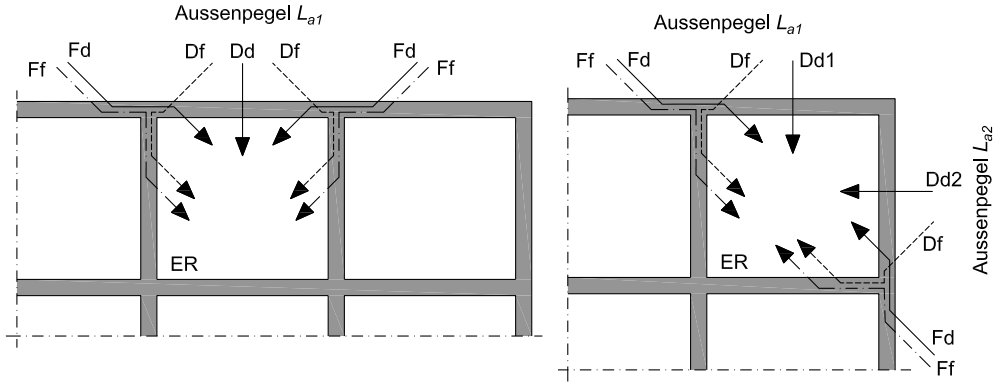


Bild 6.1.1-1 Übertragung des Außengeräuschs in einen schutzbedürftigen Empfangsraum (ER) auf dem direkten Weg Dd und den Flankenwegen Ff, Fd und Df, sowie rechts als Eckraum mit unterschiedlich orientierten Außenbauteilen

Die vollständige Berechnung des gesamten bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes unter Berücksichtigung der flankierenden Übertragung gemäß Bild 6.1.1-1 erfolgt nach DIN 4109-2. Der Einfluss der Flankenübertragung ist in vielen Fällen jedoch unbedeutend und muss nur berechnet werden, wenn zur Erfüllung der Anforderungen das Schalldämm-Maß des massiven Außenbauteils mehr als $R_w \geq 50$ dB und das gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges} > 40$ dB betragen soll. In allen anderen Fällen (andere biegesteife Massivbauweisen, Konstruktionen in Holz-, Leicht-, Trockenbauweise sowie Metall-Glas-Fassaden) bleibt die flankierende Übertragung unberücksichtigt.

Das gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß einer sich aus verschiedenen Einzelbauteilen zusammensetzenden Fassade (Wand, Fenster, Dach, Türen, Rollladenkästen, Lüftungselemente etc.) unter Berücksichtigung von Flankendämm-Maßen wird für die vereinfachte Randbedingung eines diffusen Schallfeldes mit nachfolgender Formel berechnet.

$$R'_{w,ges} = -10 \cdot \lg\left(\sum_{i=1}^{m} 10^{-0,1 \cdot R_{e,i,w}} + \sum_{F=f=1}^{n} 10^{-0,1 \cdot R_{Ff,w}} + \sum_{f=1}^{n} 10^{-0,1 \cdot R_{Df,w}} + \sum_{F=1}^{n} 10^{-0,1 \cdot R_{Fd,w}} \right) \qquad (6.1.1\text{-}2)$$

Darin sind:

$R'_{w,ges}$ gesamtes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß der Fassade in dB

$R_{e,i,w}$ das auf die Fassadenfläche bezogenes Schalldämm-Maß der einzelnen Bauteile und Elemente in der Fassade gemäß Formel 6.1.2-4 in dB

$R_{ij,w}$ bewertetes Flankendämm-Maß für die Flankenwege Ff, Fd und Df in dB

Die flankierende Schallübertragung zwischen Außenbauteilen der Außenfläche S_S, z.B. bei Eckräumen, kann unberücksichtigt bleiben. S_S ist die vom Raum aus gesehene Außenfläche, d.h. die Summe der gesamten abgewickelten Flächen, die den Raum nach außen abgrenzen.

Für den häufigen Fall, dass die flankierende Übertragung keine Rolle spielt, reduziert sich die Gleichung wie folgt:

$$R'_{w,ges} = -10 \cdot \lg\left(\sum_{i=1}^{m} 10^{-0,1 \cdot R_{e,i,w}}\right) \tag{6.1.1-3}$$

Darin sind:

$R'_{w,ges}$	bewertetes gesamtes Bau-Schalldämm-Maß des Außenbauteils in dB
m	Anzahl der Bauteile und Elemente in der Fassade
$R_{e,i,w}$	auf die Fassadenfläche bezogenes Schalldämm-Maß der einzelnen Bauteile und Elemente in der Fassade in dB

Bauteile und Elemente

Die Schalldämmung von üblichen Bauteilen, wie Fenster, Wände oder Fassadenflächen, wird durch das bewertete und auf die Gesamtfläche bezogene Schalldämm-Maß nach Formel 6.1.1-4 beschrieben. Elemente, wie z.B. Rollladenkästen, Lüftungseinrichtung werden üblicherweise durch die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,e,w}$ beschrieben. Daraus läßt sich das Schalldämm-Maß gemäß Formel 6.1.1-5 berechnen.

$$R_{e,i,w} = R_{i,w} + 10 \cdot \lg\left(\frac{S_{ges}}{S_i}\right) \tag{6.1.1-4}$$

$$R_{e,i,w} = D_{n,e,i,w} + 10 \cdot \lg\left(\frac{S_{ges}}{A_o}\right) \tag{6.1.1-5}$$

Darin sind:

$R_{e,i,w}$	bewertetes und auf die übertragende Gesamtfläche S_{ges} bezogenes Schalldämm-Maß des Bauteiles i in dB
$R_{i,w}$	bewertetes Schalldämm-Maß des Bauteiles i in dB
S_i	Fläche des Bauteils i in m²
S_{ges}	die vom Raum aus gesehene Fassadenfläche (d. h. die Summe der Teilflächen aller Bauteile und Elemente) in m²
$D_{n,e,i,w}$	bewertete Norm-Schallpegeldifferenz eines Elements i in dB
A_0	Bezugsabsorptionsfläche mit $A_0 = 10$ m²

Wird ein kleines Bauteil mit einer größeren Länge verwendet, als der tatsächlich geprüften Länge, wird die Schallpegeldifferenz wie folgt umgerechnet:

$$D_{n,e,w} = D_{n,e,lab,w} - 10 \cdot \lg\left(\frac{\ell_{situ}}{\ell_{lab}}\right) \tag{6.1.1-6}$$

Darin sind:

$D_{n,e,w}$	bewertete Norm-Schallpegeldifferenz in dB

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

Sind z.B. in einer Außenfläche mehrere identischer Elemente angeordnet, werden die Schallpegeldifferenzen wie folgt addiert:

$$D_{n,e,w} = D_{n,e,lab,w} - 10 \cdot \lg n_e \qquad (6.1.1\text{-}7)$$

Darin sind:

$D_{n,e,w}$ bewertete Norm-Schallpegeldifferenz in dB
$D_{n,e,lab,w}$ bewertete Schallpegeldifferenz des Bauteils in dB, ermittelt im Labor
n_e Anzahl der identischen Bauteile

Schlitze und Öffnungen, z.B. bei nichtgedämmten Lüftungselementen oder Rollläden, sollen vermieden werden, da sie die Schalldämmung des gesamten Bauteils erheblich verschlechtern können. Die Norm-Schallpegeldifferenz dieser Elemente kann wie folgt abgeschätzt werden:

$$D_{n,e,w} = -10 \cdot \lg\left(\frac{S_{Öffnung}}{10\,\mathrm{m}^2}\right) \qquad (6.1.1\text{-}8)$$

Darin sind:

$D_{n,e,w}$ bewertete Norm-Schallpegeldifferenz in dB
$S_{Öffnung}$ Fläche der Öffnung in m²

Zu weiteren Angaben zur Schalldämmung von Öffnungen und Fugen siehe Kapitel 12.5.

6.1.2 Einbausituation von Fenstern und Türen

Die resultierende Schalldämmung der Fassade kann durch die jeweilige Einbausituation von Fenstern und Türen beeinflusst werden. Sie muss bei schalltechnisch kritischen Einbausituationen nach Tabelle 6.1.2-1 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.

Die Fugen bei einem Fenstersystem dürfen das Schalldämm-Maß des Fensters nicht negativ beeinflussen. Nach DIN 4109-2 gilt als Planungskriterium, dass die Schalldämmung des Fensters um nicht mehr als 1 dB verringert werden darf. Für das Fugenschalldämm-Maß $R_{S,w}$ gilt demnach:

$$R_{S,w} = R_w + 10\,\mathrm{dB} \qquad (6.1.2\text{-}1)$$

Darin sind:

$R_{S,w}$ bewertetes und auf eine Bauteilfläche von 1 m² und einer Fugenlänge von 1 m bezogene Fugenschalldämm-Maß in dB
R_w bewertetes Schalldämm-Maß des Fensters in dB

Werte für das Fugenschalldämm-Maß können dem Kapitel 12.5 oder Labormessungen nach DIN EN ISO 10140-1 und -2 entnommen werden.

Für den üblichen Fall, dass die Ansichtsfläche einer Fuge deutlich geringer ist als die Fläche des zugehörigen Bauteils, wird das resultierende Schalldämm-Maß des Bauteils einschließlich Fuge nach Formel 6.1.2-2 berechnet.

$$R_{j,w} = -10 \cdot \lg\left(10^{-0,1 \cdot R_w} + \frac{\ell \cdot \ell_o}{S} \cdot 10^{-0,1 \cdot R_{S,w}} \right) \tag{6.1.2-2}$$

Darin sind:

$R_{j,w}$ bewertetes resultierendes Schalldämm-Maß des Fensters inklusive Einbaufuge in dB

R_w bewertetes Schalldämm-Maß des Fensters in dB

$R_{s,w}$ bewertetes und auf eine Bauteilfläche von 1 m² und einer Fugenlänge von 1 m bezogenes Fugenschalldämm-Maß in dB

ℓ umlaufende Fuge in m

ℓ_0 Bezugslänge mit ℓ_o = 1 m

S Gesamtfläche des Fensters in m²

Für den üblichen Fall, dass unterschiedliche Anschlussfugen oben, unten oder seitlich vorliegen, wird das resultierende Schalldämm-Maß des Bauteils einschließlich Fuge mit nachfolgender Formel berechnet.

$$R_{j,w} = -10 \cdot \lg\left(10^{-0,1 \cdot R_w} + \sum_{k=1}^{n} \frac{\ell_k \cdot \ell_o}{S} \cdot 10^{-0,1 \cdot R_{S,w,k}} \right) \tag{6.1.2-3}$$

Darin sind:

$R_{j,w}$ bewertetes resultierendes Schalldämm-Maß des Fensters inklusive Einbaufuge in dB

R_w bewertetes Schalldämm-Maß des Fensters in dB

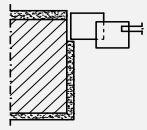
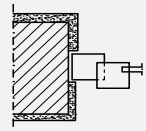
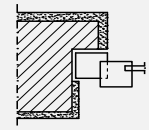
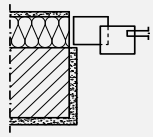
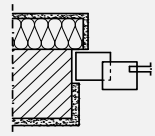
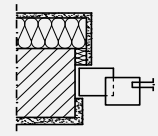
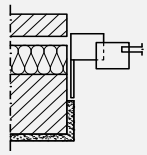
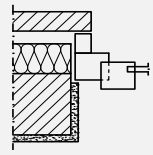
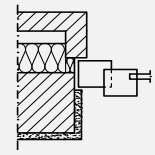
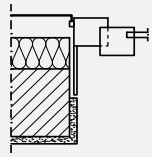
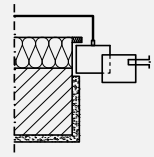
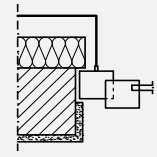
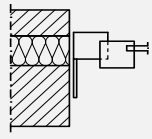
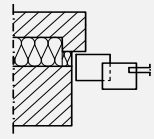
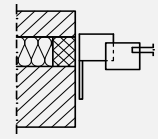
$R_{s,w,k}$ bewertetes und auf eine Bauteilfläche von 1 m² und einer Fugenlänge von 1 m bezogenes Fugenschalldämm-Maß k in dB

ℓ_k Länge der Fuge k, k = 1...n in m

ℓ_0 Bezugslänge mit ℓ_o = 1 m

S Gesamtfläche des Fensters in m²

Tabelle 6.1.2-1 Einfluss von Außenwandtyp und Einbausituation auf die Schalldämmung von Fenstern und Türen im Massivbau (Prinzipskizzen) nach DIN 4109-2

	1	2	3	4
1	Außenwand	Einbaubeispiel 1	Einbaubeispiel 2	Einbaubeispiel 3
2	monolithische Mauerwerk			
	Einbaulage	Einbau außen bündig	Einbau mittig der Wand	Einbau gegen Anschlag
	Einbausituation	schalltechnisch unkritisch	schalltechnisch unkritisch	schalltechnisch unkritisch
3	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
4	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
5	Massivwand mit vorge-hängter, 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
6	Zweischalige Massivwand			
	Einbaulage	Einbau in Dämmebene, außen bündig	Einbau in die raum-seitige Massivwand, gegen Anschlag	Einbau in der Dämmebene mit Montagezarge
	Einbausituation	schalltechnisch **kritisch**	schalltechnisch unkritisch	schalltechnisch unkritisch

6.2 Schallschutz gegen Außenlärm nach DIN EN ISO 12354-3

6.2.1 Allgemeines

In Teil 3 der Normengruppe DIN EN ISO 12354 wird ein Rechenverfahren zur Ermittlung des Schalldämm-Maßes (oder auch der Schalldruckpegeldifferenz) einer Fassade oder einer anderen Außenfläche eines Gebäudes vorgegeben. Grundlage für die entsprechenden Berechnungen sind die einzelnen Schalldämm-Maße der verschiedenen Fassadenbauteile. Die beschriebenen Rechenansätze berücksichtigen sowohl die Direktübertragung über das Außenbauteil als auch die Flankenübertragung über die in das Außenbauteil einbindenden Wände und Decken.

Das Verfahren basiert auf Erfahrungen mit Voraussagen für Wohngebäude. Es kann unter der Voraussetzung, dass deren Baukonstruktion und -maße nicht zu stark von denen in Wohngebäuden abweichen, auch für andere Gebäudearten verwendet werden. Auf Grundlage der Berechnungsergebnisse zum Schalldämm-Maß R' des Außenbauteils lassen sich die Innen-Schalldruckpegel, die sich aus dem einwirkenden Straßenverkehrslärm ergeben, ermitteln.

6.2.2 Nachweis des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes

Grundsätzlich erfolgt der Nachweis der Außenbauteilfläche eines Raumes (nach DIN EN ISO 12354-3 wird die Außenbauteilfläche allgemein als Fassade bezeichnet) gegenüber Außenlärm gemäß folgender Gleichungen als bewertete Einzahlangabe (auf der Basis einer vorangegangenen frequenzabhängigen Betrachtung mindestens in Oktav-, besser in Terzbändern):

$$\text{vorh}\,R'_w \geq \text{erf}\,R'_w \tag{6.2.2-1}$$

Darin sind:

vorh.R'_w vorhandenes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß des Außenbauteils in dB

erf.R'_w erforderliches bewertetes Bau-Schalldämm-Maß des Außenbauteils in dB

6.2.3 Ansatz zur Ermittlung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes

Das frequenzabhängige Bau-Schalldämm-Maß R' der Fassade wird für diffusen Schalleinfall berechnet, um daraus alle weiteren Größen abzuleiten. Es setzt sich in der Regel aus verschiedenen Bauteilen, z. B. Fenster, Tür, Wand, Dach, Lüftungseinrichtungen, zusammen; damit wird die Schallübertragung über die Fassade durch die Schallübertragung ihrer verschiedenen Komponenten (→ Bauteile) geprägt.

Im Sinne der DIN EN ISO 12354-3 wird unter R' das Bau-Schalldämm-Maß der Fassade, das hypothetisch am Bau bei diffus einfallendem Schall gemessen werden könnte, verstanden. Diese Größe wird - im Gegensatz zu den nachfolgend beschriebenen Messwerten - als allgemeine Rechengröße verwendet, aus der die verschiedenen Größen für die Eigenschaft des Gebäudes bestimmt werden können.

$$R' = -10 \cdot \lg\left(\sum_{i=1}^{n} \tau_{e,i} + \sum_{f=1}^{m} \tau_f\right) \tag{6.2.3-1}$$

Darin sind:

R' Bau-Schalldämm-Maß der Fassade für diffusen Schalleinfall in dB

$\tau_{e,i}$ Schall-Leistungsverhältnis aus der abgestrahlten Schallleistung eines Fassadenbauteils i infolge Direktübertragung des auf dieses Bauteil einfallenden Schalls zur auf die gesamte Außenwand einfallenden Schallleistung

τ_f Schall-Leistungsverhältnis aus der durch die Fassade oder ein flankierendes Bauteil f im Empfangsraum abgestrahlten Schallleistung zur auf die gesamte Außenwand einfallenden Schallleistung

n Anzahl der an der Direktübertragung beteiligten Fassadenbauteile

m Anzahl der an der Flankenübertragung beteiligten Fassadenbauteile

Aus diesen frequenzabhängigen Bau-Schalldämm-Maßen $R'(f)$ - angegeben in Terz- oder Oktavbändern - lässt sich dann entsprechend den Vorgaben der DIN EN ISO 717-1 das bewertete Luftschalldämm-Maß R'_w berechnen, vgl. dazu auch die Ausführungen in Abschnitt 3.2.3.

Zur Beschreibung der Einflüsse spektraler Besonderheiten des Immissionsgeräusches auf die schallschutzdämmende Wirkung der Außenbauteile können die ermittelten bewerteten Bauschalldämm-Maße durch die entsprechenden Spektrumanpassungswerte C und C_{tr} ergänzt werden, vgl. dazu Abschnitt 3.2.3.

6.2.4 Ermittlung der Schall-Leistungsverhältnisse

Bauteile allgemein

Das Schall-Leistungsverhältnis von Bauteilen τ wird allgemein, sofern es sich bei ihnen nicht um "kleine" Bauteile handelt (vgl. noch nachfolgende Beschreibungen), wie folgt unter Berücksichtigung von Schallübertragungen über Verbindungen und Dichtungen, berechnet:

$$\tau_{e,i} = \frac{S_i}{S} \cdot 10^{-0{,}1 \cdot R_i} \qquad (6.2.4\text{-}1)$$

Darin sind:

$\tau_{e,i}$ Schall-Leistungsverhältnis des an der direkten Schallübertragung beteiligten Bauteils i

R_i Labor-Schalldämm-Maß eines Bauteils i in dB

S_i Fläche des Bauteils i in m^2

S Gesamtfläche der raumseitig sichtbaren Fassadenfläche i in m^2 (mithin also Summe als Einzelflächen S_i)

Kleine Bauteile

Die Unterscheidung zwischen kleinen und anderen Bauteilen (hier als allgemeine Bauteile bezeichnet) erfolgt nach DIN EN ISO 10140-1; das Schall-Leistungsverhältnis für kleine Bauteile ergibt sich dann zu:

$$\tau_{e,i} = \frac{A_0}{S} \cdot 10^{-0{,}1 \cdot D_{n,e,i}} \qquad (6.2.4\text{-}2)$$

Darin sind:

$\tau_{e,i}$ Schall-Leistungsverhältnis des an der direkten Schallübertragung beteiligten Bauteils *i*

$D_{n,e,i}$ Norm-Schallpegeldifferenz als akustischer Parameter eines kleinen Bauteiles *i* in dB

A_0 Bezugs-Absorptionsfläche in m^2 ($A_0 = 10\ m^2$)

S Gesamtfläche der raumseitig sichtbaren Fassadenfläche *i* in m^2 (mithin also Summe aus Einzelflächen S_i)

Nicht gedämmte Lüftungselemente, z. B. Öffnungen oder Jalousien, sind allgemein als Öffnungen mit vernachlässigbarer Schalldämmung zu betrachten und werden wie folgt berechnet:

$$D_{n,e} = -10 \cdot \lg\left(\frac{S_{open}}{A_0}\right) - \Delta D_{n,e} \tag{6.2.4-3}$$

Darin sind:

$D_{n,e}$ Norm-Schallpegeldifferenz eines kleinen Bauteils in dB

S_{open} Fläche der Öffnung in m^2

A_0 äquivalente Bezugsabsorptionsfläche (in Wohngebäuden: $A_0 = 10\ m^2$)

$\Delta D_{n,e}$ Geometrischer Korrekturwert für die Norm-Schallpegeldifferenz bei Anordnung der Öffnung im Bereich reflektierender Flächen (in der Regel einbindende Wände und Decken) in dB

Der Korrekturbeiwert $\Delta D_{n,e}$ lässt sich nach DIN EN ISO 12354-3, Anhang D für beliebige Frequenzen nach Gl. 6.3.4-4 ermitteln oder für die bekannten Oktavmittenfrequenzen auch den Diagrammen in den Bildern 6.3.4-1 bzw. 6.3.4-2 entnehmen.

$$\Delta D_{n,e} = 10 \cdot \lg\left(1 + 0{,}75 \cdot \frac{\sin(2 \cdot k_0 \cdot x)}{2 \cdot k_0 \cdot x} + 0{,}75 \cdot \frac{\sin(2 \cdot k_0 \cdot y)}{2 \cdot k_0 \cdot y} + 0{,}75 \cdot \frac{\sin(2 \cdot k_0 \cdot r)}{2 \cdot k_0 \cdot r}\right) \tag{6.2.4-4}$$

mit:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \tag{6.2.4-5}$$

$$k_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{c_0} \tag{6.2.4-6}$$

Darin sind:

x Abstand zu einer Ebene in x-Richtung in m

y Abstand zu einer Ebene in y-Richtung in m

r Abstand zur Ecke nach Gl. 6.2.4-5

k_0 Wellenzahl nach Gl. 6.2.4-6

f Frequenz in Hz

c_0 Schallgeschwindigkeit der Luft in m/s

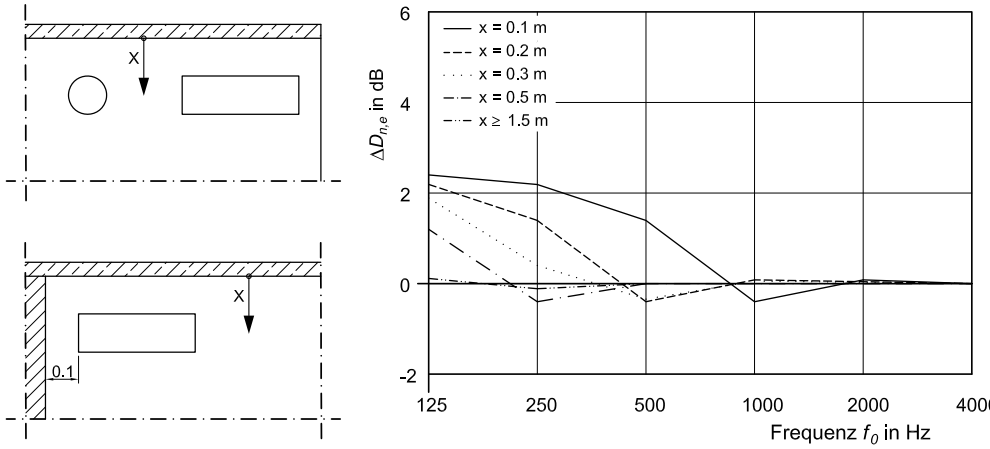


Bild 6.2.4-1 Korrekturwert $\Delta D_{n,e}$: Einfluss der Nähe reflektierender Seitenwände oder Decken (innen oder außen) bezogen auf die Einbaulage ohne reflektierende Seitenwände; kleines Bauteil in der Nähe einer Raumkante, Schlitzelement in der Nähe einer Raumkante oder Raumecke

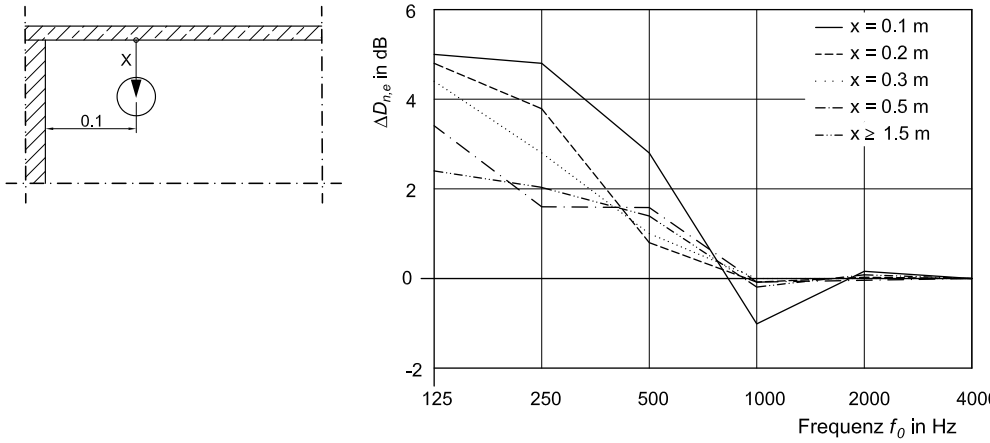


Bild 6.2.4-2 Korrekturwert $\Delta D_{n,e}$: Einfluss der Nähe reflektierender Seitenwände oder Decken (innen oder außen) bezogen auf die Einbaulage ohne reflektierende Seitenwände; kleines Bauteil in der Nähe Raumecke

Flankierende Bauteile

Das Verhältnis der Schall-Leistung τ_f für die Flankenübertragung (Flankentransmissionsgrad) des Bauteils f ergibt sich aus der Summe der Transmissionsgrade für alle Flankenwege zu diesem Bauteil. Grundsätzlich können diese Flankentransmissionsgrade nach DIN EN ISO 12354-1 bestimmt werden.

Üblicherweise, d.h. sofern nicht besonders hohe Anforderungen erhoben werden, ist der Einfluss der Flankenübertragung beim Nachweis von Fassaden gegenüber Außenlärm jedoch eher unbedeutend. Um nun auf der sicheren Seite zu liegen, ist es nach DIN EN ISO12354-3 Abs. 4.3 bei Konstruktionen aus biegesteifen Bauteilen normalerweise ausreichend, den Einfluss der Flankenübertragung pauschal durch Verringerung des Schalldämm-Maßes der schweren Fassadenbauteile um 2 dB zu berücksichtigen.

6.2.5 Größen zur Beschreibung der Schalldämmung einer Fassade

Bauschalldämm-Maß $R'_{45°}$

$$R'_{45°} = L_{1,s} - L_2 + 10 \cdot \lg \frac{S}{A} - 1{,}5 \text{ dB} \qquad (6.2.5\text{-}1)$$

Darin sind:

$R'_{45°}$ Luftschalldämmung eines Bauteils in dB, wenn die Schallquelle ein Lautsprecher ist und der Einfallswinkel 45° beträgt

$L_{1,s}$ mittlerer Schalldruckpegel an der äußeren Oberfläche des Bauteils, einschließlich Schallreflexionen von der Fassade in dB

L_2 mittlerer Schalldruckpegel im Empfangsraum in dB

S Fläche des Bauteils in m^2

A äquivalente Schallabsorptionsfläche im Empfangsraum in m^2

Der Zusammenhang zwischen Rechenwert R' und Messwert $R'_{45°}$ lässt sich nach DIN EN ISO 12354-3 im Mittel wie folgt beschreiben:

$$R' = R'_{45} - 1 \qquad (6.2.5\text{-}2)$$

Anmerkung nach DIN EN ISO 12354-3:

Bei Messung in Frequenzbändern ergibt sich für Fassaden aus unterschiedlichen Bauteilen ein Wert von ± 2 dB. In besonderen Fällen, z. B. wenn der Schall im Wesentlichen durch Einfachverglasungen übertragen wird, ist der Unterschied zwischen den beiden Größen bei Frequenzen um und oberhalb der Koinzidenzfrequenz weniger systematisch und kann viel größer sein.

Bauschalldämm-Maß $R'_{tr,s}$

$$R'_{tr,s} = L_{eq,1,s} - L_{eq,2} + 10 \cdot \lg \frac{S}{A} - 3 \text{ dB} \qquad (6.2.5\text{-}3)$$

Darin sind:

$R'_{tr,s}$ Luftschalldämmung eines Bauteils, wenn die Schallquelle Verkehrslärm ist, in dB

$L_{eq,1,s}$ mittlerer äquivalenter Schalldruckpegel an der äußeren Oberfläche des Bauteils einschließlich Schallreflexionen von der Fassade in dB

$L_{eq,2}$ mittlerer äquivalenter Schalldruckpegel im Empfangsraum in dB

S Fläche des Bauteils in m^2

A äquivalente Schallabsorptionsfläche im Empfangsraum in m^2

Der Zusammenhang zwischen Rechenwert R' und Messwert $R'_{tr,s}$ lässt sich nach DIN EN 12354-3 im Mittel wie folgt beschreiben:

$$R' = R'_{tr,s} \qquad (6.2.5\text{-}4)$$

6.2.6 Ermittlung des Innenschalldruckpegels im Empfangsraum

Der Innenschalldruckpegel eines Raumes kann aus dem - gemessenen oder berechneten - Außenschalldruckpegel, der an einem Punkt im Abstand von 2 m vor der Fassade liegt, unter Berücksichtigung der Schallpegeldifferenz der Fassade wie folgt berechnet werden:

$$L_{2,nT} = L_{1,2m} - D_{2m,n,T} \tag{6.2.6-1}$$

Darin sind:

$L_{2,n,T}$ mittlerer Schalldruckpegel (Innenschalldruckpegel) im Empfangsraum, bezogen auf eine Nachhallzeit von 0,5 s in Dezibel;

$L_{1,2\,m}$ Außenschalldruckpegel 2 m vor der Fassade nach DIN EN ISO 16283-3 in dB

$D_{2\,m,n,T}$ Standard-Schallpegeldifferenz in dB nach Gl. 6.2.6-2

Der A-bewertete Innenschalldruckpegel kann durch Berechnung in Frequenzbändern für den entsprechenden Frequenzbereich und A-Bewertung bestimmt werden.

Die Standard-Schallpegeldifferenz für eine Fassade hängt neben ihrem Bauschalldämm-Maß (soweit sie von der Innenseite zu sehen ist) zusätzlich von der äußeren Fassadenstruktur sowie von den Raummaßen ab und wird wie folgt ermittelt:

$$D_{2m,n,T} = R' + \Delta L_{fs} + 10 \cdot \lg\left(C_{sab} \cdot \frac{V}{T_0 \cdot S}\right) \tag{6.2.6-2}$$

Darin sind:

$D_{2m,n,T}$ Standart-Schallpegeldifferenz (Differenz zwischen dem Außenschalldruckpegel in 2 m Abstand von der Fassade und dem Schalldruckpegel im Empfangsraum)

R' frequenzabhängiges Bauschalldämm-Maß in dB

ΔL_{fs} Pegeländerung auf Grund der Fassadenstruktur in dB gemäß Gl. 6.2.6-3

C_{sab} Konstante nach Sabine mit $C_{sab} = 0{,}16$ s/m

V Volumen des Empfangsraums in m^3

T_0 Bezugs-Nachhallzeit in s (in Wohngebäuden mit $T_0 = 0{,}5$ s festgelegt)

S Gesamtfläche der raumseitig sichtbaren Fassadenfläche i in m^2 (mithin also Summe als Einzelflächen S_i)

Die Fassadenstruktur kann auf die Schallübertragung unterschiedliche Wirkungen zeigen:

- Eine positive Auswirkung (→ Verringerung der Schallübertragung) ergibt sich aus Abschirmung oder partieller Abschirmung durch Balkone und dergleichen auf die Fassade.
- Eine negative Auswirkung (→ Erhöhung der Schallübertragung) ergibt sich aus zusätzlichen Reflexionen und einem Schallfeld, das zu dem Aufbau einer Art Hallfeld innerhalb mehr oder weniger geschlossener Balkone führt.

Die Pegeländerung zur Berücksichtigung der Fassadenstruktur lässt sich wie folgt berechnen:

$$\Delta L_{fs} = L_{1,in} - L_{1,s} + 6 = L_{1,2\,m} - L_{1,s} + 3 \qquad (6.2.6\text{-}3)$$

Darin sind:

$L_{1,in}$ mittlerer Schalldruckpegel ohne vorhandene Fassade am Ort der Außenwandebene in dB

$L_{1,2\,m}$ mittlerer Schalldruckpegel in 2 m Abstand vor einer Fassade in dB

$L_{1,s}$ mittlerer Schalldruckpegel an der äußeren Oberfläche der tatsächlichen Fassadenebene, einschließlich der reflektierenden Wirkung dieser Ebene, in dB

Alternativ besteht die Möglichkeit, diese Pegeländerung dem Anhang C der DIN EN ISO 12354-3 zu entnehmen, der nachfolgend in der Tabelle 6.2.6-1 dargestellt ist. Die Begriffsdefinitionen finden sich in Bild 6.2.6-1.

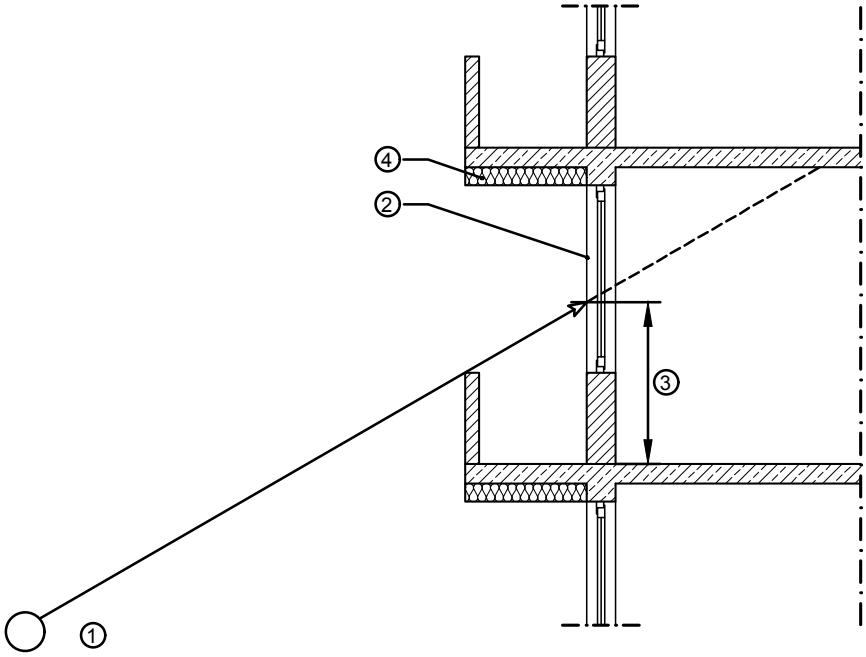
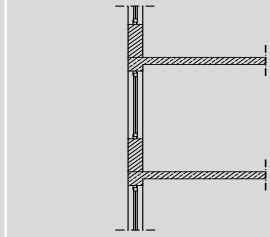
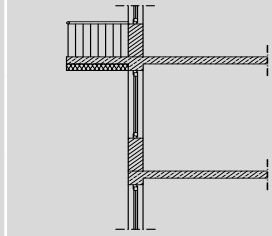
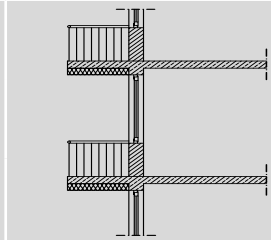
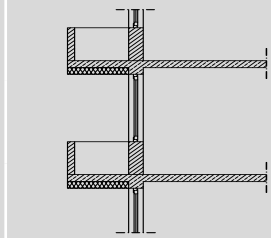
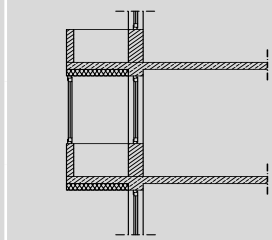


Bild 6.2.6-1 Darstellung der die Pegeländerung auf Grund der Fassadenstruktur entscheidenden Parameter nach DIN EN ISO 12354-3 Anhang C
① Schallquelle, ② Fassadenebene, ③ Höhe der Sichtlinie,
④ absorbierende Fläche an der Deckenunterseite der Balkone)

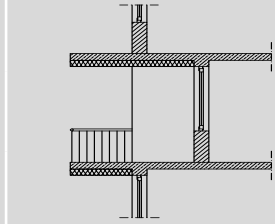
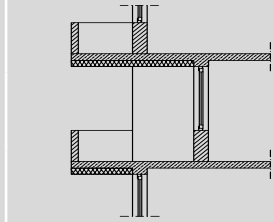
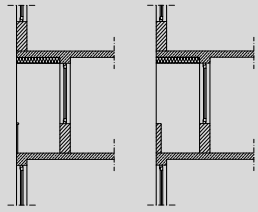
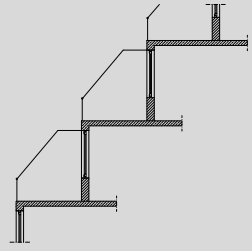
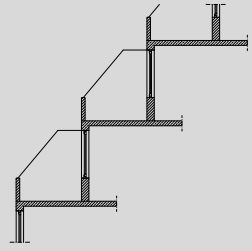
Für eine frequenzabhängige Betrachtung der Fassadenstrukturbeiwerte in Oktavbändern stehen die Diagramme der Bilder 6.2.6-2 und -3 zur Verfügung.

Tabelle 6.2.6-1 Schallpegeländerungen aufgrund verschiedener Fassadenstrukturen und Lage der Schallquellen nach DIN EN 12354-3, Anhang C

	1		2	3	4	5
1	Fassadenstruktur		Schallpegeländerung ΔL_{fs} in dB			
2			Absorption an Balkon-unterseite	Sichtlinie auf Fassade (siehe Bild 6.2.6-1)		
3			α_w	< 1,5 m	1,5 - 2,5 m	> 2,5 m
4	ebene Fassade		trifft nicht zu	0	0	0
5	auskragende Balkonplatte		≤ 0,3	-1	trifft nicht zu	trifft nicht zu
			0,6	-1		
			≥ 0,9	0		
6	Laubengang mit offener Brüstung		≤ 0,3	-1	-1	1
			0,6	-1	0	1
			≥ 0,9	0	2	2
7	Laubengang mit geschlossener Brüstung		≤ 0,3	0	0	2
			0,6	0	1	2
			≥ 0,9	1	3	3
8	Laubengang mit geschlossener Brüstung		≤ 0,3	trifft nicht zu	trifft nicht zu	3
			0,6			4
			≥ 0,9			6

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 6.2.6-1 Schallpegeländerungen aufgrund verschiedener Fassadenstrukturen und Lage der Schallquellen nach DIN EN 12354-3, Anhang C (Fortsetzung)

	1		2	3	4	5
1	Fassadenstruktur		Schallpegeländerung ΔL_{fs} in dB			
2			Absorption an Balkon-unterseite	Sichtlinie auf Fassade (siehe Bild 6.2.6-1)		
3			α_w	< 1,5 m	1,5 - 2,5 m	> 2,5 m
9	Balkon mit offener Brüstung		≤ 0,3	-1	-1	1
			0,6	-1	1	2
			≥ 0,9	0	3	3
10	Balkon mit ge-schlossener Brüstung		≤ 0,3	0	0	2
			0,6	0	2	3
			≥ 0,9	1	4	4
11	Balkon		≤ 0,3	1	1	1
			0,6	1	1	1
			≥ 0,9	2	2	2
12	Terrasse mit offener Umwehrung		≤ 0,3	1	3	4
			0,6	1	4	4
			≥ 0,9	1	5	5
13	Terrasse mit geschlos. Umwehrung		≤ 0,3	3	5	6
			0,6	3	6	6
			≥ 0,9	3	7	7

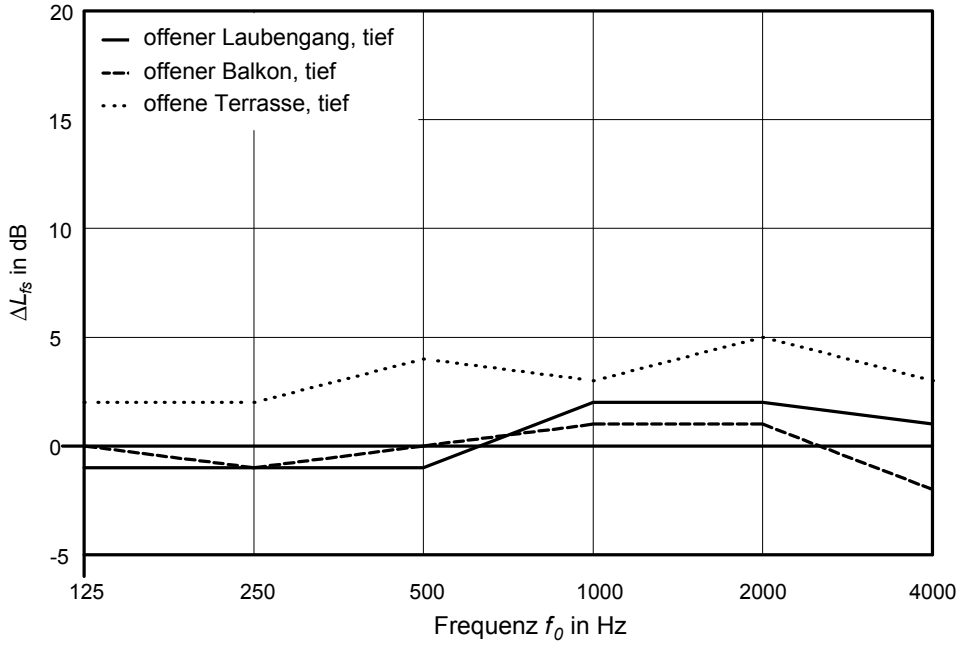


Bild 6.2.6-2 Fassadenstrukturbeiwerte ΔL_{fs} in Oktavbanddarstellung entsprechend der Darstellungen in Tab. 6.2.6-1, tiefe Sichtlinie (< 1,50 m)

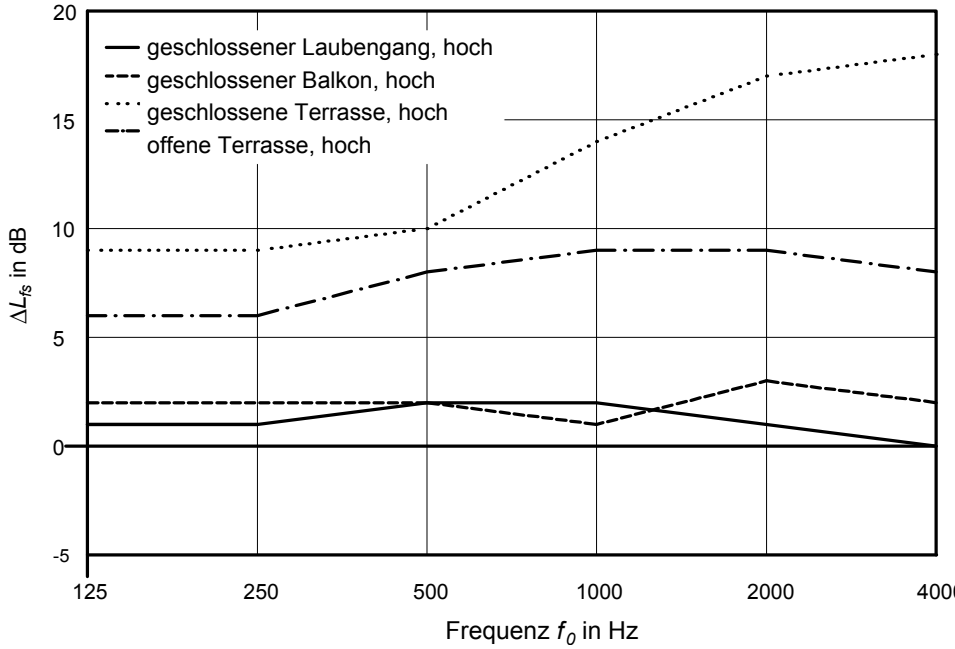


Bild 6.2.6-3 Fassadenstrukturbeiwerte ΔL_{fs} in Oktavbanddarstellung entsprechend der Darstellungen in Tab. 6.2.6-1, hohe Sichtlinie (> 2,50 m)

7 Nachweisverfahren Teil B (Emissionsquelle innerhalb des Gebäudes)

7.1 Luftschallschutz nach DIN 4109-2

7.1.1 Luftschalldämmung für massive Konstruktionen

Grundsätzlich erfolgt der Nachweis gegenüber Schallübertragung aus fremden Räumen gemäß folgender Gleichung:

$$\text{vorh } R'_w - u_{prog} \geq \text{erf } R'_w \qquad (7.1.1\text{-}1)$$

Darin sind:

vorh R'_w	Rechenwert des vorhandenen bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes des trennenden Bauteils in dB
u_{prog}	Sicherheitsbeiwert (u_{prog} = 2 dB)
erf R'_w	erforderliches bewertetes Bau-Schalldämm-Maß des trennenden Bauteils in dB

In der europäischen Norm DIN EN ISO 12354-1 sind zur Berechnung der Luftschalldämmung ein detailliertes und ein vereinfachtes Verfahren hinterlegt. Die DIN 4109-2 nimmt lediglich Bezug auf das vereinfachte Verfahren mit geringfügigen Änderungen gegenüber der DIN EN ISO 12354-1. Im Vergleich zum alten (zurzeit eingeschränkt bauaufsichtlich noch gültigen) Berechnungsverfahren nach DIN 4109:1989 Beiblatt 1 liegt der Unterschied vor allem in der dezidierteren Berücksichtigung und Ermittlung der einzelnen Einflusskomponenten aller Schallübertragungswege über bauliche Flanken.

Die Randbedingungen für die Anwendung des vereinfachten Modells sind wie folgt:

- Die Berechnung des Bauschalldämm-Maßes R'_w erfolgt als Einzahlangabe.
- Die Eigenschaften der beteiligten Bauteile werden ebenfalls als Einzahlangabe erfasst.
- Die Bauteile sind in der Hauptsache massiv und homogen.
- Alle flankierenden Bauteile sollten im Sende- und im Empfangsraum im Wesentlichen gleich sein.
- Es wird ausschließlich die Körperschallübertragung betrachtet (Vernachlässigung der Nebenwege vgl. Abschnitt 3.2.3).

Ermittlung des bewerteten Bauschalldämm-Maßes

Da zurzeit keine genormten Messverfahren zur Verfügung stehen, um die indirekte Luftschallübertragung für Übertragungssysteme als Ganzes zu kennzeichnen, beschränken sich die Nebenwegübertragungen auf die Berücksichtigung der Flanken. Damit ergeben sich dann im Rahmen des hier beschriebenen vereinfachten Modelles für ein trennendes Bauteil zwischen zwei Räumen üblicherweise 13 Übertragungswege, vgl. Bild 7.1.1-1 und Tabelle 7.1.1-1.

Für das vereinfachte Modell ermittelt sich das bewertete Bau-Schalldämm-Maß zwischen zwei Räumen zu:

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020
W. M. Willems et al., *Schallschutz: Bauakustik*, Detailwissen Bauphysik, https://doi.org/10.1007/978-3-658-28454-1_7

$$R'_w = -10 \cdot \lg\left(10^{-0{,}1 \cdot R_{Dd,w}} + \sum_{F=f=1}^{n} 10^{-0{,}1 \cdot R_{Ff,w}} + \sum_{f=1}^{n} 10^{-0{,}1 \cdot R_{Df,w}} + \sum_{F=1}^{n} 10^{-0{,}1 \cdot R_{Fd,w}} \right) \qquad (7.1.1\text{-}2)$$

Darin sind:

R'_w bewertetes Bau-Schalldämm-Maß in dB

$R_{Dd,w}$ bewertetes Schalldämm-Maß für die Direktübertragung in dB

$R_{Ff,w}$ bewertetes Flankendämm-Maß für den Übertragungsweg Ff in dB

$R_{Df,w}$ bewertetes Flankendämm-Maß für den Übertragungsweg Df in dB

$R_{Fd,w}$ bewertetes Flankendämm-Maß für den Übertragungsweg Fd in dB

n Anzahl der flankierenden Bauteile in einem Raum; üblicherweise ergibt sich $n = 4$, je nach Entwurf und Konstruktion kann n in der betreffenden Bausituation aber auch andere Werte annehmen.

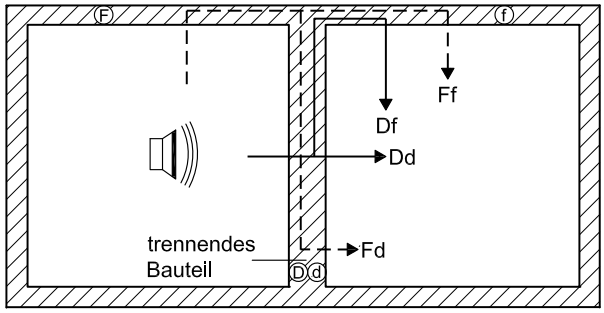


Bild 7.1.1-1 Definition der Schallübertragungswege *ij* zwischen zwei Räumen

Tabelle 7.1.1-1 Übliche Übertragungswege zwischen zwei angrenzenden Räumen (Beispiel)

	1	2	3	4	5	6
1	Übertragungs-	Trennendes	Flankierendes Bauteil			
2	weg	Bauteil	Innenwand	Boden	Decke	Außenwand
3	1	Dd				
4	2, 3, 4		Ff, Fd, Df			
5	5, 6, 7			Ff, Fd, Df		
6	8, 9, 10				Ff, Fd, Df	
7	11, 12, 13					Ff, Fd, Df

Diese relativ differenzierte Vorgehensweise lässt sich anhand der Darstellung in Bild 7.1.1-2 verdeutlichen.

Der Schalltransmissionsgrad τ_{Dd} (bzw. das Schalldämm-Maß R_{Dd}) des trennenden Bauteils bei direkter Schallübertragung bildet den schallschutztechnisch günstigsten Zustand ab; das heißt, der Schall wird vom Empfangs- in den Senderaum ausschließlich über das trennende Bauteil übertragen – Übertragungen über flankierende Bauteile erfolgen nicht.

Da dieser schallschutztechnisch optimale Zustand in den üblichen Gebäudestrukturen jedoch in der Regel nicht erreicht werden kann, verschlechtern alle weiteren Einflüsse $\Delta\tau$ - im Sinne weiterer Übertragungswege - die tatsächliche Schallübertragungssituation; damit erhöht sich

der Transmissionsgrad τ_{Dd} durch die Einflüsse $\Delta\tau$ auf den tatsächlich zwischen Sende- und Empfangsraum auftretenden Transmissionsgrad τ' (bzw. es reduziert sich das Schalldämm-Maß R_{Dd} durch die Einflüsse ΔR auf das Bau-Schalldämm-Maß R').

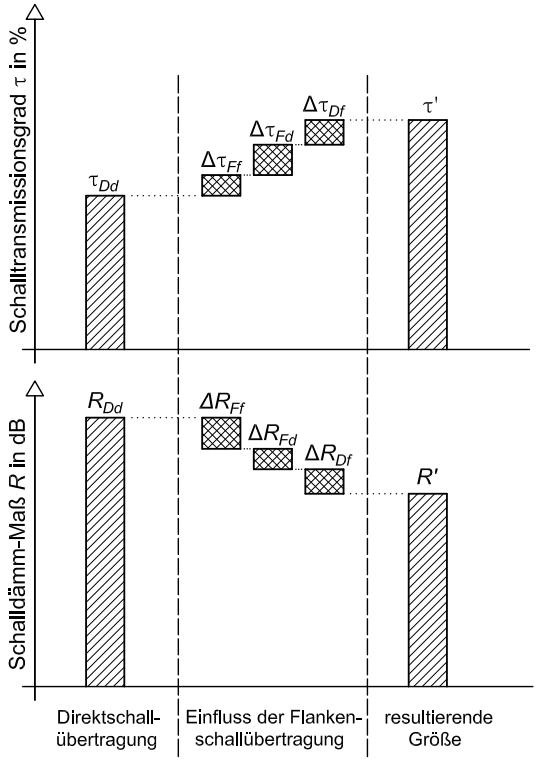


Bild 7.1.1-2 Ermittlung des Schalltransmissionsgrades τ‘ und des bewerteten Schalldämm-Maßes *R'* unter Baurandbedingungen

Die Anwendung des vereinfachten Modells ist auf die Direktübertragung und die Flankenübertragung bei hauptsächlich homogenen Bauteilen beschränkt. Der Einfluss der Körperschalldämpfung der Bauteile wird im Mittel berücksichtigt, wobei die Besonderheiten der Bausituation vernachlässigt werden. Alle flankierenden Bauteile sollten auf der Sende- und Empfangsseite im Wesentlichen gleich sein. Sind die Werte für das Stoßstellendämm-Maß frequenzabhängig, so wird von dem Wert bei 500 Hz als guter Näherung ausgegangen, das Ergebnis ist dann jedoch möglicherweise weniger genau.

Ermittlung der bewerteten Norm-Schallpegeldifferenz bei Übertragungssituationen mit Trennflächen < 10 m² oder ohne gemeinsame Trennfläche

Für den Fall, dass die Trennfläche zwischen zwei Räumen weniger als 10 m² beträgt, z.B. bei zueinander versetzten Räumen, wird mit Bezug auf die DIN 4109-1 die Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ wie folgt berechnet.

$$D_{n,w} = R'_w - 10 \cdot \lg \frac{S_s}{10\ \mathrm{m}^2} \qquad (7.1.1\text{-}3)$$

Darin sind:

$D_{n,w}$ Norm-Schallpegeldifferenz in dB

R'_w bewertetes Bau-Schalldämm-Maß des trennenden Bauteils in dB

S_s Trennfläche zwischen zwei Räumen in m²

Diagonal zueinander angeordnete Räume weisen keine gemeinsame Trennfläche auf. Für diese Raumpaare kann die Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ auf Grundlage der Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,Ff,w}$ nach Formel 7.1.1-4 ermittelt werden.

$$D_{n,w} = -10 \cdot \lg\left(\sum_{F,f=1}^{2} 10^{-0,1 \cdot D_{n,Ff,w}} \right) \tag{7.1.1-4}$$

Darin sind:

$D_{n,w}$ Norm-Schallpegeldifferenz in dB

F flankierendes Bauteil, angeregt im Senderaum

f flankierendes Bauteil, abstrahlend im Empfangsraum

$D_{n,Ff,w}$ Norm-Flankenschallpegeldifferenz in dB

Ermittlung des bewerteten Schalldämm-Maßes für die Direktübertragung

Das bewertete Schalldämm-Maß für die Direktübertragung (durch das trennende Bauteil) setzt sich zusammen aus dem bewerteten Schalldämm-Maß des trennenden Bauteils zuzüglich dem Luftschallverbesserungsmaß einer oder zweier optionaler Vorsatzschalen, vgl. Bild 7.1.1-2.

$$R_{Dd,w} = R_{s,w} + \Delta R_{Dd,w} \tag{7.1.1-5}$$

Darin sind:

$R_{Dd,w}$ bewertetes Direktschalldämm-Maß für die Direktübertragung in dB

$R_{s,w}$ bewertetes Schalldämm-Maß des trennenden einschaligen biegesteifen Bauteils in dB

$\Delta R_{Dd,w}$ bewertete Verbesserung des Gesamt-Schalldämm-Maßes durch zusätzliche Vorsatzschalen auf der Sende- und/oder Empfangsseite des trennenden Bauteils

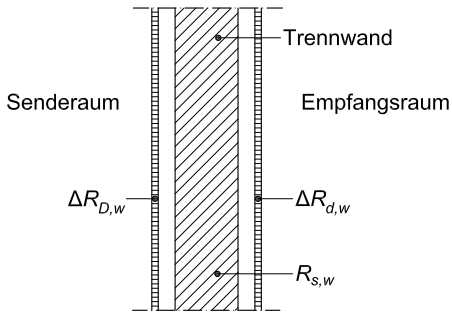


Bild 7.1.1-3 Beispielhafte Skizze eines trennenden Bauteils mit den die Schallübertragung beeinflussenden Komponenten

Die Berechnungen des bewerteten Schalldämm-Maßes $R_{s,w}$ und der Luftschallverbesserung $\Delta R_{Dd,w}$ erfolgen in Abhängigkeit von den verwendeten Baustoffen und deren Materialeigenschaften. Die entsprechenden Formeln und Tabellen sind in Abschnitt 10 hinterlegt.

Tabelle 7.1.1-2 Ermittlung des bewerteten Luftschallverbesserungsmaßes einer Vorsatzschale bei Direktübertragung $\Delta R_{Dd,w}$ in Abhängigkeit der Applikation

	1	2	3	4
1	Einseitige Applikation		Beidseitige Applikation mit	
2	im Senderaum	im Empfangsraum	$\Delta R_{D,w} \geq \Delta R_{d,w}$	$\Delta R_{D,w} \leq \Delta R_{d,w}$
3	$\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_{D,w}$	$\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_{d,w}$	$\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_{D,w} + \frac{\Delta R_{d,w}}{2}$	$\Delta R_{Dd,w} = \frac{\Delta R_{D,w}}{2} + \Delta R_{d,w}$

Ermittlung der bewerteten Flankendämm-Maße

Die bewerteten Flankendämm-Maße setzen sich jeweils zusammen aus den bewerteten Schalldämm-Maßen der jeweiligen Bauteile auf der Sende- und Empfangsseite (Wege Ff, Df und Fd), den bewerteten Luftschallverbesserungsmaßen von Vorsatzschalen sowie der Anbindung von trennendem und flankierendem Bauteil, die durch das sogenannte Stoßstellendämm-Maß quantifiziert wird, vgl. Bild 7.1.1-3.

Die bewerteten Flankendämm-Maße der entsprechenden einzelnen Übertragungswege berechnen sich dann zu:

$$R_{Ff,w} = \frac{R_{F,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{Ff,w} + K_{Ff} + 10 \cdot \lg \frac{S_s}{\ell_0 \cdot \ell_f} \tag{7.1.1-6}$$

$$R_{Fd,w} = \frac{R_{F,w} + R_{s,w}}{2} + \Delta R_{Fd,w} + K_{Fd} + 10 \cdot \lg \frac{S_s}{\ell_0 \cdot \ell_f} \tag{7.1.1-7}$$

$$R_{Df,w} = \frac{R_{s,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{Df,w} + K_{Df} + 10 \cdot \lg \frac{S_s}{\ell_0 \cdot \ell_f} \tag{7.1.1-8}$$

Darin sind:

$R_{F,w}$ bewertetes Schalldämm-Maß des flankierenden Bauteils F im Senderaum in dB

$R_{f,w}$ bewertetes Schalldämm-Maß des flankierenden Bauteils f im Empfangsraum in dB

$R_{s,w}$ bewertetes Schalldämm-Maß des trennenden Bauteils in dB

$\Delta R_{Ff,w}$ gesamtes bewertetes Luftschallverbesserungsmaß durch eine zusätzliche Vorsatzschale auf der Sende- und/oder Empfangsseite des flankierenden Bauteils

$\Delta R_{Fd,w}$ gesamtes bewertetes Luftschallverbesserungsmaß durch eine zusätzliche Vorsatzschale am flankierenden Bauteil auf der Sendeseite und/oder des trennenden Bauteils auf der Empfangsseite in dB

$\Delta R_{Df,w}$ gesamtes bewertetes Luftschallverbesserungsmaß durch eine zusätzliche Vorsatzschale am trennenden Bauteil auf der Sendeseite und/oder am flankierenden Bauteil auf der Empfangsseite in dB

K_{Ff} Stoßstellendämm-Maß für den Übertragungsweg Ff in dB

K_{Fd} Stoßstellendämm-Maß für den Übertragungsweg Fd in dB

K_{Df} Stoßstellendämm-Maß für den Übertragungsweg Df in dB

S_s Fläche des trennenden Bauteils in m^2

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

ℓ_o Bezugs-Kopplungslänge mit ℓ_o = 1 m

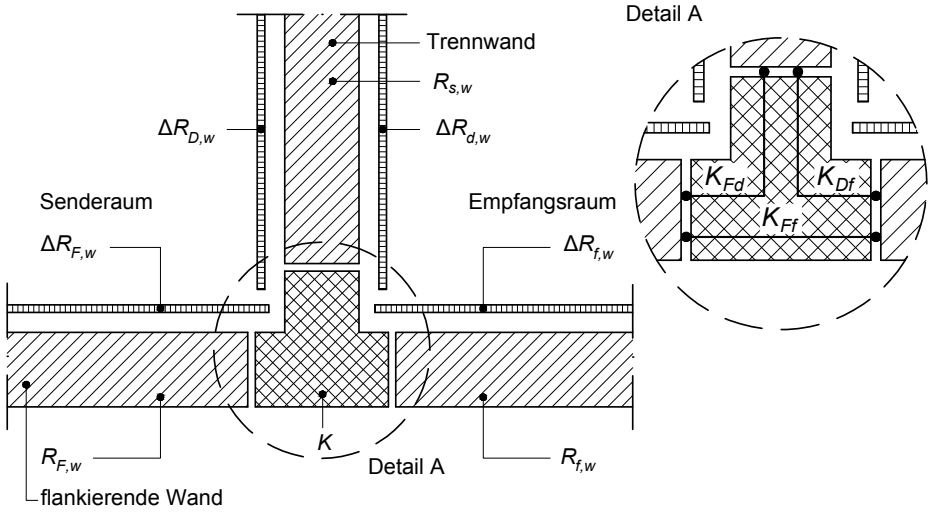


Bild 7.1.1-4 Beispielhafte Skizze der die Schallübertragung beeinflussenden Komponenten im Bereich eines Stoßes von trennendem und flankierendem Bauteil

Das gesamte Luftschallverbesserungsmaß $\Delta R_{ij,w}$ durch eine zusätzliche Vorsatzschale auf der Sende- und/oder Empfangsraumseite des flankierenden Bauteils berechnet sich analog den Vorgaben zum Luftschallverbesserungsmaß für den direkten Übertragungsweg nach Tabelle 7.1.1-3. Dabei ist zu beachten, dass bei flankierenden Bauteilen lediglich raumseitig angeordnete Vorsatzschalen berücksichtigt werden.

Tabelle 7.1.1-3 Ermittlung des bewerteten Luftschallverbesserungsmaßes einer Vorsatzschale bei Flankenschallübertragung $\Delta R_{ij,w}$ in Abhängigkeit der Applikation

	1	2	3	4
1	Einseitige Applikation		Beidseitige Applikation mit	
2	im Senderaum	im Empfangsraum	$\Delta R_{i,w} \geq \Delta R_{j,w}$	$\Delta R_{i,w} \leq \Delta R_{j,w}$
3	$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{i,w}$	$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{j,w}$	$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{i,w} + \frac{\Delta R_{j,w}}{2}$	$\Delta R_{ij,w} = \frac{\Delta R_{j,w}}{2} + \Delta R_{i,w}$

Die DIN 4109-32 enthält ein Berechnungsverfahren zum Stoßstellendämm-Maß K_{ij} für typische starre Bauteilverbindungen, welches das Verhältnis der flächenbezogenen Massen der an der Stoßstelle beteiligten Bauteile berücksichtigt. Dieses Verfahren ist in Kapitel 10.6 näher erläutert.

Ermittlung der Norm-Flankenschallpegeldifferenz bei Übertragungssituationen ohne gemeinsame Trennfläche

Für den bereits geschilderten Fall von Raumpaaren ohne gemeinsamer Trennfläche sind anstelle der Flankendämm-Maße $R_{ij,w}$ für die jeweiligen Übertragungswege die Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,Ff,w}$ nach Formel 7.1.1-9 zu berechnen.

$$D_{n,ij,w} = \frac{R_{i,w}}{2} + \frac{R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \cdot \lg \frac{10\,\mathrm{m}^2}{\ell_0 \cdot \ell_f} \tag{7.1.1-9}$$

Darin sind:

$D_{n,ij,w}$ Norm-Schallpegeldifferenz in dB

$R_{i,w}$ bewertetes Schalldämm-Maß des flankierenden Bauteils im Senderaum in dB

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

$\Delta R_{ij,w}$ gesamtes bewertetes Luftschallverbesserungsmaß durch eine zusätzliche Vorsatzschale auf der Sende- und/oder Empfangsseite des flankierenden Bauteils, es sind nur raumseitig angebrachte Vorsatzkonstruktionen zu berücksichtigen

K_{ij} Stoßstellendämm-Maß für den Übertragungsweg ij in dB

ℓ_o Bezugs-Kopplungslänge mit ℓ_o = 1 m

ℓ_f gemeinsame Kopplungslänge der Verbindungsstelle zwischen dem trennenden Bauteil und den flankierenden Bauteilen in m

7.1.2 Luftschalldämmung für Holz-, Leicht- und Trockenbau

Aufgrund der elementierten und häufig inhomogenen Konstruktionen im Leichtbau ist eine Berechnung der Flankenschallübertragung analog zu der Berechnung für massive Bauteile über Direktschall- und Stoßstellendämm-Maße nicht möglich. Daher wird die Flankenschallübertragung im Leichtbau über die bewerteten Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,Ff,w}$ der beteiligten Flankenbauteile berücksichtigt.

$$R'_w = -10 \lg \left[10^{-0{,}1 \cdot R_{Dd,w}} + \sum_{F=f=1}^{n} 10^{-0{,}1 \cdot R_{Ff,w}} \right] \tag{7.1.2-1}$$

mit

$$R_{Ff,w} = D_{n,f,w} + 10 \cdot \lg \frac{l_{lab}}{l_f} + 10 \cdot \lg \frac{S_S}{A_0} \tag{7.1.2-2}$$

Darin sind:

R'_w bewertetes Bau-Schalldämm-Maß zwischen zwei Räumen in dB

$R_{Dd,w}$ bewertetes Schalldämm-Maß des trennenden Bauteils in dB

$R_{Ff,w}$ bewertetes Schalldämm-Maß des flankierenden Bauteils für den Übertragungsweg Ff in dB

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

n Anzahl der flankierenden Bauteile in einem Raum

ℓ_f gemeinsame Kopplungslänge der Verbindungsstelle zwischen dem trennenden Bauteil und den flankierenden Bauteilen in m

ℓ_{lab} Bezugs-Kantenlänge in m

$\ell_{lab} = 2{,}80$ m für Fassaden und Innenwände bei horizontaler Übertragung

$\ell_{lab} = 4{,}50$ m für Decken, Unterdecken und Fußbodenaufbauten bei horizontaler, sowie bei Fassaden und Innenwänden bei vertikaler Übertragung

Bei Verwendung von Daten aus Prüfberichten ist die dort genannte Kantenlänge ℓ_{lab} zu verwenden.

S_s Fläche des trennenden Bauteils in m²

A_0 Bezugsabsorptionsfläche mit $A_0 = 10$ m²

Bei Raumsituationen ohne gemeinsame Trennfläche kann die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz mit nachfolgender Gleichung abgeschätzt werden.

$$D_{n,w} = -10 \cdot \lg\left[\sum_{f=1}^{2} 10^{-0{,}1 \cdot D_{n,f,w}}\right] \qquad (7.1.2\text{-}3)$$

Darin sind:

$D_{n,w}$ bewertete Norm-Schallpegeldifferenz in dB

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

7.1.3 Luftschalldämmung für Skelettbau und bei Mischbauweisen

Im Skelettbau wird die Schallübertragung analog zur Massivbauweise aus der Direktschallübertragung des trennenenden Bauteils und der Übertragung über die flankierenden Bauteile ermittelt. Aufgrund der geringeren Stoßstellendämmung der an ein massives Bauteil angeschlossenen Leichtbauteile (s. Bild 7.1.3-1b) kann für das Stoßstellendämm-Maß $K_{ij} = K_{ij,min}$ angesetzt werden.

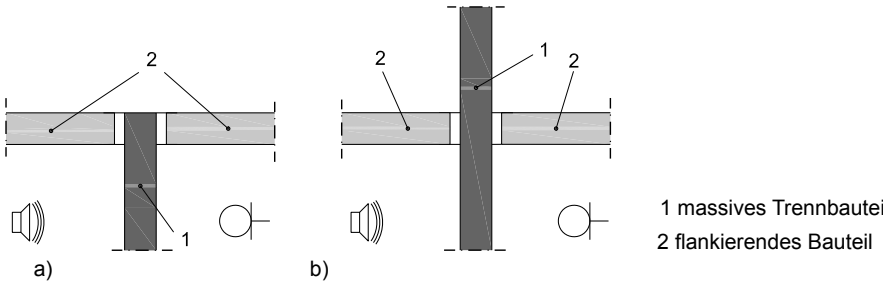


Bild 7.1.3-1 a) Trennbauteil entkoppelt; b) Trennbauteil nicht entkoppelt

Für den Fall, dass ein massives Trennbauteil an mehr als einer Kante durch biegeweiche Konstruktionen begrenzt wird und dieses am flankierenden Bauteil (s. Bild 7.1.3-1a) endet, ist das Direktschalldämm-Maß nach Formel 10.1.2-1 zu korrigieren.

Die Ermittlung der Schallübertragung über die (üblicherweise leichten) flankierenden Bauteile erfolgt im Skelettbau entsprechend der Vorgaben im Holz-, Leicht- und Trockenbau über die Norm-Flankenschallpegeldifferenzen nach Formel 7.1.2-2. Die Berechnung der Flankenschallübertragung von massiven flankierenden Bauteilen mit durchlaufenden Vorsatzkonstruktionen erfolgt ebenfalls über die Norm-Flankenschallpegeldifferenzen nach Formel 7.1.2-2.

Wenn bei derselben Übertragungssituation massive und biegeweiche Bauteile beteiligt sind, kann nach DIN 4109-2 von einer Mischbauweise ausgegangen werden. Die Ermittlung der entsprechenden Kennwerte erfolgt analog zur Berechnung der Kennwerte im Skelettbau.

7.1.4 Luftschalldämmung von zweischaligen massiven Gebäudetrennwänden

Im Vergleich zu gleichschweren einschaligen Wänden kann durch eine zweischalige Ausführung von Haustrennwänden eine deutlich höhere Schalldämmung erreicht werden. Das bewertete Schalldämm-Maß einer zweischaligen massiven Haustrennwand lässt sich in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse der beiden Schalen, einem Zweischaligkeitszuschlag und einem Korrekturwert zur Berücksichtigung der Flankenschallübertragung mit nachfolgender Formel bestimmen.

$$R'_{w,2} = 28 \cdot \lg(m'_1 + m'_2) - 18 + \Delta R_{w,Tr} - K \qquad (7.1.4\text{-}1)$$

Darin sind

$R'_{w,2}$ bewertetes Luftschalldämm-Maß der zweischaligen Wand in dB

m'_1 flächenbezogene Masse der ersten Trennwandschale in kg/m²

m'_2 flächenbezogene Masse der zweiten Trennwandschale in kg/m²

$\Delta R_{w,Tr}$ Zuschlag für die Zweischaligkeit

K Korrekturwert zur Berücksichtigung der Übertragung über flankierende Decken und Wände bei vernachlässigbarer Schallübertragung im Fundamentbereich

Die Berechnungen der entsprechenden Kennwerte sind in Kapitel 10.1.4 erläutert.

7.1.5 Nebenwege

Nebenwege sind weitere (im Allgemeinen kleinflächige) Schallübertragungswege, die nicht direkt den umgebenden und flankierenden Bauteilen zugeordnet werden können. Beispiele sind Lüftungskanäle oder Kabelpritschen im Deckenhohlraum, Brüstungskabelkanäle, undichte Bauteilanschlüsse usw. (siehe Bild 7.1.5-1).

Sie sind im Allgemeinen rechnerisch nicht erfassbar, führen in der Praxis aber immer wieder zu schlechteren Schalldämmwerten, wenn die ausführenden Firmen nicht instruiert werden.

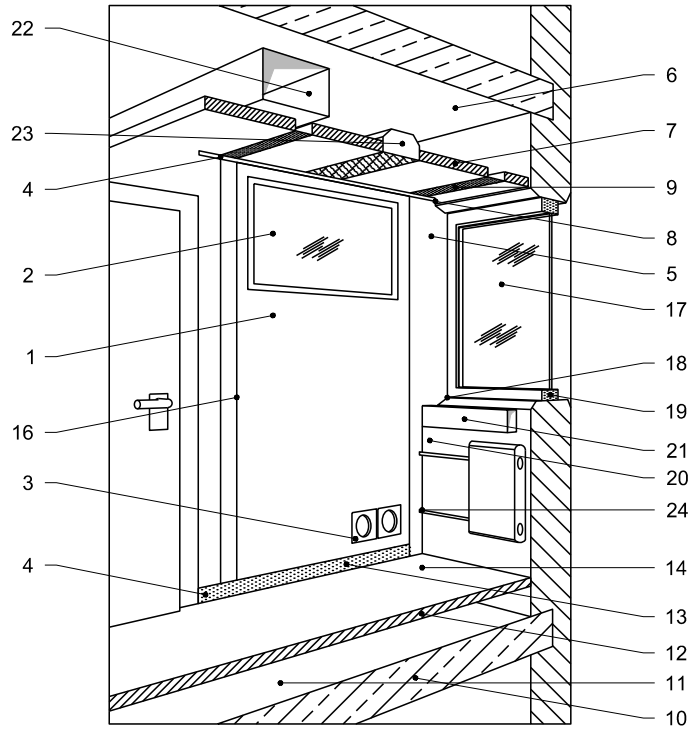


Bild 7.1.5-1 Schallübertragung über Flanken- und Nebenwege nach VDI 3728

1 Übertragung durch die gemeinsame Trennwand
2 Übertragung durch die in der Trennwand eingebauten Türen und Verglasungen
3 Schalldurchgänge durch freie Öffnungen oder Undichtigkeiten in der Fläche, z. B. bei Elementen, Steckdosen oder Sanitärinstallationen

Schalldurchgänge durch Schwächungen im Wandaufbau
- 4 bei Schattenfugen oder verdeckten Fußleisten
- 5 bei verjüngten Fassadenanschlusselementen

Übertragung im Deckenbereich/Fußbodenbereich
- 6 durch Deckenhohlraum
- 7 entlang einer durchlaufenden abgehängten Unterdecke
- 8 durch die Fuge im Deckenanschluss
- 9 durch die Fuge zwischen der Beplankung und dem gleitenden Deckenanschluss
- 10 über den Rohfußboden
- 11 durch den Fußbodenhohlraum
- 12 entlang eines durchlaufenden schwimmenden Estrichs, Hohlraum- oder Doppelbodens
- 13 durch die Fuge im Fußbodenanschluss
- 14 durch den durchlaufenden Teppichbelag
- 16 durch die Wandanschlussfuge

Übertragung entlang der flankierenden Fassade
- 17 im Fensterbereich
- 18 im Fensterbankbereich
- 19 im Hohlraum unter der durchlaufenden Fensterbank
- 20 durch die Fassadenanschlussfuge

21 Übertragung entlang durchlaufender Kabelkanäle
22 Übertragung durch Lüftungskanäle (Telefonie)
23 Übertragung durch Abluftschlitze oder Leuchten
24 Übertragung entlang Heizungsrohren

7.2 Trittschallschutz im Gebäude nach DIN 4109-2

7.2.1 Allgemeines

Der Nachweis des erforderlichen Normtrittschallpegels ist erbracht, wenn:

$$\text{vorh.}\, L'_{n,w} + u_{prog} \leq \text{erf.}\, L'_{n,w} \tag{7.2.1-1}$$

Darin sind:

vorh. $L'_{n,w}$	ermittelter bewerteter Normtrittschallpegel in dB
u_{prog}	Sicherheitsbeiwert (u_{prog} = 3 dB)
erf. $L'_{n,w}$	erforderlicher bewerteter Normtrittschallpegel in dB

Der bewertete Normtrittschallpegel von Decken setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen. Im Allgemeinen (so z.B. bei Massivdecken) differenziert man nach:

- dem äquivalenten bewerteten Normtrittschallpegel $L_{n,eq,0,w}$ zur Beschreibung der Trittschalleigenschaften der Rohdecke,
- dem Trittschallverbesserungsmaß ΔL_w der Deckenauflage und
- der Flankenübertragung (wobei eine ggf. vorhandene Unterdecke hier ebenfalls mit berücksichtigt wird).

7.2.2 Ermittlung der Rechenwerte für Massivdecken bei übereinanderliegenden Räumen

Die Anwendung dieses Rechenverfahrens sieht nur die Anordnung des Senderaums direkt über dem Empfangsraum vor, vgl. Bild 7.2.2-1, und beschränkt sich auf homogene Grundkonstruktionen der Decke (der Einfluss der Körperschalldämpfung wird im Mittel berücksichtigt; die Besonderheiten der Bausituation und die Flankenübertragung werden im vereinfachten Modell auf der Grundlage von Berechnungen mit dem detaillierten Modell lediglich global berücksichtigt).

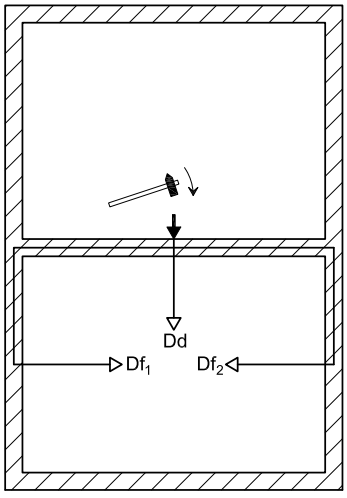


Bild 7.2.2-1 Schallübertragungsweg zwischen zwei Räumen, die übereinander liegen

Der bewertete Normtrittschallpegel von Massivdecken bei **über**einanderliegenden Räumen berechnet sich nach folgender Formel.

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + K \qquad (7.2.2\text{-}1)$$

Darin sind:

$L'_{n,w}$	bewerteter Normtrittschallpegel von Decken in dB
$L_{n,eq,0,w}$	äquivalenter bewerteter Trittschallpegel der Rohdecke in dB
ΔL_w	bewertete Trittschallminderung infolge einer Deckenauflage in dB
K	Korrekturwert zur Berücksichtigung der Trittschallübertragung über die flankierenden Bauteile in dB

Für massive Rohdecken lässt sich der äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel aus ihrer flächenbezogenen Masse nach folgendem Massegesetz berechnen:

$$L_{n,eq,0,w} = 164 - 35 \cdot \lg m' \qquad (7.2.2\text{-}2)$$

Darin sind:

$L_{n,eq,0,w}$	bewerteter äquivalenter Norm-Trittschallpegel der Rohdecke in dB
m'	flächenbezogene Masse in kg/m² (für den Bereich 100 kg/m² ≤ m' ≤ 720 kg/m² gültig)

Wird ein weichfedernder Bodenbelag auf einem schwimmenden Boden angeordnet, dann ist für die bewertete Trittschallminderung ΔL_w nur der höhere Wert - entweder der des schwimmenden Bodens oder der des weichdernden Bodenbelags - zu berücksichtigen. Zur Anrechenbarkeit von Bodenbelägen vgl. Ausführungen in Abschnitt 5.2.2. Für schwimmende Estriche berechnet sich die bewertete Trittschallminderung in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse des Estrichs und der dynamischen Steifigkeit der Trittschalldämmung wie in Kapitel 10.3.2 beschrieben. Die zugehörigen Formeln sind in Tabelle 10.3.2-2 hinterlegt.

Der Korrekturwert K gilt für flächenbezogene Massen der Rohdecke m'_s im Bereich von 100 kg/m² ≤ m'_s ≤ 900 kg/m² und der flankierenden Bauteile $m'_{f,m}$ im Bereich von 100 kg/m² ≤ $m'_{f,m}$ ≤ 500 kg/m² . Die flächenbezogenen Massen des Estrichs und der Unterdecken werden bei der Berechnung von m'_s nicht berücksichtigt. Bei der Berechnung wird unterschieden zwischen Trenndecken ohne Unterdecke und Trenndecken mit Unterdecken.

Für Massivdecken **ohne** Unterdecken gilt:

- für $m'_{f,m} \le m'_s$: $$K = 0{,}6 + 5{,}5 \cdot \lg\left(\frac{m'_s}{m'_{f,m}}\right) \qquad (7.2.2\text{-}3)$$
- für $m'_{f,m} > m'_s$: $$K = 0 \qquad (7.2.2\text{-}4)$$

Darin sind:

$m'_{f,m}$	mittlere flächenbezogene Masse der flankierenden Bauteile in kg/m² (100 kg/m² ≤ $m'_{f,m}$ ≤ 500 kg/m²)
m'_s	flächenbezogene Masse der Rohdecke in kg/m² (100 kg/m² ≤ m'_s ≤ 900 kg/m²)

Durch die Anbringung einer Unterdecke kann die Trittschallübertragung über das trennende Bauteil verringert werden. Die Trittschallübertragung über die flankierenden Bauteile wird dagegen nicht beeinflusst. Für Unterdecken mit einem bewerteten Luftschallverbesserungsmaß von $\Delta R_w \geq 10$ dB können diese beiden Effekte in einem Korrekturwert zusammengefasst werden.

Für Massivdecken **mit** Unterdecken gilt:

$$K = -5{,}3 + 10{,}2 \cdot \lg\left(\frac{m'_s}{m'_{f,m}}\right) \tag{7.2.2-5}$$

Sind eine oder mehrere massive flankierende Bauteile (bei der betrachteten Anordnung von Sende- und Empfangsraums handelt es sich bei diesen Bauteilen zwangsläufig um Wände, vgl. Bild 7.3.2-1) durch Vorsatzschalen mit einer Resonanzfrequenz $f_0 < 125$ Hz versehen, so werden die flächenbezogenen Massen dieser Bauteile (Wände) bei der Berechnung der mittleren flächenbezogenen Masse entsprechend Tabelle 7.2.3-1 nicht berücksichtigt.

7.2.3 Ermittlung der Rechenwerte für Massivdecken bei unterschiedlichen räumlichen Zuordnungen

Der bewertete Normtrittschallpegel von Massivdecken bei unterschiedlichen Raumanordnungen berechnet sich nach folgender Formel.

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - K_T \tag{7.2.3-1}$$

Darin sind:

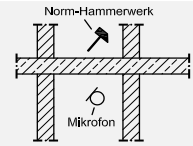
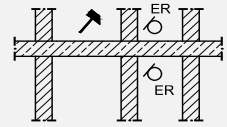
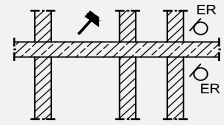
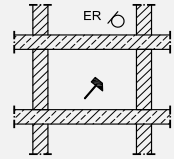
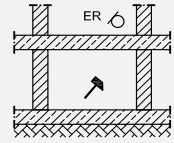
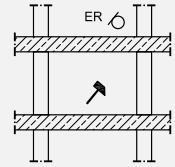
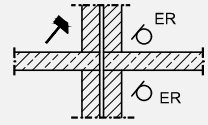
$L'_{n,w}$ bewerteter Normtrittschallpegel von Decken in dB

$L_{n,eq,0,w}$ äquivalenter bewerteter Trittschallpegel der Rohdecke in dB

ΔL_w bewertete Trittschallminderung infolge einer Deckenauflage in dB

K_T Korrekturwert zur Berücksichtigung unterschiedlicher Raumanordnungen in dB nach Tabelle 7.2.3-1

Tabelle 7.2.3-1 Korrekturwert K_T zur Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ für unterschiedliche räumliche Zuordnungen von mit Norm-Hammerwerk[1)] angeregter Decke und Empfangsraum (ER) nach DIN 4109-2

	1	2	3
1	Lage des Empfangsraums (Immissionsort) zum Senderaum (Emissionsort)		K_T in dB
2	unmittelbar unter dem Senderaum		0
3	neben oder schräg unter dem Senderaum		+ 5 [2)]
4	neben oder schräg unter dem Senderaum mit einem dazwischenliegenden Raum		+ 10 [2)]
5	über der angeregten Decke (Gebäude mit tragenden Wänden)		+ 10
6	Trittschallanregung auf Bodenplatten, Übertragung in darüberliegende Räume		+ 10 [3)]
7	über der angeregten Decke (Skelettbau)		+ 20
8	neben oder schräg unter dem Senderaum über eine zweischalige massive Haustrennwand		+15

1) Norm-Hammerwerk nach DIN EN ISO 10140-5, Anhang E.

2) Voraussetzung: Zur Sicherstellung einer ausreichenden Stoßstellendämmung müssen die Wände zwischen angeregter Decke und Empfangsraum starr angebunden sein und eine flächenbezogene Masse $m' \geq 150$ kg/m² haben.

3) *Anmerkung: Hier hat sich die Nachweisführung gegenüber der DIN 4109 Bbl. 1 (11.1989) geändert, es resultiert eine Erhöhung der Anforderungen.*

7.2.4 Ermittlung der Rechenwerte für leichte Decken

Im Vergleich zur Trittschallübertragung im Massivbau erfolgt die Flankenübertragung neben dem üblichen Weg *Df* bei Decken in Holzbauweise über einen zusätzlichen Flankenweg *DFf* über den Randanschluss des schwimmenden Estrichs (Bild 7.2.4-1). Diese beiden Wege werden über zwei Korrekturwerte bei der Ermittlung des Norm-Trittschallpegels von Decken in Leichtbauweise berücksichtigt. Eine Trittschallminderung durch Fußbodenaufbauten und/ oder Unterdecken wird bei leichten Decken im Gegensatz zu massiven Decken nicht separat berücksichtigt. Der bewertete Norm-Trittschallpegel der gesamten Deckenkonstruktion kann den Tabellen in Abschnitt 11.3.1 oder Prüfberichten von Herstellern entnommen werden, die Korrekturwerte sind in den Tabellen 7.2.4-1 und -2 hinterlegt.

Die vertikale Trittschallübertragung von leichten Decken bei übereinander liegenden Räumen berechnet sich dann nach folgender Formel.

$$L'_{n,w} = L_{n,w} + K_1 + K_2 \qquad (7.2.4\text{-}1)$$

Darin sind:

$L'_{n,w}$ bewerteter Normtrittschallpegel der Holzdecke in einer bestimmten Bausituation in dB

$L_{n,w}$ bewerteter Normtrittschallpegel der Holzdecke ohne Flankenübertragung in dB

K_1 Korrekturwert zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg Df (siehe Tab. 7.3.4-1)

K_2 Korrekturwert zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg DFf (siehe Tab. 7.3.4-2)

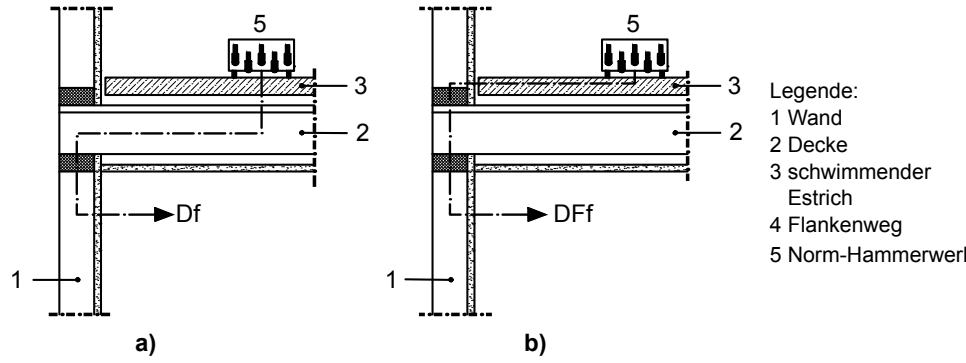


Bild 7.2.4-1 Flankierende Trittschallübertragung
Übertragung auf dem Flankenweg Df (links), auf dem Flankenweg DFf (rechts)

Tabelle 7.2.4-1 Korrekturwert zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg Df (Übertragungssituation nach Bild 7.2.4-1 a))

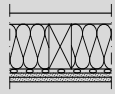
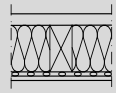
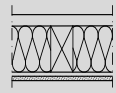
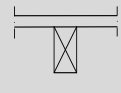
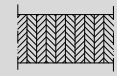
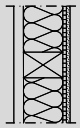
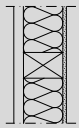
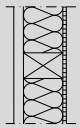
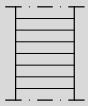
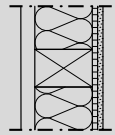
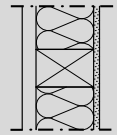
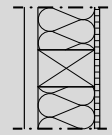
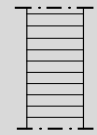
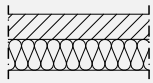
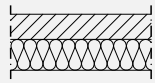
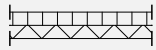
	1	2	3	4	5	6
1	Wandaufbau im Empfangsraum					
2		2 x GK an FS	1 x GK an FS	GK-Lattung oder direkt	offene HBD	BSB oder HKD
3	 GK + HW	K_1 = 6 dB	K_1 = 3 dB	K_1 = 1 dB		
4	 GF	K_1 = 7 dB	K_1 = 4 dB	K_1 = 1 dB		
5	 HW	K_1 = 9 dB	K_1 = 5 dB	K_1 = 4 dB		
6	 Holz- oder HW-Element					
7	GK 9,5 – 12,5 mm Gipsplatte nach DIN 18180/ DIN EN 520, ρ ≥ 680 kg/m³, mechan. verbunden GF 12,5 – 15 mm Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283-2, ρ ≥ 1100 kg/m³, mechan. verbunden HW 13 – 22 mm Holzwerkstoffplatte, Rohdichte von ρ ≥ 650 kg/m³, mechanisch verbunden HBD Holzbalkendecke FS Federschiene Holz- oder HW-Element Massivholzelemente od. 80 – 100 mm Holzwerkstoffplatte, m′ ≥ 50 kg/m² 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 7.2.4-2 Korrekturwert zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg DFf (Übertragungssituation nach Bild 7.2.4-1 b))

	1	2	3	4	5	6	7
1	Trittschall-übertragung auf dem Weg Dd + Df: $L_{n,w} + K_1$ in dB	Korrektutwert K_2					
2		Wandaufbau im Sende- und Empfangsraum  GK + HW  GF  HW  Holz- oder HW-Element					
3		Estrichaufbau (s. unten)					
4		a)	b)	c)	a)	b)	c)
5	35	10	6	5	11	10	8
6	36	9	5	4	10	10	7
7	37	8	5	4	10	9	6
8	38	7	4	3	9	8	5
9	39	6	4	3	8	7	5
10	40	5	3	2	7	6	4
11	41	5	3	2	6	5	4
12	42	4	2	1	5	5	3
13	43	4	2	1	5	4	3
14	44	3	1	1	4	4	2
15	45	3	1	1	4	3	2
16	46	2	1	1	3	3	1
17	47	2	1	1	3	2	1
18	48	1	1	0	2	2	1
19	49	1	1	0	2	1	1
20	50	1	0	0	1	1	1
21	51	1	0	0	1	1	1
22	52	1	0	0	1	1	0
23	53	1	0	0	1	1	0
24	54	0	0	0	1	1	0
25	55	0	0	0	1	0	0
26	> 55	0	0	0	0	0	0

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 7.2.4-2 Korrekturwert zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg DFf (Übertragungssituation nach Bild 7.2.4-1 b) (Fortsetzung)

28	GK 9,5 – 12,5 mm Gipsplatte nach DIN EN 520, ρ ≥ 680 kg/m³, mechanisch verbunden GF 12,5 – 15 mm Gipsfaserplatte nach DIN EN 15283-2, ρ ≥ 1100 kg/m³, mechanisch verbunden HW 13 – 22 mm Holzwerkstoffplatte, Rohdichte von ρ ≥ 650 kg/m³, mechanisch verbunden Holz- oder HW-Element Massivholzelemente oder 80 – 100 mm Holzwerkstoffplatte, m′ ≥ 50 kg/m²			
29	Estrichaufbauten:			
	a)		CT/WF:	mineralisch gebundener Estrich auf Holzweichfaser-Trittschalldämmplatten, Randdämmstreifen: Mineralwolle- oder PE-Schaum-Randstreifen > 5 mm
	b)		AS/EPB-WF: CT/MW:	Gussasphaltestrich auf Holzweichfaser-Trittschalldämmplatte, Randdämmstreifen: Mineralwolle-Randstreifen > 5 mm mineralisch gebundener Estrich auf Mineralwolle-, oder EPS-Trittschalldämmplatten, Randdämmstreifen: > 5 mm Mineralwolle- oder PE-Schaum-Randstreifen
	c)		AS/EPB-MW: TE:	Gussasphaltestrich auf Blähperlit/Mineralwolle, Randdämmstreifen: Mineralwolle-Randstreifen > 5 mm Fertigteilestrich auf Mineralwolle-, EPS-, oder Holzfaser-Trittschalldämmplatten, Randdämmstreifen: Mineralwolle- oder PE-Schaum-Randstreifen > 5 mm

7.2.5 Massive Treppen

Für die Ermittlung des Norm-Trittschallpegels bei massiven Treppen werden zwei grundsätzliche Konstruktionen unterschieden.

Konstruktion 1 Treppe (Podest oder Lauf) ohne zusätzlichen trittschalldämmenden Bodenbelag oder schwimmenden Estrich.

- Der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ wird Tab. 10.4.1-1 Spalte 3 entnommen.

Konstruktion 2 Treppe (Podest oder Lauf) mit zusätzlichen trittschalldämmenden Bodenbelag oder schwimmenden Estrich.

- Der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ wird nach Gl. 7.2.5-1 ermittelt.
- Der äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel $L_{n,eq,0,w}$ wird dabei der Tabelle 10.4.1-1 Spalte 2 entnommen und durch eine die bewertete Trittschallminderung ΔL_w korrigiert.

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w \qquad (7.2.5\text{-}1)$$

Darin sind:

$L'_{n,w}$ bewerteter Normtrittschallpegel von Decken in dB

$L_{n,eq,0,w}$ äquivalenter bewerteter Trittschallpegel nach Tabelle 10.4.1-1 in dB

ΔL_w bewertete Trittschallminderung infolge eines Bodenbelags oder schwimmenden Estrichs in dB

7.2.6 Ermittlung von Kenngrößen zur Planung des Schallschutzes

Die bauakustischen Anforderungen an den Luft- sowie den Trittschallschutz werden je nach Norm/Richtlinie an unterschiedliche Kennwerte gestellt.

Neben dem bewerteten Bau-Schalldämm-Maß und dem bewerteten Norm-Trittschallpegel werden ebenfalls Anforderungen (z.B. in der VDI 4100:2012) an die Standard-Schallpegeldifferenz sowie den Standard-Trittschallpegel gestellt. Zwischen diesen unterschiedlichen Kennwerten besteht jedoch ein physikalischer Zusammenhang, so dass diese Kennwerte nach den im Folgenden aufgeführten Gleichungen ineinander umgerechnet werden können.

Schallschutz gegen Luftschallübertragungen im Gebäude

$$D_{nT,w} = R'_w + 10 \cdot \lg\left(\frac{0{,}32 \cdot V_E}{S_S}\right) \tag{7.2.6-1}$$

$$\text{erf.}\, R'_w = \text{erf.}\, D_{nT,w} - 10 \cdot \lg\left(\frac{0{,}32 \cdot V_E}{S_S}\right) \tag{7.2.6-2}$$

Darin sind:

$D_{nT,w}$	bewertete Standard-Schallpegeldifferenz in dB
R'_w	bewertetes Bau-Schalldämm-Maß in dB
V_E	Empfangsraumvolumen in m³
S_S	Trennfläche in m²
erf. $D_{nT,w}$	erforderliche bewertete Standard-Schallpegeldifferenz in dB
erf. R'_w	erforderliches bewertetes Bau-Schalldämm-Maß in dB

Schallschutz gegen Trittschallübertragungen

$$L'_{nT,w} = L'_{n,w} - 10 \cdot \lg\left(0{,}032 \cdot V_E\right) \tag{7.2.6-3}$$

$$\text{zul.}\, L'_{n,w} = \text{zul.}\, L'_{nT,w} + 10 \cdot \lg\left(0{,}032 \cdot V_E\right) \tag{7.2.6-4}$$

Darin sind:

$L'_{nT,w}$	bewerteter Standard-Trittschallpegel in dB
$L'_{n,w}$	bewerteter Norm-Trittschallpegel in dB
V_E	Empfangsraumvolumen in m³
zul. $L'_{nT,w}$	zulässiger bewerteter Standard-Trittschallpegel in dB
zul. $L'_{n,w}$	zulässiger bewerteter Norm-Trittschallpegel in dB

7.3 Luftschallschutz nach DIN EN ISO 12354-1

Das Nachweisverfahren wurde von der neuen DIN 4109-2 (01.2018) übernommen und wird daher an dieser Stelle nicht mehr dargestellt.

7.4 Trittschallschutz nach DIN EN ISO 12354-2

7.4.1 Allgemeines

In Teil 2 der DIN EN ISO 12354 werden ein "Detailliertes Modell" und ein "Vereinfachtes Modell" zum Nachweis des Trittschallschutzes vorgestellt. Beide Modelle basieren auf Erfahrungen mit Voraussagen für Wohngebäude, können jedoch auch für andere Arten von Gebäuden angewendet werden, soweit deren Baukonstruktionen und die Abmessungen der Bauteile nicht zu stark von denen in Wohngebäuden abweichen.

Das detaillierte Modell sieht eine Berechnung in Frequenzbändern vor, aus deren Ergebnissen dann die Einzahlangaben für Gebäude ermittelt werden. Das vereinfachte Modell, das auf Grundlage des detaillierten Modells mit eingeschränktem Anwendungsbereich abgeleitet wird, ermöglicht die direkte Ermittlung der Einzahlangabe für das Gebäude aus Einzahlangaben der Bauteile.

Die nachfolgenden Beschreibungen beschränken sich auf das vereinfachte Modell. Die Anwendung dieses Rechenverfahrens sieht jedoch nur eine Anordnung des Senderaums direkt über dem Empfangsraum vor, vgl. Bild 7.4.1-1, und beschränkt sich auf homogene Grundkonstruktionen der Decke (der Einfluss der Körperschalldämpfung wird im Mittel berücksichtigt; die Besonderheiten der Bausituation und die Flankenübertragung werden im vereinfachten Modell auf der Grundlage von Berechnungen mit dem detaillierten Modell lediglich global berücksichtigt).

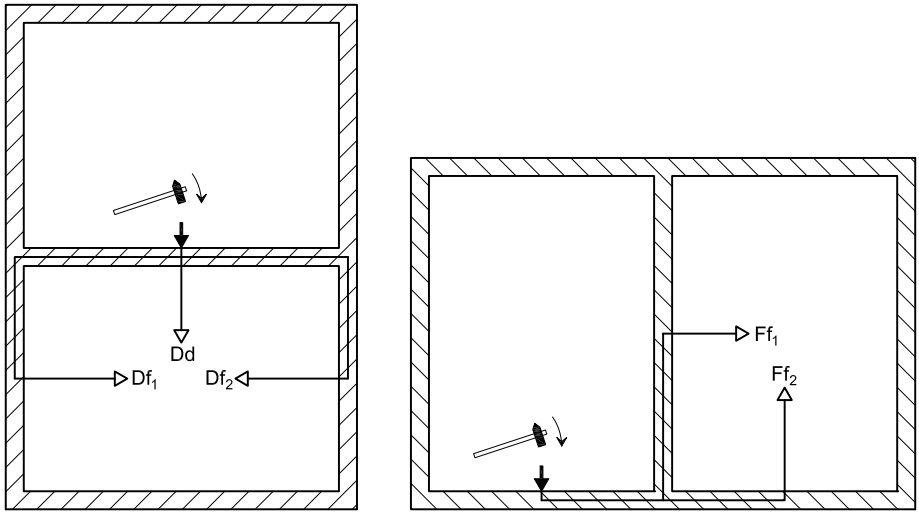


Bild 7.4.1-1 Schallübertragungsweg zwischen zwei Räumen, die übereinander (links) bzw. nebeneinander (rechts) gelegen sind → Anwendungsgrenzen der DIN EN ISO 12354-2

7.4.2 Nachweis des bewerteten Normtrittschallpegels

Grundsätzlich erfolgt der Nachweis des geforderten bewerteten Norm-Trittschallpegels der trennenden Decke nach:

$$vorh\ L'_{n,w} \leq erf\ L_{n,w} \tag{7.4.2-1}$$

Darin sind:

$vorh.\ L'_{n,w}$	vorhandener bewerteter Norm-Trittschallpegel in dB
$erf.\ L'_{n,w}$	erforderlicher bewerteter Norm-Trittschallpegel in dB

7.4.3 Ermittlung des vorhandenen bewerteten Norm-Trittschallpegels

Direktschallübertragung

Der für das trennende Bauteils sich ergebende bewertete Norm-Trittschallpegel für die Direktschallübertragung wird bestimmt durch:

$$L_{n,d,w} \leq L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - \Delta L_{d,w} \tag{7.4.3-1}$$

Darin sind:

$L_{n,d,w}$	bewerteter Norm-Trittschallpegel für den direkten Übertragungsweg in dB
$L_{n,eq,0,w}$	äquivalenter bewerteter äquivalenter Norm-Trittschallpegel der Rohdecke in dB
ΔL_w	bewertete Trittschallminderung durch eine Deckenauflage in dB
$\Delta L_{d,w}$	bewertete Trittschallminderung durch eine Vorsatzkonstruktion auf der Empfangsseite des trennenden Bauteils in dB. Diese Größe ist in seltenen Fällen verfügbar und wird oftmals durch das Luftschallverbesserungsmaß $\Delta R_{d,w}$ näherungsweise angenommen.

Für die (Roh-)Deckenkonstruktionen lässt sich der äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel aus ihrer flächenbezogenen Masse berechnen. Für Decken aus Leicht- oder Porenbeton liegen die tatsächlichen Werte etwas niedriger, so dass die nach Formel 7.4.3-2 berechneten Werte für diese Konstruktionen "auf der sicheren Seite" liegen. Formel 7.4.3-3 gilt für Deckenkonstruktionen aus Betonbalken, Tonziegeln oder keramischen Zwischenbauteilen und einer oberen Leichtestrich-Schicht (teilweise homogene Struktur).

$$L_{n,eq,0,w} = 164 - 35 \cdot \lg m_1' \quad \text{für Deckenkonstruktionen gemäß Tab. 7.4.3-1} \tag{7.4.3-2}$$

$$L_{n,eq,0,w} = 160 - 35 \cdot \lg m_2' \quad \text{für Deckenkonstruktionen gemäß Tab. 7.4.3-2} \tag{7.4.3-3}$$

Darin sind:

$L_{n,eq,0,w}$	bewerteter äquivalenter Norm-Trittschallpegel der Rohdecke in dB
$m_{1'}$	flächenbezogenen Masse (gültig für den Bereich 100 kg/m² ≤ m' ≤ 600 kg/m²)
m_2'	flächenbezogenen Masse (gültig für den Bereich 270 kg/m² ≤ m' ≤ 360 kg/m²)

Tabelle 7.4.3-1 Arten von Deckenkonstruktionen, die sich wie homogene Konstruktionen verhalten, nach DIN EN ISO 12354-2

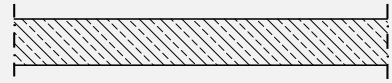
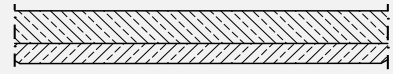
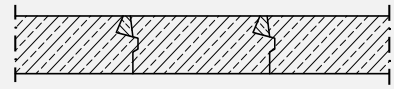
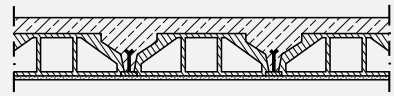
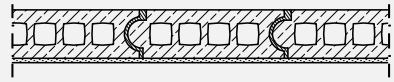
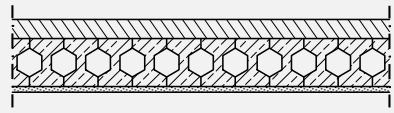
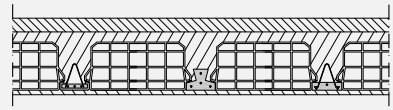
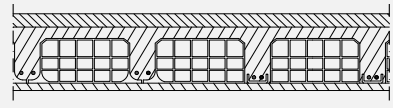
	1	2
1	Deckenausbildung	
2	Massivdecke aus Ortbeton	
3	Fertigteilplatten mit Ortbetonergänzung	
4	Massivdecke aus Porenbeton-Deckenplatten	
5	Stahlbetonrippendecken und -balkendecken mit Zwischenbauteilen	
6	Stahlbetonhohldecke	
7	Balkendecken ohne Zwischenbauteile	

Tabelle 7.4.3-2 Arten von Deckenkonstruktionen aus Betonbalken, Tonziegeln oder keramischen Zwischenbauteilen und einer oberen Leichtestrich-Schicht (teilweise homogene Struktur) nach DIN EN ISO 12354-2

	1	2
1	Deckenausbildung	
2	vorgefertigte Betonbalken und keramische Zwischenbauteile [1)]	
3	Ortbetonbalken und keramische Zwischenbauteile [1)]	

[1)] gilt für Decken mit Rippen und Ton-Lochziegeln (teilweise homogen) mit einer oberen Leichtestrich-Schicht mit einer Dicke zwischen 50 mm und 100 mm und einer Dichte von 650 ± 150 kg/m^3.

Die bewertete Trittschallminderung ΔL_w des schwimmenden Oberbodens hängt von seiner flächenbezogenen Masse und der flächenbezogenen dynamischen Steifigkeit der Dämmschicht ab. Die Werte für schwimmende Estriche aus Zement oder Calciumsulfat können Bild 7.4.3-1 entnommen oder wie folgt berechnet werden:

$$\Delta L_w = 13 \cdot \lg m' - 14{,}2 \cdot \lg s' + 20{,}8 \tag{7.4.3-4}$$

Diejenigen für schwimmend verlegte Gussasphaltestriche oder schwimmend verlegte Trockenestrichkonstruktionen sind in Bild 7.4.3-2 dargestellt oder werden wie folgt berechnet:

$$\Delta L_w = \left(-0{,}21 \cdot m' - 5{,}45\right) \cdot \lg s' + 0{,}46 \cdot \lg m' + 23{,}8 \tag{7.4.3-5}$$

Darin sind:

m' flächenbezogene Masse des Estrichs in kg/m²

s' flächenbezogene dynamische Steifigkeit der Dämmschicht in N/m³ nach DIN EN 29052-1, gemessen ohne Vorspannung

Die angegebenen Werte gelten jedoch nur für die Bedingung, dass jede Dämmschicht die gesamte Fläche des Fußbodens ohne Trenn- oder Schnittstellen (z. B. durch Heiz- oder Wasserleitungsrohre, elektrische Einrichtungen) bedeckt.

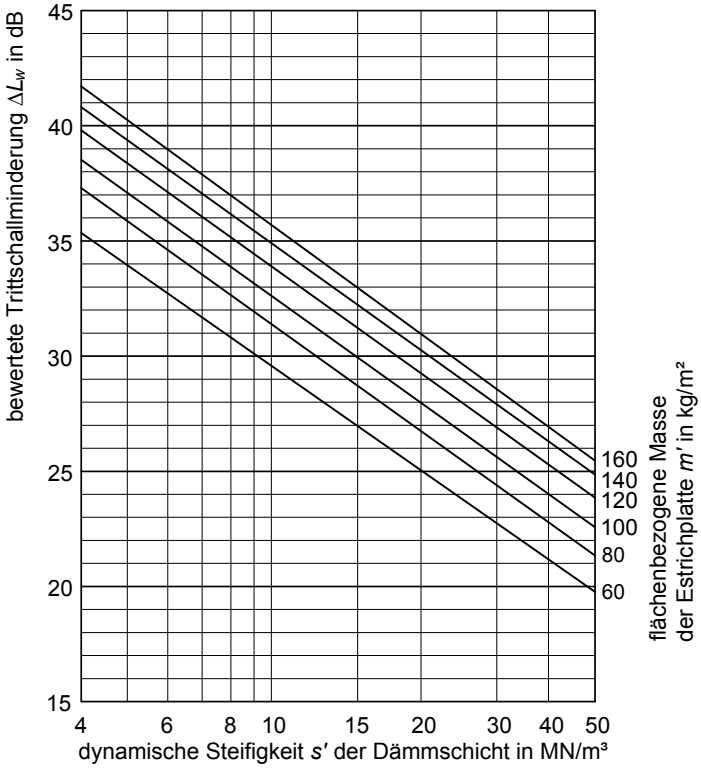


Bild 7.4.3-1 Bewertete Trittschallminderung bei schwimmend verlegten Estrichen aus Zement oder Calciumsulfat nach DIN EN ISO 12354-2

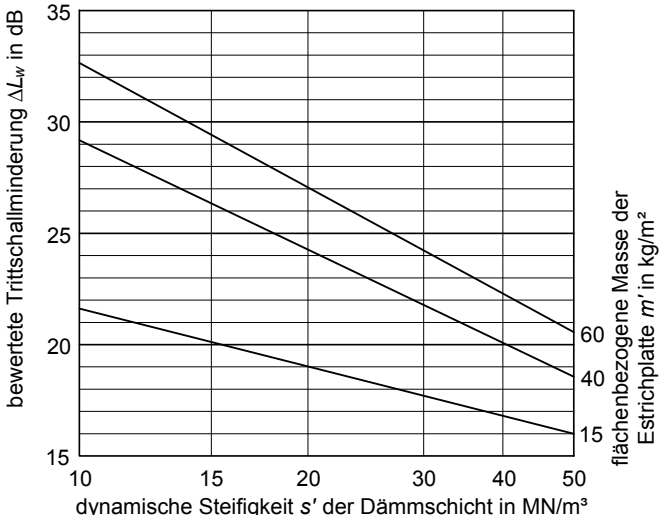


Bild 7.4.3-2 Bewertete Trittschallminderung für schwimmende Gussasphaltestriche oder schwimmend verlegte Trockenestrichkonstruktionen nach DIN EN ISO 12354-2

Sollten die Dämmschichten aus zwei oder mehr Einzelschichten bestehen, so sollte die flächenbezogene dynamische Gesamt-Steifigkeit nach Formel 7.4.3-6 berechnet werden.

$$s'_{tot} = \left(\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{s'_i} \right)^{-1} \tag{7.4.3-6}$$

Darin sind:

s'_{tot} flächenbezogene dynamische Gesamt-Steifigkeit in N/m^3

s'_i flächenbezogene dynamische Steifigkeit der Dämmschicht i in N/m^3 nach DIN EN 29052-1

Flankenweg für Trittschallübertragung

Der bewertete Norm-Trittschallpegel flankierender Bauteile für den Flankenübertragungsweg ij wird wie folgt bestimmt:

$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + \frac{R_{i,w} - R_{j,w}}{2} - \Delta R_{j,w} - K_{i,j} - 10 \cdot \lg \frac{S_i}{\ell_o \cdot \ell_{ij}} \tag{7.4.3-7}$$

Darin sind:

$L_{n,ij,w}$ bewerteter Norm-Trittschallpegel flankierender Bauteile in dB, der auf der Decke i erzeugt und durch das Bauteil j abgestrahlt wird

$L_{n,eq,0,w}$ äquivalenter bewerteter äquivalenter Norm-Trittschallpegel der Rohdecke in dB

ΔL_w bewertete Trittschallminderung durch eine Deckenauflage in dB

$R_{i,w}$ bewertetes Schalldämm-Maß der Decke i in dB

$R_{j,w}$ bewertetes Schalldämm-Maß des Bauteils *j*)in dB

K_{ij} Stoßstellendämm-Maß für den Übertragungsweg *ij*

$\Delta R_{j,w}$ bewertete Luftschallverbesserungsmaß durch eine Vorsatzkonstruktion auf der Empfangsseite des flankierenden Bauteils *j*

8 Nachweisverfahren Teil C - Schallabstrahlung (Emissionen aus dem Gebäude ins Freie)

8.1 Nachweis- und Bemessungsverfahren nach DIN EN ISO 12354-4

8.1.1 Allgemeines

Die Nachweisführung des erforderlichen baulichen Schallschutzes im Industrie- und Gewerbebau weist gegenüber den aus der DIN 4109 bekannten Ansätzen aus dem Wohnungsbau (und entsprechend auch Gebäuden mit vergleichbaren Nutzungen) einen grundlegend anderen Charakter auf. Während nach DIN 4109 für den Wohnungsbau o.ä. die erforderlichen Schalldämm-Maße für die trennenden Innen- und Außenbauteile vorgegeben werden, sind im Industrie- und Gewerbebau die Außenbauteile so zu bemessen, dass am schalltechnisch ungünstigst gelegenen Immissionsort der nächsten Wohnbebauung ein nach TA-Lärm [20] vorgegebener Schalldruckpegel nicht überschritten wird.

Damit wird für den Nachweis/die Bemessung der Gebäudehülle im Industrie- und Gewerbebau eine recht komplexe Gesamtbetrachtung der Schallausbreitung erforderlich, die als vereinfachte Übersicht in Bild 8.1.1-1 skizziert ist.

Hinweis: Die VDI 2571 "Schallabstrahlung von Industriebauten" wurde mit Hinweis auf die Verwendung von DIN 12354-4 und die DIN ISO 9613-2 zurückgezogen.

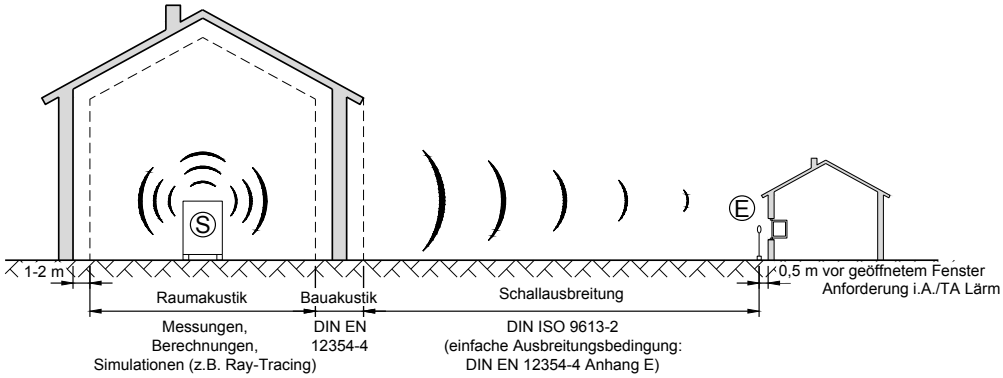


Bild 8.1.1-1 Skizze der Schallausbreitung zwischen dem Emissionsort/Schallquelle **S** (z.B. Maschinen in einer Industriehalle) und dem Immissionsort **E** (vor dem geöffneten Fenster der schalltechnisch nächstliegenden Wohnbebauung)

Das in DIN EN ISO 12354-4 beschriebene Berechnungsmodell deckt – wie im obigen Bild dargestellt – somit nur einen Teilbereich des gesamten Schallausbreitungsvorganges ab; es beschränkt sich darauf, denjenigen Schallleistungspegel zu ermitteln, der von der Außenfläche eines Gebäudes infolge von Luftschall im Innern des Gebäudes abgestrahlt wird.

Für den schalltechnisch vorgelagerten Teil sind mithin raumakustische Berechnungen oder auch entsprechende Schallmessungen zur Ermittlung der sich aus der Hallennutzung erge-

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020
W. M. Willems et al., *Schallschutz: Bauakustik*, Detailwissen Bauphysik, https://doi.org/10.1007/978-3-658-28454-1_8

benden Schalldruckpegel $L_{p,in}$ im Nahfeld der Innenoberflächen der Außenbauteile erforderlich. Hier sei daher auf die entsprechende weiterführende Fachliteratur, z.B. [8], [18], [40] und [41] verwiesen.

Für den schalltechnisch nachgelagerten Teil ist dann eine Berechnung der Schallausbreitung vom Nahfeld der Außenoberflächen der Halle (oder einem entsprechenden anderen Gebäude) zum maßgeblichen Immissionsort durchzuführen. Dabei sind außerhalb des Gebäudes angesiedelte, mit der Nutzung des Gebäudes direkt zusammenhängende Emissionsquellen (z.B. Ventilatoren, außenliegende Kompressoren, Verkehrsgeräusche) in die Berechnungen mit einzubeziehen. Grundsätzlich basiert diese Schallausbreitungsberechnung auf den Vorgaben der DIN ISO 9613-2; es finden sich in der Literatur zusätzliche, erläuternde Ausführungen, vgl. z.B. [18], [40], [42].

Es sei an dieser Stelle ergänzend darauf hingewiesen, dass für die üblicherweise zeitlich variierende Nutzung der Halle (einschließlich dazugehörigem PKW- und LKW-Verkehr) ein entsprechendes Nutzungsprofil erstellt werden muss. Daraus ergibt sich dann, dass die oben angesprochene Schallausbreitungsberechnung von Emissions- zu Immissionsort für jeden Zeitschritt aus dem Nutzungsprofil für die Halle separat auszuführen und im Anschluss dann zu je einem Beurteilungspegel für die Tag- und die Nachtzeit zusammenzuführen ist.

Für die Schalldämmeigenschaften der Gebäudehülle ergeben sich die erforderlichen Kennwerte erf. R und erf. $D_{n,e}$ mithin also nicht für einen speziellen Gebäudetyp, sondern jeweils individuell aus der Gebäudenutzung und der anliegenden Bebauungssituation.

8.1.2 Schalldruckpegel am Immissionsort

Der Schalldruckpegel am maßgeblichen Immissionsort ergibt sich aus den Werten der einzelnen punktförmigen Ersatzschallquellen zu:

$$L_{p,i} = L_{w,i} + D_{c,i} - A_{tot,i} \tag{8.1.2-1}$$

Darin sind:

$L_{p,i}$ Schalldruckpegel am Immissionsort außerhalb des Gebäudes infolge der Schallabstrahlung einer punktförmigen Ersatzschallquelle i in dB

$L_{w,i}$ Schall-Leistungspegel der punktförmigen Ersatzschallquelle i in dB

$D_{c,i}$ Richtwirkungskorrektur der punktförmigen Ersatzschallquelle i in Richtung des Immissionsortes in dB

$A_{tot,i}$ Im Verlauf der Schallausbreitung von der punktförmigen Ersatzschallquelle i zum Immissionsort auftretende Gesamtausbreitungsdämpfung in dB nach DIN EN ISO 9613-2 (dort wird die Gesamtausbreitungsdämpfung allerdings mit A bezeichnet)

Die Richtwirkungskorrektur D_c beinhaltet die jeweilige Richtwirkung der punktförmigen Ersatzschallquellen (Bauteile und Öffnungen), die durch das Richtwirkungsmaß D_I beschrieben wird, sowie die Einflüsse benachbarter schallharter Oberflächen (Reflexion und Abschirmung), die durch das Raumwinkelmaß D_Ω beschrieben werden. Für die Richtwirkungskorrektur in eine bestimmte Richtung gilt:

$$D_c = D_I + D_\Omega = D_I + 10 \cdot \lg \frac{4\pi}{\Omega} \tag{8.1.2-2}$$

Darin sind:

D_c Richtwirkungskorrektur in dB

D_I Richtwirkungsmaß in dB

D_Ω Raumwinkelmaß in dB

Ω Raumwinkel, in den hinein abgestrahlt wird in sr (steradiant)

Anmerkung: Obwohl der Raumwinkel Ω eine dimensionslose Größe ist, wird er zur Verdeutlichung in der Einheit Steradiant [sr] angegeben (dieses entspricht sinngemäß dem Bogenmaß mit der Einheit Radiant beim ebenen Winkel). Ein Raumwinkel von 1 sr umschließt auf einer Kugel mit dem Radius 1 m eine Fläche von 1 m^2.

Dabei spielt die Umrissform des Flächenstücks keine Rolle; jede Umrissform auf der Kugeloberfläche mit dem gleichen Flächeninhalt definiert einen Raumwinkel Ω der gleichen Größe.

Für *große, ebene Strahler* gilt nach DIN EN ISO 12354-4 Anhang D:

- Die Schallabstrahlung erfolgt primär in Form einer Halbkugel → $\Omega = 2\pi$ → Richtwirkungskorrektur $D_c = + 3$ dB.
- In der Praxis ergibt sich vor einer Ebene für die Richtwirkungskorrektur $+ 5 \text{ dB} \leq D_c \leq - 5$ dB.
- Es darf ein Mittelwert von $D_c = 0$ dB für Abstrahlwinkel zwischen 0° und 90° (bezogen auf die Flächennormale) angenommen werden.

Für *Öffnungen* gilt nach DIN EN ISO 12354-4 Anhang D:

- Die Öffnungen strahlen Schall primär senkrecht zur Öffnungsfläche ab.
- Für das Richtwirkungsmaß gilt in grober Näherung $-10 \text{ dB} \leq D_I \leq + 2$ dB.

8.1.3 Segmentierung der Gebäudehülle

Im Allgemeinen wird die Gebäudehülle durch mindestens eine Punktschallquelle für jede Gebäudeseite, d. h. für jede Wand- und Dachfläche, dargestellt. Häufig ist jedoch für jede Seite die Anordnung mehrerer Punktschallquellen notwendig.

Die zur Schallabstrahlung beitragenden Bauteile werden in zwei Gruppen eingeteilt:

- ebene Strahler wie z. B. Bauteile der Gebäudehülle, d. h. Wände, Dach, Fenster, Türen, einschließlich kleiner Bauteile mit einer Fläche von typischerweise < 1 m^2 wie z. B. Gitter und Öffnungen,
- größere Öffnungen mit einer Fläche von typischerweise ≥ 1 m^2, d. h. große Lüftungsöffnungen, offene Türen und offene Fenster.

Für die Bildung der Segmente gelten die folgenden Regeln:

- die Bedingungen für die Schallausbreitung bis zu den nächsten interessierenden Immissionsort (A_{tot}) sind für alle Bauteile eines Segments gleich,
- der Abstand zum nächsten interessierenden Immissionsort ist größer als das Doppelte der größten Abmessung des betreffenden Segments,
- für die Bauteile eines Segments ist derselbe Innenschalldruckpegel anzusetzen und
- für die Bauteile eines Segments ist dieselbe Richtwirkung anzusetzen.

Ist mindestens eine dieser Bedingungen nicht erfüllt, sind andere Segmente zu wählen, z. B. durch Unterteilung in kleinere Segmente, bis alle Bedingungen erfüllt sind, Beispiel vgl. Bild 8.1.3-2.

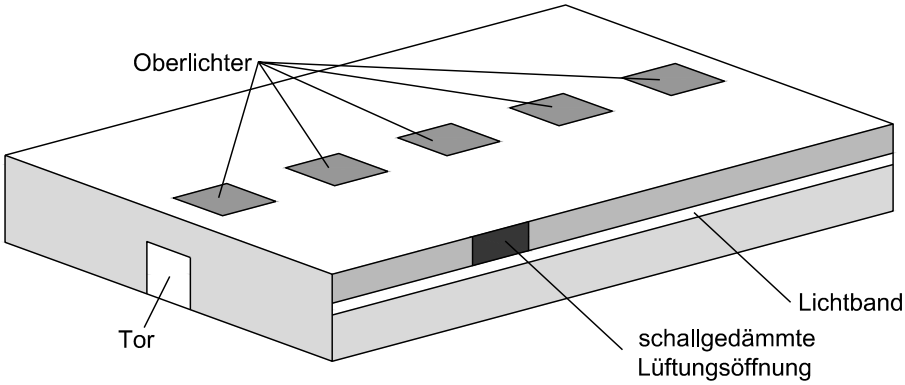


Bild 8.1.3-1 Darstellung einer Industriehalle als Beispiel (mit 5 Oberlichtern im Flachdach, einem Industrietor an der Stirnseite, durchgehenden Lichtbändern und einer schallgedämmten Lüftungsöffnung an den Längswänden)

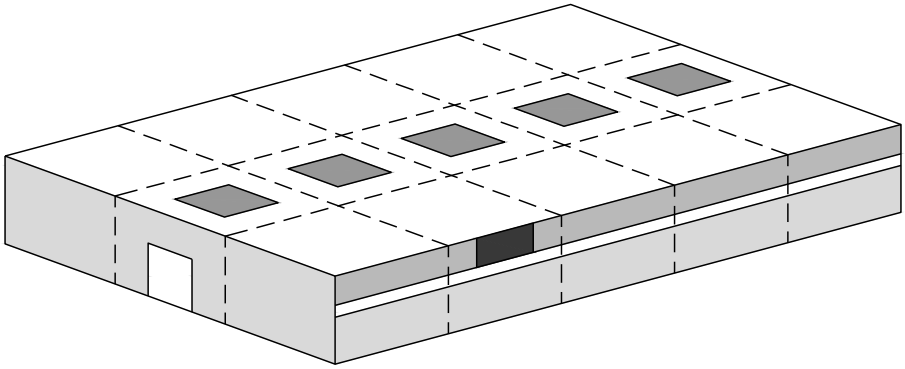


Bild 8.1.3-2 Darstellung der Einteilung der Industriehalle in Segmenten

Aus dem Mindestabstand *d* zwischen Emissions- und Immissionsort ergeben sich folgende höchstzulässige Abmessungen der Segmente:

Wand $$b = \frac{\sqrt{2} \cdot d}{4} \qquad (8.1.3\text{-}1)$$

Dach $$a = b = \frac{\sqrt{2} \cdot (d + 30)}{4} \qquad (8.1.3\text{-}2)$$

Darin sind:

a Länge bzw. Höhe des Segments in m

b Breite des Segments in m

d Mindestabstand zwischen Emissions- und Immissionsort in m

8.1.4 Schall-Leistungspegel der einzelnen Segmente

Der Schall-Leistungspegel der punktförmigen Ersatzschallquelle eines einzelnen Segmentes der Gebäudehülle, das aus Bauteilen besteht, ergibt sich zu:

$$L_w = L_{p,in} + C_d - R' + 10 \cdot \lg \frac{S}{S_0} \tag{8.1.4-1}$$

Darin sind:

$L_{p,in}$ Schalldruckpegel im Abstand von 1 m bis 2 m von der Innenseite des Segments in dB, vgl. entsprechende Ausführungen in Abschnitt 8.1.1

C_d Diffusitätsterm für das Innenschallfeld am Segment in dB

R' Bau-Schalldämm-Maß für das Segment in dB

S Fläche des Segments in m^2

S_0 Bezugsfläche mit $S_0 = 1\ m^2$

Der Diffusitätsterm C_d wird beeinflusst sowohl vom Grad der Diffusität des Schallfeldes im Gebäudeinnern als auch der raumseitigen Absorptionseigenschaft des betrachteten Segments der Gebäudehülle, vgl. dazu die Zusammenstellung in Tabelle 8.1.4-1.

Tabelle 8.1.4-1 Angaben zu den anzusetzenden Werten der Diffusitätsterme C_d für verschiedene Räume auf der Grundlage einer allgemeinen Beschreibung und örtlicher Oberflächeneigenschaften der innenseite der Gebäudehülle nach DIN EN ISO 12354-4, Anhang B

	1	2
1	Beschreibung der Räume und örtliche Eigenschaften der Innenoberfläche	C_d
2	relativ kleine, gleichförmige Räume (diffuses Feld) vor reflektierender Oberfläche	− 6
3	relativ kleine, gleichförmige Räume (diffuses Feld) vor absorbierender Oberfläche	− 3
4	große, flache oder lange Hallen, viele Schallquellen (durchschnittliches Industriegebäude) vor reflektierender Oberfläche	− 5
5	Industriegebäude, wenige dominierende und gerichtet abstrahlende Schallquellen vor reflektierender Oberfläche	− 3
6	Industriegebäude, wenige dominierende und gerichtet abstrahlende Schallquellen vor absorbierender Oberfläche	0

Anmerkung:

Für ein ideales diffuses Schallfeld und nichtabsorbierende Bauteile gilt im Allgemeinen $C_d = -6$ dB; für Räume, wie sie im industriellen Umfeld üblich sind, mit nicht absorbierenden Segmenten an der Innenseite ist ein Wert von $C_d = -5$ dB geeigneter.

Das Bau-Schalldämm-Maß für das Segment R' ergibt sich aus den Daten der zusammengefassten Einzelbauteile i zu:

$$R' = -10 \cdot \lg\left(\sum_{i=1}^{m} \frac{S_i}{S_0} \cdot 10^{-0{,}1 \cdot R_i} + \sum_{m+1}^{m+k} \frac{A_0}{S} \cdot 10^{-0{,}1 \cdot D_{n,e,m+1}} \right) \tag{8.1.4-2}$$

Darin sind:

R_i	Schalldämm-Maß des Bauteils *i* in dB
S_i	Fläche des Bauteils *i* in m²
$D_{n,e,m+1}$	Norm-Schallpegeldifferenz für das kleine Bauteil (*m*+1) in dB
A_0	Bezugsabsorptionsfläche mit $A_0 = 10$ m²
m	Anzahl großer Bauteile im Segment
m+k	Anzahl kleiner Bauteile im Segment

Anmerkung:

DIN EN ISO 12354-4 weist in ihrem Angang C ausdrücklich auf folgenden Umstand hin: "Die Abmessungen der Bauteile und die Befestigungsverfahren weichen jedoch im Allgemeinen deutlich von den bei Prüfstandmessungen verwendeten ab. Dies kann zu großen Abweichungen zwischen den aus Prüfstandmessungen gewonnenen akustischen Daten der Bauteile und den Daten unter den am Bau vorliegenden Gegebenheiten führen. Darüber hinaus wird das Schalldämm-Maß von miteinander verbundenen Bauteilen gewöhnlich durch die Schallübertragung über die Stoßstellen zwischen den Bauteilen und die Abdichtung von Schlitzen und kleinen Öffnungen begrenzt. Diese Übertragung ist schwer vorhersagbar und wird im Allgemeinen durch Messungen im Prüfstand nicht angemessen nachgebildet. Aus diesen Gründen wird dringend empfohlen, Daten zu verwenden, die aus repräsentativen Messungen am Bau gewonnen wurden. Werden Werte aus Prüfstandmessungen verwendet, ist es empfehlenswert, das sich ergebende Schalldämm-Maß für ein Segment in jedem Frequenzband auf einen praktischen Höchstwert zu begrenzen, der für die Art der Konstruktionen und die betrachtete Situation zutreffend ist."

8.1.5 Schall-Leistungspegel aus Öffnungen bestehendes Segment

Der Schall-Leistungspegel der punktförmigen Ersatzschallquelle eines einzelnen Segmentes der Gebäudehülle, das aus Öffnungen besteht, ergibt sich zu

$$L_w = L_{p,in} + C_d + 10 \cdot \lg \sum_{i=1}^{n} \frac{S_i}{S} \cdot 10^{-0,1 \cdot D_i} \qquad (8.1.5\text{-}1)$$

Darin sind:

$L_{p,in}$	Schalldruckpegel im Abstand von 1 m bis 2 m von der Innenseite des Segments in dB, vgl. entsprechende Ausführungen in Abschnitt 8.1.1
C_d	Diffusitätsterm für das Innenschallfeld am Segment in dB, vgl. Tabelle 8.1.4-1
S_i	Fläche der Öffnung *i* in m²
S	Fläche des Segments, d. h. die Gesamtfläche der Öffnungen in dem Segment in m²
D_i	Einfügungsdämpfungsmaß des Schalldämpfers in der Öffnung *i* in dB
n	Anzahl der Öffnungen im Segment

Die Berechnung des Schall-Leistungspegels wird in Frequenzbändern auf der Grundlage von akustischen Daten für die Bauteile in Terzbändern (Mittenfrequenzen von 100 Hz bis 3150 Hz) oder Oktavbändern (Mittenfrequenzen von 125 Hz bis 2000 Hz) durchgeführt.

8.2 Gaststätten und Kegelbahnen nach VDI 3726

Diese Richtlinie beschäftigt sich sowohl mit den erforderlichen Maßnahmen zur Übertragungsminderung von Luft- und Körperschall aus Gaststätten und Kegelbahnen in fremde Wohn- und Arbeitsräume (vgl. dazu die Ausführungen in Abschnitt 5.3.9), als auch mit den Maßnahmen zur Minimierung der Luftschallübertragung über Bauteile, wie z.B. Fassaden und Dächer, aus diesen Räumlichkeiten ins Freie.

Die vor diesem Hintergrund erforderlich werdenden resultieren Bau-Schalldämm-Maße erf. $R'_{w,res}$ derjenigen raumumschließenden Bauteile, die Gaststätten und Kegelbahnen ans Freie grenzen lassen, werden ermittelt zu:

$$erf.\, R'_w = L_{AFm} - L_{r,zul} + 10 \cdot \lg\left(\frac{S_g}{S_0}\right) - 20 \cdot \lg\left(\frac{s}{s_0}\right) - 12\,dB \qquad (8.2\text{-}1)$$

Darin sind:

$R'_{w,res}$	resultierendes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß von S_g in dB
L_{AFm}	Mittelungspegel im Innern der Gaststätte in dB(A); bei Kegelbahnen ist der mittlere Maximalpegel $L_{AF,max,m}$ anzusetzen
$L_{r,zul}$	zulässiger "Immissionsrichtwert (Außen)" nach Tabelle 8.2-1 in dB(A)
S_g	Außenfläche in Abstrahlrichtung in m^2
S_0, s_0	Bezugsfläche: $S_0 = 1$ m^2; Bezugslänge: $s_0 = 1$ m
s	geringster Abstand zwischen der Außenfläche S_g und dem Immissionsort in m

Um den Schallschutz bei Gaststätten der Geräuschstufen G-II bis G-IV und Kegelbahnen nach VDI 3726 (siehe Tabelle 5.3.9-2) sicherzustellen, dürfen die Fenster nur als Fluchtweg öffenbar sein; dies setzt eine mechanische Lüftung voraus. Für Außentüren muss eine "Schallschleuse" vorgesehen werden, wobei nicht beide Türen gleichzeitig geöffnet werden dürfen.

Tabelle 8.2-1 Immissionsrichtwerte "Außen" nach Richtlinie VDI 2058, Bl. 1

	1	2	3
1	Einwirkungsort	Immissionsrichtwerte L_r [1)] in dB(A)	
2		tags 6.00 - 22.00 h	nachts 22.00 - 6.00 h
3	in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen (ausnahmsweise Wohnungen für Betriebsangehörige) untergebracht sind (Industriegebiet)	70	70
4	in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (Gewerbegebiet)	65	50
5	in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (Kerngebiete, Mischgebiete, Dorfgebiete)	60	45
6	in deren Umgebung vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (allgemeine Wohngebiete, Kleinsiedlungsgebiete)	55	40
7	in deren Umgebung ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (reines Wohngebiet)	50	35
8	in Kurgebieten, für Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45	35

1) Es soll vermieden werden, dass kurzzeitige Geräuschspitzen den Richtwert am Tage um mehr als 30 dB(A) überschreiten. Zur Sicherung der Nachtruhe sollen nachts auch kurzzeitige Überschreitungen der Richtwerte um mehr als 20 dB(A) vermieden werden..

9 Nachweisverfahren Teil D (Gebäudetechnische Anlagen)

9.1 Allgemeines

9.1.1 Aktuelle Situation für den Nachweis

Für die Berechnung der von gebäudetechnischen Anlagen in schutzbedürftige Räume übertragenen Geräusche existieren zurzeit noch keine zuverlässigen Prognoseverfahren. Dies erklärt auch die DIN 4109-2. Im weiteren Verlauf wird nur gesagt: "*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.*"

Fazit: Ein Rechnerischer Nachweis mit schalltechnischen Kennwerten der Bauteile und Installationen kann zurzeit nicht geführt werden.

9.1.2 Schallübertragung aus gebäudetechnischen Anlagen

Gebäudetechnische Anlagen sind nach DIN 4109 Ver- und Entsorgungsanlagen in Gebäuden, Transportanlagen, fest eingebaute betriebstechnische Anlagen und sonstige haustechnische Anlagen.

Ortsveränderliche Maschinen und Geräte (z.B. Waschmaschine) im eigenen Wohnbereich werden nicht berücksichtigt.

Bei der Schallentwicklung aus gebäudetechnischen Anlagen sind verschiedene Geräuscharten zu unterscheiden, die nicht alle den Anforderungen an einen ausreichenden Schallschutz unterliegen:

- *Betriebsgeräusche*
  Hier besteht vom Bediener keine Möglichkeit, die Schallentwicklung zu beeinflussen. Typische Beispiele sind rotierende Teile von Maschinen, Strömungsgeräusche aus Heizungs-, Lüftungs- oder Klimaanlagen, Ablaufgeräusche aus Abwassersystemen oder Geräusche bei der automatischen Betätigung von Rolläden oder Türen.
- *Betätigungsgeräusche*
  Diese werden vom Nutzer ausgelöst, wie z.B. das Öffnen, Schließen oder Umstellen von Armaturen.
- *Nutzergeräusche*
  Nutzergeräusche werden direkt durch den Nutzer/ Bediener verursacht, wie z.B. das Aufstellen eines Zahnputzbechers auf eine Abstellplatte, hartes Schließen des WC-Deckels, Rutschen in der Badewanne, beim Spureinlauf (Auftreffen des Harnstrahles auf z.B. das Urinal) oder Plätschern in der Dusche. Nutzergeräusche unterliegen nicht den Anforderungen der DIN 4109.

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020
W. M. Willems et al., *Schallschutz: Bauakustik*, Detailwissen Bauphysik, https://doi.org/10.1007/978-3-658-28454-1_9

Gebäudetechnische Anlagen sind schalltechnisch besonders schwierig zu behandeln, da die Schallquellen oft mehrere Schallerzeugungsmechanismen aufweisen und damit sowohl Luftschall, als auch Körperschall auftreten (siehe Bild 9.2-1). Zuverlässige Prognoseverfahren müssen erst noch entwickelt werden [35], [44]. Daher können nur begrenzt Anforderungen gestellt und ansonsten dem Planer allgemeine Hinweise, z.B. zur Grundrissgestaltung, gegeben werden.

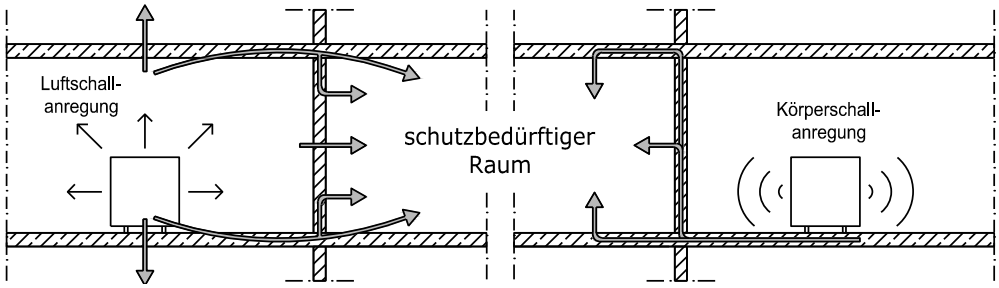


Bild 9.1.2-1 Schematische Darstellung der Schallübertragungswege bei gebäudetechnischen Anlagen

9.1.3 Anforderungen bei haustechnischen Anlagen und Betrieben

Die Anforderungen an den Schallschutz vor Geräuschen aus haustechnischen Anlagen und Betrieben sind in dem Kapitel 5 aufgeführt. Hier wird unterschieden in

a) bauordnungsrechtliche Anforderungen
   - DIN 4109-1

b) zivilrechtliche Anforderungen
   - DIN 4109-5 (E 05.2019) (erhöhte Anforderungen)
   - Beiblatt 2 der DIN 4109 (11.1989) (erhöhte Anforderungen)
   - DIN SPEC 91314
   - VDI 4100 (3 Schallschutzstufen)
   - DEGA-Empfehlungen 103 (Schallschutzklassen A bis F)

Für Auslaufarmaturen und daran anzuschließende Auslaufvorrichtungen sowie für Eckventile sind die maximalen Durchflüsse entsprechend der Durchlaufklassen zu beschränken.

Das gewünschte Niveau sollte vertraglich vereinbart werden, denn auch hier ist zu bedenken, dass eine Beschreibung des Bauobjektes als "gehobene", "zeitgemäße" oder ähnliche Bauweise bereits die Schuldung eines erhöhten Schallschutzes beinhalten.

9.2 Ver- und Entsorgungsanlagen

9.2.1 Sanitärtechnik

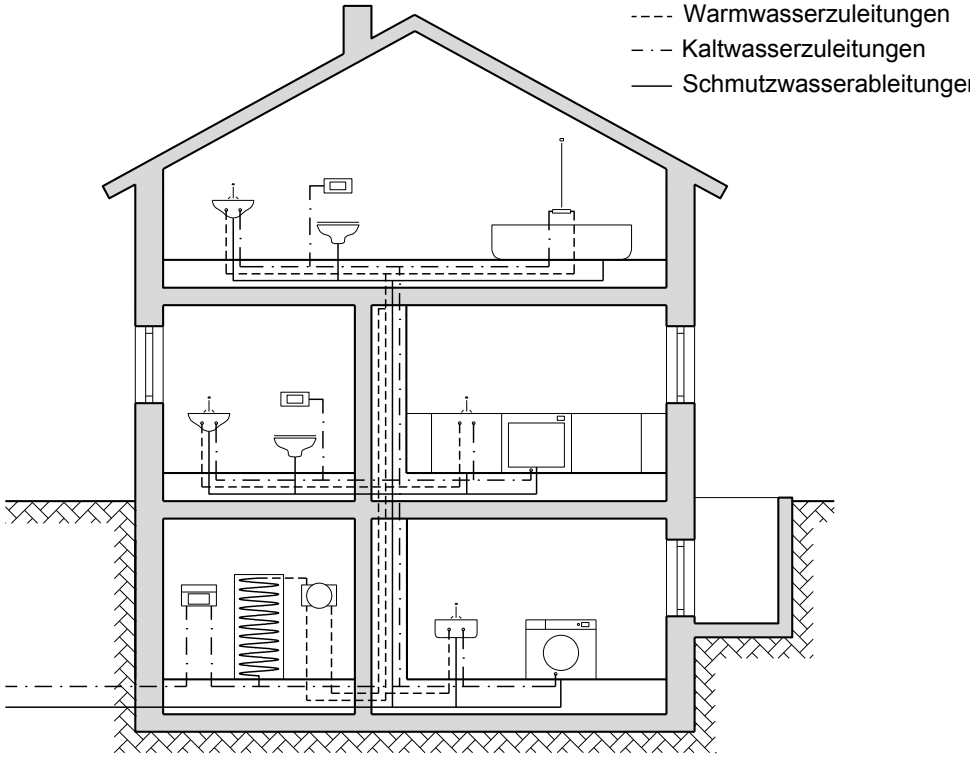


Bild 9.2.1-1 Schematische Darstellung der verschiedenen Ver- und Entsorgungsleitungen in einem Gebäude

Installationsgeräusche werden von zwei Bereichen, der Sanitärinstallation und der Installationswand beeinflusst, daher ist bei der Planung und Ausführung ein Zusammenwirken notwendig. Die Eignung einer bestimmten Sanitärinstallation oder einer bestimmten Installationswand kann daher jeweils für sich alleine und unabhängig von der Höhe der Anforderungen nicht deklariert werden.

Es wird zwischen Nachweisen mit und ohne bauakustischer Messung unterschieden. Bei Nachweisen ohne bauakustischer Messung werden für die sanitärtechnischen Anlagen sogenannte Referenzlösungen (Musterinstallationswände) herangezogen.

Um die Anforderungen nach DIN 4109-1 einzuhalten, dürfen nur Armaturen und Geräte verwendet werden, die geprüft und entsprechend mit den Armaturengruppen gekennzeichnet sind.

Installationsgeräusche werden in den Rohrwandungen und in der eingeschlossenen Wassersäule als Körperschall weitergeleitet und bei harter Verbindung der Rohre mit dem Rohbau von den Wänden und Decken als Luftschall abgestrahlt. Eine konsequente Schallentkopplung zwischen Rohrleitungssystem und Baukörper ist hier notwendig (siehe Bild 9.2.1-2).

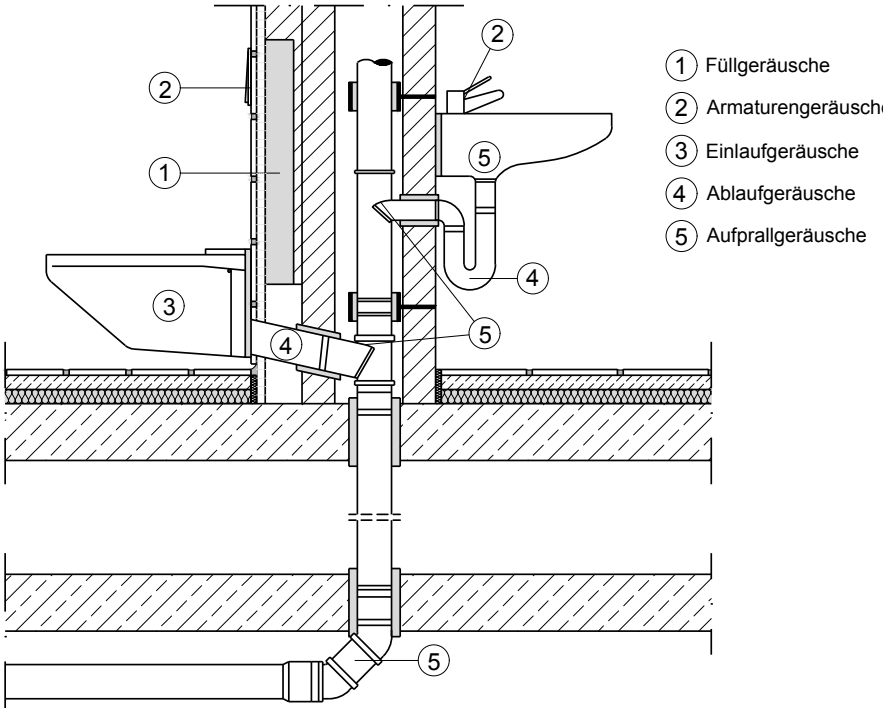


Bild 9.2.1-2 Geräuschentstehungspunkte bei Wasserinstallationen

9.2.2 Hinweise für die Planung und Ausführung

Die Störung durch sanitäre Anlagen erfolgt eher durch Körperschall als durch Luftschall. Zusätzliche Maßnahmen gemäß DIN 4109 sind bei der Planung und Ausführung zu beachten.

Geeignete Konstruktionen, die diese Schallübertragung ausreichend reduzieren, sind z.B. Rohrschellen mit elastischen Einlagen oder Federbügelhalter wie in Bild 9.2.2-1 gezeigt. Rohrschellen mit Gummieinlagen sind weitverbreiteter Standard bei der Schalldämmung von Rohrbefestigungen. Kritisch sind jedoch montagebedingte Einflussgrößen; wird beispielsweise eine Gummieinlage mit Last beaufschlagt, reduzieren sich die Dämmwerte erheblich, da die Flexibilität des Materials abnimmt. Dann sind andere geeignete Dämmelemente vorzusehen.

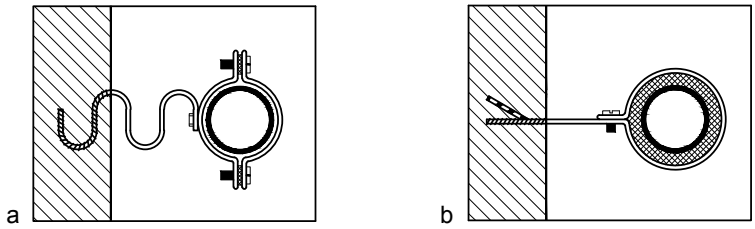


Bild 9.2.2-1 Rohrschellen mit Federbügelhalter (a) oder elastischen Einlagen (b)

Reduzieren kann man Schallbrücken, indem man schwingungsübertragende Bauteile, wie z.B. eine Schraube, mit Kunstoffdübeln und elastischer Unterlegscheibe einbaut.

Bei Rohrdurchführungen ist auf eine schallbrückenfreie Rohrführung zu achten (Bild 9.2.2-2). Die Durchtrittsöffnung muss so groß sein, dass das Rohr an keiner Stelle die Wand oder Decke berührt. Der Spalt kann mit Dämmhülsen, Mineralwolle und/oder dauerlastischem Material, wie z.B. Silikon, verfüllt werden.

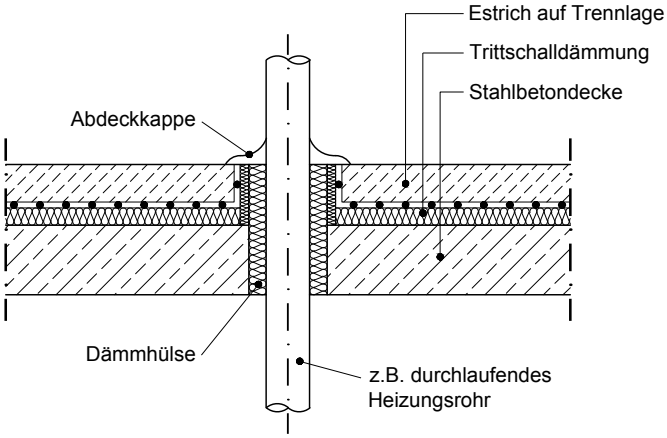


Bild 9.2.2-2 Schallbrückenfreie Ausführung einer Rohrdurchführung

Abwasseranlagen

Zu Abwasseranlagen gehören Einrichtungen wie Abwassersysteme (bestehend aus Rohrleitungen, Formstücken, Verbindungen, Befestigungselementen und Materialien zur Körperschalldämmung und -dämpfung der Rohrleitungen), Abwasserhebeanlagen und Abscheider bzw. Abwasserbehandlungsanlagen.

Für Abwasseranlagen gilt:

- Umsetzung bauakustisch günstiger Grundrisse, z. B. sollten schutzbedürftige Räume nicht an Wände grenzen, an denen Abwasserleitungen befestigt sind.
- Verwendung schwerer Installationswände (Empfehlung: $m' \geq 220$ kg/m^2).
- Anordnung von Vorsatzschalen auf der den schutzbedürftigen Räumen zugewandten Seite an leichten Massivwänden mit Abwasserleitungen.
- Anordnung von mehrschaligen biegeweichen Wandsysteme mit Hohlraumbedämpfung (Leichtbauwände) und leichte Vorwandsysteme sind sowohl vor leichten als auch vor massiven Wänden.
- Bei der Planung von Gebäudeentwässerungsleitungen sind starke Richtungsumlenkungen (z. B. 90°-Bögen) möglichst zu vermeiden. Grundsätzlich sind körperschalldämmende Maßnahmen im Bereich von Wand- und Deckendurchführungen vorzusehen. Werden gleichzeitig Brandschutzanforderungen sowie weitere bauphysikalische Anforderungen gestellt, sind diese so zu planen und auszuführen, dass sie den Schallschutz nicht beeinträchtigen und umgekehrt.
- Bei der Montage des Abwasserleitungssystems sind Körperschallbrücken an der kompletten Rohrinstallation zu vermeiden. Besteht die Gefahr von Körperschallbrücken durch nachfolgende Gewerke, dann muss eine Körperschalldämmung vorgesehen werden. Die Befestigung der Abwasserrohre erfolgt im Regelfall mit körperschallgedämmten Befestigungselementen.

- Die Montageanleitungen der Hersteller sind zu beachten.
- Abwasserleitungen dürfen an Wänden in schutzbedürftigen Räumen nicht freiliegend verlegt werden. Sie sind in Installationsschächten zu verlegen, die eine ausreichende Schalldämmung besitzen.
- Zur Minderung der Luftschallabstrahlung im Installationsraum sind hierfür geeignete Rohrleitungssysteme und ggf. eine akustisch wirksame Rohrummantelung einzusetzen.
- Installationsschächte sind bei Bedarf mit geeignetem Absorptionsmaterial auszukleiden. Die Schachtwände sind dicht an Installationswand, Decke und Boden anzuschließen.

Wasseranlagen (Trinkwasserinstallation)

Zur Trinkwasserinstallation gehören alle Einrichtungen der Trinkwasserversorgung wie Armaturen, Trinkwasserleitungen, Trinkwassererwärmer, Druckerhöhungsanlagen, Zirkulationspumpen, Speicherladepumpen und Wasserbehandlungsanlagen.

Für Wasseranlagen (Trinkwasserinstallation) gilt:

- Trinkwasser-Leitungssysteme werden in der Regel so ausgelegt, dass bei den üblicherweise auftretenden Fließgeschwindigkeiten in den Rohrleitungen die Eigengeräusche der Leitungen gegenüber den Armaturengeräuschen vernachlässigt werden können. Armaturengeräusche werden durch das Leitungssystem weitergeleitet.
- Als wichtigste Schallschutzmaßnahme sind sämtliche Trinkwasserleitungen gegenüber dem Bauwerk durch geeignete Maßnahmen schalltechnisch wirkungsvoll zu dämmen (z. B. Armaturenanschluss mit integrierter Körperschallentkopplung, Rohrschellen mit Dämmeinlage, Körperschalldämmung bei Wand- bzw. Deckendurchführungen).
- Rohrschellendämmungen bei Rohren vor der Wand und Rohrummantelungen bei Rohren in der Wand sind als Maßnahmen gegen die Übertragung von Armaturengeräuschen auf das Bauwerk wirkungslos, wenn die Armaturen fest mit der Wand verbunden sind. Eine Geräuschminderung ist nur zu erreichen, wenn derartige Schallbrücken vermieden werden.
  Anmerkung: *Bei Einsatz der Wärmedämmschichtdicken nach der EnEV* [45] *für Warmwasserleitungen bzw. DIN 1988 für Kaltwasserleitungen sowie Dämmung bei Brandschutz ist zu prüfen, ob die Schallschutzanforderungen bei Wand und Deckendurchführungen durch die verwendeten Materialien erfüllt werden.*
- Das Geräusch aus Armaturen und Geräten der Trinkwasserinstallation wird umso größer, je höher der Fließdruck an den Armaturen und damit der Durchfluss ist. Der Druck muss ggf. durch Druckminderer begrenzt werden.
- Steigleitungen und Apparateanschlussleitungen sollten nicht an Trennwänden zu schutzbedürftigen Räumen (z. B. Wohn bzw. Schlafzimmern) montiert werden.
- Je größer die flächenbezogene Masse des Bauelementes, umso weniger kann es durch die von der Rohrbefestigung übertragenen Körperschallschwingungen in Schwingung versetzt werden. Grundsätzlich sollte die Rohrbefestigung in den steiferen Bereichen der Wände erfolgen. Bei massiven Wänden sind dies üblicherweise (abhängig von den Einspannbedingungen der Wand) die Randbereiche. Bei Leichtbauwänden sind dies üblicherweise die Ständerbereiche.

Installationssysteme und sanitäre Ausstattungsgegenstände

Zu Installationssystemen und sanitären Ausstattungsgegenständen gehören alle Einrichtungen wie Vorwand- und Inwand-Installationselemente, Installationsregister und Installationsschächte, Waschbecken, Wannen, Klosettbecken, Bidets, Urinale und Sanitärarmaturen. Für Installationssysteme und sanitäre Ausstattungsgegenstände gilt:

- Bei der Planung und Ausführung von Installationssystemen in Sanitärräumen sind neben Bestimmungen des Schallschutzes auch die Auflagen des vorbeugenden baulichenBrandschutzes, des Feuchtigkeitsschutzes, des Wärmeschutzes (Dämmschichtdicken bei wasserführenden Rohrleitungen) und der Statik (Tragfähigkeit) der Wände, insbesondere auch bei Schlitzen in Wänden, zu beachten.
- Die Verlegung von Leitungen in Schlitzen von Wänden führt ohne besondere und sorgfältig ausgeführte Maßnahmen zur Körperschallentkopplung zu Körperschallbrücken. Außerdem kann die Schalldämmung der Wand verschlechtert werden. Deshalb wird eine Trennung von Installation und Baukonstruktion empfohlen. Diese Trennung wird durch den Einsatz von Installationssystemen erreicht, im Massivbau durch eine Vorwandinstallation, im Trockenbau durch die Ausführung der Wände mit entsprechenden Installationselementen für Vorwand- und Inwandmontage.
- Die Befestigung von Teilen der Sanitär-Installation und sanitären Ausstattungsgegenständen an Installationssystemen und Decken ist körperschallentkoppelt auszuführen.
- Bei körperschallentkoppelten Maßnahmen an sanitären Ausstattungsgegenständen sind die statischen Anforderungen an die Installationssysteme zu berücksichtigen.
- Neben Art und Ausführung der Installationswand hat insbesondere das Installationssystem selbst einen großen Einfluss auf die Höhe des übertragenen Geräuschpegels.

Vermeidung von Schallbrücken

Folgende Hinweise sollten bei der Leitungsplanung beachtet werden:

- Ausbildung des angrenzenden Bauteils als schweres Bauteil oder Anbringen von Vorsatzschalen im schutzbedürftigen Raum.
- Verwendung körperschallentkoppelter Leitungen, z.B. mit Rohrschellen gemäß Bild 9.2.2-1 oder sorgfältig ausgeführte Rohrdurchführungen gemäß Bild 9.2.2-2)
- Vermeidung starker Richtungsänderungen.
- Bei Abwasserleitungen in Schlitzen ist darauf zu achten, dass die flächenbezogene Masse der Restwand zum schutzbedürftigen Raum mind. 220 kg/m² beträgt.

Bei den Sanitärgegenständen werden folgende Hinweise gegeben:

- Ausbildung des angrenzenden Bauteils als schweres Bauteil oder Anbringen von Vorsatzschalen im schutzbedürftigen Raum.
- Die Sanitärgegenstände sind körperschallgedämmt aufzulagern oder auf einem schwimmendem Estrich anzuordnen.
- Badewanne, Dusche und Schürze sind elastisch von der Wand zu trennen (Bild 9.2.2-3).
- Wandhängende Sanitärgegenstände sind körperschallgedämmt zu befestigen (z.B. Bild 9.2.2-4)
- Zwischenschalten einer federnden Dämmschicht (VDI 2062) an der Befestigungsstelle zwischen Rohrleitung oder Einrichtungsgegenstand und Decke oder Wand.

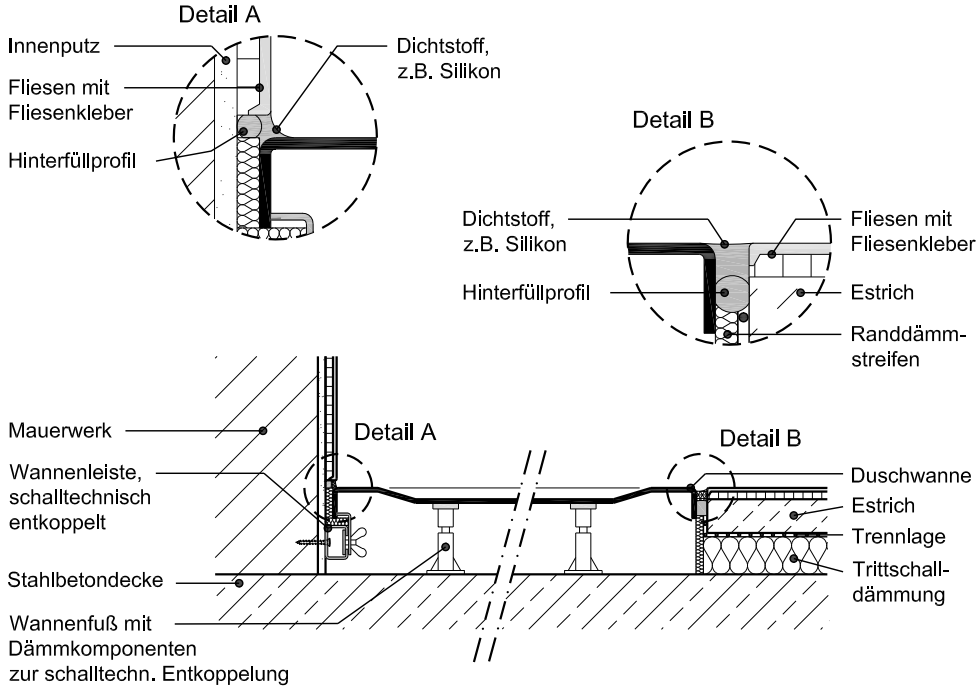
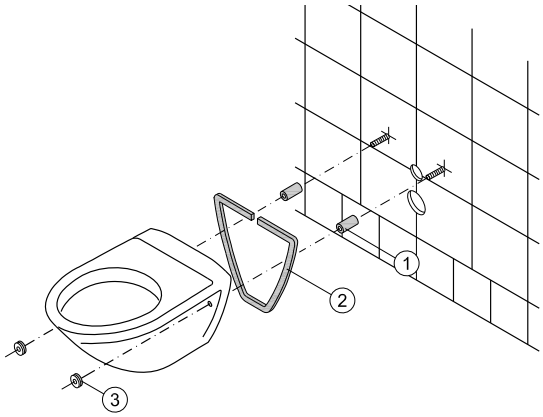


Bild 9.2.2-3 Schallbrückenfreie Ausführung einer Duschtasse

Dusch- und Badewannen stellen einen relativ großen Resonanzkörper dar, der bei aufprasselndem Wasser der Brause in Schwingungen versetzt wird (= Körperschallanregung). Bei einer fachgerecht vom Baukörper schallgedämmt getrennten Montage (mittels schallgedämmten Wannenfüßen, Wannenprofil zu den Wandseiten hin, schallgedämmten Wannenleisten bzw. -ankern), wird die Übertragung zum Baukörper weitgehend vermieden. Insbesondere aber Stahlwannenkörper weisen eine starke Restresonanz auf, die als Luftschall im Raum hörbar wird. Die Schwingungsreduzierung mit Anti-Dröhn-Matten, wie aus der Automobilfertigung bestens bekannt, bietet eine Lösung. Anti-Dröhn-Matten reduzieren die auftretenden Schwingungen des Resonanzkörpers und tragen so zur Verbesserung des Schalldämmwertes bei.



Schallschutzkomponenten für Toiletten

① Gummihülsen
② Gummiband, selbstklebend
③ Scheiben mit Gummiauflagern

Bild 9.2.2-4 Schallbrückenfreie Ausführung bei einer wandhängenden Toilettenanlage

Grundrissplanung

Schon in der Planungsphase gut gewählte Grundrissanordnungen können Schallprobleme aus dem Sanitärbereich erheblich reduzieren. Wie in Bild 9.2.2-6 gezeigt, werden dabei Küchen und Bäder nebeneinander (im Mehrgeschossbau auch übereinander) an einem Installationskern an der Zwischen- bzw. Wohnungstrennwand angeordnet. Armaturen und Rohrleitungen sind nicht an den Wänden anzuordnen, die an Schlafräume grenzen. So treten Störungen im eigenen Wohnbereich (horizontale Ausbreitungsrichtung), aber auch in darunterliegende fremde Wohnbereiche (diagonale Ausbreitungsrichtung) weniger auf.

Es sind die Anforderungen an Armaturengruppen gemäß Bilder 9.2.2-3 und -4 zu beachten.

Aufgrund der Gefahr einer erhöhten Körperschallanregung ist auf einen guten Trittschallschutz, d.h. eines einwandfrei ausgeführten schwimmenden Estrichs zu achten, auch wenn Küchen und Bäder übereinander angeordnet sind.

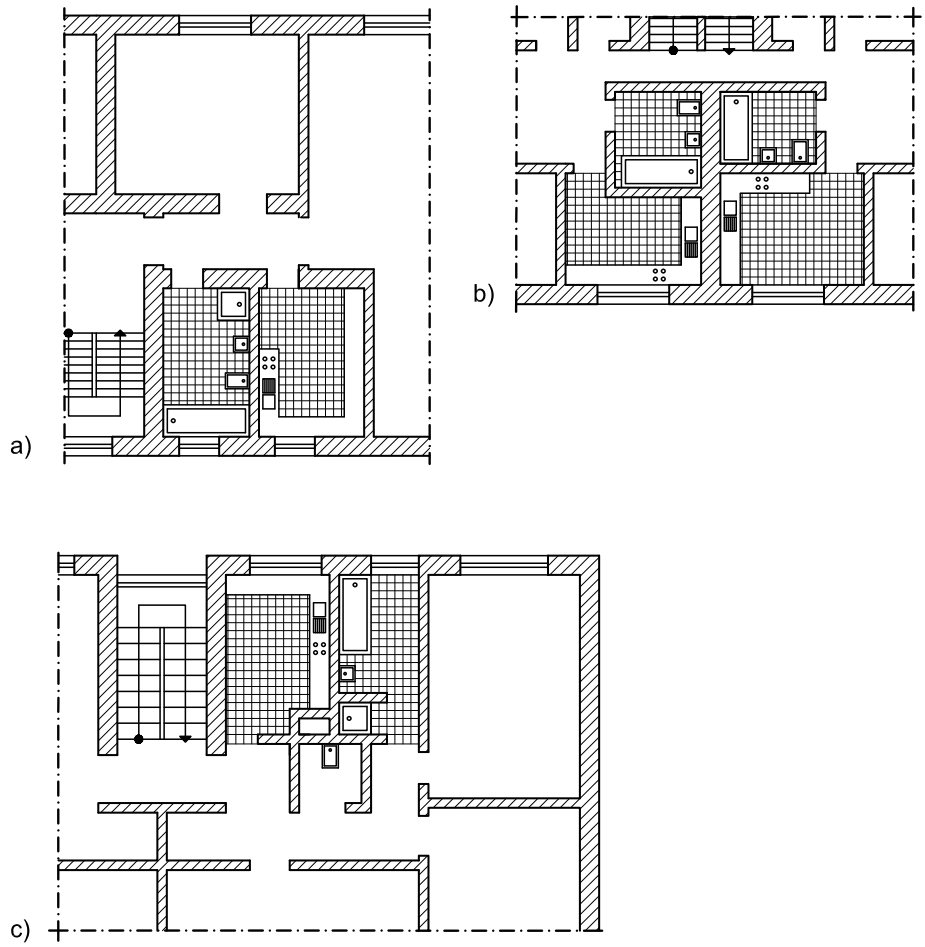


Bild 9.2.2-5 Beispiele schalltechnisch günstiger Grundrisse in Mehrfamilienhäusern nach [8]
a) Bad und Küche an einer gemeinsamen Installationswand
b) Bad und Küche an einer schweren Wohnungstrennwand
c) Bad, Küche und WC an einem Installationsschacht gruppiert

9.2.3 Musterinstallationswände

Massivbau-Musterinstallationswand

Massive Wände, an denen Abwasserinstallationen (Rohrleitungen usw.) und/oder Trinkwasserinstallationen (Sanitärarmaturen, Trinkwasserleitungen usw.) und/oder sanitäre Ausstattungsgegenstände (z. B. Waschbecken, Klosettbecken, Bidets, Urinale) befestigt sind, können zur Erfüllung der Anforderungen von DIN 4109-1 ohne weitere bauakustische Prüfung eingesetzt werden, wenn

- die einschalige Massivwand unter Berücksichtigung von Putzschichten eine flächenbezogene Masse von $m' \geq 220$ kg/m^2 aufweist,
- nur Armaturen und Geräte verwendet werden, die die Anforderungen nach DIN 4109-1 (siehe Tab. 5.2.4-4) erfüllen,
- der Ruhedruck der Trinkwasser Installation nach Verteilung in den Stockwerken vor den Armaturen nicht mehr als 0,5 MPa beträgt; ein höherer Druck ist durch Einbau von Druckminderern entsprechend zu verringern,
- Durchgangsarmaturen (z. B. Absperrventile, Eckabsperrventile, Vorabsperrventile bei bestimmten Armaturen und Geräten) im Betrieb immer voll geöffnet sind; sie dürfen nicht zum Drosseln verwendet werden,
- beim Betrieb der Armaturen der für ihre Eingruppierung zugrunde gelegte Durchfluss (Durchflussklasse gemäß Tab. 9.2.3-1) nicht überschritten werden. Daher müssen Auslaufvorrichtungen wie Strahlregler, Brausen und Durchflussbegrenzer den Durchfluss durch die Armatur entsprechend begrenzen, d. h., die Auslaufvorrichtungen dürfen keiner höheren Durchflussklasse angehören als der zugehörige Armaturenabgang.

Tabelle 9.2.3-1 Durchflussklassen von Armaturen

1	2	3	4	5	6	7	8
2	Durchflussklasse	Z	A	S	B	C	D
3	maximaler Durchfluss Q in ℓ/s (bei 0,3 MPa Fließdruck)	0,15	0,25	0,33	0,42	0,50	0,63

- Trink- und Abwasserleitungen schallentkoppelt vor der Wand angebracht sind. Hierzu sind körperschallentkoppelte Rohrschellen zu verwenden und Körperschallbrücken auszuschließen. Falls eine Verlegung dieser Leitungen in Wandschlitzen vorgesehen ist, müssen die Leitungen vollständig und sorgfältig durch körperschalldämmende Ummantelungen versehen werden. Die Wirksamkeit schalltechnischen Maßnahmen zur Einhaltung der Anforderungen aus DIN 4109-1 unter Massivbaubedingungen ist vom jeweiligen Produkthersteller nachzuweisen.
- Abwasserleitungen an Wänden in schutzbedürftigen Räumen nicht freiliegend verlegt sind,
- das Installationssystem, das innerhalb der Vorwand vor der Massivwand eingebaut ist, (bestehend z. B. aus Spülkasten, Heberglocke, Spülrohr, Tragrahmen, Verbindungselement) vom Gebäudekörper körperschallentkoppelt ist,

- Rohrleitungen an massiven Installationswänden oder an gesonderten Tragelementen, die mit der Wand verbunden sind, entkoppelt mit Rohrschellen mit Dämmeinlage befestigt sind; eine Direktbefestigung an der Wand ist nicht zulässig.
- Durchdringungen von Leitungen und Armaturen durch Massivwände so ausgebildet sind, dass eine Körperschallübertragung durch elastische Manschetten oder elastische Rohrumhüllungen oder durch freie Durchführungen der Rohrleitungen vermieden wird,
- sanitäre Ausstattungsgegenstände an der Installationswand schallentkoppelt befestigt sind,
- die Wirksamkeit der vorgesehenen schalltechnischen Maßnahmen unter Massivbaubedingungen vom Hersteller angegeben bzw. vom jeweiligen Produkthersteller nachgewiesen wird,
- Armaturen der Armaturengruppe I und deren Wasserleitungen dürfen an massiven Wänden mit $m' \geq 220$ kg/m² angebracht werden, ebenso Abwasserleitungen und sanitäre Ausstattungsgegenstände, wenn vom Produkthersteller die Einhaltung der Anforderungen nachgewiesen wird. (siehe Bild 9.2.3-1)
- Armaturen der Armaturengruppe II und deren Wasserleitungen, Abwasserleitungen und sanitäre Ausstattungsgegenstände ohne besonderen Nachweis dürfen nicht an Wänden angebracht werden, die im selben Geschoss, in den Geschossen darüber oder darunter an schutzbedürftige Räume grenzen (siehe Bild 9.2.3-2).
- Armaturen der Armaturengruppe II und deren Wasserleitungen, Abwasserleitungen und sanitäre Ausstattungsgegenstände ohne besonderen Nachweis dürfen außerdem nicht an Wänden angebracht sein, die auf vorgenannte Wände stoßen.

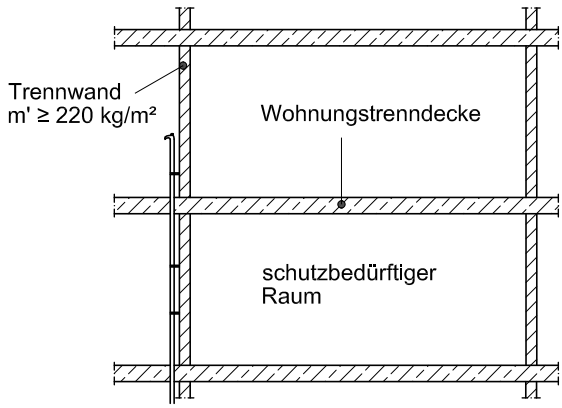


Bild 9.2.3-1 Anordnung von Armaturen der Armaturengruppe I

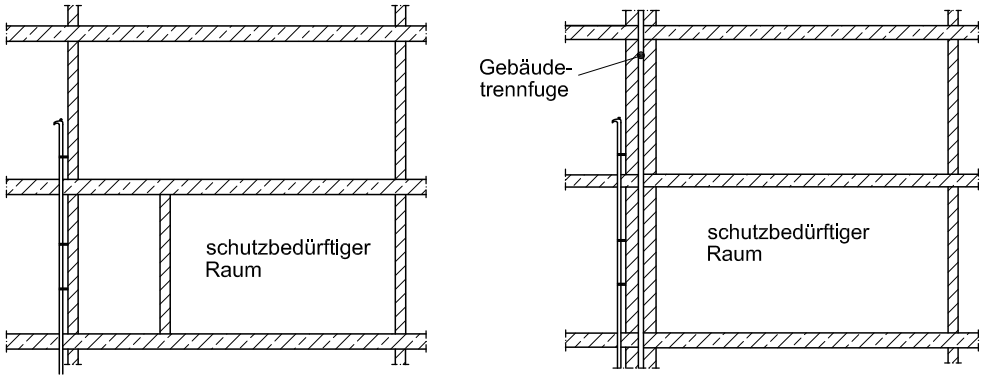


Bild 9.2.3-2 Anordnung von Armaturen der Armaturengruppe II

Leichtbau-Musterinstallationswand

Leichtbauwände, an oder in denen Abwasserinstallationen (Rohrleitungen usw.) und/oder Trinkwasserinstallationen (Armaturen, Trinkwasserleitungen usw.) und/oder sanitäre Ausstattungsgegenstände (z. B. Waschbecken, Klosettbecken, Bidets, Urinale) befestigt sind, können zur Erfüllung der Anforderungen der DIN 4109-1 ohne weitere bauakustische Prüfung eingesetzt werden, wenn sie wie eine Leichtbau-Musterinstallationswand aufgebaut ist. Der Nachweis anhand der Leichtbau-Musterinstallationswand ist nur zulässig, wenn die flächenbezogene Masse der Decke $m' \geq 450$ kg/m^2 beträgt und Armaturen der Armaturengruppe I zum Einsatz kommen.

Die Leichtbau-Musterinstallationswand ist eine Wand aus Gipsplatten mit Metallunterkonstruktionen mit folgenden Aufbauten:

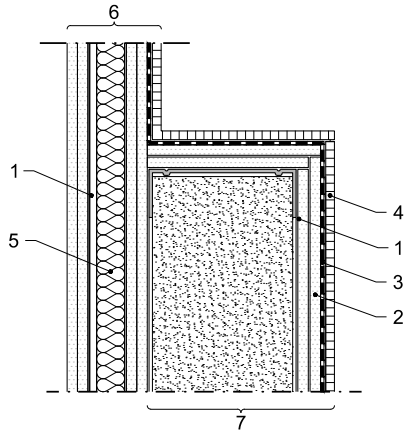
- Einfachständerwand (siehe Bild 9.2.3-3) mit zusätzlicher Vorwandinstallation;
- Doppelständerwand mit zusätzlicher Vorwandinstallation oder Doppelständerwand mit innenliegender Sanitärinstallation.

Für Ständerwände mit zusätzlicher Vorwandinstallation gelten folgende Randbedingungen:

- mindestens eine zweilagige Beplankung je Seite aus 12,5-mm Gips- oder Gipsfaserplatten mit einer flächenbezogenen Masse von $m' \geq 11$ kg/m^2 je Plattenlage,
- ein Abstand der Beplankung $a \geq 75$ mm (Hohlraumdicke),
- eine Hohlraumbedämpfung mit 60 mm dickemFaserdämmstoff mit einem längenspezifischen Strömungswiderstand von $r \geq 5$ kPa s/m^2
- Auch für die zusätzliche Vorwandinstallation ist mindestens eine zweilagige Beplankung aus 12,5 mm Gips- oder Gipsfaserplatten mit $m' \geq 11$ kg/m^2 je Plattenlage und eine Hohlraumdämpfung vorzusehen. Kontaktstellen der Unterkonstruktion der Vorwandinstallation zum Baukörper (Wände, Böden) sind, z. B. mit Anschlussdichtungen, körperschallentkoppelt auszuführen.

Für Doppelständerwand mit innenliegender Sanitärinstallation gelten außerdem die folgenden Festlegungen:

- Die CW-Ständerprofile der beiden Wandseiten können mittels Gipsplattenstreifen oder Blechprofilen in Höhe von 1/3 und 2/3 der Wandhöhe durch Laschen zug- und druckfest miteinander verbunden werden,
- Rohrleitungen und Rohrschellen sind an einer separaten Unterkonstruktion aus Ständerprofilen (z. B. aus Aussteifungsprofilen UA) zu befestigen, welche freistehend und ohne Kontakt zu den Beplankungsschalen oder Laschen im Hohlraum eingebaut wurden.



1 Einfachständerwerk
2 Gips-, Gipsfaserplatte
3 Oberflächenbeschichtung
4 Oberfläche, z.B. Fliese
5 Hohlraumdämpfung
6 Einfachständerwand
7 Vorwand

Bild 9.2.3-3 Einfachständerwand mit zusätzlicher Vorwandinstallation

9.3 Wärmeerzeugungs- und lufttechnische Anlagen

9.3.1 Allgemeines

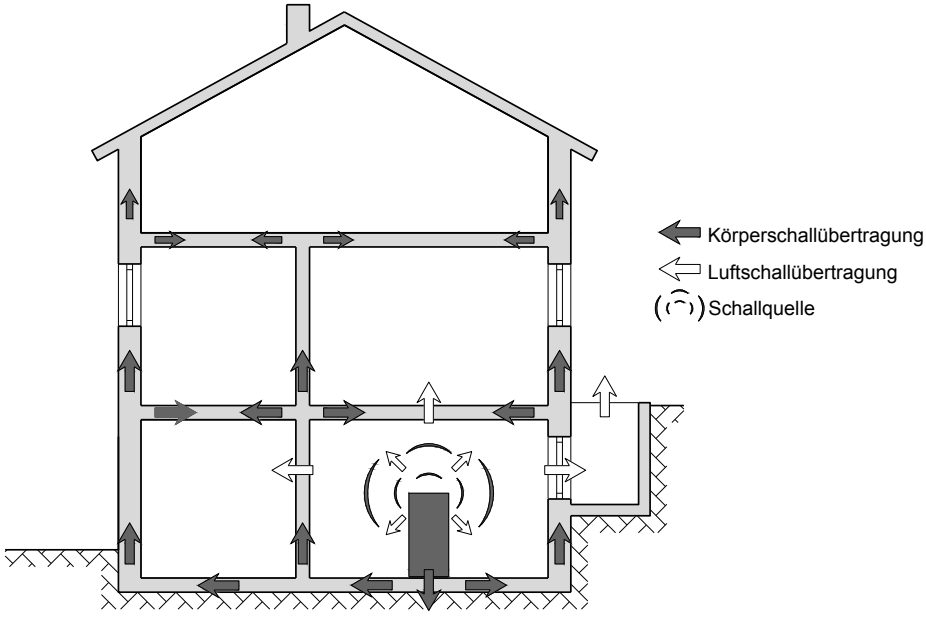


Bild 9.3.1-1 Schallübertragung von betriebstechnischen Anlagen durch Körper- u. Luftschall

Die Schallübertragung von betriebstechnischen Anlagen, z.B. Heizung, Pumpen, Lüftung (hier das besondere Thema "Telefonie") erfolgt durch Körper- und Luftschall.

Da zur Zeit noch keine Nachweisverfahren und erforderliche Daten für Teile der technischen Gebäudeausrüstung zur Verfügung stehen, werden in DIN 4109-36 nur Hinweise im informativen Anhang aufgeführt.

9.3.2 Wärmeversorgungsanlagen

Maßgebliche Lärmquellen bei Heizungsanlagen sind nach VDI 2715:

- Brenner-/ Kesselsystem einschließlich Abgasanlage
- Druckhalte- und Volumenausgleichssysteme
- Umwälzpumpen, Heizölpumpen
- Schalteinrichtungen
- Armaturen, Thermostatventile
- Rohrleitungen und Heizflächen

Bei Wärmeerzeugungsanlagen muss neben den Luftschallemissionen besonders auf Körperschallemissionen geachtet werden. Mit Schalldämmhauben lassen sich Gebläse- und Verbrennungsgeräusche entsprechend Tab. 9.3.2-1 reduzieren.

Tabelle 9.3.2-1 Erreichbare Minderung der A-bewerteten Schalldruckpegel durch Schalldämmhauben für Gebläsebrenner in Abhängigkeit von der Nennwärmeleistung des Wärmeerzeugers gemäß DIN 4109-36

	1	2
1	Nennwärmeleistung P_{WE} [1)] in kW	Minderung der A-bewerteten Schalldruckpegel Einfügungsdämm-Maß D_I in dB
2	< 500	bis zu 20
3	500 bis 1000	bis zu 22
4	> 1000	bis zu 24

1) WE = Wärmeerzeuger

Grundsätzlich gilt für Wärmeerzeugungsanlagen:

- Grundrisssituation und Aufstellungsort sind bereits bei der Planung zu berücksichtigen
- Verwendung ausreichend schwer dimensionierter Wände und Decken
- Die schallgedämmte Aufstellung/ Befestigung der Wärmeerzeuger auf dem Boden oder an der Wand hat nach den Angaben der Hersteller zu erfolgen.
- Bei der Montage der weiteren Systemkomponeneten (z.B. Abgasleitung, Pumpen, Rohrleitungen) sind Körperschallbrücken an der kompletten Installation zu vermeiden, auch nachfolgende Gewerke müssen eine Körperschalldämmung vorgesehen. Die Montageanleitungen der Hersteller sind zu beachten.

- Durch den hydraulischen Abgleich des Rohrleitungssystems sollen in den Heizflächen Geräusche vermieden werden. Bis zur vollständigen Ausgasung des Sauerstoffs des Heizwassers ist die Anlage regelmäßig zu entlüften.
- Pumpen mit niedriger Drehzahl sind im Allgemeinen leiser.
- Schaltkästen sollten entdröhnt und körperschallgedämmt befestigt werden.
- Fachgerecht dimensionierte und verlegte Rohrleitungen sind im Allgemeinen keine Geräuschquellen, sie können aber Geräusche aus Pumpen oder Armaturen weiterleiten.

Außerdem sind folgende Übertragungswege zu beachten [44]:

- bei größeren Heizungsanlagen ist außerdem eine Luftschallübertragung über den Schornstein möglich ⇨ Schalldämpfer zwischen Heizkessel und Schornstein
- Körperschallübertragung über die Rohrleitungen und Abstrahlung durch die Heizkörper
- Körperschallübertragung über Rohrleitungsbefestigungen direkt ins Gebäude
- Schallübertragung von Raum zu Raum über leichte Heizkörper
- Temperaturänderungen führen zu Längenänderungen im Rohrnetz und können Knackgeräusche verursachen
- für Heizzentralen auf dem Dach ist eine gute Körperschallentkopplung vom Rohbau des Gebäudes erforderlich.

Für detaillierte Berechnungen und Ausführungen wird auf VDI 2715 verwiesen.

Planungsrichtwerte für maximale A-bewertete Schallleistungspegel für Wärmeerzeugungsanlagen können der Tab. 9.3.2-2 entnommen werden. In der Regel stehen herstellerspezifische Angaben zur Verfügung.

Tabelle 9.3.2-2 A-bewerteter Schallleistungspegel von Wärmeerzeugungsanlagen gemäß DIN 4109-36

	1	2	3
1	Nennwärmeleistung P_{WE} in kW	Schallleistungspegel max. L_{WA} in dB(A)	Schallleistungspegel an der Mündung der Abgasanlage max. L_{WA} in dB(A)
2	10	70	75
3	50	77	85
4	100	82	88
5	1 000	93	100
6	5 000	102	110
7	10 000	105	112

Heizungsanlagen in Kellerräumen mit Nennleistungen bis ca. 100 kW übertragen Brennergeräusche in der Regel nur über Luftschall. Eine möglichst schwere Ausführung der Kellerdecke nach DIN 4109 und ein schwimmender Estrich sind daher ausreichend. Bei größeren Heizungsanlagen können zusätzliche körperschallentkoppelnde Maßnahmen unter den Kesseln nach VDI 2715 erforderlich sein.

Tabelle 9.3.2-3 Orientierungswerte für Schall-Leistungspegel von Wärmeerzeugern

1	2	3	4
2	Schallquelle	Schall-Leistungspegel L_W in dB	Quelle
3	Wärmepumpen	55 - 75	[50]
4	Brennwertkessel - Gas	< 76	[46]
5	Brennwertkessel - Öl	60 - 63	[47]
6	Holzpelletofen	48 - 52	[49]
7	BHKW - Gas	52 - 56	[48]
8	BHKW - Öl	54 - 56	[48]
9	max. menschliche Sprache	93	

9.3.3 Wärmepumpen

Wärmepumpen finden zunehmendes Interesse. Dabei neigen insbesondere Luftwärmepumpen zu erhöhter Lärmbelästigung für die Umwelt. Für die Aufstellungsplanung unter schalltechnischen Gesichtspunkten wird immer der maximale Schallleistungspegel der Wärmepumpe für den Tag- oder Nachtbetrieb nach Herstellerangaben herangezogen. Der Beurteilungspegel kann individuell mit Gleichung 9.3.3-1 berechnet oder mit einer kumulierten Dämpfung aus nach Gleichung 9.3.3-2 bestimmt.

Eine vereinfachte Nachweisführung für Luft-/Wasserwärmepumpen erfolgt nach [51] dem Prinzip "Ermittlung der Geräuschimmissionen im Freien durch Prognose" auf Grundlage der TA Lärm.

Der maßgebliche Bezugspunkt befindet sich 0,5 m vor dem Fenster des am stärksten betroffenen schutzbedürftigen Raumes. Für die Festlegung wird ein Aufstellungsplan benötigt, der den Standort der Wärmepumpe, die reflektierenden Wandflächen und die Lage der Fenster von schutzbedürftigen Räumen enthält. In der Berechnung des Beurteilungspegels für den Tagbetrieb ($L_{r,T}$) wird grundsätzlich der Zuschlag für Zeiten mit erhöhter Empfindlichkeit K_R berücksichtigt. Die Nachweisführung für den Nachtbetrieb ($L_{r,N}$) kann mit einem reduzierten Schallleistungspegel nach Herstellerangaben geführt werden. Diese Vorgehensweise bedarf der Zustimmung durch die untere Immissionsschutzbehörde.

$$L_r = L_{w,aeq} + K_T + K_0 + K_R - 20 \cdot \lg s_m - 11 \text{ dB(A)} \qquad (9.3.3\text{-}1)$$

Darin sind:

L_r Schalldruckpegel Empfänger / Beurteilungspegel in dB(A)

$L_{w,aeq}$ Schallleistungspegel der Wärmepumpe nach Herstellerangabe in dB(A)

K_T Zuschlag für die Ton- und Informationshaltigkeit nach Herstellerangabe (0 / 3 / 6 dB(A))

K_0 Raumwinkelmaß aus der Aufstellsituation (Erhöhung durch Reflexion um 3 / 6 / 9 dB(A)) nach Tab. 9.3.3-2

K_R Zuschlag von 6 dB(A) für Zeiten mit erhöhter Empfindlichkeit (nur im Tagbetrieb)

s_m Entfernung der Schallquelle zum maßgeblichen Immissionsort (0,5 m vor der Mitte des geöffneten Fensters des nächstgelegenen schutzbedürftigen Raums)

Alternativ ist die Ermittlung des Beurteilungspegels nach einem Tabellenverfahren möglich:

$$L_r = L_{w,aeq} + K_T + \Delta L \qquad (9.3.3\text{-}2)$$

Darin sind:

L_r Schalldruckpegel Empfänger / Beurteilungspegel in dB(A)

$L_{w,aeq}$ Schallleistungspegel der Wärmepumpe nach Herstellerangabe in dB(A)

K_T Zuschlag für die Ton- und Informationshaltigkeit nach Herstellerangabe (0 / 3 / 6 dB(A))

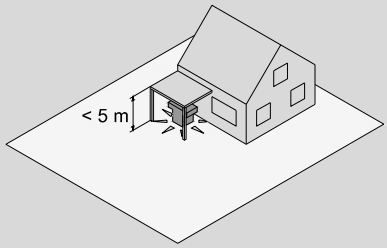
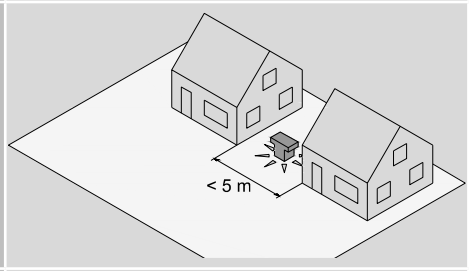
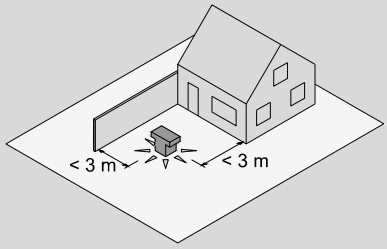
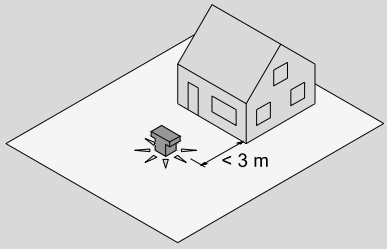
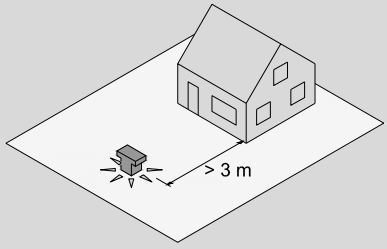
ΔL Dämpfung durch Aufstellung und Entfernung nach Tabelle 9.3.3-1

Tabelle 9.3.3-1 Änderungen des Schalldruckpegels Δ*L* in Abhängigkeit von der Aufstellsituation nach Tab 9.3.3-1 und der Entfernung zum schutzbedürftigen Raum nach [51]

1	2	3	4	5	6	7	8
2	Entfernung	Änderungen des Schalldruckpegels [1] ΔL in dB(A)					
3	s_m in m	2 reflektierende Flächen K_0 = 9 dB(A)		an einer Wand K_0 = 6 dB(A)		frei aufgestellt K_0 = 3 dB(A)	
4		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
5	3	-5,5	-11,5	-8,5	-14,5	-11,5	-17,5
6	4	-8,0	-14,0	-11,0	-17,0	-14,0	-20,0
7	5	-10,0	-16,0	-13,0	-19,0	-16,0	-22,0
8	6	-11,6	-17,6	-14,6	-20,6	-17,6	-23,6
9	7	-12,9	-18,9	-15,9	-21,9	-18,9	-24,9
10	8	-14,1	-20,1	-17,1	-23,1	-20,1	-26,1
11	9	-15,1	-21,1	-18,1	-24,1	-21,1	-27,1
12	10	-16,0	-22,0	-19,0	-25,0	-22,0	-28,0
13	11	-16,8	-22,8	-19,8	-25,8	-22,8	-28,8
14	12	-17,6	-23,6	-20,6	-26,6	-23,6	-29,6
15	13	-18,3	-24,3	-21,3	-27,3	-24,3	-30,3
16	14	-18,9	-24,9	-21,9	-27,9	-24,9	-30,9
17	15	-19,5	-25,5	-22,5	-28,5	-25,5	-31,5
18	16	-20,1	-26,1	-23,1	-29,1	-26,1	-32,1
19	17	-20,6	-26,6	-23,6	-29,6	-26,6	-32,6
20	18	-21,1	-27,1	-24,1	-30,1	-27,1	-33,1
21	19	-21,6	-27,6	-24,6	-30,6	-27,6	-33,6
22	20	-22,0	-28,0	-25,0	-31,0	-28,0	-34,0

[1] Zwischenwerte werden linear interpoliert

Tabelle 9.3.3-2 Zuschläge für den Schalldruckpegel in Abhängigkeit von der Aufstellsituation

1	2	3	4
2	Schallquelle	Raumwinkel-maß K_0 in dB(A)	Beschreibung
3		+ 9	Wärmepumpe unter einem Vordach, Höhe des Vordaches bis zu 5 m
4		+ 9	Wärmepumpe zwischen zwei Wänden, Abstand zwischen den Wänden bis zu 5 m
5		+ 9	Wärmepumpe in einer Ecke, Abstand zum Gerät jeweils bis zu 3 m
6		+ 6	Wärmepumpe an einer Wand, Abstand zum Gerät bis zu 3 m
7		+ 3	Wärmepumpe frei aufgestellt, keine Wand näher als 3 m

Zusammenfassend kommen nach [51] und [52] folgende Maßnahmen in Betracht:

- Aufstellort so auswählen, dass sich eine möglichst große Entfernung zu schutzbedürftigen Räumen ergibt.
- Wärmepumpen im Außenbereich so aufstellen, dass der Luftstrom an keiner Seite behindert wird, um höhere Betriebsgeräusche zu vermeiden.
- Verbesserung der Schalldämpfung am Luftein- und -auslass bei Außenaufstellung.
- Anpassen des Ventilators an die tatsächlich benötigte Luftmenge.
- Umsetzung verbesserter Abdichtung von Fugen und Durchlässen am Gehäuse.
- Zur Schwingungs- und Geräuschminimierung im Gebäude sind Wärmepumpen vom Bauwerk zu entkoppeln, z.B. durch elastische Lagerung.
- Vorsehen von schalldämmenden sowie -dämpfenden Zu- und Abluftschläuchen für die Innenaufstellung.
- Körperschallentkopplung von Rohrleitungen.
- Die Verlegung von elektrischen Anschlussleitungen sollte mit Schlaufen mit 270° - 360° Umlenkung erfolgen.

9.3.4 Lufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen)

Vorgehensweise nach DIN 4109-36

Für Nichtwohngebäude (inklusive Gebäude mit wohnähnlicher Nutzung, wie Hotel, Krankenhaus, Altenheim usw.) erfolgt die schalltechnische Berechnung der Lüftungsanlagen nach den Vorgaben der VDI 2081 durch einen TGA-Planer.

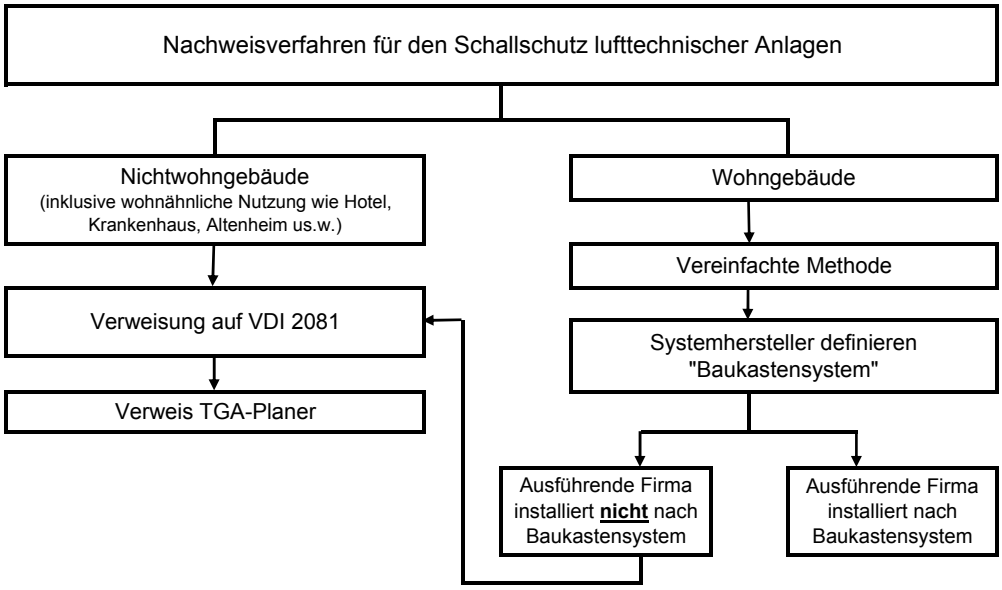


Bild 9.3.4-1 Schematische Darstellung der ausführlichen und vereinfachten Nachweisverfahren bei lufttechnischen Anlagen gemäß DIN 4109-36

Bei Wohngebäuden kann auf eine detaillierte Dimensionierung der RLT-Anlage nach VDI 2081 verzichtet werden, wenn die Herstellerfirma der Produkte ein Baukastensystem (genaue Zusammenstellung und Ausführungsleitfaden auf Basis der VDI 2081) zur Verfügung stellt und die Installationsfirma nach diesem Baukastensystem ausführt.

Bild 9.3.4-1 zeigt eine schematische Darstellung der ausführlichen und vereinfachten Nachweisverfahren bei lufttechnischen Anlagen.

Zentrale Lüftungsanlagen

Bei zentralen Lüftungsanlagen sind zwei verschiedene Schall-Übertragungswege zu beachten:

- Übertragung der Ventilatorengeräusche in schutzbedürftige Räume
- Übertragung von Schall durch Kanalsysteme von Raum zu Raum („Telefonie“)

In Tabelle 9.3.4-1 werden Richtwerte für den Schallpegel aus raumlufttechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) angegebenen, die bei den verschiedenen Raumarten einzuhalten sind.

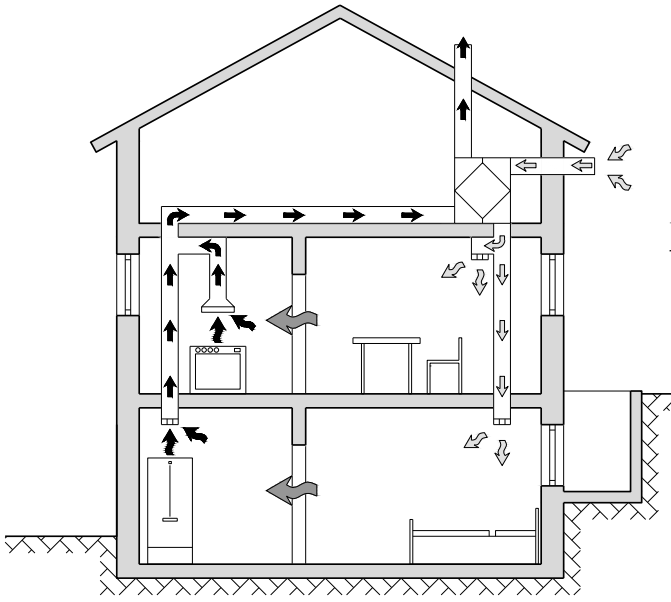


Bild 9.3.4-2 Prinzipielle Darstellung einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Folgende Maßnahmen müssen hinsichtlich der Schallübertragung beachtet werden:

- Vermeidung von großen Strömungsgeschwindigkeiten in den Kanälen, um Strömungsrauschen zu verringern.
- Schalltechnische Überprüfung der Schallquellen mit tiefen Frequenzen, beispielsweise Ventilatoren, damit die Anregungsfrequenzen nicht mit den Resonanzfrequenzen der Bauteile zusammenfallen.
- Schwere Ausbildung des angrenzenden Bauteils oder Anordnung von Vorsatzschalen im schutzbedürftigen Raum, um die Schallübertragung zu vermindern.
- Aufstellung ganzer Anlagen auf einer schwimmend gelagerten Betonplatte oder Verwendung weichfedernd gelagerter Fundamente, um den Körperschall zu reduzieren.

- Reduzierung der Ventilatorgeräusche durch eingebaute Schalldämpfer, Kanaldämpfung, Umlenkung und Reflexionen.

Tabelle 9.3.4-1 Richtwerte für Schalldruckpegel aus der RLT-Anlage und mittlere Nachhallzeiten nach VDI 2081 Blatt 1 (2001)

1	2	3	4	5	6
2	Raumart	Beispiel	Schalldruckpegel L_{pA} in dB(A) [1] Anforderungen hoch	niedrig	mittlere Nachhallzeit T in s
3	Arbeitsräume	Einzelbüro [3] Großraumbüro Werkstätten Chemie-Labor	35 45 50 52 [2]	40 50 52 [2]	0,5 0,5 1,5 2,0
4	Versammlungsräume	Konzertsaal, Opernhaus Theater, Kino Konferenzraum	25 30 35	30 35 40	1,5 1,0 1,0
5	Wohnräume	Hotelzimmer [3]	30	35	0,5
6	Sozialräume	Ruheraum, Pausenraum [3] Wasch- und WC-Raum	30 45	35 55	1,0 2,0
7	Unterrichtsräume	Lesesaal Klassen- und Seminarraum [3] Hörsaal [3]	30 35 35	35 40 40	1,0 1,0 1,0
8	Krankenhaus gemäß DIN 1946-4	Bettenzimmer, Ruheraum [3] Operationsraum Untersuchungsraum Labore Bäder und Schwimmbäder Umkleiden u.a. Räume Bettenzimmer, normal	30 40 40 45 50 50 35	30 40 40 45 50 50 35	1,0 2,0 2,0 2,0 2,0 2,0 1,0
9	Räume mit Publikumsverkehr	Museen Gaststätten Verkaufsräume Schalterhalle	35 40 45 40	40 55 60 45	1,5 1,0 1,0 1,5
10	Sportstätten	Turn- und Sporthallen Schwimmbäder	45 45	50 50	2,0 2,0
11	sonstige Räume	Rundfunkstudio Fernsehstudio EDV-Raum Reiner Raum (Reinraum) Küche Schutzraum	15 25 45 55 50 45	25 30 60 60 60 55	0,5 0,5 1,5 1,5 1,5 2,0

[1] energetischer Mittelwert (zeitlich)

[2] Nach DIN 1946-7 darf dieser Wert einschließlich Abzügen nicht überschritten werden.

[3] Räume gehören gemäß DIN 4109 zu den "schutzbedürftigen Räumen".

Der mittlere Raumpegel ohne Berücksichtigung der Dämpfung im Kanalsystem kann nach [13] mit Gleichung 9.3.4-1 bestimmt werden. Für detaillierte Berechnungen wird auf VDI 2081 Blatt 1 und 2 verwiesen.

$$L_R = 59 + 20 \cdot \lg \Delta p + 10 \cdot \lg\left(w \cdot T\right) \tag{9.3.4-1}$$

Darin sind:

L_R mittlerer Raumpegel in dB(A)

Δp statischer Druck des Lüfters in mbar

w stündliche Luftwechselzahl in 1/h

T Nachhallzeit des Raumes in s

Telefonie-Dämpfung

Die Schallübertragung (Gespräche) über Luftleitungen ist so zu bedämpfen, dass dadurch die Schalldämmung über die Trennwand nicht verringert wird. Zur Einhaltung dieser Forderung, die sich aus der DIN 4109 ergibt, muss die Schalldruckpegeldifferenz D über die Luftleitungen in den Oktaven (125 ... 2000 Hz) jeweils mindestens 10 dB höher sein als über die Wand. Damit ergibt sich für die Telefoniedämpfung gemäß VDI 2081 Blatt 1 folgende Bedingung:

$$D = L_1 - L_2 \geq R' - 10 \cdot \lg\left(\frac{S}{A_2}\right) \tag{9.3.4-2}$$

Darin sind:

D Schalldruckpegeldifferenz in dB

L_1 Schalldruckpegel im Senderaum in dB

L_2 Schalldruckpegel im Empfangsraum in dB

S Trennfläche in m^2

R' Oktav-Schalldämm-Maß der Trennwand in dB
Umrechnung siehe Tabelle 9.3.4-2

A_2 äquivalente Absorptionsfläche des Empfangsraumes in m^2

Tabelle 9.3.4-2 Umrechnung von bewertetem Schalldämm-Maß in Oktav-Schalldämm-Maß nach VDI 2081 Blatt 2

1	2	3
2	Frequenz in Hz	Umrechnung
3	125	$R'(125) = R'_w$ - 16 dB
4	250	$R'(250) = R'_w$ - 7 dB
5	500	$R'(500) = R'_w$
6	1000	$R'(1000) = R'_w$ + 3 dB
7	2000	$R'(2000) = R'_w$ + 4 dB

Liegt für die Trennwand nur das bewertete Schalldämm-Maß R'_w vor, können die Oktav-Schalldämm-Maße näherungsweise mit Hilfe der Bezugskurve aus DIN EN ISO 140-4 bestimmt werden.

Telefonie-Effekte können verringert bzw. vermieden werden durch:

- sogenannte Telefonie-Schalldämpfer (siehe Bild 9.3.4-3)
- schallabsorbierende Kanalwände
- kleine Kanalquerschnitte
- getrennte Kanäle zu den einzelnen Räumen (siehe Bild 9.3.4-4)

Entstehende Geräusche bei lufttechnischen Anlagen sind vielschichtig und Schallschutzmaßnahmen betreffen sowohl die technischen Komponenten sowie die Gebäudestruktur. Die Hinzuziehung eines RTL-Fachplaner sollte ggf. bereits bei der Entwurfsplanung erfolgen.

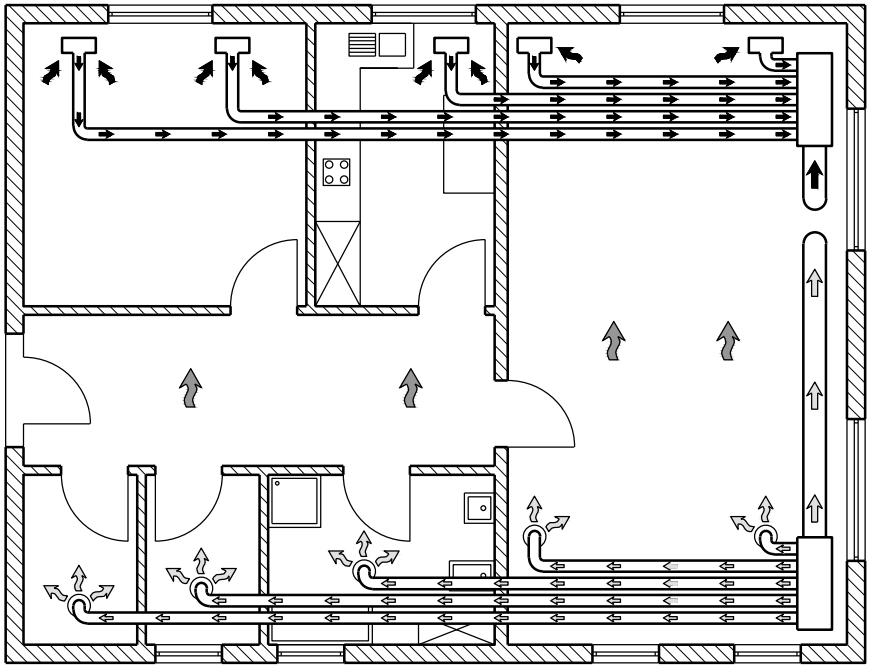


Bild 9.3.4-3 Kanalnetzführung bei Wohnungslüftungsanlagen mit zentraler Luftführung und einem Telefonieschalldämpfer pro Raum

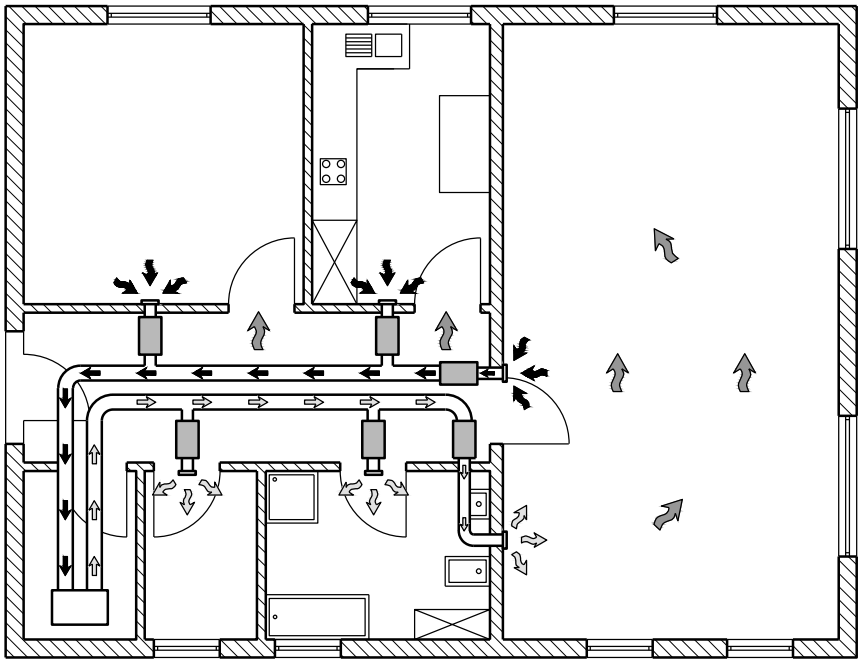


Bild 9.3.4-4 Kanalnetzführung bei Wohnungslüftungsanlagen mit separater Luftleitung je Raum bzw. Auslass

9.3.5 Bauliche Schallschutzmaßnahmen

Zusammenfassend kann man folgende grundsätzlichen baulichen Schallschutzmaßnahmen zur Minderung der Schallübertragung von betriebstechnischen Anlagen nennen:

- Schwere Ausbildung des angrenzenden Bauteils oder Anbringen von Vorsatzschalen im schutzbedürftigen Raum
- Aufstellen ganzer Anlagen auf einer schwimmend gelagerten Betonplatte oder unter Verwendung weich federnd gelagerter Fundamente (Entkopplung vom Bauwerk)
- Bei größeren Anlagen ist außerdem eine Luftschallübertragung über Leitungen (z.B. Schornstein, Lüftungsleitungen) möglich, d.h., es sind Schalldämpfer vorzusehen
- Überprüfung, dass die Anregungsfrequenzen der Anlagen nicht mit den Resonanzfrequenzen der Bauteile zusammenfallen
- Ggf. Kapselung der Anlagen, d.h. eine geschlossene Hülle mit möglichst hoher Schalldämmung und möglichst hoher Schallabsorption auf der Innenseite; Voraussetzung: keine weiteren Übertragungswege

Grundsätzlich ist der geforderte Schallschutz für die gebäudetechnischen Anlagen nur im Zusammenspiel zwischen akustisch günstiger Bau- und Installationstechnik realisierbar. Ungünstige Bautechnik, wie z.B. durch akustisch schlechte Grundrisse und/oder unzureichende Decken- und Wandkonstruktionen, kann erfahrungsgemäß nicht durch moderne Installationstechnik ausgeglichen werden. Bei der Ausführung ist eine enge Abstimmung zwischen allen beteiligten Gewerken notwendig.

9.4 Aufzugsanlagen

9.4.1 Allgemeines

Beim Bau von Aufzugsanlagen müssen Schallschutzmaßnahmen bereits bei der Planung des Gebäudes Berücksichtigung finden, da sie später oft nicht nachgerüstet werden können. Beim Betrieb von Aufzugsanlagen entstehen Fahr-, Schalt-, Anfahr- und Bremsgeräusche, die als Luft- und Körperschall im Gebäude weitergeleitet werden und dort zu Belästigungen führen können (siehe Bild 9.4.1-1). Die Grundrissausbildung (siehe Bild 9.4.1-2), d.h., ob der Triebwerksraum und/oder der Aufzugsschacht unmittelbar an schutzbedürftige Aufenthaltsräume grenzen, ist daher für die Geräuschausbreitung von ausschlaggebender Bedeutung.

Einige Hinweise für die Planung und Ausführung sind in DIN 4109-36 beschrieben, weitere Planungs- und Ausführungsgrundsätze für den Schallschutz werden in VDI 2566, Blatt 1 und 2 (beide zurückgezogen) und der im August 2019 eingeführten DIN 8989 gegeben.

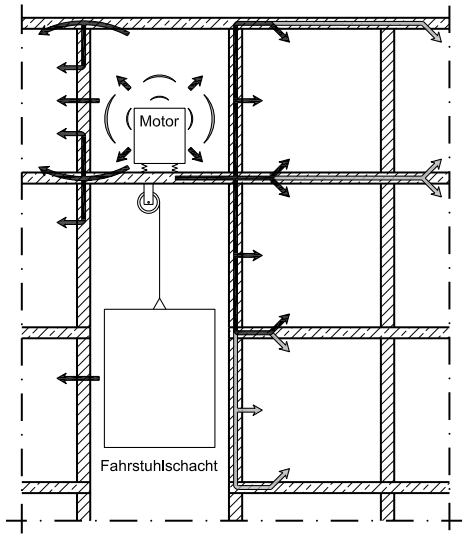


Bild 9.4.1-1 Schematische Darstellung der Schallübertragungswege bei Aufzugsanlagen

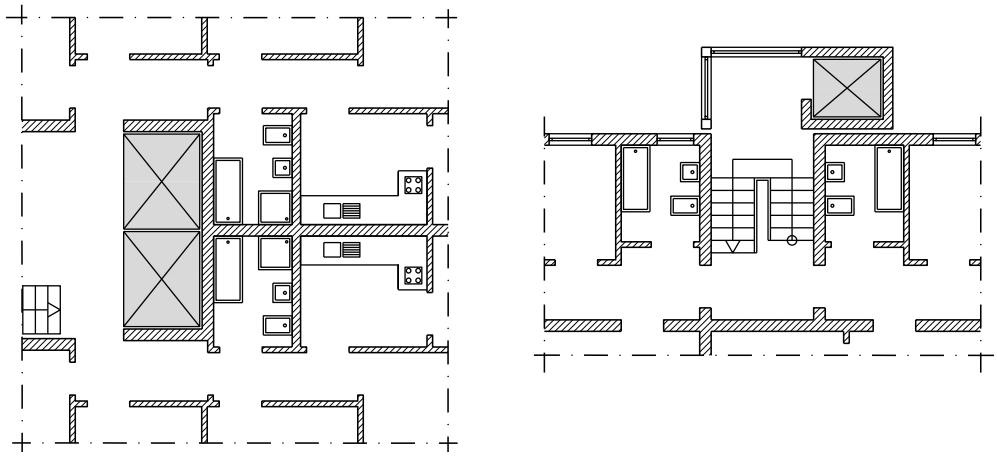


Bild 9.4.1-2 Beispiele schalltechnisch günstiger Grundrisse in Mehrfamilienhäusern nach [8]

9.4.2 Anforderungen an den Schallschutz in schutzbedürftigen Räumen

Die zulässigen A-bewerteten Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen sind in den Tabellen 9.4.2-1 und -2 aufgeführt, wobei die Werte nach DIN 4109-1 bauaufsichtlich verpflichtend sind. Die höheren Werte der Schallschutzstufen SSt II und SSt III der Richtline VDI 4100 sind vertraglich mit dem Bauherren zu vereinbaren, entsprechen aber rein rechtlich dem Stand der Technik und sind deshalb bei der Planung in den Vordergrund zu stellen.

Tabelle 9.4.2-1 zulässige Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen nach DIN 4109-1

	1	2
1	Max. zulässiger Norm-Schalldruckpegel $L_{AFmax,n}$	
2	Wohn- und Schlafräume in MfH	Unterrichts- und Arbeitsräume
3	30 dB(A)	35 dB(A)

Tabelle 9.4.2-2 Kennwerte für die empfohlenen Standard-Schalldruckpegel in schutzbedürft. Räumen entsprechend den Schallschutzstufen SSt I, SSt II und SSt III der Richtlinie VDI 4100

	2	3	4
1	Schallschutz-stufe	Max. zulässiger Standard-Schalldruckpegel $L_{AFmax,nT}$	Bemerkung
2	SSt I	≤ 30 dB(A)	Bei einem Grundgeräuschpegel von 20 dB werden unzumutbare Belästigungen durch Aufzugsgeräusche im Allgemeinen vermieden.
3	SSt II	≤ 27 dB(A)	Bei einem Grundgeräuschpegel von 20 dB sind Aufzugsgeräusche im Allgemeinen nicht störend.
4	SSt III	≤ 24 dB(A)	Bei einem Grundgeräuschpegel von 20 dB sind Aufzugsgeräusche nicht oder nur selten störend.

In der Normen-Reihe DIN 4109 und in VDI 4100 werden bei gleichem Messergebnis unterschiedliche Korrekturterme angewendet. Der Norm-Schalldruckpegel $L_{AFmax,n}$ nach DIN 4109-1 und der Standard-Schalldruckpegel $L_{AF\,max,nT}$ nach VDI 4100 können wie folgt umgerechnet oder nach Bild 9.4.2-1 ermittelt werden:

$$L_{AFmax,nT} = L_{AFmax,n} + 10 \cdot \lg \frac{A_0 \cdot T_0}{0{,}16 \cdot V} \tag{9.4.2-1}$$

bzw.

$$L_{AFmax,n} = L_{AFmax,nT} - 10 \cdot \lg \frac{A_0 \cdot T_0}{0{,}16 \cdot V} \tag{9.4.2-2}$$

Darin sind:

$L_{AFmax,n}$ Norm-Schalldruckpegel in dB(A) nach DIN 4109-1
$L_{AF\,max,nT}$ Standard-Schalldruckpegel in dB(A) nach VDI 4100
A_0 äquivalente Bezugs-Absorptionsfläche (A_0 = 10 m²) in m²
T_0 Bezugs-Nachhallzeit (T_0 = 0,5 s) in s
V Volumen des Raumes in m³

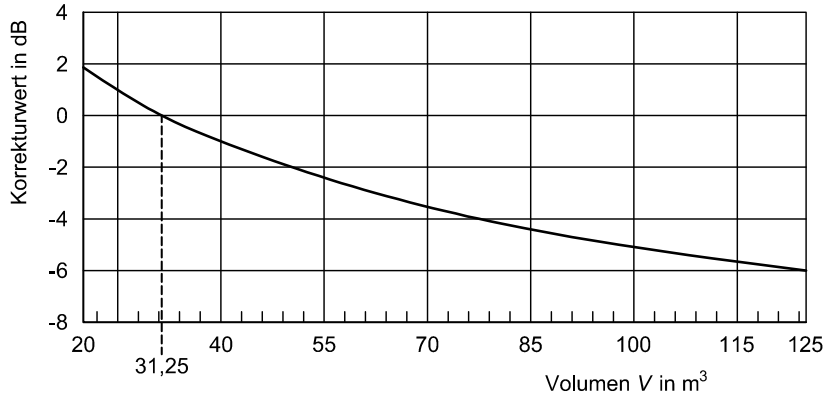


Bild 9.4.2-1 Korrekturwert zur Umrechnung eines Norm-Schalldruckpegels in einen Standard-Schalldruckpegel in Abhängigkeit vom Raumvolumen nach DIN 8989
Korrekturwert = 10 lg $(A_0 \cdot T_0)/(0{,}16 \cdot V)$

Anmerkung: Für ein Raumvolumen von 31,25 m³ sind die Kennwerte nach DIN 4109-1 identisch mit den Werten SSt I aus der VDI 4100.

Die schalltechnischen Aspekte der Ausführung werden in der VDI 2566 "Schallschutz bei Aufzugsanlagen" behandelt, wobei in Aufzugsanlagen "mit" und "ohne" Triebwerksraum nach Tabelle 9.4.1-3 unterschieden wird. Aufzugsanlagen ohne Triebwerksraum sind solche, bei denen die gesamte Aufzugstechnik (z.B. Triebwerk, Steuerung) in der Regel im Schacht angeordnet ist.

Tabelle 9.4.2-3 Anwendungsbereiche

	1	2	3	4
1	Aufzugsanlagen	mit Triebwerksraum	ohne Triebwerksraum	mit und ohne Triebwerksraum
2	Richtlinie / DIN	VDI 2566 Blatt 1	VDI 2566 Blatt 2	DIN 8989
3	gilt für Aufzüge bis zu einer Nutzlast von	2500 kg	1600 kg	2500 kg
4	maximale Betriebsgeschwindigkeit	4 m/s	1,6 m/s	4 m/s
5	max. elektrische Antriebsleistung	30 kW	k.A.	k.A.
6	Volumen der schutzbedürftigen Räume	k.A.	k.A.	20 – 125 m³

9.4.3 Schallschutz nach DIN 8989

Anforderungen an den Aufzug

Einem Aufzug werden zugeordnet:

a) der Aufzugsschacht, der Teil des Gebäudes sein kann,

b) alle Bauteile des Aufzugs im Aufzugsschacht, einschließlich Schachttüren, ggf. einschließlich Türlaibungen,

c) alle Bauteile des Aufzugs im Triebwerksraum, falls ein Triebwerksraum vorhanden ist,

d) ggf. die Entrauchung und Entlüftung des Aufzugsschachtes bzw. des Triebwerksraumes.

Der vom Aufzug erzeugte Luftschall erreicht über verschiedene Wege, wie Schachtöffnungen, Türen, Klappen und Durchbrüche über Treppenräume oder Aufzugsvorräume die schutzbedürftigen Räume. Darüber hinaus wird Luftschall durch die Schachtwände und die Triebwerksraumwände in die schutzbedürftigen Räume übertragen. Bei Einhaltung der in Tabelle 9.4.3-1 angegebenen Schallemissions-Kennwerte kann üblicherweise davon ausgegangen werden, dass die vereinbarten Schallschutzziele nach Abschnitt 9.4.2 erreicht werden, vorausgesetzt, dass die flächenbezogenen Massen der Schachtwände und Schachtdecken nach Tabelle 9.4.3-2 eingehalten werden.

Der vom Aufzug abgestrahlte Luftschall vor den Türen, im Triebwerksraum und im Schacht ist bei Einhaltung der Kennwerte nach Tabelle 9.4.3-1 in seinen Auswirkungen auf den Schalldruckpegel im Empfangsraum nicht signifikant. Jedoch sind diese Luftschallkennwerte zur akustischen Dimensionierung von Gebäudekomponenten (z. B. Wohnungseingangstüren,

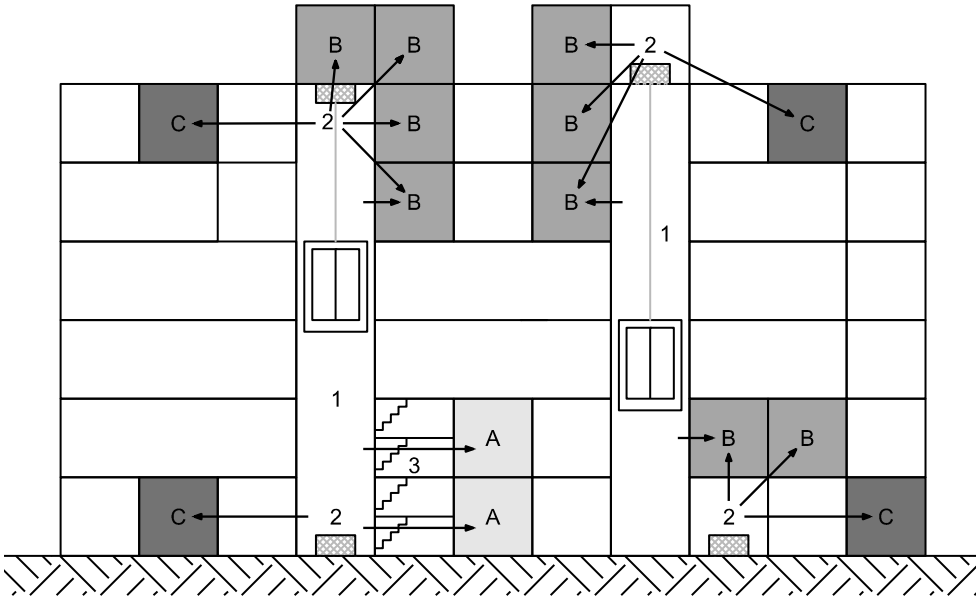


Bild 9.4.3-1 Kennzeichnung der Lage des Aufzugsschachtes im Gebäudeschnitt in Bezug auf schutzbedürftige Räume zur Erläuterung der Tabellen 9.4.3-1 und 9.4.3-2

(1 Aufzugschacht; 2 Triebwerk; 3 Treppenraum; A B C Situationen nach Tab. 9.4.3-1 und -2)

Brandschutzklappen) für Architekten und die weiteren beteiligten Fachleute erforderlich. Die Luftschallkennwerte nach Tabelle 9.4.3-1 müssen auch eingehalten werden, wenn Öffnungen zu angrenzenden Gebäudeteilen (z. B. Entrauchungsöffnung zum Treppenhaus oder zu Aufzugsvorräumen) notwendig werden.

Tabelle 9.4.3-1 Einzuhaltende Schallemissionskennwerte von Aufzügen zur Erreichung der Schallschutzziele nach Abschnitt 9.4.2

	1		2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Schallschutzziel nach DIN 4109[1)]		$L_{AFmax,n}$ ≤ 30 dB(A) Raumvolumen V ≤ 31,25 m³			$L_{AFmax,n}$ ≤ 30 dB(A) Raumvolumen V ≤ 62,5 m³			$L_{AFmax,n}$ ≤ 30 dB(A) Raumvolumen V ≤ 125 m³		
2	Schallschutzziel nach VDI 4100		$L_{AFmax,nT}$ ≤ 30 dB(A) raumvolumen-unabhängig			$L_{AFmax,nT}$ ≤ 27 dB(A) raumvolumen-unabhängig			$L_{AFmax,nT}$ ≤ 24 dB(A) raumvolumen-unabhängig		
4	Situation nach Bild 9.4.3-1		A [3)]	B [4)]	C [5)]	A [3)]	B [4)]	C [5)]	A [3)]	B [4)]	C [5)]
5	Maximal zulässiger durch den Aufzug eingeleiteter Beschleunigungspegel in dB(A) [2)]										
6	bei der Oktav-bandmittenfrequenz	63 Hz	90	75	85	87	72	82	84	69	79
7		125 Hz	86	71	81	83	68	78	80	65	75
8		250 Hz	85	70	80	82	67	77	79	64	74
9		500 Hz	85	70	80	82	67	77	79	64	74
10	Maximal zulässiger A-bewerteter Schalldruckpegel L_a in dB(A)										
11	im TWR bei einem oder mehreren Triebwerken		80			77			74		
12	im Schacht bei Aufzügen mit TWR		65			65			65		
13	im Schacht bei Aufzügen ohne TWR		75			72			69		
14	vor den Schachttüren beim Öffnen und Schließen der Schachttüren		65			62			59		
15	vor den Schachttüren bei Vorbeifahrt des Fahrkorbes mit Nenngeschwindigkeit		65			62			59		

1) Berücksichtigung des ungünstigsten Falls, bei dem sich mit größerem Raumvolumen die schallabstrahlende Bauteilfläche anteilig erhöht (z. B. Schachtwand, flankierende Bauteile) und damit auch die eingebrachte Schallleistung.

2) Beschleunigungspegel gelten für einschalige Bauteile mit Flächenmassen nach Tabelle 9.4.3-2.

3) Aufzug im Treppenraum. Schutzbedürftige Räume grenzen nicht an den Schacht.

4) Schutzbedürftige Räume grenzen an Schacht oder Triebwerksraum.

5) Pufferraum zwischen Schacht und schutzbedürftigen Räumen.

Anforderungen an das Gebäude

Dem Gebäude werden zugeordnet:

a) die bauliche Aufzugsschachtkonstruktion

b) die flankierende Bauteile zum Aufzugsschacht wie Decken, Wände, Unterzüge + Treppen

c) ggf. der Triebwerksraum

d) ggf. die Entrauchung sowie die Be- und Entlüftung des Aufzugsschachtes bzw. des Triebwerksraumes.

Der erreichbare Schallschutz gegenüber Geräuschen des Aufzugs wird maßgeblich durch drei Planungselemente beeinflusst:

- die Grundrissgestaltung
- die schalltechnische Qualität der Aufzugstechnik und
- die Schachtkonstruktion.

Der Grundrissgestaltung sollte ein hoher Stellenwert eingeräumt werden, da sich sowohl bei der Schachtkonstruktion als auch bei der Aufzugstechnik technische und/oder wirtschaftliche Grenzen ergeben. Insbesondere bei der Festlegung des zulässigen Schalldruckpegels im schutzbedürftigen Raum von $L_{AFmax,nT}$ = 27 dB (SSt II) oder $L_{AFmax,nT}$ = 24 dB (SSt III) ist daher eine direkte Angrenzung des Aufzugsschachts an einen schutzbedürftigen Raum unbedingt zu vermeiden. Dies gilt auch für große Räume in Verbindung mit den Anforderungen nach DIN 4109-1.

Schallschutztechnische Verbesserungen sind grundsätzlich durch folgende Maßnahmen zu erreichen:

- Erhöhung der flächenbezogenen Massen
- Verwendung schalldämmender Vorsatzkonstruktionen nach DIN 4109-34 mit einer Resonanzfrequenz $f_0 \leq 50$ Hz
- Anordnung schalltechnisch günstiger Aufbauten angrenzender und schallübertragender Bauteile (hohe Masse, entkoppelt oder biegeweich)
- Verwendung von zweischaligen Konstruktionen in den Schachtwänden bei direkt angrenzenden schutzbedürftigen Räumen nach Bild 9.4.3-1, Situation B und
- Umsetzung der Maßnahmen für die Anforderungen an Aufzüge und Anhabg A der DIN 8989 (Hinweise zur Verbesserung des Schallschutzes an Aufzugskomponenten).

Der bauliche Schallschutz von Schachtkonstruktionen kann mit einschaligen oder zweischaligen Schachtkonstruktionen umgesetzt werden.

Bei zweischaligen Schachtkonstruktionen ist wie bei Gebäudetrennwänden eine konsequente Trennung der beiden Schalen voneinander erforderlich. Es dürfen bei der Herstellung des Rohbaus keine Körperschallbrücken entstehen, ansonsten wird der angestrebte bauliche Schallschutz deutlich reduziert. Nachträglich können solche Schallbrücken nicht entfernt werden.

Je nach baulicher Gegebenheiten, siehe Bild 9.4.3-1, d.h. je nach Lage des Schachts und des Triebwerksraums zu den schutzbedürftigen Räumen, ergeben sich unterschiedliche schallschutztechnische Anforderungen an das Gebäude. Die erforderlichen, flächenbezogenen Massen der trennenden und flankierenden, massiven Bauteile sind in Tabelle 9.4.3-2 angegeben.

Diese flächenbezogenen Massen müssen für die gesamte Konstruktion eingehalten werden, um den erforderlichen baulichen Schallschutz gewährleisten zu können.

Tabelle 9.4.3-2 Einzuhaltende flächenbezogene Massen von Wänden und Decken zur Erreichung der Schallschutzziele nach Abschnitt 9.4.2

	1		2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Schallschutzziel nach DIN 4109[1)]		$L_{AFmax,n}$ ≤ 30 dB(A) Raumvolumen bis 31,25 m³			$L_{AFmax,n}$ ≤ 30 dB(A) Raumvoumen bis 62,5 m³			$L_{AFmax,n}$ ≤ 30 dB(A) Raumvolumen bis 125 m³		
2	Schallschutzziel nach VDI 4100		$L_{AFmax,nT}$ ≤ 30 dB(A) raumvolumen-unabhängig			$L_{AFmax,nT}$ ≤ 27 dB(A) raumvolumen-unabhängig			$L_{AFmax,nT}$ ≤ 24 dB(A) raumvolumen-unabhängig		
4	Situation nach Bild 9.4.3-1		A [3)]	B [4)]	C [5)]	A [3)]	B [4)]	C [5)]	A [3)]	B [4)]	C [5)]
5	Bauteil		flächenbezogene Masse der Wandschale m' in kg/m²								
6	Schacht-wände [6)]	einschalig	490	580	490	580	670[5)]	580	670	740[5)]	670
7		zweischalig[2)] innere Wand: äußere Wand:		380 250	380 250		380 250	380 250		490 250	490 250
8	Wände Triebwerks-raum	einschalig		580	490		670[4)5)]	580[4)]		740[4)5)]	670[5)]
9		zweischalig[2)]									
8	Treppen-raumwand	einschalig	380			380			410		
9		zweischalig[2)]									
8	unmittelbar verbundene Decke	einschalig		300	300		350	350		460	460
9		zweischalig[2)]									
8	unmittelbar verbundene flankierende Wand	einschalig		220[3)]	220[3)]		220[3)]	220[3)]		260[3)]	260[3)]
9		zweischalig[3)]									

1) Berücksichtigung des ungünstigsten Falls, bei dem sich mit größerem Raumvolumen die schallabstrahlende Bauteilfläche anteilig erhöht (z. B. Schachtwand, flankierende Bauteile) und damit auch die eingebrachte Schallleistung.

2) Zweischalig mit Schalenabstand ≥ 30 mm, im Fugenhohlraum Ausfüllung mit Mineralwolledämmplatten nach DIN EN 13162, Anwendungskurzzeichen WTH nach DIN 4108-10.

3) Alternative in Trockenbauweise möglich.

4) Bauteile des Triebwerksraums in die direkt Körperschall eingeleitet wird. Alle anderen Bauteile sind entsprechend dem im Raum entstehenden Luftschallpegel auszulegen.

5) Alternativ ist die flächenbezogene Masse der vorherigen SSt in Verbindung mit einer raumseitigen schalldämmenden Vorsatzkonstruktion nach DIN 4109-34 mit einer Resonanzfrequenz f_0 ≤ 50 Hz heranzuziehen.

6) Gilt auch für Schachtdecke, sofern diese Befestigungen trägt.

Bei Schachtkonstruktionen und Triebwerksräumen, deren Lage sich nicht einordnen lässt,

z. B. innerhalb von Treppenhäusern und Atrien oder an der Außenseite von Gebäuden, sind Sonderlösungen zu planen und bauakustisch zu bewerten.

Überprüfung der Kennwerte

Das Erreichung des vereinbarten Schallschutzziels ($L_{AF,max,n}$ und ggf. $L_{AF,max,nT}$) wird durch Messung des kennzeichnenden Schalldruckpegels im schutzbedürftigen Raum überprüft.

9.4.4 Planungs- und Ausführungsgrundsätze nach VDI 2566

Luftschall bei Aufzugsanlagen

Der maximale Schalldruckpegel $L_{AF,TWR}$ von Triebwerk, Bremse und Schaltgeräten für eine Aufzugsanlage, gemessen im Triebwerksraum, ist in Bild 9.4.4-1 als Funktion der elektrischen Antriebsleistung dargestellt. Befinden sich mehrere Antriebe im Maschinenraum, ist ein um 3 dB(A) erhöhter Schalldruckpegel des leistungsstärksten Antriebs anzunehmen.

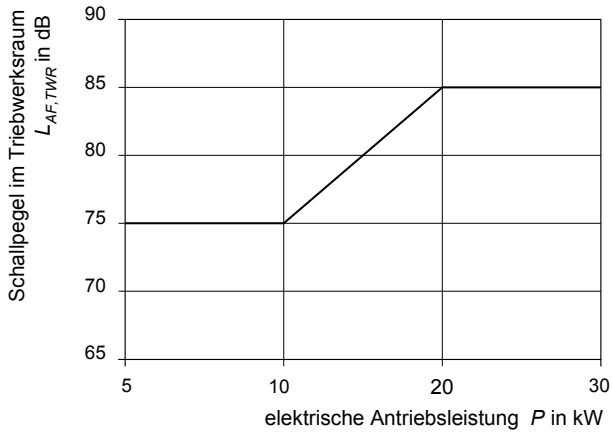


Bild 9.4.4-1 Maximaler Schalldruckpegel einer einzelnen Aufzugsanlage im Triebwerksraum als Funktion der elektrischen Antriebsleistung nach VDI 2566 Blatt 1

Liegt für die Antriebsmaschine als Herstellerangabe ein Schall-Leistungspegel vor, so kann der Pegel im Triebwerksraum auch nach folgender Gleichung bestimmt werden:

$$L_{pA,TWR} = L_{WA} + 6\,\text{dB} - 10 \cdot \lg \frac{A}{1\,\text{m}^2} \qquad (9.4.4\text{-}1)$$

Darin sind:

$L_{pA,TWR}$ Schalldruckpegel im Triebwerksraum in dB(A)

L_{WA} Schall-Leistungspegel des Maschinenantriebs in dB(A)

A äquivalente Absorptionsfläche des Triebwerksraums in m^2

In Tabelle 9.4.4-1 sind anzunehmende Schalldruckpegel für verschiedene Aufzugsgeräusche angegeben. So kann z.B. für die schalltechnische Bemessung der Eingangstüren von Wohnungen, Übernachtungsräumen oder Büros die Schachtschiebetürengeräusche herangezogen werden.

Tabelle 9.4.4-1 Anzunehmende Schalldruckpegel bei Aufzugsgeräuschen nach DIN 4109-36

	1		2
1	Aufzugsgeräusche		Maximaler Schalldruckpegel L_{AF} in dB(A)
2	Schaltgeräte		65
3	Schachtschiebetüren	- Standardtür - Standarttür, schallgedämmt	65 50
4	im gesamten Schacht	- mit Triebwerksraum - ohne Triebwerksraum	65 75

Erforderliche Schalldämmung

Die erforderliche Schalldämmung zur Einhaltung der zulässigen Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen ergibt sich wie folgt:

$$R_{w,erf} \geq L_{AF,TWR} - L_{AF,max} - 10 \cdot \lg \frac{S}{A_0} + k \qquad (9.4.4\text{-}2)$$

Darin sind:

$R_{w,erf}$	erforderliche Schalldämmung in dB
$L_{AF,TWR}$	Schalldruckpegel im Triebwerksraum in dB(A)
$L_{AF,max}$	zulässiger Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen in dB(A)
S	Trennfläche zwischen Triebwerks- und schutzbedürftigem Raum in m^2
A_0	Bezugsfläche ($A_0 = 1\ m^2$)
k	Frequenzkorrektur in dB (für Aufzugsgeräusche $k = 0$ dB)

Körperschall bei Aufzugsanlagen

Tabelle 9.4.4-2 Maximal zulässige Beschleunigungspegel an den Schnittstellen der Aufzugsanlage zum Gebäude nach VDI 2566, Blatt 1 und Blatt 2

	1	2	3
1	Oktavmittenfrequenz	maximaler Beschleunigungspegel (bezogen auf $a_0 = 10^{-6}\ m/s^2$) $L_{a,Schacht,W}$ in dB	
2		bei einfach elastischer Lagerung des Triebwerkes (ohne Beruhigungsmasse) auf dem Boden oder an der Schachtwand	elastisch gelagerte Rollengerüste im Schachtkopf
3	63 Hz	90	80
4	125 Hz	90	80
5	250 Hz	85	75
6	500 Hz	85	75

Nach VDI 2566 sollen die in Tabelle 9.4.4-2 angegebenen Beschleunigungspegel nicht überschritten werden. Trotzdem können die Anforderungen nach DIN 4109 in unmittelbar an den Triebwerksraum angrenzenden schutzbedürftigen Räumen bei einschaligen Schachtwänden und -decken nicht erfüllt werden. Weitere bauliche bzw. körperschalldämmende Maßnahmen sind notwendig.

Maßnahmen zum baulichen Schallschutz

Bauliche Schallschutzmaßnahmen sind bereits bei der Planung zu berücksichtigen. Eine geeignete Maßnahme liegt z.B. darin, schutzbedürftige Räume nicht an Triebwerksräume oder Aufzugsschächte grenzen zu lassen. Beispiele für Aufzugsanlagen sind in Bild 9.4.4-2 dargestellt.

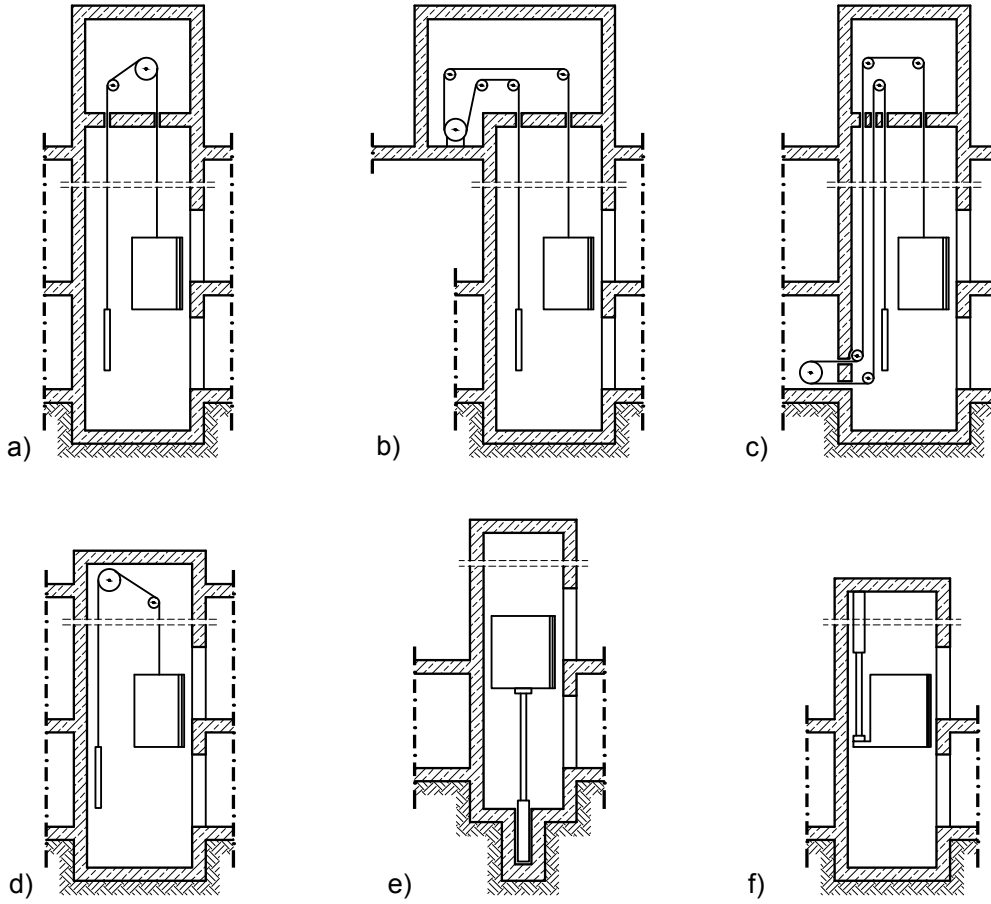


Bild 9.4.4-2 Beispiele für Aufzüge
a) Seilaufzug mit Triebwerksraum oberhalb des Schachtes
b) Seilaufzug mit Triebwerksraum neben dem Schacht
c) Seilaufzug mit Triebwerksraum unten neben dem Schacht
d) Seilaufzug mit Hebeanordnung im Schachtkopf
e) Hydraulikaufzug mit Teleskopheber unterhalb des Schachtes
f) Hydraulikaufzug mit Hebeanordnung an der Schachtdecke

Da bei Aufzugsanlagen besonders der bauliche Körperschallschutz eine Rolle spielt, sollten alle schallübertragenden Bauteile in Massivbauweise erstellt werden. Mit zweischaligen Schachtkonstruktionen lassen sich hohe Anforderungen erreichen, dazu bedarf es einer konsequenten, schallbrückenfreien Trennung des Aufzugsschachts von dem übrigen Baukörper und einem darüberliegenden, ebenfalls entkoppelten Triebwerksraum. Für die unterschiedlichen Gegebenheiten sind in den Tabellen 9.4.4-3 und 9.4.4-4 die Anforderungen an die Bauteile angegeben.

Tabelle 9.4.4-3 Bauliche Schallschutzmaßnahmen (zur Einhaltung von $L_{AFmax} \leq 30$ dB(A)) bei Aufzugsanlagen in Abhängigkeit der Lage der schutzbedürftigen Räume nach VDI 2566, Blatt 1 für **Aufzüge mit Triebwerksraum**

	1	2	3	4
1	Kennzeichnung der baulichen Situation	Lage der schutzbedürftigen Räume gegenüber der Aufzugsanlage	Bauteil	erforderliche flächenbezogene Masse [1] m'
2	A	schutzbedürftige Räume grenzen nicht direkt an die Aufzugsanlage, Aufzugsschacht ins Treppenhaus integriert	Schachtwand Treppenraumwand	$m' \geq 490$ kg/m^2 $m' \geq 380$ kg/m^2
3	B1	schutzbedürftige Räume grenzen an Aufzugsschacht, aber nicht an den Triebwerksraum	Schachtwand Wände des Triebwerksraums [2]	$m' \geq 580$ kg/m^2 $m' \geq 380$ kg/m^2
4	B2	schutzbedürftige Räume grenzen an den Triebwerksraum	Schachtwand und die schallübertragenden Wand- und Deckenkonstruktionen (zum schutzbedürftigen Raum) flankierenden Wände	$m' \geq 580$ kg/m^2 $m' \geq 250$ kg/m^2
5	B3	schutzbedürftige Räume grenzen an die Aufzugsanlage (bei zweischaliger Ausführung)	schallbrückenfreie Fuge nach DIN 4109 zwischen Triebwerksraum bzw. Aufzugsschacht und Decken bzw. Wände der schutzbedürftigen Räume je Schale	$m' \geq 380$ kg/m^2
6	C	zwischen schutzbedürftigen Räumen und der Aufzugsanlage befinden sich andere Räume	Schachtwand Wände des Triebwerksraums [2]	$m' \geq 490$ kg/m^2 $m' \geq 380$ kg/m^2

[1] leichte Montagewände können in allen Fällen als flankierende Wände verwendet werden

[2] Maschinenraum über Aufenthaltsraum: Decke unter Triebwerksraum $m' \geq 580$ kg/m^2

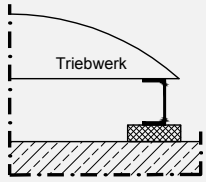
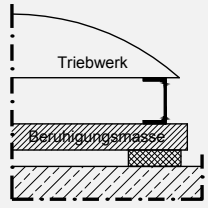
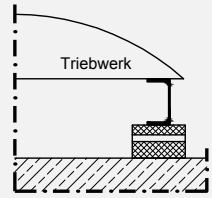
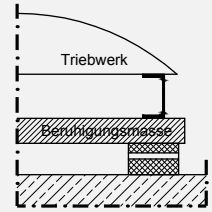
Die notwendige Art der elastischen Lagerung des Aufzugsantriebs wird durch die Lage des nächstgelegenen schutzbedürftigen Raums zum Aufzugsschacht/Triebwerksraum bestimmt. In Tabelle 9.4.4-5 sind unterschiedliche Lagerungen von Aufzugstriebwerken dargestellt. Die Dimensionierung der körperschalldämmenden Elemente ist dem Abschnitt 9.4.5 zu entnehmen.

Tabelle 9.4.4-4 Bauliche Schallschutzmaßnahmen (zur Einhaltung von $L_{AFmax} \leq 30$ dB(A)) bei Auf-zugsanlagen in Abhängigkeit der Lage der schutzbedürftigen Räume nach VDI 2566, Blatt 2 für **Aufzüge ohne Triebwerksraum**

	1	2	3	4
1	Kennzeichnung der baulichen Situation	Lage der schutzbedürftigen Räume gegenüber der Aufzugsanlage	Bauteil	erforderliche flächenbezogene Masse [1] m'
2	A	Aufzugsschacht ins Treppenhaus integriert	Schachtwand Treppenraumwand	$m' \geq 490$ kg/m^2 $m' \geq 380$ kg/m^2
3	B1	schutzbedürftigen Räume grenzen an Aufzugsschacht	Schachtwand und alle unmittelbar mit dieser verbundenen Wand- und Deckenkonstruktionen schutzbedürftiger Räume sonstige flankierende Wände	$m' \geq 580$ kg/m^2 $m' \geq 250$ kg/m^2
4	B2	schutzbedürftige Räume grenzen an Aufzugsschacht	schallbrückenfreie Fuge nach DIN 4109 zwischen Aufzugsschacht und Decken und Wände der schutzbedürftigen Räume je Schale	$m' \geq 580$ kg/m^2 $m' \geq 380$ kg/m^2
5	C	zwischen schutzbe-dürftigen Räumen und dem Aufzugsschacht befinden sich andere Räume	Schachtwand	$m' \geq 490$ kg/m^2

[1] leichte Montagewände können in allen Fällen als flankierende Wände verwendet werden

Tabelle 9.4.4-5 Schematische Darstellung körperschalldämmender Maßnahmen für Aufzug-striebwerke in Reihenfolge wachsender Wirksamkeit nach VDI 2566, Blatt 1 und Blatt 2

	1	2	3	4
1	Kennzeichnung der elastischen Lagerung			
2	EL 1	EL 2	EL 3	EL 4
3	Lagerung mit elastischen Elementen elastisches Element		Lagerung mit doppelt elastischen Elementen doppelt elastisches Element oder Element mit vergleichbarer Wirkung	
4				

In den Bildern 9.4.4-3 und 9.4.4-3 ist dargestellt, welche Lagerung des Antriebs je nach Lage des Triebwerks zum nächstgelegenen schutzbedürftigen Raum erforderlich ist, um dort einen Schalldruckpegel von L_{AFmax} = 30 dB(A) einhalten zu können.

Sollen höhere Anforderungen mit Schalldruckpegel von L_{AFmax} = 25 dB(A) eingehalten werden (z.B. Schallschutzstufe SSt III nach VDI 4100),

- darf kein schutzbedürftiger Raum unmittelbar an den Triebwerksraum und/oder Schacht grenzen, und
- es müssen ausschließlich elastische Lagerungen der Art EL3 oder EL4 zur Anwendung kommen.

Eine fachgerechte schalltechnische Beratung in diesen Fällen ist ratsam.

Aufzüge mit Triebwerksraum

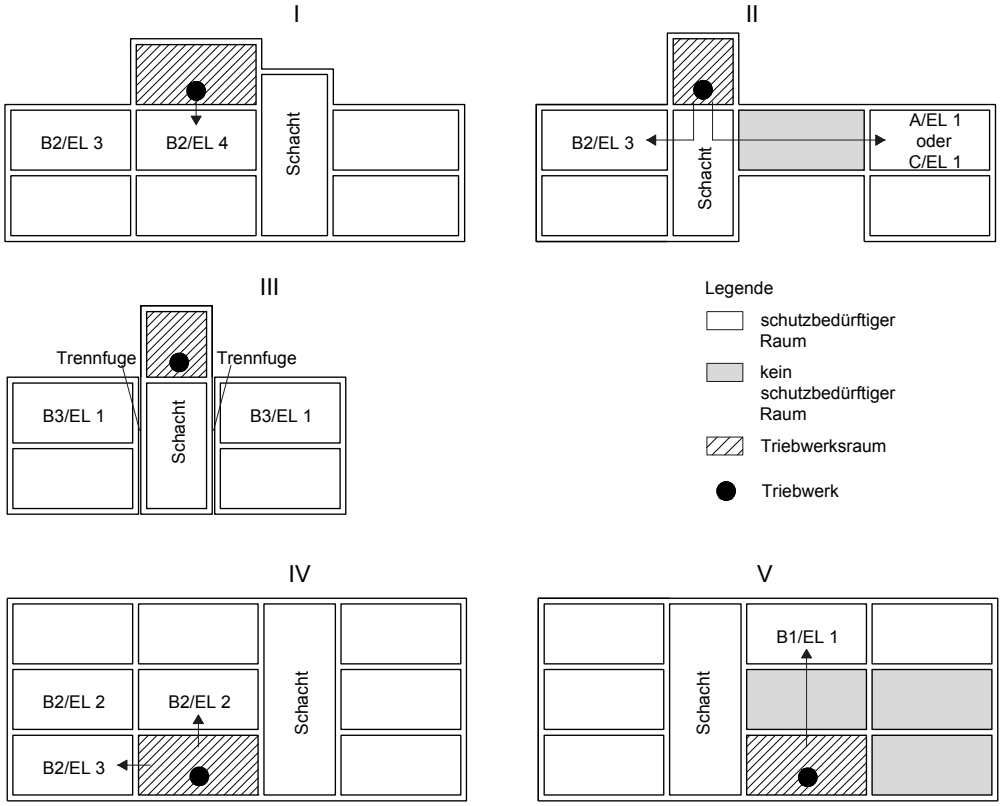


Bild 9.4.4-3 Erforderliche Maßnahmen zur Luft- und Körperschalldämmung (nach Tabellen 9.4.4-3 und 9.4.4-4) bei Aufzügen mit Triebwerksraum in Abhängigkeit von der Lage der schutzbedürftigen Räume zur Einhaltung des maximal zulässigen Schalldruckpegels von L_{AFmax} = 30 dB(A) nach VDI 2566 Blatt 1

Aufzüge ohne Triebwerksraum

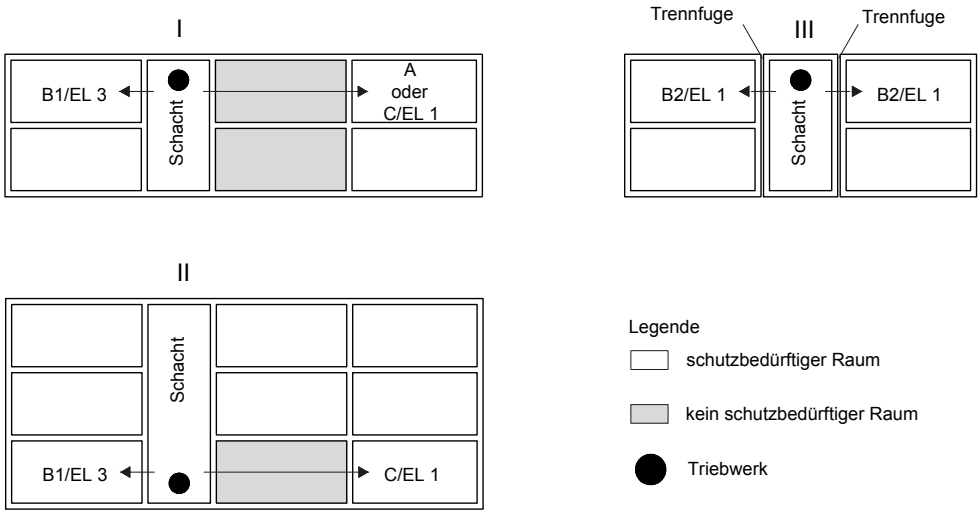


Bild 9.4.4-4 Erforderliche Maßnahmen zur Luft- und Körperschalldämmung (nach Tabellen 9.4.4-3 und 9.4.4-4) bei Aufzügen ohne Triebwerksraum in Abhängigkeit von der Lage der schutzbedürftigen Räume zur Einhaltung des maximal zulässigen Schalldruckpegels von L_{AFmax} = 30 dB(A) nach VDI 2566 Blatt 2

9.4.5 Körperschalldämmende Aufstellung

Für alle Triebwerke, Rollengerüste und Schaltgeräte ist eine Körperschalldämmung erforderlich. Grundsätzlich sind alle starren Verbindungen zwischen körperschallerzeugenden Teilen und dem Gebäude zu vermeiden. Um Schleifgeräusche von Fahrkorb und Gegengewicht zu reduzieren, können gummibereifte Führungsrollen oder elastische Befestigungen der Führungsschienen verwendet werden.

Elektrisch betriebene Aufzüge

Ein elastisch aufgestelltes Triebwerk wird als Masse-Feder-System angesehen, wobei die Dimensionierung der körperschalldämmenden Elemente aufgrund von Herstellerangaben erfolgen soll. Sie sind so auszuwählen, dass die statische Einfederung unter Gesamtbelastung an allen Auflagerpunkten annähernd gleich groß ist.

Durch Erhöhung der dynamisch wirksamen Masse mit einer Beruhigungsmasse (Triebwerk + Maschinenrahmen + Betonplatte) wird die Körperschalleinleitung ins Gebäude verringert. Diese Zusatzmasse sollte eine mindestens 20 cm dicke Betonplatte sein, die mit dem Triebwerk fest verbunden und über körperschalldämmende Elemente aufgestellt wird.

Hydraulisch betriebene Aufzüge

Bei hydraulisch betriebenen Aufzügen sind die Strömungsgeräusche von Motor und Pumpe und die Geräusche durch Lüfter und Kühler zu beachten:

- körperschallgedämmte Aufstellung des Hydraulikaggregats und des Hebers
- flexible Ausführung der Verbindung zwischen Hydraulikaggregat und Heber

- keine unverschlossenen Wanddurchbrüche
- elastische Heberbefestigungen an den Schachtwänden, die nicht an einen schutzbedürftigen Raum grenzen.

Berechnungsgrundlagen nach VDI 2566

Die Eigenfrequenz f_0 der vertikalen Schwingungen des Masse-Feder-Systems von elastisch aufgestellen Maschinen wird gemäß Formel 9.4.5-1 bestimmt.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{c}{m_d}} \tag{9.4.5-1}$$

Darin sind:

f_0 Eigenfrequenz in Hz

c Gesamtfedersteifigkeit der elastischen Elemente in N/m

m_d dynamisch wirksame Masse der Aufzugsanlage in kg
($m_d = m_{\text{Triebwerk}} + m_{\text{Maschinenrahmen}} + m_{\text{Betonplatte}}$, Nutzlast, Fahrkorb, Gegengewichte und Seile gehören nicht zur dynamischen Masse)

Die maximale Drehfrequenz des Triebwerkmotors wird in der Regel als Haupterregerfrequenz f_E angesehen, die als Kraft auf die dynamische Masse einwirkt.

$$f_E = \frac{n_M}{60} \tag{9.4.5-2}$$

Darin sind:

f_E Erregerfrequenz in Hz

n_M maximale Motor-Betriebsdrehzahl der Aufzugsanlage in 1/min

Um den Einfluss von Störkräften der Aufzugsanlage mit der durch die Drehzahl gegebenen Erregerfrequenz auf das Betriebsverhalten und das Bauwerk klein zu halten, sollten folgende Bedingungen eingehalten werden:

- bei Antriebsanlagen mit Getrieben (überkritische Abstimmung)

$$f_0 < 0{,}5 \cdot \sqrt{2 \cdot f_E} \approx 0{,}707 \cdot f_E \tag{9.4.5-3}$$

- bei Antriebsanlagen ohne Getrieben (unterkritische Abstimmung)

$$f_0 > 0{,}5 \cdot \sqrt{2 \cdot f_E} \approx 0{,}707 \cdot f_E \tag{9.4.5-4}$$

Darin sind:

f_0 Eigenfrequenz in Hz

f_E Erregerfrequenz in Hz

Um die Fahreigenschaften des Aufzugs nicht zu verschlechtern, wird für die Eigenfrequenz zusätzlich ein Bereich von 8 Hz < f_0 < 15 Hz empfohlen.

10 Kennwerte und Konstruktionen in Massivbauweise

10.1 Innenwände

10.1.1 Massive einschalige Innenwände

Direktschalldämmung

Massive einschalige Innenwände sind Wände aus Mauerwerk, Beton, Gips oder großformatigen Wandtafeln aus Mauerwerk, Beton, Leichtbeton, Porenbeton oder anderen mineralischen Baustoffen, die aus einer Schale bestehen. Auch mit Beton verfülltes Füllsteinmauerwerk wird als massive einschalige Wand betrachtet, wenn die Verfüllsteine vollständig verfüllt sind und keine integrierten Schichten aus wärmedämmendem Material enthalten. Wände mit unmittelbar aufgebrachtem Putz oder mit Beschichtungen gelten als einschalig.

Wände aus Verbundmaterialien können dann wie einschalige homogene Wände behandelt werden, wenn nachgewiesen wird, dass die Steifigkeit der einzelnen verwendeten Schichten so hoch ist, dass die tiefste Resonanzfrequenz des entstehenden Feder-Masse-Systems oberhalb des bauakustischen Frequenzbereichs liegt ($\rightarrow f_0 > 3150$ Hz). Dies kann für ein dreischichtiges Element mit der Formel 10.1.1-1 überprüft werden.

Tabelle 10.1.1-1 Rohdichten von Mauerwerk nach DIN 4109-32

	1	2	3
1	Mauerwerk aus	Rohdichteklasse RDK	Steinrohdichte (Mittelwert) ρ in kg/m³
2		0,5	410 - 500
3		0,6	510 - 600
4		0,7	610 - 700
5	- Mauerziegel nach DIN 105-100	0,8	710 - 800
6	- Kalksandsteine nach DIN V 106	0,9	810 - 900
7	- Platten aus Leichtbeton nach DIN 18148	1,0	910 - 1000
8	- Hohlblöcke aus Leichtbeton nach DIN V 18151-100	1,2	1010 - 1200
9	- Vollsteine und Vollblöcke aus Leichtbeton nach DIN V 18152-100	1,4	1210 - 1400
10	- Mauersteine aus Normalbeton nach DIN V 18153-100	1,6	1410 - 1600
11	- Wandbauplatten aus Leichtbeton nach DIN 18162	1,8	1610 - 1800
12		2,0	1810 - 2000
13		2,2	2010 - 2200
14		2,4	2210 - 2400
15		2,6	2410 - 2600

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020
W. M. Willems et al., *Schallschutz: Bauakustik*, Detailwissen Bauphysik, https://doi.org/10.1007/978-3-658-28454-1_10

Die Resonanzfrequenz eines dreischichtigen Systems berechnet sich wie folgt:

$$f_0 = \frac{1000}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{s' \cdot \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \quad \text{mit:} \quad s' = \frac{E_{Dyn}}{d} \tag{10.1.1-1}$$

Darin sind:

f_0	Eigenfrequenz in Hz
s'	dynamische Steifigkeit in MN/m³
m'_1, m'_2	flächenbezogene Masse der Schalen in kg/m²
E_{Dyn}	dynamischer Elastizitätsmodul in MN/m² (1 MN/m² = 1 N/mm² = 10^6 Pa)
d	Dicke der Dämmschicht bzw. Schalenabstand in m

Die Wandrohdichte von Mauerwerk wird bestimmt durch die Rohdichte der Mauersteine und die Rohdichte des Mauermörtels. Die Rohdichte in Form der Rohdichteklasse (RDK) kann den nachfolgenden Tabellen entnommen werden. Die Berechnung der flächenbezogenen Masse erfolgt nach Tab. 10.1.1-4.

Tabelle 10.1.1-2 Ermittlung der Wandrohdichten nach DIN 4109-32

	1		2	3
1	Konstruktion		Rohdichte ρ in kg/m³	Gültigkeitsbereich der Rohdichteklassen
2	Mauerwerk	mit Normalmörtel	$\rho_W = 900 \cdot RDK + 100$	$2{,}2 \geq RDK \geq 0{,}35$
3		mit Leichtmörtel	$\rho_W = 900 \cdot RDK + 50$	$1{,}0 \geq RDK \geq 0{,}35$
4		mit Dünnbettmörtel	$\rho_W = 1000 \cdot RDK - 100$	$RDK > 1{,}0$
5			$\rho_W = 1000 \cdot RDK - 50$	Klassenbreite der RDK 100 kg/m³ und $RDK \leq 1{,}0$
6			$\rho_W = 1000 \cdot RDK - 25$	Klassenbreite der RDK 50 kg/m³ und $RDK \leq 1{,}0$
7		aus Hohlblocksteinen, umgekehrt vermauert und Hohlräume mit Sand oder Normalmörtel gefüllt	$\rho_W = 1000 \cdot (RDK + 0{,}4)$	
8		aus Füllsteinen	$\rho_{W,res} = \rho_{Stein} \cdot V_{Stege} + \rho_{Beton} \cdot V_{Füll}$ mit: ρ_{Stein} Rohdichte unverfüllter Stein V_{Stege} Volumen der Stege ρ_{Beton} Rohdichte des Kernbetons $V_{Füll}$ Kernbetonvolumen	
9	Gips- und Dünnlagenputze		$\rho_{Putz} = 1000$	
10	Kalk- und Kalkzementputze		$\rho_{Putz} = 1600$	
11	Leichtputze		$\rho_{Putz} = 900$	
12	Wärmedämmputze		$\rho_{Putz} = 250$	

Tabelle 10.1.1-3 Rohdichten von Beton

	1	2	3	4
1	Bauteile aus	Rohdichteklasse RDK	Rohdichtebereich ρ in kg/m³	Rechenwert [1] ρ in kg/m³
2	Leichtbeton nach DIN EN 206 oder vorgefertigte Bauteile aus haufwerksporigem Leichtbeton nach DIN EN 1520	0,5	400 - 500	450
3		0,6	501 - 600	550
4		0,7	601 - 700	650
5		0,8	701 - 800	750
6		0,9	801 - 900	850
7		1,0	901 - 1000	950
8		1,2	1001 - 1200	1100
9		1,4	1201 - 1400	1300
10		1,6	1401 - 1600	1500
11		1,8	1601 - 1800	1700
12		2,0	1801 - 2000	1900
13	fugenlose Wänden und Wände aus geschosshohen Platten/Betonfertigteilen mit unbewehrtem Normalbeton			2350
14	bewehrte Bauteile aus Beton			2400

[1] Falls eine bestimmte Rohdichte für eine bestimmte Konstruktion bestellt wird und in der Planung bereits bekannt ist, kann auch der deklarierte Wert der Rohdichte bei der Ermittlung der flächenbezogenen Masse als Rechenwert angesetzt werden.

Tabelle 10.1.1-4 Berechnung der flächenbezogenen Massen nach DIN 4109-32

	1	2
1	Konstruktion	flächenbezogene Masse m' in kg/m²
2	plattenförmige homogene Bauteile	$m' = d \cdot \rho$ mit: d Dicke des Bauteils in m ρ Rohdichte des verwendeten Materials in kg/m³
3	Mauerwerk aus Füllziegeln oder Wandbauarten mit Schalungsziegeln	$m' = m'_{Wand} + \rho_{Beton} \cdot A_{Füll}$ mit: m'_{Wand} flächenbezogene Masse der unverfüllten Wand in kg/m² ρ_{Beton} Rohdichte von Normalbeton; $A_{Füll}$ Querschnittsfläche der Füllkanäle in m²/m
4	Berücksichtigung von Putzschichten	$m' = m'_{Wand} + m'_{Putz} = m'_{Wand} + \rho_{Putz} \cdot d_{Putz}$ mit: m'_{Wand} flächenbezogene Masse der unverputzten Wand in kg/m² ρ_{Putz} Rohdichte von Putz d_{Putz} Dicke der Putzschicht in m

Als homogene einschalige Bauteile gelten diejenigen Bauteile, deren Schalldämmung unmittelbar aus der flächenbezogenen Masse gemäß Tab. 10.1.1-5 ermittelt werden kann. Mauerwerk aus Lochsteinen kann dann als quasihomogen betrachtet werden, wenn die nachfolgenden Bedingungen eingehalten werden:

- Mauerwerk aus Hochlochziegeln nach DIN 105-100 bzw. DIN EN 771-1 in Verbindung mit DIN 20000-401 mit einer Dicke ≤ 240 mm ungeachtet der Rohdichte, bei Wanddicken > 240 mm ab einer Rohdichteklasse ≥ 1,0
- Mauerwerk aus Hohlblöcken und gelochten Vollblöcken aus Leichtbeton nach DIN V 18151-100 und DIN V 18152-100 mit Wanddicken ≤ 240 mm und mit einer Rohdichteklasse ≥ 0,8.
- Mauerwerk aus gelochten Mauersteinen aus Beton nach DIN V 18153-100 mit Wanddicken ≤ 240 mm und mit einer Rohdichteklasse ≥ 0,8
- Mauerwerk aus Kalksandsteinen nach DIN 20000-402 mit einem Lochanteil ≤ 50 % (für runde Löcher) ausgenommen sind Steine mit Schlitzlochung, die gegeneinander von Lochebene zu Lochebene versetzte Löcher aufweisen

Für einschalige homogene Bauteile können bei Bedarf folgende Spektrumanpassungswerte verwendet werden:

$$C = -1{,}6 \text{ dB}$$

$$C_{tr} = -4{,}6 \text{ dB}$$

Das bewertete Schalldämm-Maß von Mauerwerk aus Lochsteinen mit davon abweichenden Eigenschaften ist entweder aus allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen bzw. Europäischen Technischen Bewertungen zu entnehmen oder durch bauakustische Prüfungen nach den Vorgaben in DIN 4109-4 zu ermitteln. Die bauakustischen Prüfungen sind für den bauaufsichtlichen Nachweis im Rahmen eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfberichtes erforderlich.

Tabelle10.1.1-5 Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes für einschalige homogene Bauteile nach DIN 4109-32

	1	2	3
1	Baustoff	bewertetes Schalldämm-Maß [1] R_w in dB	für flächenbezogene Masse m'_{ges} in kg/m²
3	Beton Betonsteine Kalksandsteine Mauerziegel Verfüllsteine	$R_w = 30{,}9 \cdot \lg (m'_{ges}/m'_0) - 22{,}2$	$65 < m'_{ges} < 720$
4	Leichtbeton	$R_w = 30{,}9 \cdot \lg (m'_{ges}/m'_0) - 20{,}2$	$140 < m'_{ges} < 480$
5	Porenbeton	$R_w = 32{,}6 \cdot \lg (m'_{ges}/m'_0) - 22{,}5$	$50 \le m'_{ges} < 150$
6		$R_w = 26{,}1 \cdot \lg (m'_{ges}/m'_0) - 8{,}4$	$150 \le m'_{ges} \le 300$

[1] mit: $m'_0 = 1$ kg/m² (Bezugsgröße)

Tabelle 10.1.1-6 Bewertetes Schalldämm-Maß für homogene einschalige Bauteile

	1	2	3	4
1	flächenbezogene Masse	bewertetes Schalldämm-Maß R_w in dB		
2	m' in kg/m²	Beton, Betonsteine, Kalksandstein, Mauerziegel	Leichtbeton	Porenbeton
3	50			33
4	55			34
5	60			35
6	65			37
7	70	35		38
8	80	37		40
9	90	38		41
10	100	40		43
11	120	42		45
12	140	44		47
13	160	46	46	49
14	180	47	47	50
15	200	49	49	52
16	220	50	50	53
17	240	51	51	54
18	260	52	52	55
19	280	53	53	55
20	300	54	54	56
21	320	55	55	
22	340	56	56	
23	360	57	57	
24	380	58	58	
25	400	58	58	
26	420	59	59	
27	440	59	59	
28	460	60	60	
29	480	61		
30	500	61		
31	550	62		
32	600	64		
33	650	65		
34	700	66		

10.1.2 Einschalige entkoppelte Wandsysteme

Einschalige entkoppelte Wandsysteme bestehen aus einer massiven Wandschale, die ringsherum oder an mehreren Kanten durch Randstreifen oder Entkopplungsprofile von den angrenzenden Bauteilen, insbesondere den massiven Trennbauteilen, entkoppelt werden oder aufgrund ihrer Einbausituation an diesen Kanten nicht mit anderen massiven Bauteilen verbunden sind. Durch die Entkopplung einschaliger Bauteile gegenüber den angrenzenden Bauteilen kann von einer verminderten Übertragung von Schallenergie an den Bauteilrändern und damit einer Erhöhung der Schallenergie auf dem Bauteil selbst ausgegangen werden, so dass dessen Direktdämmung vermindert wird. Die aus der flächenbezogenen Masse ermittelten Schalldämm-Maße von entkoppelten massiven Bauteilen sind dann gemäß Gl. 10.1.2-1 um den Korrekturwert abzumindern.

Die Korrektur ist nur dann anzuwenden, wenn das trennende Bauteil im Bereich der entkoppelten flankierenden Bauteile endet (Bild 10.1.2-1 a)). Durchlaufende Trennbauteile dürfen wie starr angebundene Bauteile behandelt werden (Bild 10.1.2-1 b)).

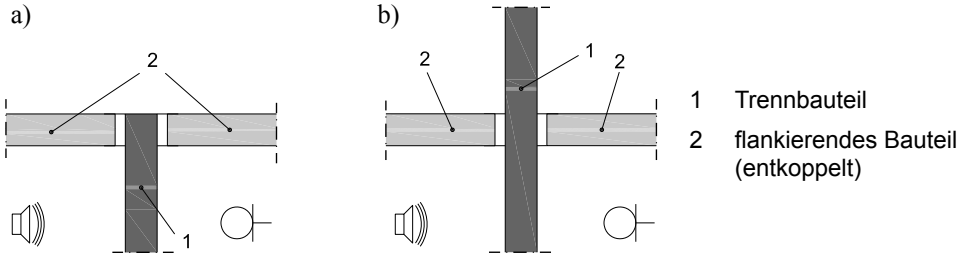


Bild 10.1.2-1 a) Trennbauteil mit Korrekturbedarf; b) Trennbauteil ohne Korrekturbedarf

$$R_{w,KE} = R_w - K_E \qquad (10.1.2\text{-}1)$$

Darin sind:

$R_{w,KE}$ Direktschalldämm-Maß des entkoppelten Wandsystems in dB

R_w Schalldämm-Maß aus Massekurven in dB

K_E Korrekturwert gemäß Tabelle 10.1.2-1

Tabelle 10.1.2-1 Korrekturwerte K_E zur Korrektur des Schalldämm-Maßes einschaliger elastisch oder vollständig entkoppelter Bauteile in Abhängigkeit von der Anzahl der entkoppelten Kanten und der flächenbezogenen Masse m' des Bauteils nach DIN 4109-32

	1	2	3
1	flächenbezogene Masse der Wand m' in kg/m²	Anzahl der entkoppelten Kanten	
		n = 2 bis 3	n = 4
2	≤ 150	K_E = 2 dB	K_E = 4 dB
3	> 150	K_E = 3 dB	K_E = 6 dB

Bei leichten massiven Trennwänden interessiert deren Direktschalldämmung nur im Zusammenhang mit der Ermittlung der Flankendamm-Maße.

Gips-Wandbauplatten werden üblicherweise in den Dicken 60 mm, 80 mm und 100 mm hergestellt. Die Schalldämmung einschaliger entkoppelter Wände aus Gips-Wandbauplatten hängt im Wesentlichen von den Einflussgrößen: flächenbezogene Masse der Wände, Art der Randstreifen und schallbrückenfreier Einbau ab. Entsprechend der häufigsten Anwendung werden hier entkoppelte Wände aus Gips-Wandbauplatten in zwei verschiedenen Gewichtsklassen behandelt, die Direktschalldämm-Maß können der Tab. 10.1.2-3 entnommen werden:

- 100 mm dicke Gips-Wandbauplatten mit mittlerer Rohdichte ($\rho \approx 900$ kg/m^3, $m' \approx 90$ kg/m^2)
- 100 mm dicke Gips-Wandbauplatten mit hoher Rohdichte ($\rho \approx 1200$ kg/m^3, $m' \approx 120$ kg/m^2)

Tabelle 10.1.2-2 Materialeigenschaften von Standard-Randstreifen für Wände aus Gips-Wandbauplatten nach DIN 4109-32

	1	2	3	4	5
1	Materialbezeichnung [1)]	Beschreibung des Materials	Dicke d in mm	Streifen-rohdichte ρ in kg/m^3	dynamische Steifigkeit s' in MN/m^3
2	Kork	gepresster Naturkork-Granulat-Streifen	etwa 5	≥ 250	≤ 150
3	PE-Schwerschaum	ein- oder beidseitig vlieskaschierter Polyethylen- (PE-) Schwerschaumstreifen	3 bis 4	≥ 120	≤ 150
4	Bitumen (Wollfilzpappe)	bitumen-imprägnierte Wollfilzpappstreifen mit glatter Oberfläche	etwa 3	≥ 300	≤ 750

[1)] Werden andere als die genannten Randstreifen verwendet, so können die Werte dieses Abschnittes nicht herangezogen werden. Die benötigten Daten für die Direkt- und Stoßstellendämmung sind dann durch Messungen in Prüfständen zu ermitteln.

Tabelle 10.1.2-3 Direktschalldämm-Maße von umlaufend elastisch entkoppelten Gipswänden

	1	2	3
1	Materialbezeichnung der Entkopplung [1)]	Direktschalldämm-Maß R_w in dB	
2		Gipswände ($m' \approx 90$ kg/m^2)	Gipswände ($m' \approx 120$ kg/m^2)
3	Kork	38	40
4	PE-Schwerschaum	40	–
5	Bitumen (Wollfilzpappe)	42	45

[1)] Nach den in Tabelle 10.1.2-2 genannten Anforderungen.

10.1.3 Massive Innenwände mit biegeweicher Vorsatzschale

Direktschalldämmung

Vorsatzkonstruktionen im Innenwandbereich, die die Schalldämmung verbessern, sind z.B.:

- freistehende Vorsatzschalen mit Unterkonstruktion
- angekoppelte Vorsatzschalen mit Unterkonstruktion
- Vorsatzschalen über Dämmschichten flächig befestigt

Maßgebend für die Veränderung der Schalldämmung eines Bauteils durch eine Vorsatzschale ist im Wesentlichen die dynamische Steifigkeit der Dämmschicht. Je flexibler die Dämmschicht ist, desto niedriger liegt (bei sonst gleichen Parametern) die Resonanzfrequenz des Gesamtsystems. Die Auswirkungen verschiedener Dämmstoffe werden in Bild 10.1.3-1 gezeigt.

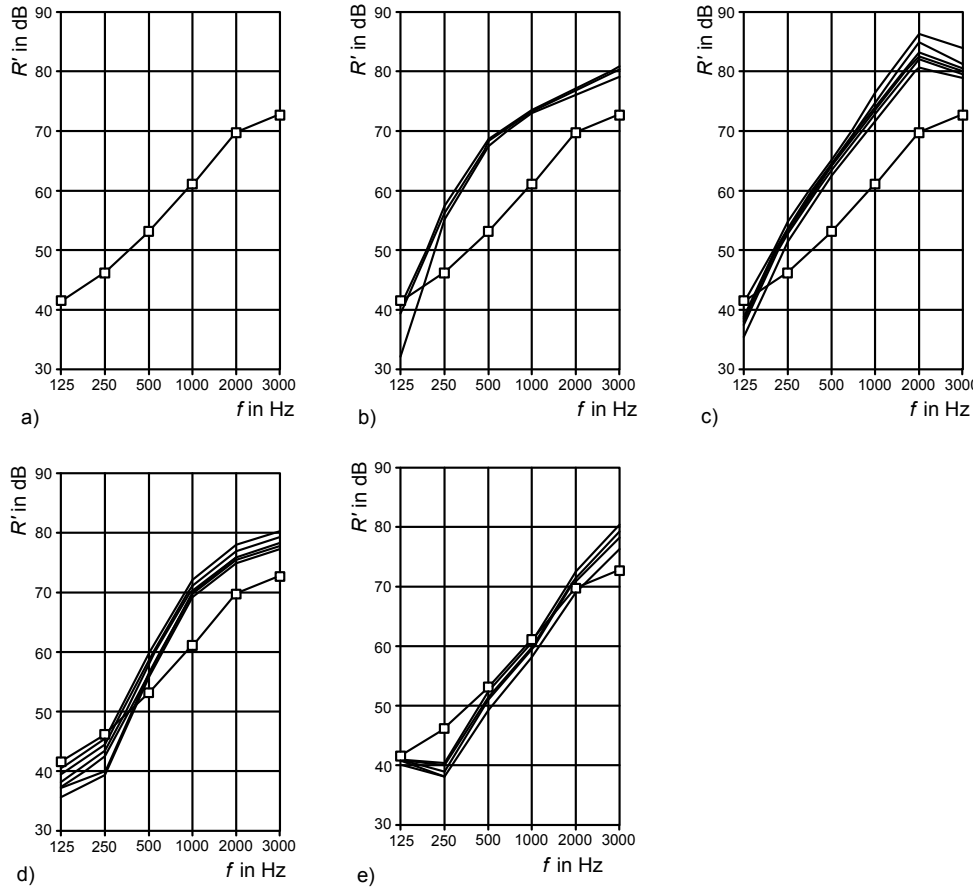


Bild 10.1.3-1 Auswirkung verschiedener Dämmschichten in Vorsatzschalen vor einer Betonwand auf den frequenzabhängigen Verlauf des Schalldämm-Maßes *R'* nach [53]
a) 16 cm Stahlbetonwand
b) 16 cm Stahlbetonwand und Vorsatzschale mit flexibler Polystyrol-Zwischenlage
c) 16 cm Stahlbetonwand und Vorsatzschale mit Mineralwolle-Zwischenlage
d) 16 cm Stahlbetonwand und Vorsatzschale mit Standard-Polystyrol-Zwischenlage
e) 16 cm Stahlbetonwand und Vorsatzschale mit XPS- oder Polyurethan-Zwischenlage

Vorsatzkonstruktionen, die vor massiven Bauteilen angebracht werden, können die Direktschalldämmung und, in Abhängigkeit von den Kopplungsbedingungen an der Stoßstelle, auch die Flankenübertragung (Pfade Fd und Df) verbessern. Die bewertete Verbesserung der Direktschalldämmung ist abhängig von:

- der flächenbezogenen Masse m' des Grundbauteils, auf dem die Vorsatzkonstruktion befestigt wird (und somit von dessen bewertetem Schalldämm Maß),
- dem Schalldämm-Maß und der Grenzfrequenz f_g des Grundbauteils,
- der Resonanzfrequenz f_0 des zweischaligen Systems bestehend aus Grundbauteil und Vorsatzkonstruktion.

Für geschlossene Vorsatzkonstruktionen, die direkt auf dem Grundbauteil über eine Dämmschicht (ohne Verwendung von Stützen oder Lattungen) befestigt werden, wird die Resonanzfrequenz wie folgt berechnet:

$$f_0 = 160 \cdot \sqrt{\frac{E_{Dyn}}{d} \cdot \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \qquad (10.1.3\text{-}1)$$

Darin sind:

s' dynamische Steifigkeit der Dämmschicht in MN/m³
m'_1 flächenbezogene Masse des Grundbauteils, in kg/m²
m'_2 flächenbezogene Masse der Bekleidung der Vorsatzkonstruktion, in kg/m²
E_{Dyn} dynamischer Elastizitätsmodul in MN/m² nach Tabelle 10.1.3-1
d Dicke der Dämmschicht bzw. Schalenabstand in m

Bei freistehenden Vorsatzkonstruktionen, die mit Blechprofilen oder Holzständern erstellt werden, berechnet sich die Resonanzfrequenz ebenfalls gemäß Formel 10.1.3-1, jedoch mit dem dynamischen Elastizitätsmodul von Luft. Hierbei muss sichergestellt sein, dass durch geeignete konstruktive Ausbildung keine körperschallübertragende Verbindungen zwischen dem Ständerwerk und dem Grundbauteil besteht und der Hohlraum zu mindestens 70 % mit einem porösen Dämmstoff mit einem längenbezogenen Strömungswiderstand von 5 kPa s/m² $\leq r \leq$ 50 kPa s/m² gefüllt ist.

Tabelle 10.1.3-1 Dynamische Elastizitätsmoduln E_{Dyn} unterschiedlicher Dämmstoffe (Anhaltswerte)

	1	2	3	4
1	Dämmstoff	E_{Dyn} in MN/m²	Dämmstoff	E_{Dyn} in MN/m²
2	stehende Luft	0,08	Korkplatten	10 bis 30
3	Mineralfaserplatten	0,14 bis 0,40	Naturkork	15 bis 25
4	EPS-Hartschaum	2 bis 4	Holzwolle-Leichtbau	100 bis 200
5	elasrifiziertes EPS	0,60 bis 0,80	Gummischrot-Platten	0,63
6	XPS-Hartschaum	30	Naturkautschuk	5
7	PUR-Hartschaum	1 bis 6	Schaumglas	1300 bis 1600

Für einseitig angebrachte Vorsatzkonstruktionen ergibt sich die bewertete Verbesserung der Luftschalldämmung für einschalige massive Bauteile in Abhängigkeit von der Resonanzfrequenz nach Tabelle 10.1.3-2.

Werden Vorsatzkonstruktionen auf beiden Bauteilseiten angebracht, ist die Gesamtverbesserung der beiden Vorsatzkonstruktionen nach Tabelle 7.1.1-2 zu berechnen.

Tabelle 10.1.3-2 Bewertete Verbesserung der Direktschalldämmung durch biegeweiche Vorsatzkonstruktionen in Abhängigkeit von der Resonanzfrequenz nach DIN 4109-34

	1	2
1	Resonanzfrequenz der Vorsatzkonstruktion f_0 in Hz	Verbesserung der Direktschalldämmung durch geschlossene Vorsatzkonstruktionen [1] ΔR_w in dB
2	$30 \le f_0 \le 160$	$74{,}4 - 20 \cdot \lg f_0 - 0{,}5 \cdot R_w \ge 0$ [2]
3	200	− 1
4	250	− 3
5	315	− 5
6	400	− 7
7	500	− 9
8	$630 \le f_0 \le 1600$	− 10
9	$1600 < f_0 \le 5000$	− 5

[1] Zwischenwerte werden durch Interpolation ermittelt.

[2] R_w bezeichnet das bewertete Schalldämm-Maß des Grundbauteils (Wand) in dB. Zur Bestimmung von R_w kann auf die Angaben in DIN 4109-32 zurückgegriffen werden.

Das bewertete Schalldämm-Maß des flankierenden Bauteils F im Senderaum $R_{F,w}$ sowie das bewertete Schalldämm-Maß des flankierenden Bauteils f im Empfangsraum $R_{f,w}$ lassen sich in Analogie zum bewerteten Schalldämm-Maß des trennenden Bauteils $R_{s,w}$

a) durch Messung nach DIN EN ISO 10140-1 oder
b) durch Berechnung auf Basis der entsprechenden Massekurven ermitteln.

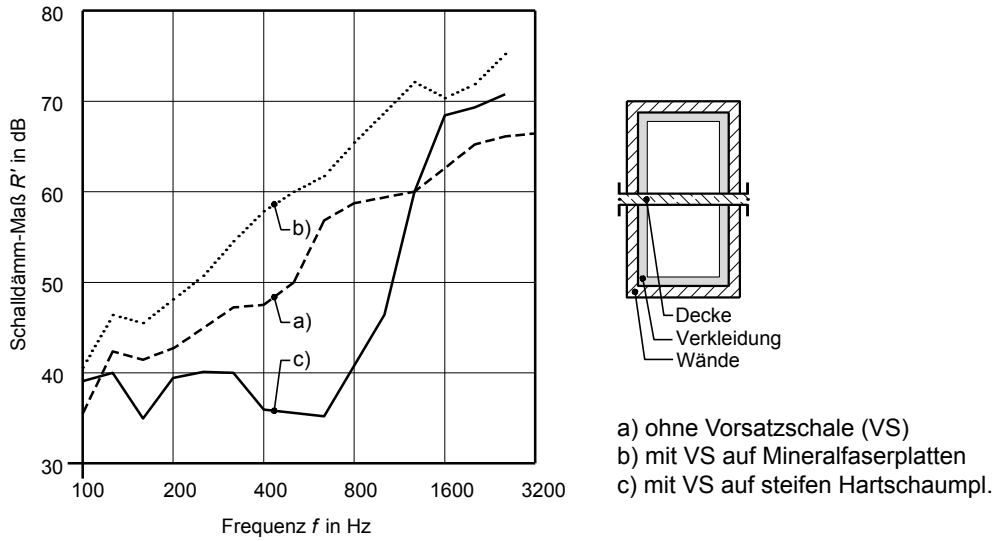


Bild 10.1.3-2 Einfluss einer Vorsatzschale auf flankierenden Wänden auf die Luftschalldämmung von Decken zwischen zwei übereinander liegenden Räumen nach [54]

10.1.4 Zweischalige Haustrennwände

Die Schalldämmung zweischaliger massiver Haustrennwände wird beeinflusst von der flächenbezogenen Masse der beiden Schalen, dem Schalenabstand, dem Dämmmaterial in der zwischen den Schalen ausgebildeten Fuge, der Ausführungsqualität insbesondere im Hinblick auf die Vermeidung von Körperschallbrücken in der Fuge, der Gestaltung von Anschlüssen im Dach-, Fundament- und Außenwandbereich sowie der flankierenden Schallübertragung von Innen- und Außenwänden auf die Wandschalen der Haustrennwand.

Nach Bild 10.1.4-1 ist zu erkennen, dass heutzutage schwere einschalige Massivwände und Wände mit Vorsatzschale nicht mehr die Mindestanforderungen nach DIN 4109 an Haustrennwände erfüllen können und daher immer zweischalige Massivwände erforderlich sind.

Die Vorgaben an die konstruktive Ausbildung der zweischaligen Gebäudetrennwände, sowohl nach DIN 4109-2 als auch nach DIN 4109-32, sind der Tabelle 10.1.4-1 zu entnehmen.

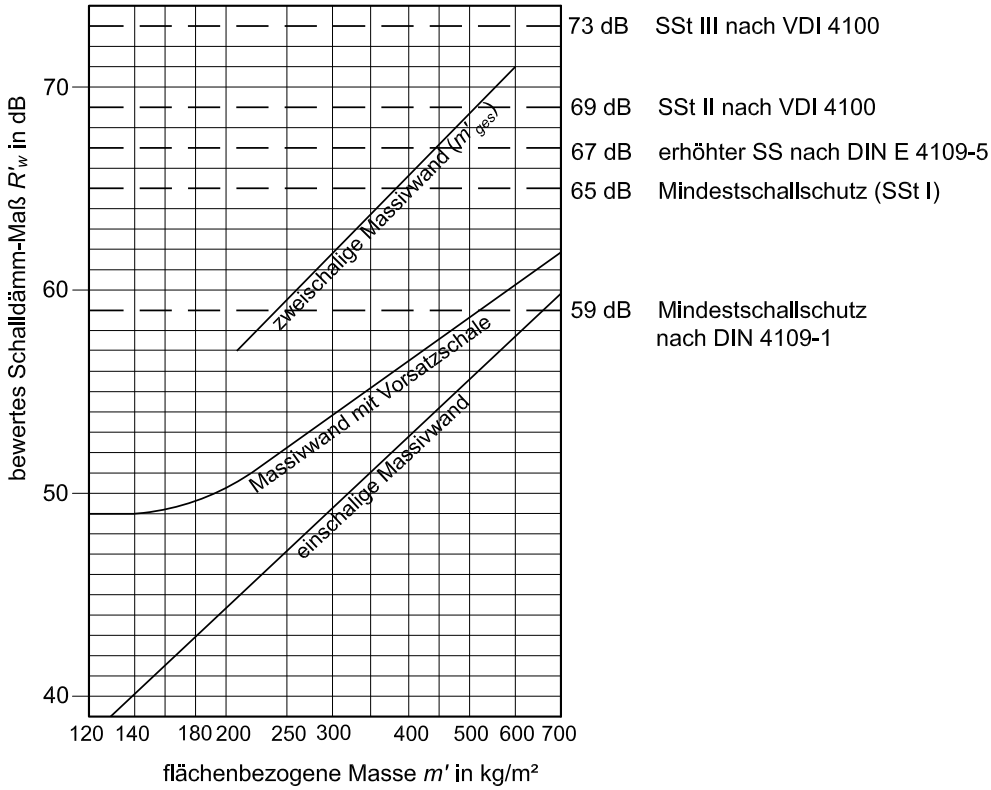


Bild 10.1.4-1 Zusammenhang zwischen flächenbezogener Masse m' und bewertetem Schalldämm-Maß R'_w nach [55]

Für einen genaueren Nachweis nach DIN EN 12354 (rechnerische Berücksichtigung der Direktschalldämmung der zweischaligen Trennwand und der Flankenübertragung über den Fundamentbereich, die Dachkonstruktion und die flankierenden Decken und Wände) stehen die erforderlichen Daten derzeit noch nicht zur Verfügung. Aus diesem Grund wird in der aktuellen DIN 4109-2 zur Ermittlung der resultierenden Schalldämmung ein vereinfachtes Berechnungsverfahren beschrieben, das eine Prognose der Schalldämmung von zweischaligen

Haustrennwänden unter Berücksichtigung der unvollständigen Trennung im unteren Geschoss erlaubt. Das bewertete Schalldämm-Maß einer zweischaligen Wand ergibt sich wie folgt:

$$R'_{w,2} = 28 \cdot \lg(m'_1 + m'_2) - 18 + \Delta R_{w,Tr} - K \qquad (10.1.4\text{-}1)$$

Darin sind:

$R'_{w,2}$ bewertetes Luftschalldämm-Maß der zweischaligen Wand in dB

m'_1 flächenbezogene Masse der ersten Trennwandschale in kg/m²

m'_2 flächenbezogene Masse der zweiten Trennwandschale in kg/m²

$\Delta R_{w,Tr}$ Zuschlag für die Zweischaligkeit nach Tabelle 10.1.4-2

K Korrekturwert zur Berücksichtigung der Übertragung über flankierende Decken und Wände bei vernachlässigbarer Schallübertragung im Fundamentbereich (Anwendung daher nur bei Übertragungssituationen nach Tabelle 10.1.4-2, Zeile 6) nach Tab. 10.1.4-3

Tabelle 10.1.4-1 Konstruktive Ausbildung der zweischaligen Gebäudetrennwände

	1	2	3
1	flächenbezogene Masse der Einzelschale (inklusive Putzschicht) m' in kg/m²	Dicke der Trennfugen (Schalenabstand) d in mm	Ausbildung der Trennfuge
2	$100 \leq m' < 150$	≥ 50	Hohlraum der Trennfuge ist mit dicht gestoßenen und vollflächig verlegten mineralischen Faserdämmplatten nach DIN EN 13162 auszufüllen
3	$m' \geq 150$	≥ 30	

Der Korrekturwert K wird für die Rechenwerte der flächenbezogenen Masse einer Schale der zweischaligen Wand $m'_{Tr,1}$ und der mittleren flächenbezogenen Masse der unverkleideten homogenen flankierenden Bauteile $m'_{f,m}$ der Tabelle 10.1.4-3 entnommen. Bei unterschiedlich schweren Schalen der Gebäudetrennwand und/oder unterschiedlich schweren flankierenden Bauteilen ergeben sich für den Korrekturwert K in Abhängigkeit der Schallübertragungsrichtung unterschiedliche Werte; für den Nachweis ist der größere (und damit ungünstigere) Wert zu berücksichtigen.

Weisen eine oder mehrere massive Flankenbauteile biegeweiche Vorsatzschalen mit einer Resonanzfrequenz $f_0 < 125$ Hz auf, so werden die flächenbezogenen Massen der betreffenden Bauteile bei der Berechnung der mittleren flächenbezogenen Masse $m'_{f,m}$ nicht berücksichtigt; die Ermittlung der mittleren flächenbezogenen Masse $m'_{f,m}$ erfolgt nach Gleichung 10.1.4-2:

$$m'_{f,m} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} m'_{f,i} \qquad (10.1.4\text{-}2)$$

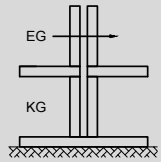
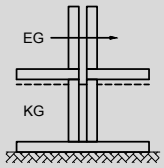
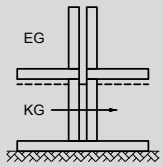
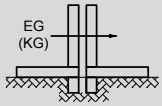
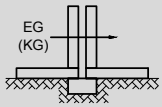
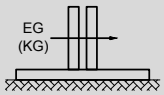
Darin sind

$m'_{f,m}$ mittlere flächenbezogene Masse der nicht verkleideten massiven Flankenbauteile in kg/m²

$m'_{f,i}$ flächenbez. Masse des jew. nicht verkleideten massiven Flankenbauteils i in kg/m²

n Anzahl der nicht verkleideten massiven Flankenbauteile

Tabelle 10.1.4-2 Zuschlagwerte $\Delta R_{w,Tr}$ für zweischalige massive Gebäudetrennwände nach DIN 4109-2

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Situation	Zuschlagswert $\Delta R_{w,Tr}$ in dB						Ansatz des Korrekturwertes K
2		Trennfuge ≥ 30 mm			Trennfuge ≥ 50 mm mit Dämmstoffspezifikation[1]			
3		allgemein	Poren-beton	Leicht-beton[2]	allgemein	Poren-beton	Leicht-beton[2]	
4			m'_1 und m'_2 jeweils			m'_1 und m'_2 jeweils		
5			≤ 200 kg/m²	≤ 250 kg/m²		≤ 200 kg/m²	≤ 250 kg/m²	
6		vollständige Trennung der Schalen bis zur Bodenplatte						
		12	15	14	14	17	16	X
7		Kelleraußenwände durchgehend mit $m' \geq 575$ kg/m² („weiße Wanne“)						
		9	12	11	11	14	13	
8		Kelleraußenwände durchgehend mit $m' \geq 575$ kg/m² („weiße Wanne“), Bodenplatte durchgehend mit $m' \geq 575$ kg/m²						
		3	6	5	3	6	5	
9		Außenwände getrennt und Bodenplatte getrennt						
		9	12	11	11	14	13	
10		Außenwände getrennt und Bodenplatte getrennt auf gemeinsamen Fundament						
		6	12	8	6	12 [3]	8	
11		Außenwände getrennt und Bodenplatte durchgehend mit $m' \geq 575$ kg/m²						
		6	12	8	6	12 [3]	8	

[1] Ausfüllung des Fugenhohlraums mit dicht gestoßenen und vollflächig verlegten mineralischen Dämmplatten des Anwendungstyps WTH nach DIN EN 13162 in Verbindung mit DIN 4108-10

[2] Nur bei Steinrohdichte ≤ 800 kg/m³

[3] Für eine Haustrennwand bestehend aus zwei Schalen je 17,5 cm Porenbeton der Rohdichteklasse 0,60 (oder größer) kann insgesamt ein $\Delta R_{w,Tr}$ von + 14 dB angesetzt werden. Mögliche weitere Zuschläge sind hierin bereits berücksichtigt.

Tabelle 10.1.4-3 Korrekturwerte *K* für die Flankenübertragung bei zweischaligen massiven Gebäudetrennwänden, in denen die Übertragung im Fundamentbereich vernachlässigt werden kann, nach DIN 4109-2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	flächenbezogene Masse der empfangsraumseitigen Schale der zweischaligen Haustrennwand $m'_{Tr,1}$ in kg/m²	Korrekturwert K in dB								
2		mittlere flächenbezogene Masse der empfangsraumseitigen flankierenden Bauteile, die nicht mit Vorsatzkonstruktionen belegt sind $m'_{f,m}$ in kg/m²								
3		100	150	200	250	300	350	400	450	500
4	100	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0
5	150	1,6	0,6	0	0	0	0	0	0	0
6	200	2,3	1,3	0,6	0	0	0	0	0	0
7	250	2,8	1,8	1,1	0,6	0	0	0	0	0
8	300	3,2	2,3	1,6	1,0	0,6	0	0	0	0
9	350	3,6	2,6	1,9	1,4	1,0	0,6	0	0	0
10	400	3,9	2,9	2,3	1,7	1,3	0,9	0,6	0	0
11	450	4,2	3,2	2,5	2,0	1,6	1,2	0,9	0,6	0
12	500	4,4	3,5	2,8	2,3	1,8	1,5	1,1	0,9	0,6

Die Korrekturwerte K nach Tabelle 10.1.4-3 lassen sich auch rechnerisch ermitteln (eine Nachkommastelle):

$$m'_{f,m} > m'_{Tr,1} \quad \rightarrow \quad K = 0 \tag{10.1.4-3}$$

$$m'_{f,m} \leq m'_{Tr,1} \quad \rightarrow \quad K = 0,6 + \lg\left(\frac{m'_{Tr,1}}{m'_{f,m}}\right) \tag{10.1.4-4}$$

Darin sind:

$m'_{f,m}$ mittlere flächenbezogene Masse der nicht verkleideten massiven Flankenbauteile in kg/m²

$m'_{Tr,1}$ flächenbezogene Masse empfangsraumseitigen Schale der zweischaligen Haustrennwand in kg/m²

Dabei ist zu beachten, dass sich diese Werte in der obersten Etage nur erreichen lassen, wenn die flankierende Übertragung über das Dach keine Rolle spielt. Eine ausreichende akustische Trennung der Dachkonstruktion im Bereich der Haustrennwand ist gegeben, wenn für die Norm-Flankenschallpegeldifferenz der Dachkonstruktion gilt:

$$D_{n,f,w,i} \geq R'_{w,2} + 9\,\text{dB} \tag{10.1.4-5}$$

Ausführungsbeispiele und Werte der Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ für Dachkonstruktionen nach DIN 4109-33 finden sich in Abschnitt 11.5.1 sowie Bild 10.1.4-4).

Zweischalige Wände aus zwei massiven, biegesteifen Schalen sind dann von Vorteil, wenn zwischen den Schalen eine über die ganze Haustiefe und Haushöhe durchgehende schall-

brückenfreie Fuge angeordnet wird, welche die Flankenübertragung unterbricht. Beispielhafte Ausführungen mit bis Oberkante Bodenplatte durchgehender Trennfuge sind schematisch in Bild 10.1.4-2 dargestellt.

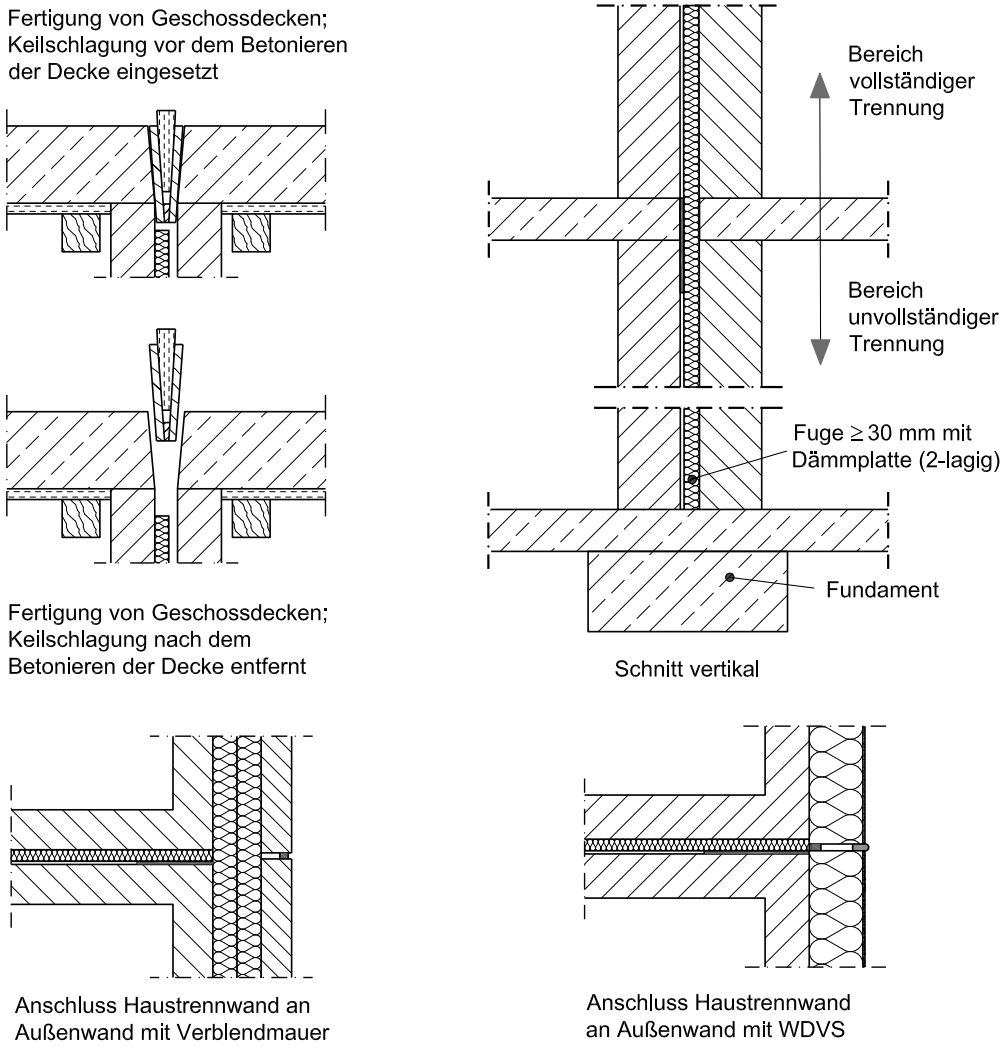


Bild 10.1.4-2 Beispiel für eine zweischalige Wand aus zwei schweren, biegesteifen Schalen mit bis OK Bodenplatte durchgehender Trennfuge (schematisch) nach [56].

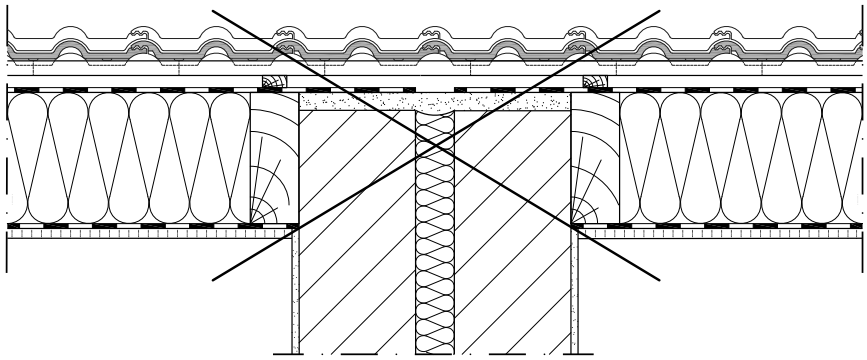
Bei der Herstellung der Trennfuge eine zweischaligen Haustrennwand wird oft nicht mit der notwendigen Sorgfalt gearbeitet. Mörtel in der Trennfuge oder eine durchbetonierte Betondecke verursachen dann Schallbrücken, die die geplante Schalldämmung erheblich reduzieren.

So sind die Fugen unter der Dacheindeckung im Bereich des Wandkopfes (Bild 10.1.4-3) nicht mit Mörtel zu verfüllen, sondern auch aus wärmetechnischen Gründen mit einer auf den Wandkopf aufgelegten Mineralwolleplatte zu versehen (Bild 10.1.4-4) [56]. Eine nachträgliche Sanierung ist möglich, aber oft technisch aufwendig und mit hohen Kosten verbunden.

Weitere Ausführungsfehler bei einer zweischaligen Haustrennwand müssen schon bei der Planung des Bauablaufs vermieden werden:

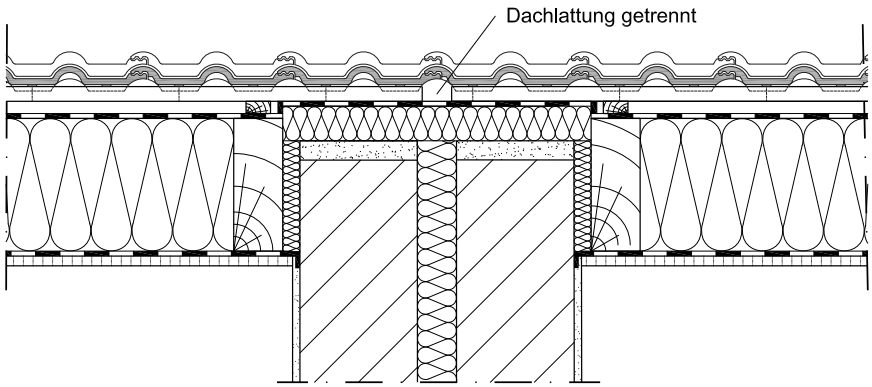
- durchgehende Trennung im Bereich der Geschossdecken, es dürfen keine Betonschlämme in die Trennfuge gelangen,
- zu geringe Fugendicke, Gefahr von Schallbrücken wächst,
- bei dem Verzicht auf Dämmschichten "verschenkt" man einen Teil der Schalldämmung infolge Hohlraumdämpfung,
- Hartschaumplatten wirken sich ungünstig auf die Resonanzfrequenz aus,
- Haustrennwandfugen müssen ringsherum schalltechnisch getrennt sein, d.h. auch die Fugen im Bereich der Fassade müssen entsprechend geplant sein.

Eine nachträgliche Sanierung ist möglich, aber oft technisch aufwendig und mit hohen Kosten verbunden. Eine Möglichkeit der Sanierung von Schallbrücken in Gebäudetrennfugen besteht durch einen nachträglichen Sägeschnitt (Diamantketten- oder -seilsäge), der die gesamte (Haus-)Wandbreite und -höhe umfasst.



falsch!

Bild 10.1.4-3 Falsche Ausführung: Massive Schallbrücke einer zweischaligen Haustrennwand in der Trennfuge im Bereich des Wandkopfes



richtig!

Bild 10.1.4-4 Richtige Ausführung: Wärme- und schallbrückenarme Ausbildung im Bereich des Wandkopfes (kein Mörtel in der Fuge, Dachlattung getrennt, Wandköpfe ringsherum mit Wärmedämmung versehen)

10.2 Außenwände

10.2.1 Massive einschalige Außenwände

Homogenes Mauerwerk

Massive einschalige Außenwände sind Wände aus Mauerwerk, Beton oder großformatigen Wandtafeln aus Mauerwerk, Beton, Leichtbeton, Porenbeton oder anderen mineralischen Baustoffen, die aus einer Schale bestehen. Auch mit Beton verfülltes Füllsteinmauerwerk wird als massive einschalige Wand betrachtet.

Bei Außenwänden mit einer hinterlüfteten Bekleidung, z.B. aus Holz oder Metall, wird der schalltechnische Einflüss der Bekleidung vernachlässigt und das bewertete Schalldämm-Maßnach Tabelle 10.1.2-1, Spalte 4 ermittelt.

Die Schalldämmung von als homogenen einschaligen Bauteilen wird unmittelbar aus der flächenbezogenen Masse gemäß Tabelle 10.1.1-5 ermittelt. Die Rohdichten der Materialien sind den Tabellen 10.1.1-1 bis -4 zu entnehmen.

Mauerwerk aus Lochsteinen kann dann als quasihomogen betrachtet werden, wenn die nachfolgenden Bedingungen eingehalten werden:

- Mauerwerk aus Hochlochziegeln nach DIN 105-100 bzw. DIN EN 771-1 in Verbindung mit DIN 20000-401 mit einer Dicke $\leq$ 240 mm ungeachtet der Rohdichte, bei Wanddicken $>$ 240 mm ab einer Rohdichteklasse $\geq$ 1,0
- Mauerwerk aus Hohlblöcken und gelochten Vollblöcken aus Leichtbeton nach DIN V 18151-100 und DIN V 18152-100 mit Wanddicken $\leq$ 240 mm und mit einer Rohdichteklasse $\geq$ 0,8.
- Mauerwerk aus gelochten Mauersteinen aus Beton nach DIN V 18153-100 mit Wanddicken $\leq$ 240 mm und mit einer Rohdichteklasse $\geq$ 0,8
- Mauerwerk aus Kalksandsteinen nach DIN 20000-402 mit einem Lochanteil $\leq$ 50 % (für runde Löcher) ausgenommen sind Steine mit Schlitzlochung, die gegeneinander von Lochebene zu Lochebene versetzte Löcher aufweisen

Mauerwerk aus Lochsteinen

Das bewertete Schalldämm-Maß von Lochsteinen mit von der o.a. Liste abweichenden Eigenschaften ist entweder aus allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen bzw. Europäischen Technischen Bewertungen zu entnehmen oder durch bauakustische Prüfungen nach den Vorgaben in DIN 4109-4 zu ermitteln. Die bauakustischen Prüfungen sind für den bauaufsichtlichen Nachweis im Rahmen eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfberichtes erforderlich.

Die Schalldämmung von einschaligen hochwärmedämmenden Lochsteinen (i.d.R. Ziegelmauerwerk) weist einen typischen Einbruch im Verlauf des Schalldämm-Maßes auf, der als "Dickenresonanz" [57] bezeichnet wird und zu einer Verminderung des zu erwartenden Schalldämm-Maßes führt.

Daneben hängt die Schalldämmung von Lochsteinen nicht nur von der Lochung, sondern auch von anderen Faktoren wie dem Steinformat, der Dicke der Vermörtelung und der Dicke der Putzschichten ab. Für eine "ungünstige" Konfiguration charakteristisch ist ein signifikanter

Einbruch des Luftschalldämm-Maßes im Bereich der Resonanzfrequenz, die typischerweise zwischen 1000 und 2000 Hz liegt. Ein Beispiel aus früheren Jahren wird in Bild 10.2.1-1 gezeigt.

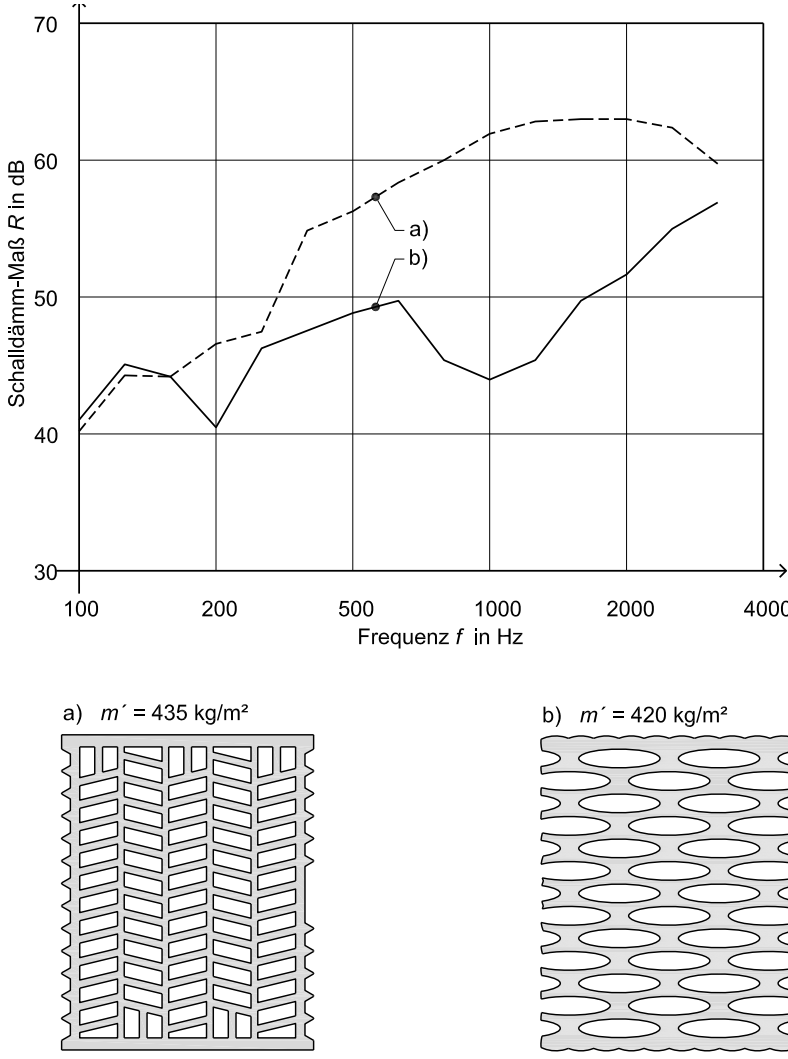


Bild 10.2.1-1 Schalldämmung von Hochloch-Ziegelwänden mit a) günstiger Lochung und b) ungünstiger Lochung nach [58]

Die Werte des bewerteten Schalldämm-Maßes werden von den Ziegelherstellern auf der Basis normgerechter Prüfstandmessungen, häufig in Varianten inklusive Putz und auch inklusive Wärmedämmverbundsystemen, zur Verfügung gestellt.

Für Außenwände spielt neben der Direktschalldämmung auch die Flankenübertragung und damit Stoßstellen eine große Rolle, die auch Unterschiede zu homogenen Massivbauteilen aufweisen. Die Stoßstellen sind in Kapitel 10.6.2 beschrieben.

10.2.2 Massive Außenwände mit biegesteifer Vorsatzschale

Die Direktdämmung der Wand mit massiver Verblendschale oder Vorsatzschicht wird nach folgender Beziehung ermittelt:

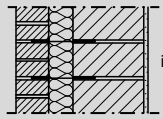
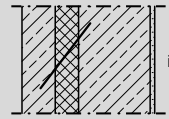
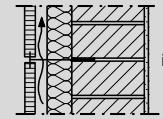
$$R_{Dd,w} = R_{s,w} + \Delta R_{Dd,w} \qquad (10.2.2\text{-}1)$$

Darin sind:

$R_{Dd,w}$	Direktdämmung der Wand mit Verblendschale in dB
$R_{s,w}$	Schalldämmung der Wand ohne Verblendschale in dB
$\Delta R_{Dd,w}$	Luftschallverbesserungsmaß der Verblendschale in dB

Für die Luftschallverbesserung $\Delta R_{Dd,w}$ von massiven biegesteifen Verblendschalen liegen zurzeit keine abgesicherten Angaben vor. Ersatzweise kann die Direktdämmung der gesamten Konstruktion nach den Formeln in Tab. 10.2.2-1 bestimmt werden.

Tabelle 10.2.2-1 Ermittlung des bewerteten Luftschalldämm-Maßes R_w mehrschaliger massiver Wände mit mindestens einer biegesteifen Schale in Abhängigkeit ihrer flächenbezogenen Masse nach DIN 4109-32

	1	2	3	4
1		Kenngröße für das bewertete Schalldämm-Maß $R_{Dd,w}$ in dB		
2	Baustoff der tragenden Wandschale	Zweischaliges Mauerwerk mit Luftschicht oder mit Kerndämmung	Beton-Sandwichelement	Mauerwerk mit hinterlüfteter Bekleidung nach DIN 18515
				
3		Mineralwolle-Dämmschicht	Dämmschicht aus Hartschaum	Mineralwolle und/oder Luftschicht
4		$m' = m'_1 + m'_2$ flächenbezogene Masse beider Mauerwerkschalen[1)]	$m' = m'_1 + m'_2$ flächenbezogene Masse beider Betonschalen	$m' = m'_1$ flächenbezogene Masse der inneren Mauerwerkschale
5	Beton, Kalksandstein, Mauerziegel	$R_W = 30{,}9 \cdot \lg m' - 17{,}2$	$R_W = 30{,}9 \cdot \lg m' - 24{,}2$	$R_W = 30{,}9 \cdot \lg m' - 22{,}2$
6	Leichtbeton	$R_W = 30{,}9 \cdot \lg m' - 15{,}2$	$R_W = 30{,}9 \cdot \lg m' - 22{,}2$	$R_W = 30{,}9 \cdot \lg m' - 20{,}2$
7	Porenbeton < 150 kg/m² ≥ 150 kg/m²	 $R_W = 32{,}6 \cdot \lg m' - 17{,}5$ $R_W = 26{,}1 \cdot \lg m' - 13{,}4$	 $R_W = 32{,}6 \cdot \lg m' - 24{,}5$ $R_W = 26{,}1 \cdot \lg m' - 10{,}4$	 $R_W = 32{,}6 \cdot \lg m' - 22{,}5$ $R_W = 26{,}1 \cdot \lg m' - 8{,}4$

[1)] Wenn die flächenbezogene Masse der auf die Innenschale der Außenwand anschließenden Trennwände größer als 50 % der flächenbezogenen Masse der inneren Schale der Außenwand beträgt, darf das Schalldämm-Maß um 3 dB erhöht werden.

10.2.3 Massive Außenwände mit Wärmedämmverbundsystem

Wärmedämmverbundsysteme können die Schalldämmung einer Massivwand verbessern, aber auch verschlechtern, maßgebend ist dabei vor allem die Resonanzfrequenz des zweischaligen Systems. Die schalltechnische Änderung einer solchen Wand wird nach DIN 4109-34/A1 mit Hilfe eines Verbesserungsmaßes für Wärmedämmverbundsysteme mit Dämmplatten aus Faserdämmstoffen (Mineralwolle, Holzfaser und vgl. Faserdämmstoffe) und Schaumkunststoffen (z.B. EPS) bestimmt. Das bewertete Schalldämm-Maß des Grundbauteils, d.h. der einschalig massiven Außenwand, ist nach Kapitel 10.1.1 zu ermitteln.

Bild 10.2.3-1 zeigt den beispielhaft den Aufbau einer massiven Wand mit einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS).

$$R_w = R_{w,0} + \Delta R_{w,WDVS} = R_{w,0} + \Delta R_{w,S} - K_D - K_K - K_S - K_{TW} \qquad (10.2.3\text{-}1)$$

Darin sind:

R_w	bewertetes Schalldämm-Maß in dB
$R_{w,0}$	bewertetes Schalldämm-Maß des massiven Grundbauteils in dB
$\Delta R_{w,WDVS}$	bewertete Verbesserung der Luftschalldämmung in dB
$\Delta R_{w,S}$	Verbesserung der Luftschalldämmung durch das WDVS unter Referenzbedingungen in Abhängigkeit von der Resonanzfrequenz nach Formel 10.2.3-4
K_D	Korrektur für den Einfluss von Dübeln nach Tab. 10.2.3-2
K_K	Korrektur für die prozentuale Klebefläche nach Tab. 10.2.3-2
K_S	Korrektur für den längenbezogenen Strömungswiderstand nach Tab. 10.2.3-2 (nur bei Faserdämmstoffen)
K_{TW}	Korrektur für das Schalldämm-Maß der Trägerwand nach Tab. 10.2.3-2

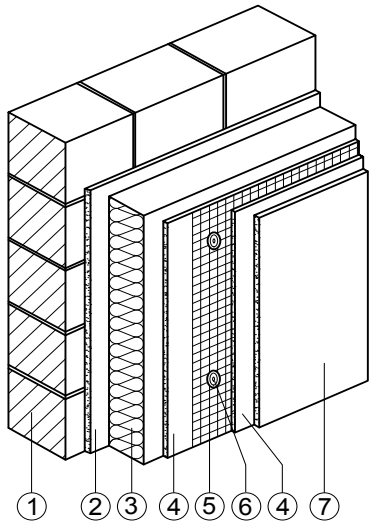


Bild 10.2.3-1 Beispiel für den Aufbau einer massiven einschaligen Außenwand mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS).

Der für die bewertete Verbesserung der Luftschalldämmung $\Delta R_{w,WDVS}$ ermittelte Wert ist dabei auf einen Bereich von $-8 \le \Delta R_{w,WDVS} \le 19$ dB zu begrenzen. Wird auf eine Ermittlung der Verbesserung verzichtet, kann $\Delta R_{w,WDVS} = -6$ dB in Ansatz gebracht werden.

Da die flächenbezogene Masse der Putzschicht viel kleiner ist als die des Grundbauteils, berechnet sich die Resonanzfrequenz hier wie folgt:

$$f_0 \cong 160 \cdot \sqrt{\frac{s'}{m'_1}} \tag{10.2.3-2}$$

Darin sind:

f_0 Eigenfrequenz in Hz

s' dynamische Steifigkeit der Dämmschicht in MN/m³

m'_1 flächenbezogene Masse der Putzschicht in kg/m²

Bei WDVS mit zweilagiger Dämmstoffschicht darf die Verbesserung der Luftschalldämmung wie für WDVS mit einlagiger Dämmstoffschicht ermittelt werden, sofern die flächenbezogene Masse der Verklebung zwischen den beiden Dämmstoffschichten maximal 4,0 kg/m² beträgt sowie 40 % der Masse des gesamten Außenputzes nicht überschreitet.

Die Berechnung der Resonanzfrequenz des zweilagigen WDVS erfolgt dabei mit der resultierenden dynamischen Steifigkeit der zweilagigen Dämmstoffschicht wie folgt:

$$s'_{res} = \left(\frac{1}{s'_1} + \frac{1}{s'_2} \right)^{-1} \tag{10.2.3-3}$$

Der Wert $\Delta R_{w,S}$, also die Verbesserung unter Referenzbedingungen, bezieht sich auf ein WDVS, das mit 40 % Klebeflächenanteil ohne Dübel an einem Grundbauteil (Trägerwand) mit einem bewerteten Schalldämm-Maß von $R_{w,0} = 53$ dB angebracht ist, wie folgt:

$$\Delta R_{w,S} = a \cdot \lg(f_0) + b \tag{10.2.3-4}$$

Darin sind:

f_0 Eigenfrequenz in Hz

a, b Koeffizienten nach Tabelle 10.2.3-1

Tabelle 10.2.3-1 Koeffizienten a und b zur Berechnung von $\Delta R_{w,S}$ nach DIN 4109-34/A1

	1	2	3	4	5
1	Resonanzfrequenz (nach Gl. 10.2.3-2)	Wärmedämmschicht aus Schaumkunststoffen		Wärmedämmschicht aus Faserdämmstoffen	
2	f_0 in Hz	a	b	a	b
3	$f_0 < 125$	- 35,1	79,7	-35,9	82,4
4	$125 \le f_0 < 250$	-26,7	62,0	-36,5	83,7
5	$f_0 \ge 250$	-2,4	3,8	5,4	-16,7

Tabelle 10.2.3-2 Korrekturwerte K_D, K_K, K_S, K_{TW} zur Berechnung von $\Delta R_{w,S}$

	1	2	3
1	Korrekturwert	Formel	Bemerkungen
2	für Dübel	$K_D = \begin{cases} 0 & \text{ohne Dübel} \\ 0{,}34 \cdot \Delta R_{w,S} + 0{,}4 & \text{mit Dübeln} \end{cases}$	anzuwenden, wenn Dübelteller Kontakt zur Putzschicht haben (Körperschallbrücke)
3	für Klebefläche	$K_K = 0{,}052 \cdot F - 2{,}1$	F Anteil der Klebefläche in %
4	für Strömungswiderstand bei Faserdämmstoffen	$K_S = \begin{cases} -0{,}11 \cdot r + 3{,}8 & \text{für MW - Putzträgerplatten} \\ -0{,}38 \cdot r + 9{,}8 & \text{für MW - Lamellenplatten} \end{cases}$	nur für Mineralwolle (MW) oder vergleichbare Faserdämmstoffe: r längenbezogenen Strömungswiderstand der Dämmplatten in kPa·s/m²
5	für Schalldämm-Maß der Trägerwand	$K_{TW} = \left(-1{,}4 \cdot \lg\left(f_0\right) + 3{,}6\right)\left(R_{w,0} - 53\ \text{dB}\right)$	$R_{w,0}$ Schalldämm-Maß des Grundbauteils in dB

10.3 Decken

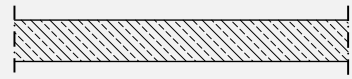
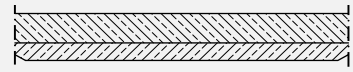
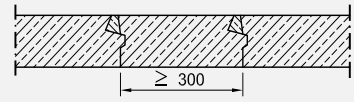
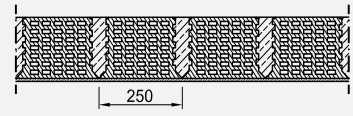
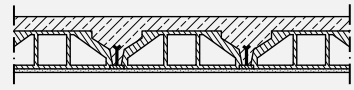
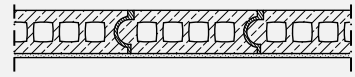
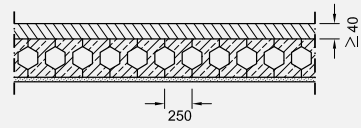
10.3.1 Massivrohdecken

Tabelle 10.3.1-1 Für die Ermittlung der flächenbezogenen Masse von Massivdecken erforderliche Rohdichten nach DIN 4109-32

	1	2
1	Deckentyp/Bauteilschicht	Ermittlung der flächenbezogenen Masse m' und Rechenwerte der Rohdichten ρ
2	Bewehrte Massivdecke ohne Hohlräume	Berechnung mit dem vorhandenen Querschnitt mit $\rho_{Normalbeton}$ = 2400 kg/m³ $\rho_{Leicht-/Porenbeton,R}$ = $\rho_{Leicht-/Porenbeton}$ – 12,5 kg/m³
3	Massivdecken mit Hohlräume nach Tab. 10.3.1-1, Zeile 6 bis 9	Die flächenbezogene Masse ist entweder aus den Rechenwerten nach DIN EN 1991-1-1, in Verbindung mit DIN EN 1991-1-1/NA mit einem Abzug von 15 % oder aus dem vorhandenen Querschnitt mit der entsprechenden Rohdichte zu berechnen. Es sind dafür die Rohdichten nach Tab. 10.1.1-2 anzusetzen.
4	Deckenplatte mit Stegen ohne Füllkörper, Estrich und Unterdecke	Es wird nur die Deckenplatte berücksichtigt.
5	Aufbeton, unbewehrter Beton aus Normalbeton	$\rho_{Aufbeton}$ = 2100 kg/m³
6	Verbundestrich und Estrich auf Trennschicht	$\rho_{Zementestrich}$ = 2000 kg/m³ $\rho_{Gussasphaltestrich}$ = 2300 kg/m³
7	Gips- und Dünnlagenputze	ρ_{Putz} = 1000 kg/m³
8	Kalk- und Kalkzementputze	ρ_{Putz} = 1600 kg/m³
9	Leichtputze	ρ_{Putz} = 900 kg/m³
10	Wärmedämmputze	ρ_{Putz} = 250 kg/m³

Tabelle 10.3.1-2 zeigt Beispiele für die Ausbildung massiver Rohdecken, deren Schalldämmung sich aus deren flächenbezogener Masse berechnen lässt. Zusätzliche Vorsatzkonstruktionen an der Deckenober- oder Unterseite werden mit einem Verbesserungsmaß berücksichtigt.

Tabelle 10.3.1-2 Massivdecken nach DIN 4109-32

	1	2	3
1		Deckenausbildung	
2	Decken ohne Hohlräume, ggf. mit Putzschicht	Stahlbeton-Vollplatte aus Normalbeton oder Leichtbeton nach DIN 1045	
3		Fertigteilplatten mit Ortbetonergänzung nach DIN EN 13747	
4		Deckenplatten mit Stegen nach DIN EN 13224	
5		Porenbeton-Deckenplatten nach DIN 4223-100	
6	Decken mit Hohlräumen, ggf. mit Putzschicht	Ziegeldecken nach DIN 1045-100 mit Deckenziegeln nach DIN 4159	
7		Stahlbetonrippendecken und -balkendecken nach DIN 1045-100 mit Zwischenbauteilen nach DIN EN 15037-2 oder DIN 4160	
8		Stahlbetonhohldielen und -platten nach DIN 1045-2 Hohlplatten nach DIN EN 1168 Stahlbetondielen aus Leichtbeton nach DIN EN 1520 Stahlbetonhohldecke nach DIN 1045-2	
9		Balkendecken ohne Zwischenbauteile nach DIN 1045-2	

Direktschalldämmung Rohdecke

Tabelle 10.3.1-3 Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes für einschalige Massivdecken nach DIN 4109-32

	1	2	3
1	Baustoff	bewertetes Schalldämm-Maß [1] R_w in dB	für flächenbezogene Masse m'_{ges} in kg/m²
3	Beton und Betonsteine Kalksandsteine Mauerziegel Verfüllsteine	$R_w = 30{,}9 \cdot \lg (m'_{ges}/m'_0) - 22{,}2$	$65 < m'_{ges} < 720$
4	Leichtbeton	$R_w = 30{,}9 \cdot \lg (m'_{ges}/m'_0) - 20{,}2$	$140 < m'_{ges} < 480$
5	Porenbeton	$R_w = 32{,}6 \cdot \lg (m'_{ges}/m'_0) - 22{,}5$ $R_w = 26{,}1 \cdot \lg (m'_{ges}/m'_0) - 8{,}4$	$50 \le m'_{ges} < 150$ $150 \le m'_{ges} \le 300$

[1] mit: $m'_0 = 1$ kg/m² (Bezugsgröße)

Norm-Trittschallpegel von massiven Rohdecken

Tabelle 10.3.1-4 Berechnung des bewerteten Norm-Trittschallpegels von massiven Rohdecken nach DIN 4109-32

	1	2	3
1	Konstruktion	bewerteter Norm-Trittschallpegel $L_{n,eq,0,w}$ in dB	für flächenbezogene Masse der Rohdecke m' in kg/m²
2	Massivdecken nach Tab. 10.3.1-1, flächenbezogene Massen nach Tab. 10.3.1-2	$L_{n,eq,0,w} = 164 - 35 \cdot \log (m'_{ges}/m'_0)$	$100 < m'_{ges} < 720$

10.3.2 Massivdecken mit biegeweicher Vorsatzschale

Allgemeines

Biegeweiche Vorsatzkonstruktionen bei Decken, die die Schalldämmung verbessern, sind z.B.:

a) im Decken- und Dachbereich
   - freitragende geschlossene Unterdecken mit Unterkonstruktion
   - abgehängte geschlossene Unterdecken mit Unterkonstruktion
   - direkt befestigte geschlossene Unterdecken (Lattung, Profile, Federschienen)

b) im Fußbodenbereich
   - schwimmende Estriche
   - geschlossene Doppel- und Hohlraumböden

Für Unterdecken mit gegliederten Flächen liegen derzeit keine Daten vor.

Direktschalldämmung

Die Verbesserung der Direktschalldämmung durch biegeweiche Vorsatzschalen sind in Abhängigkeit der Resonanzfrequenz nach Tab. 10.3.2-1 zu bestimmen.

Tabelle 10.3.2-1 Bewertete Verbesserung der Direktschalldämmung durch biegeweiche Vorsatzkonstruktionen in Abhängigkeit von der Resonanzfrequenz nach DIN 4109-34

	1	2
1	Resonanzfrequenz der Vorsatzkonstruktion f_0 in Hz	Verbesserung der Direktschalldämmung durch geschlossene Vorsatzkonstruktionen [1] ΔR_w in dB
2	$30 \le f_0 \le 160$	$74{,}4 - 20 \cdot \lg f_0 - 0{,}5 \cdot R_w \ge 0$ [2]
3	200	– 1
4	250	– 3
5	315	– 5
6	400	– 7
7	500	– 9
8	$630 \le f_0 \le 1600$	– 10
9	$1600 < f_0 \le 5000$	– 5

[1] Zwischenwerte werden durch Interpolation ermittelt.

[2] R_w bezeichnet das bewertete Schalldämm-Maß des Grundbauteils (Decke) in dB. Zur Bestimmung von R_w kann auf die Angaben in DIN 4109-32 zurückgegriffen werden.

Tabelle 10.3.2-2 Berechnung der bewerteten Trittschallminderung schwimmender Estriche

	1	2
1	Konstruktion	bewertete Trittschallminderung ΔL_w in dB
2	schwimmende Zement-, Calciumsulfat-, Calciumsulfatfließ-, Magnesia- und Kunstharzestriche auf Dämmschichten [1]	$\Delta L_w = 13 \cdot \lg m' - 14{,}2 \cdot \lg s' + 20{,}8$ flächenbezogene Masse: $60 < m' < 160$ kg/m² dynamische Steifigkeit [2]: $6 < s' < 50$ MN/m³
3	schwimmende Fertigteilestriche	$\Delta L_w = (-0{,}21 \cdot m' - 5{,}45) \cdot \lg s' + 0{,}46 \cdot m' + 23{,}8$ flächenbezogene Masse: $15 < m' < 40$ kg/m² dynamische Steifigkeit [2]: $15 < s' < 40$ MN/m³
4	schwimmende Gussasphaltestriche nach DIN 18560-2	$\Delta L_w = (-0{,}21 \cdot m' - 5{,}45) \cdot \lg s' + 0{,}46 \cdot m' + 23{,}8$ flächenbezogene Masse: $58 < m' < 87$ kg/m² dynamische Steifigkeit [2]: $15 < s' < 50$ MN/m³

[1] Dämmschichten aus Trittschall-Dämmstoffen nach DIN 4108-10, Anwendungskurzzeichen DES

[2] Bestehen die Dämmschichten aus zwei oder mehr **durchgehenden** Einzelschichten, so sollte die flächenbezogene dynamische Gesamtsteifigkeit nach Gl. 10.2.2-1 berechnet werden.

Die Trittschallminderung durch schwimmende Estriche berechnet sich nach den Angaben der Tab. 10.3.2-2 oder werden den Bildern 10.3.2-1 und -2 entnommen. Die Trittschallminderung durch weichfedernde Bodenbeläge ist in Tab. 10.3.2-3 aufgeführt.

Werden Vorsatzkonstruktionen sowohl im Sende- als auch im Empfangsraum angebracht, ist die Gesamtverbesserung der Luftschalldämmung durch die beiden Vorsatzkonstruktionen nach Tab. 7.1.1-2 zu ermitteln.

Bestehen die Dämmschichten aus zwei oder mehr **durchgehenden** Einzelschichten, so sollte die flächenbezogene dynamische Gesamt-Steifigkeit wie folgt berechnet werden:

$$s'_{tot} = \left(\sum_{i=1}^{2} \frac{1}{s'_i} \right)^{-1} \qquad (10.3.2\text{-}1)$$

Darin sind:

s'_{tot} resultierende dynamische Steifigkeit der Dämmschichten in MN/m³

s'_i dynamische Steifigkeit je Flächeneinheit der Dämmschicht i in MN/m³

Tabelle 10.3.2-3 Bewertete Trittschallminderung ΔL_w weichfedernder Bodenbeläge auf Massivdecken nach DIN 4109-34

	1	2	3
1	Deckenauflage in Form weichfedernder Bodenbeläge	nach Norm	bewertete Trittschallminderung ΔL_w in dB
2	Linoleum-Verbundbelag [1), 2)]	DIN EN 687	14
3	PVC-Verbundbeläge [1), 2)]		
4	mit genadeltem Jutefilz als Träger	DIN EN 650	13
5	mit Korkment als Träger	DIN EN 652	16
6	mit Unterschicht aus Schaumstoff	DIN EN 651	
7	mit Synthesefaser-Vliesstoff	DIN EN 650	13
8	Textile Fußbodenbeläge nach DIN ISO 2424 [3)]		
9	Nadelvlies mit d = 5 mm		20
10	Polteppiche [4)]		
11	Unterseite geschäumt, a_{20} = 4 mm	ISO 1765	19
12	Unterseite geschäumt, a_{20} = 6 mm		24
13	Unterseite geschäumt, a_{20} = 8 mm		28
14	Unterseite ungeschäumt, a_{20} = 4 mm		19
15	Unterseite ungeschäumt, a_{20} = 6 mm		21
16	Unterseite ungeschäumt, a_{20} = 8 mm		24

1) Die Bodenbeläge müssen durch Hinweis auf die jeweilige Norm gekennzeichnet sein. Die maßgebliche Trittschallminderung muss auf dem Erzeugnis oder der Verpackung angegeben sein.

2) Die angegebenen Werte sind Mindestwerte, sie gelten nur für aufgeklebte Bodenbeläge.

3) DIN EN 10204 ist zu berücksichtigen. Die textilen Bodenbeläge müssen auf dem Produkt oder auf der Verpackung mit der entsprechenden Trittschallminderung ausgeliefert werden.

4) Polteppiche aus Polyamid, Polypropylen, Polyacrylnitril, Polyester, Wolle und deren Mischungen.

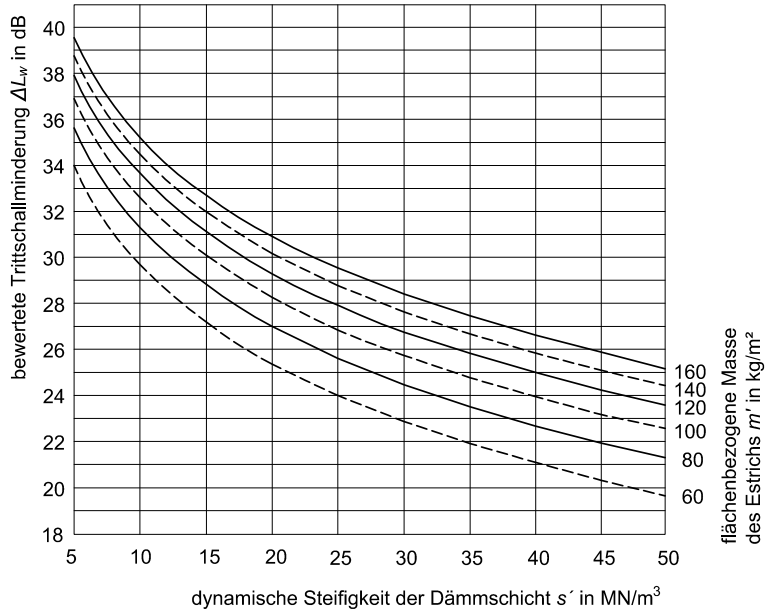
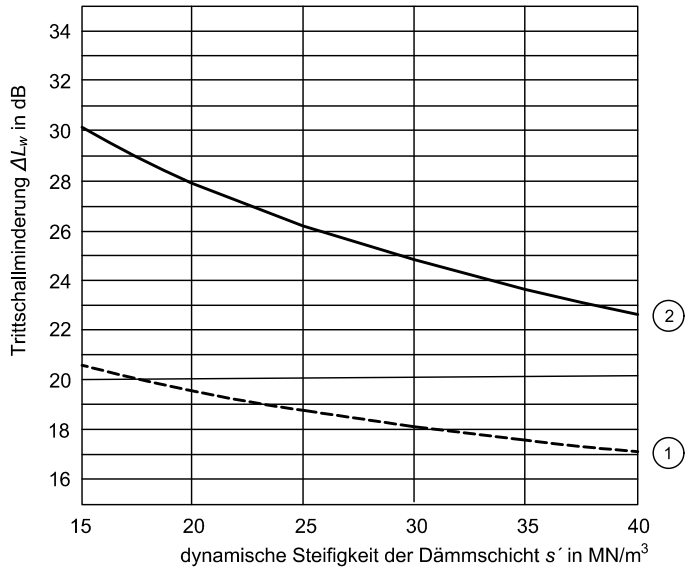


Bild 10.3.2-1 Bewertete Trittschallminderung schwimmend verlegter Mörtelstriche auf Dämmschichten für ausgewählte flächenbezogene Massen nach Tab. 10.3.2-2, Zeile 2



(1) Fertigteilestrich - flächenbezogene Masse der Estrichplatte m' = 15 kg/m²

(2) Gussasphaltestrich - flächenbezogene Masse der Estrichplatte m' = 60 kg/m²

Bild 10.3.2-2 Bewertete Trittschallminderung von schwimmend verlegten Fertigteil- und Gussasphaltstrichen auf Dämmschichten für ausgewählte flächenbezogene Massen nach Tab. 10.3.2-2, Zeile 3 und 4

Flankenschallpegeldifferenz bei Unterdecken

Bei abgehängten Unterdecken erfolgt die Übertragung des Luftschalls gemäß Bild 10.3.2-3 auf verschiedenen Wegen, jedoch primär über den Deckenhohlraum (Raum zwischen Unterseite der massiven Decke und abgehängter Unterdecke; Weg 2 in Bild 10.3.2-3), sofern im Bereich über der Trennwand keine Abschottung eingebaut wird. Ist eine Abschottung vorhanden, kann die Schall-Längsleitung über die Massivdecke von Bedeutung sein (Weg 3 in Bild 10.3.2-3). Die Übertragung von Luftschall ist abhängig von:

- der Art und der flächenbezogenen Masse der Unterdecke,
- der konstruktiven Teilung der Unterdecke und Dichtheit der Unterdecke an beiden Seiten der Trennwand,
- der Hohlraumhöhe, d.h. Abhängehöhe der Unterdecke,
- der Hohlraumdämpfung, i.d.R. einer Deckenauflage.

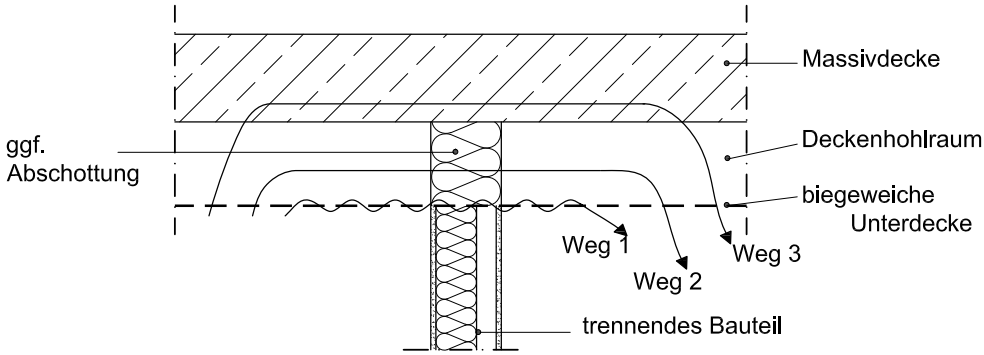


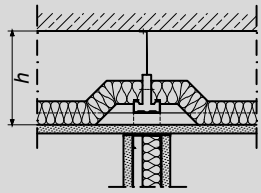
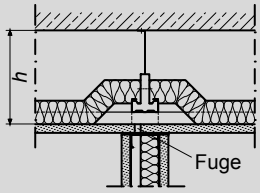
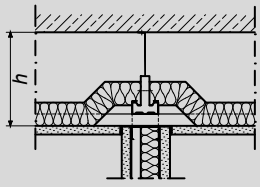
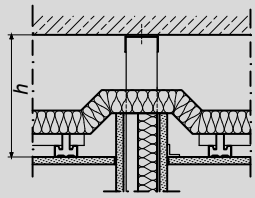
Bild 10.3.2-3 Flankierende Schallübertragungswege bei einer abgehängten Decke

Für die nachfolgende Tabellen gelten u.a. folgenden Randbedingungen:

- Die Hohlraumdämpfung ist vollflächig mit einer Auflage von $d \geq 40$ mm auszuführen, wobei Mineralwolledämmstoffe MW mit dem Anwendungsgebiet DI zu verwenden sind.
- Die angegebenen Werte gelten nur für Unterdecken ohne zusätzliche Einbauten (Beispiel: Deckenleuchten, Lüftungsöffnungen). Sind derartige Einbauten vorgesehen, so sind sie gesondert zu berücksichtigen. Gegebenfalls ist die Schalldämmung einer solchen Unterdecke dann gesondert nachzuweisen.
- Bei Verwendung einer Abschottung kann die Schall-Längsleitung über die Massivdecke von Bedeutung sein.

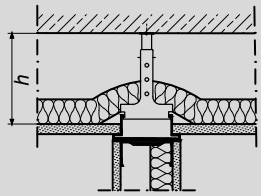
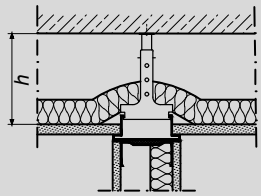
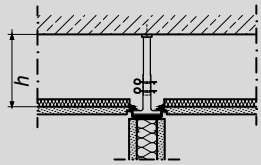
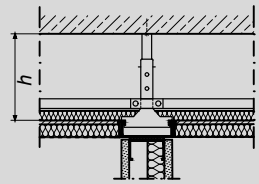
In den Tabellen 10.3.2-4 und 10.3.2-5 werden für Unterdecken ohne Abschottung im Deckenhohlraum bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ angegeben, die bei einer Abhängehöhe $h > 400$ mm mit einem Abminderungswert nach Tabelle 10.3.2-6 zu korrigieren sind.

Tabelle 10.3.2-4 Bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz nach DIN 4109-33 von Unterdecken **mit geschlossenen Flächen**, Abhängehöhe h = 400 mm bei horizontaler Schallübertragung

	1	2	3	4	5
1	Deckenanschluss - Vertikalschnitt	flächenbezogene Masse der Decklage m' kg/m²	Bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ in dB		
			Dicke der Faserdämm-Auflage [1]		
			0 mm	40 mm	80 mm
2	Trennwand an Unterdecke anschließend, Decklage jedoch durchlaufend ohne Fuge				
3		1 x GK m' ≥ 8,5 kg/m²	48	49	50
4		2 x GK m' ≥ 8,5 kg/m²	55	56	56
5	Trennwand an Unterdecke anschließend, Decklage durch Fuge getrennt				
6		1 x GK m' ≥ 8,5 kg/m²	50	54	56
7	Trennwand an Unterkonstruktion der Unterdecke anschließend, Decklage in Trennwanddicke getrennt				
8		2 x GK m' ≥ 8,5 kg/m²	57	59	59
9	Trennwandanschluss an Massivdecke mit Trennung der Unterdecke in Decklage und Unterkonstruktion				
10		2 x GK m' ≥ 8,5 kg/m²	57	65	–

[1] Die Werte der Normflankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ dieser Tabelle gelten für die für die Spalten 3, 4 und 5 angegebenen Dicken einer vollflächigen Faserdämmstoff-Auflage.

Tabelle 10.3.2-5 Bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ von Unterdecken **mit gegliederten Flächen**, Abhängehöhe h = 400 mm bei horizontaler Schallübertragung nach DIN 4109-33

	1	2	3	4	5
1	Deckenanschluss - Vertikalschnitt	m' kg/m²	$D_{n,f,w}$ in dB		
2			Dicke der Faserdämm-Auflage [1]		
3			0 mm	40 mm	80 mm
4	Unterdecke mit Bandprofilen und Mineralwolle-Deckenplatten in Einlege-Montage, Platten mit durchbrochener Oberfläche und ohne oberseitiger Dichtschicht				
5		≥ 4,5	28	39 [2]	47 [2]
6		≥ 6	30	42 [2]	50 [2]
7		≥ 8	33	45 [2]	54 [2]
8		≥ 10	35	46 [2]	56 [2]
9	Unterdecke mit Bandprofilen und Mineralwolle-Deckenplatten in Einlege-Montage, Platten mit unterseitig geschlossener Oberfläche oder mit oberseitiger Dichtschicht				
10		≥ 4,5	32	45 [2]	54 [2]
11		≥ 6	37	50 [2]	59 [2]
12		≥ 8	42	55 [2]	62 [2]
13		≥ 10	46	59 [2]	–
14	Unterdecke mit Bandprofilen und Leichtspan-Schallschluckplatten, oberseitig Papier aufgeklebt, Mineralwolle-Auflage nur in Plattenstücken auf den Leichtspanplatten				
15		≥ 8	–	45	54
16	Unterdecke mit Bandprofilen und perforierten Metall-Deckenplatten in Einlegemontage				
17		≥ 8	30	46 [2]	53 [2]

[1] Die Werte der Normflankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ dieser Tabelle gelten für die für die Spalten 4 und 5 angegebenen Dicken einer vollflächigen Faserdämmstoff-Auflage.

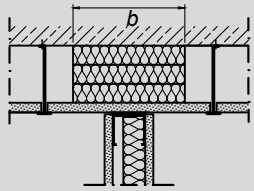
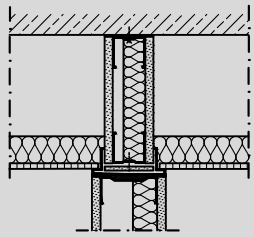
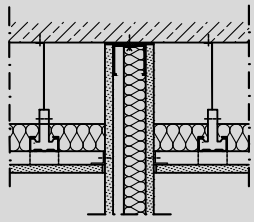
[2] Wenn die Mineralwolle-Auflage MW in Form einzelner Plattenstücke und nicht vollflächig aufgelegt wird, sind bei Unterdecken aus Mineralwolle-Deckenplatten und Stahlblechdecken bei den oben genannten $D_{n,f,w}$-Werten folgende Korrekturen vorzunehmen:
- bei 80 mm Auflage: $\Delta D_{n,f,w} = -6$ dB;
- bei 40 mm Auflage: $\Delta D_{n,f,w} = -4$ dB.

Tabelle 10.3.2-6 Abminderung der bewerteten Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ von Unterdecken mit gegliederter Fläche **mit Absorberauflage** [1], Abhängehöhe > 400 mm

	1	2
1	Abhängehöhe *h* in mm	Abminderung für $D_{n,f,w}$ in dB
2	bis 600	2
3	> 600 bis 800	5
4	> 800 bis 1000	6

[1] Hohlraumdämpfung mit MW, Anwendungsgebiet DI, ≥ 50 mm, über die gesamte Fläche der Unterdecke

Tabelle 10.3.2-7 Verbesserungsmaße der bewerteten Norm-Flankenschallpegeldifferenz von Unterdecken durch **Absorber- bzw. Plattenschotts** bei horizontaler Schallübertragung

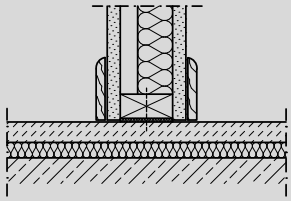
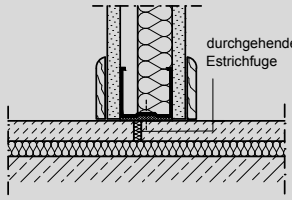
	1	2	3
1	Schnitt, vertikal	Mindestbreite des Absorberschotts *b* in mm	Verbesserungsmaß [2] $\Delta D_{n,f,w}$ in dB
2		300	12
3		400	14
4		500	15
5		600	17
6		800	20
7		1000	22
8		für Unterdecken nach Tab. 10.3.2-4, Zeilen 6 bis 10 und Tab. 10.3.2-5	20 [2]
9		Die Berechnung der Längsschalldämmung bei Ausführung „Trennwand bis Unterkante Massivdecke“ ist dabei alternativ zum Berechnungsverfahren nach DIN 4109-2 (schallschutztechnisch separate Bewertung der Massivdecke und Unterdecke, da Trennwand komplett im vollständigen Querschnitt an Massivdecke anschließt) als vereinfachter Nachweis zulässig.	

[1] Absorberschott aus Mineralwolle MW, Anwendungsgebiet DI, längenbezogener Strömungswiderstand $r \geq 8$ kPa s/m² der Unterdecke.

[2] Die Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ aus Summe des Tabellenwertes und des Zuschlages darf den Wert von 67 dB nicht überschreiten.

Flankenschallpegeldifferenz bei schwimmenden Estrichen

Tabelle 10.3.2-8 Bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz von schwimmenden Estrichen bei horizontaler Schallübertragung

	1	2	3
1	Schnitt, vertikal	Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ in dB	
		Zement-, Calciumsulfat- oder Magnesia-Estrich	Gussasphalt-Estrich
2		40	46
3		57 [1)]	

[1)] Nachträglich ausgeführte Fugenschnitte seitlich der Trennwand führen zu ungünstigeren Werten.

10.3.3 Schallbrücken bei schwimmenden Estrichen

Schallbrücken enstehen durch Kontakt und/oder durch starre Verbindungen zwischen Estrich und schwingungsübertragenden Bauteilen, wie Wänden, Fußböden, Decken, Heizungsrohren und Wasserleitungen. In der Regel sind dies Planungs- oder Ausführungsfehler.

Schallbrücken reduzieren in erheblicher Weise die Schalldämmung von Bauteilen. Obwohl der schallbrückenfreie Einbau von schwimmenden Estrichen seit längerem zu den allgemein anerkannten Regeln der Technik gehören, trifft man kritische Bereiche für Schallbrücken und somit eine Verschlechterung der Schalldämmung an bei:

- festen Verbindungen zwischen der schwimmendem Estrichplatte und der Rohdecke (z.B. durch fehlende Trennlage oder nicht korrekt gestoßenen Dämmplatten, s. Bild 10.3.3-1),
- Unebenheiten der Rohdecke (bei sehr dünnen Trittschalldämmungen, Bild 10.3.3-1),
- festen Verbindungen zwischen schwimmendem Estrich und Wand (fehlende Randdämmung, siehe Bild 10.3.3-2),
- Einbauten (z.B. Heizrohre, Leerrohre) auf der Rohdecke, besonders im Kreuzungsbereich, siehe Bild 10.3.3-3,
- dem Einbau von Fenstertüren, wenn der Zementestrich direkt an den unteren Rahmen gegossen wird,
- Durchdringungen im Estrich (z.B. Zuleitungen von Heizkörpern, Stützen von Treppengeländern, Türzargen),

- fehlenden Estrich-Trennfugen im Bereich von Türen oder unter Wänden, wenn Anforderungen an die horizontale Trittschallübertragung bestehen,
- Mörtelrückständen in Fugen (z.B. zwischen einem Treppen-Fertigteil und dem Rohbau),
- Belagarbeiten auf dem Estrich (Randfugen werden durch Kleber oder Fugenmörtel des Plattenbelags geschlossen, siehe Bild 10.3.3-2),
- Anbringen von Sockelleisten bzw. Sockelfliesen ohne Zwischenlage direkt auf dem schallharten Bodenbelag (siehe Bild 10.3.3-2),
- nachträglich durchgeführten Wandputz-, oder Trockenbauarbeiten oder Arbeiten an Sanitärinstallationen.

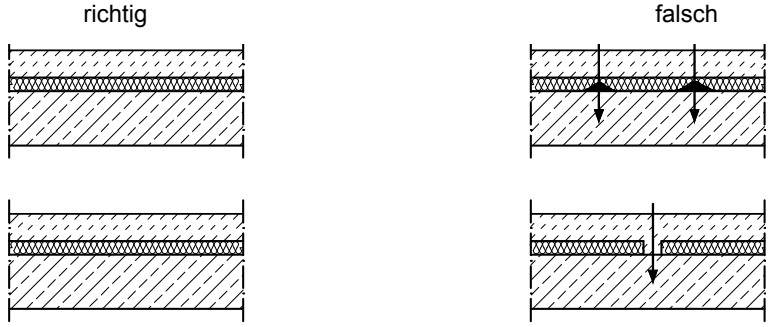


Bild 10.3.3-1 Darstellung von Estrichaufbauten zur Vermeidung von Schallbrücken im Flächenbereich

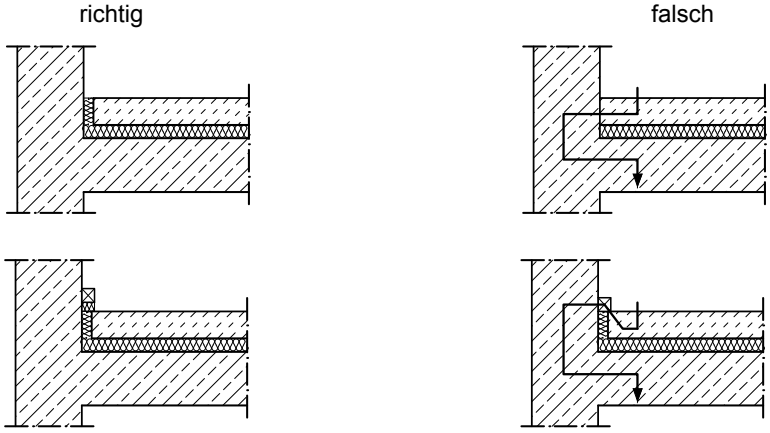


Bild 10.3.3-2 Darstellung von Estrichaufbauten zur Vermeidung von Schallbrücken bei den Randfugen

Untersuchungen und Veröffentlichungen, z.B. [59] bis [62] befassen sich mit der Wirkung von Schallbrücken von schwimmenden Estrichen. Die Schallschutzminderung ist abhängig von der Anzahl und der Länge der Schallbrücken, aber bereits die erste feste Verbindung z.B. im Randbereich zwischen Estrich und Wand bewirkt eine deutliche Trittschallminderung. Andere feste Verbindungen werden am Bau z.B. durch Gehbelagskleber bzw. Klebemörtel verursacht. Gemessene Auswirkungen sind in den Bildern 11.3-4 bis 11.3-6 dargestellt.

So ist bei der Verlegung von Heizungs- oder anderen Leerrohren auf der Rohdecke nach Bild 11.3-3 darauf zu achten, dass diese in einer separaten Dämm- oder Ausgleichsschicht liegen und die Trittschalldämmung in ganzer Dicke oberhalb verlegt wird, ohne dass diese z. B. in Kreuzungsbereichen der Rohre zusammen gedrückt wird.

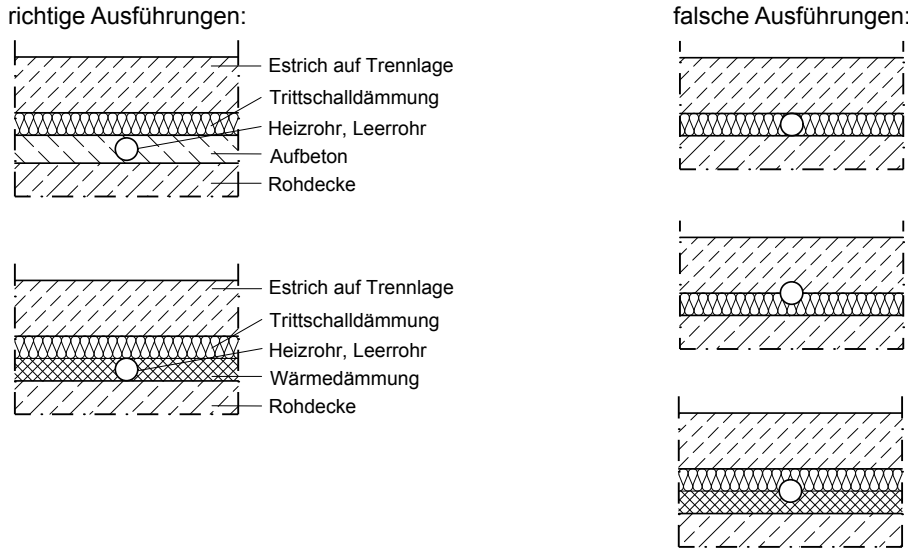


Bild 10.3.3-3 Verschiedene Ausführungen von Rohrleitungs-Einbauten auf der Rohdecke (Heizrohre, Kabellehrrohre)

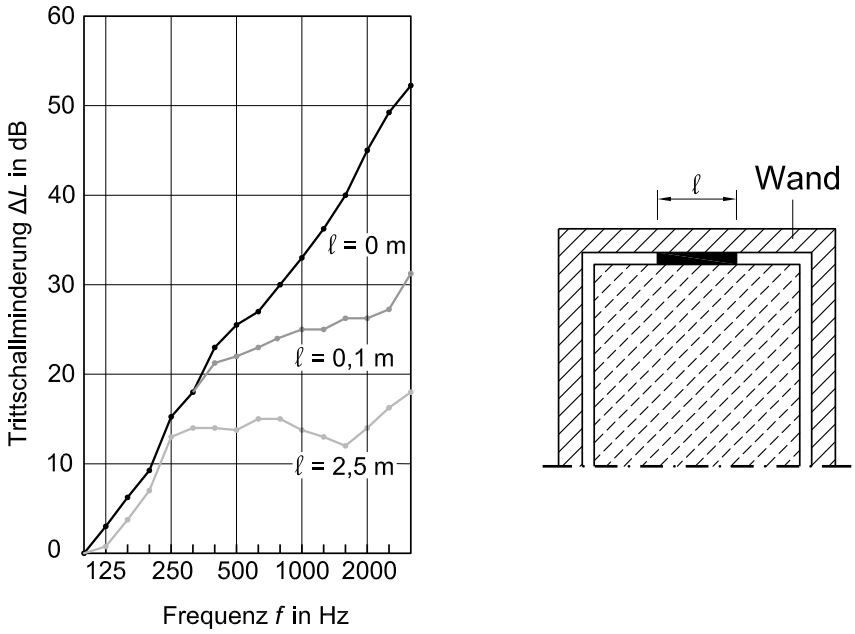


Bild 10.3.3-4 Wirkung einer festen Verbindung zwischen schwimmendem Estrich und Wand auf die Trittschallminderung nach [59]

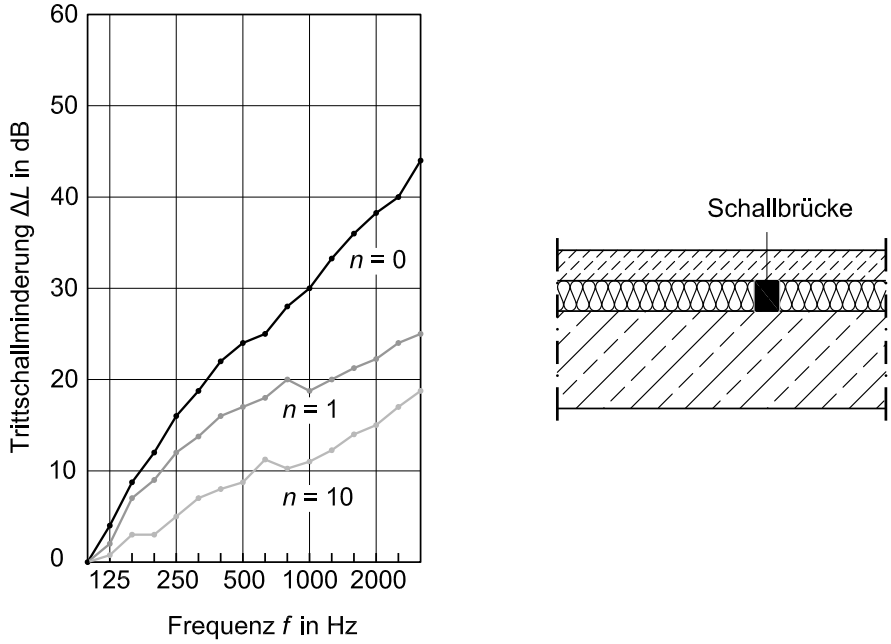


Bild 10.3.3-5 Wirkung fester Verbindungen ($n \triangleq$ Anzahl) zwischen schwimmendem Estrich und Rohdecke auf die Trittschallminderung nach [59]

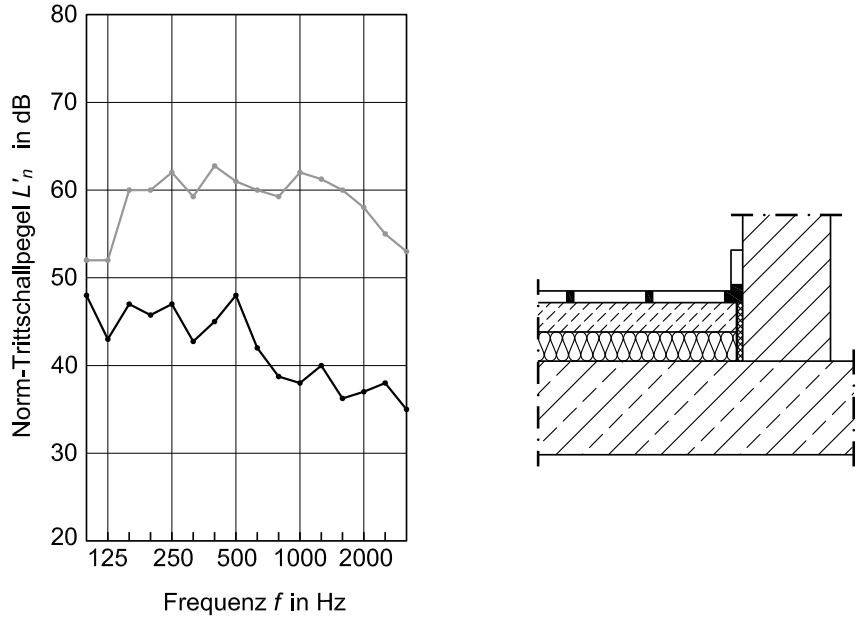


Bild 10.3.3-6 Einfluss von Schallbrücken durch oberseitig mit Fliesenkleber geschlossene Randfugen auf die Trittschalldämmung eines schwimmenden Estrichs nach [59]

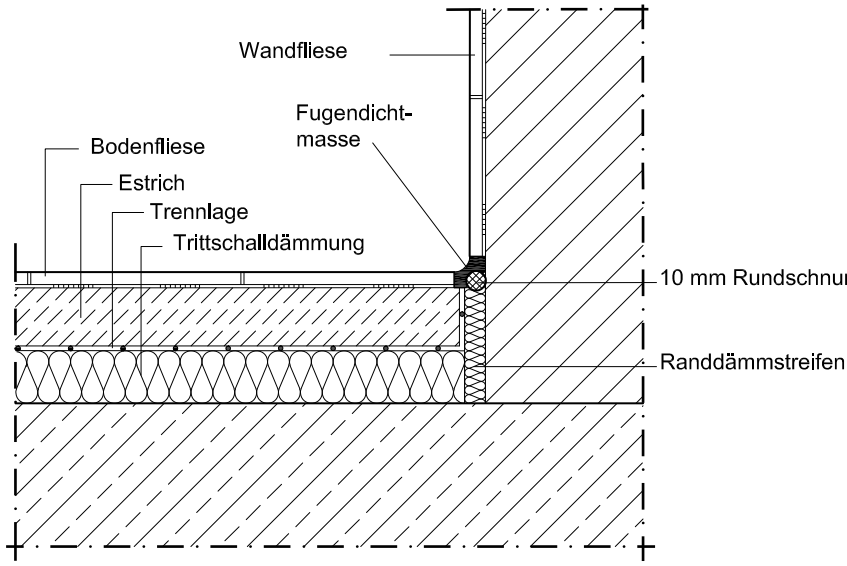


Bild 10.3.3-7 Richtige Ausbildung einer Randfuge bei Plattenbelägen an Wand und Boden

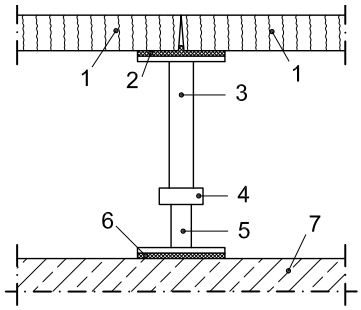
10.3.4 Massivdecken mit Systemböden (Doppel- und Hohlböden)

Systemböden sind standardisierte, mittels einer Unterkonstruktion aufgeständerte Ausbausysteme, z. B. Doppel- und Hohlböden für den Innenausbau, welche unter einer Tragschicht einen Bodenhohlraum zur flexiblen Nutzung und zur Aufnahme von Installationen aller Art (Daten, Strom, Wasser, Luft) zur Verfügung stellen. Sowohl Doppel- als auch Hohlböden sind technisch anspruchsvolle Konstruktionen, sie werden bevorzugt in Verwaltungsbauten oder Krankenhäusern eingesetzt. Die Anforderungen an den Luftschallschutz werden in der Regel durch entsprechend dicke Stahlbeton-Rohdecken eingehalten. Für den erforderlichen Trittschallschutz zwischen fremden Nutzungseinheiten müssen die Hohlböden ohne Hinzuziehung von trittschalldämmenden Gehbelägen eine bestimmte Trittschall-Minderung gewährleisten. Zudem ist ein besonderer Augenmerk auf die Flanken-Schallpegeldifferenz der Hohlböden zu legen.

Die wichtigsten Einflußgrößen und konstruktiven Merkmale für die Schallübertragung zwischen Räumen in vertikaler / horizontaler Richtung werden in VDI 3762 und [63] aufgeführt. Die Ausbildung eines Masse-Feder-Systems zwischen Systemboden und Rohdecke ist für die Flankenschalldämmung von untergeordneter Bedeutung.

Doppelböden

Unter den Begriff Doppelböden fallen alle elementierten, vorgefertigten und austauschbaren Bodensysteme, bei denen der Installationshohlraum überall und ohne besonderen Aufwand frei zugänglich ist. Sie bestehen aus höhenverstellbaren Stützen, eventuell mit Rasterstäben und Tragschicht-Platten mit applizierten Oberbelägen gemäß Bild 10.3.4-1. Die Platten werden aus Holzwerkstoff, Metall oder mineralischem Material sowie aus Kombinationen gefertigt und können werksseitig mit vielen verschiedenen technischen Einbauten, wie z.B. Steckdosen oder Luftauslässe versehen werden. Sie werden i.d.R. mit Platten in 60-cm Raster hergestellt.



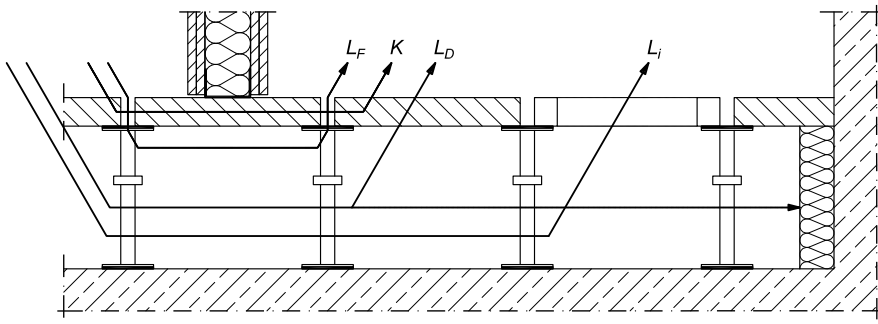
1 Tragschicht-Platte
2 Auflagescheibe (Stützenkopfauflage)
3 Stützenoberteil
4 Verstellmutter
5 Stützenfuß
6 Kleber (ggf. mit Trittschallpads)
7 Rohdecke

Bild 10.3.4-1 Schnitt eines Doppelbodens mit schematischen Konstruktionsdetails

Die wesentlichen Einflussgrößen für die **Norm-Flankenschallpegeldifferenzen** von Doppelböden sind:

- die flächenbezogene Masse des Plattenmaterials
- die Fugendichtigkeit zwischen den Platten und an den Anschlüssen
- die Wirksamkeit der Körperschallentkopplung am Plattenstoß
- die Hohlraumdämpfung
- Lüftungsöffnungen, Einbauten und Installationen
- Zusatzmaßnahmen, wie z.B. ein Absorberschott
- die flächenbezogene Masse der darauf stehenden Wand und die schalltechnische Wirksamkeit des unteren Wandanschlusses

Zu beachten ist, dass sich die Parameter untereinander beeinflussen können. Eine rechnerische Ermittlung der Flankendämmung ist derzeit nicht möglich. Bild 10.3.3-2 zeigt die wichtigsten Übertragungswege schematisch.



L_D von der Dämmung des Plattenmaterials abhängige Übertragung
L_F von der Fugendurchlässigkeit zwischen den Platten abhängige Übertragung
K Körperschallübertragung
L_i Schallausbreitung über Lüftungsöffnungen

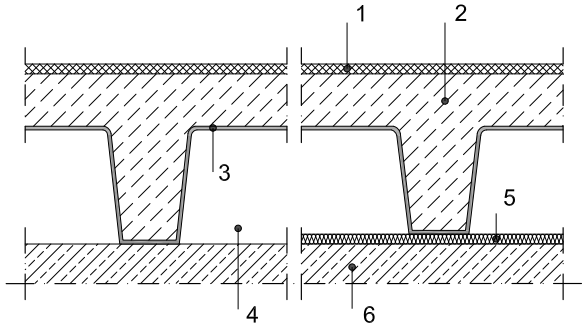
Bild 10.3.4-2 Übertragungswege von Doppelböden (schematisch) bei der Flankenübertragung von Luftschall

Hohlböden

Hohlböden sind Estrichböden mit einer fugenlose Oberfläche, die auf einer aufgeständerten Unterkonstruktion aufgebracht werden. Der Hohlraum in der Unterkonstruktionsebene mit einer lichten Höhe bis 200 mm wird für Unterflurinstallationen genutzt. Durch die Festigkeit der Konstruktion werden hohe Tragfähigkeiten erreicht, so dass alle Arten von Trennwänden ohne zusätzliche Maßnahmen auf dem Bodensystem aufgestellt werden können.

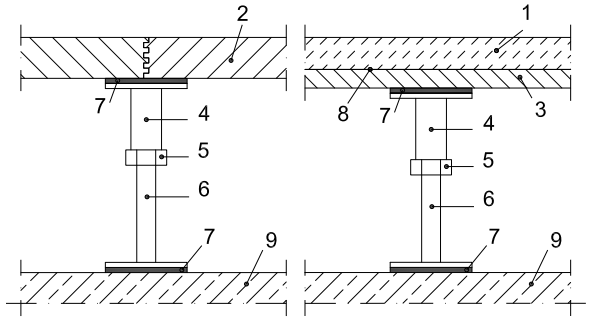
Prinzipiell lassen sich zwei Konstruktionssysteme unterscheiden:

- Monolithische Systeme (heute kaum mehr gebräuchlich), bei denen die Unterkonstruktion aus Schalungselementen besteht, die mit Estrichmasse ausgegossen wird (Bild 10.3.4-3).
- Mehrschichtige Systeme, bei denen die Unterkonstruktion aus höhenverstellbaren Elementen, mit Stützen versehenen Platten besteht, sie werden dann auf der Baustelle mit einem Estrich auf dichter Trennlage versehen gemäß Bild 10.3.4-4. In den letzten Jahren werden auch Trockenhohlraumböden auf einer Stahlstützen-Unterkonstruktion angeboten. Hierbei werden unterschiedlich dicke Elemente aus Holzspan- oder Gipsbauplatten mit Nut und Feder verlegt. Insbesondere bei Baustellen mit kurzen Fertigstellungsterminen bieten diese Systeme große Vorteile, da keine Estrichtrocknungszeiten berücksichtigt werden müssen.



1 Bodenbelag
2 Estrich
3 Schalungselement
4 Hohlraum
5 evtl. flächige oder punktuelle Trittschalldämmung
6 Rohdecke

Bild 10.3.4-3 Schnitt eines monolithischen Hohlbodens aus mit Estrich ausgegossenen Formschalen mit schematischen Konstruktionsdetails



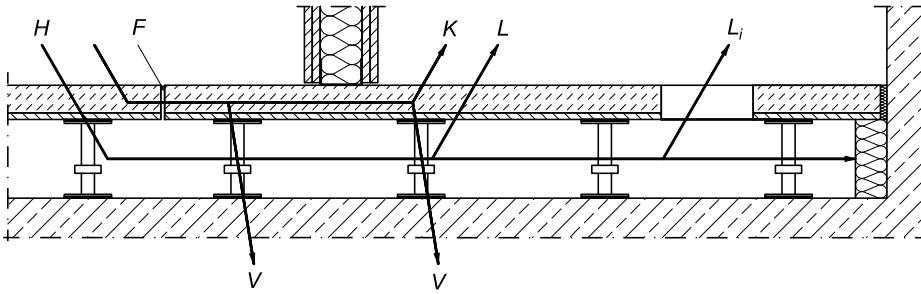
1 Tragschicht aus Estrichmörtel
2 Platte
3 Trägerplatte (Schalungselement)
4 höhenverstellbare Metallstütze
5 Verstellmutter
6 Stützenfuß
7 Klebstoff (ggf. mit Trittschallpads)
8 Trennlage
9 Rohdecke

Bild 10.3.4-4 Schnitte mehrschichtiger Hohlböden in Trockenbauweise (links) und mit gegossenem Estrich (rechts) mit den wichtigsten schematischen Konstruktionsdetails

Wesentliche Einflussgrößen für die **Norm-Flankenschallpegeldifferenz** von Hohlböden sind:

- die flächenbezogene Masse der Estrich-Tragplatte
- der innere Aufbau des Bodens, ob monolithisch, mehrlagig oder geschichtet
- die innere Dämpfung
- Art und Anzahl der Fugen
- die Hohlraumdämpfung
- die Art der kraftschlüssigen Verbindung mit der Rohdecke (→ Energieableitung)
- Fugendichtigkeit der Anschlüsse an Wände und Einbauten
- Quellen, Schwinden und Restfeuchte des Estrichs

Bild 10.3.4-5 zeigt die wichtigsten Übertragungswege schematisch.



H	Hohlraumdämpfung bei der Laborprüfung	*K*	Körperschallübertragung
L_i	Luftschallübertragung im Hohlraum	*F*	Fugen
V	Verzweigungsdämmung		

Bild 10.3.4-5 Übertragungswege von Hohlböden bei der Flankenübertragung von Luftschall

Einflussgrößen für die Trittschallminderung

Die wesentlichen Parameter für die vertikale und horizontale Trittschallminderung von **Doppelbodensystemen** sind:

- die flächenbezogene Masse des Plattenmaterials
- die Trittschallminderung des verwendeten Fußbodenbelags ΔL_w
- die Stützenkonstruktion mit Stützenkopf und Stützenfuß-Verklebung
- die Hohlraumdämpfung (geringer Einfluss)

Für die **vertikale** Trittschallübertragung sind nur zwei Komponenten wesentlich: die Trittschallminderung des Fußbodenbelags und die schalltechnischen Eigenschaften des Doppelbodens. Bei der **horizontalen** Trittschallübertragung sind auch die Übertragungswege gemäß Bild 10.3.3-2 wichtig, jedoch zeigt sich eine große Abhängigkeit von Bodenbelag, sodass für die meisten Doppelbodenkonstruktionen folgender Zusammenhang gilt:

$$L_{n,f,w} \leq 70\ \text{dB} - 0{,}5 \cdot \Delta L_{w,B} \tag{10.3.4-1}$$

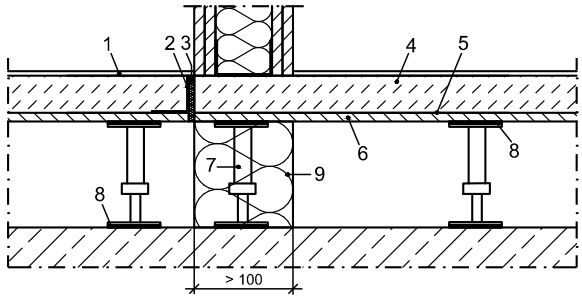
Darin sind:

$L_{n,f,w}$ bewerteter Norm-Flankentrittschallpegel in dB

$\Delta L_{w,B}$ bewertete Trittschallminderung des Bodenbelags in dB

Die im Labor ermittelten Norm-Flankentrittschallpegel sind am Bau i.d.R. nicht realisierbar, da die Bedämpfungen des Hohlraums stark voneinander abweichen und der Schwerpunkt der Trittschallanregung z.B. bei Fluren dichter an der Wand liegt als bei Laborprüfungen.

Bei **Hohlböden** sind die Trittschallminderung des Fußbodenbelags ΔL_w und eine ggf. verwendete Trittschalldämmung unter dem Estrich die wesentlichen Einflußgrößen für die **vertikale** Trittschallübertragung. Bei der **horizontalen** Trittschallübertragung z.B. zwischen Fluren und angrenzenden Räumen sind akzeptable Werte nur erreichbar, wenn eine planerisch/konstruktiv gestaltete Fuge gemäß Bild 10.3.4-6 an der Trennwand in Verbindung mit einem Absorberschott vorgesehen wird.



1 Bodenbelag
2 Winkel
3 Fugenband
4 Tragschicht aus Estrich
5 Trennlage
6 Schalungselement
7 Stahlstütze
8 Kleber
9 Absorberschott

Bild 10.3.4-6 Beispiel einer konstruktiv gestalteten Fuge bei einem Hohlboden (schematisch)

Hinweise zu Planung und Ausführung

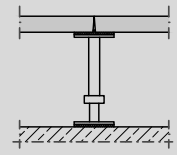
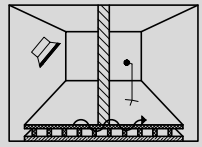
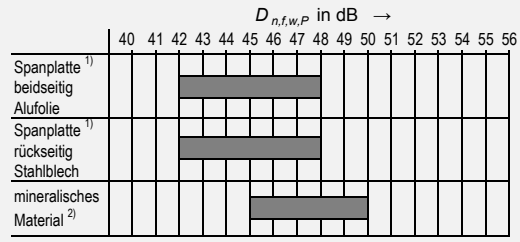
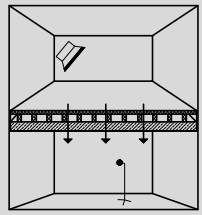
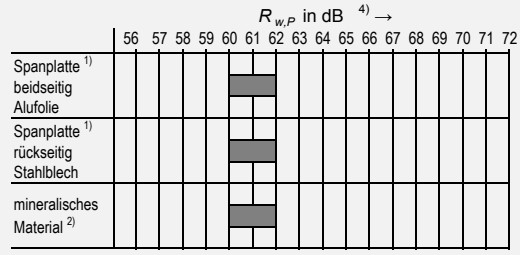
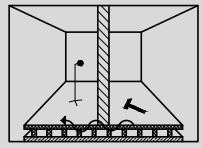
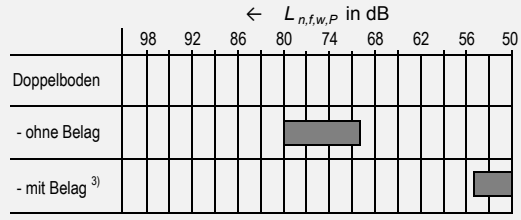
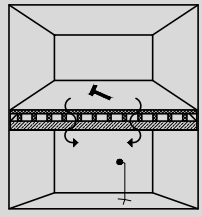
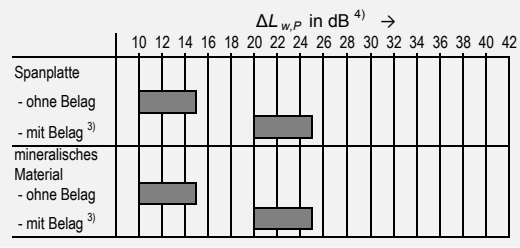
Der Schallschutz zwischen zwei Räumen kann allein mit VDI 3762 nicht bestimmt werden, die Hinzuziehung von Fachleuten der Akustik ist für die Einhaltung eines definierten Schallschutzes erforderlich. In Tabelle 10.3.4-2 sind gemäß Anhang A der VDI 3762 nur die Spannweiten der schalltechnischen Eigenschaften marktüblicher Konstruktionen angegeben. Um den gewünschten Schallschutz am Bau sicherzustellen, empfiehlt es sich, Sicherheitsabschläge (Vorhaltemaße) nach Tab. 10.3.4-1 bei der Ausschreibung anzusetzen.

Tabelle 10.3.4-1 Vorhaltemaße für Doppel- und Hohlböden nach VDI 3762 in Verbindung mit darauf stehenden Wänden

	1	2	3
1	Situation	Vorhaltemaß [1] in dB	
		bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$	bewerteter Norm-Flankentrittschallpegel $L_{n,f,w}$
2	Boden mit einseitig geschlossenem (reflektierendem) Hohlraumabschluss	$D_{n,f,w,R} = D_{n,f,w,P}$ **- 2**	$L_{n,f,w,R} = L_{n,f,w,P}$ **+ 2**
3	Boden mit zweiseitig geschlossenem Hohlraumabschluss	$D_{n,f,w,R} = D_{n,f,w,P}$ **- 3**	$L_{n,f,w,R} = L_{n,f,w,P}$ **+ 3**
4	Boden mit dreiseitig geschlossenem Hohlraumabschluss	$D_{n,f,w,R} = D_{n,f,w,P}$ **- 4**	$L_{n,f,w,R} = L_{n,f,w,P}$ **+ 4**
5	Boden mit rundum geschlossenem Hohlraumabschluss	$D_{n,f,w,R} = D_{n,f,w,P}$ **- 5**	$L_{n,f,w,R} = L_{n,f,w,P}$ **+ 5**

[1] Beinhaltet das ehemalige Vorhaltemaß von 2 dB nach DIN 4109 (11.1989).
Bei hängenden Glaswänden, Mobilwänden oder Sonderkonstruktionen sind aufgrund der fehlenden Stoßstellendämmung schlechtere Werte zu erwarten.

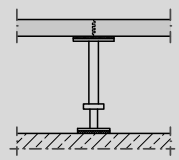
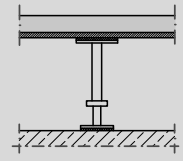
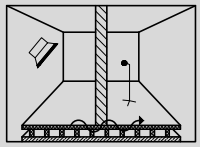
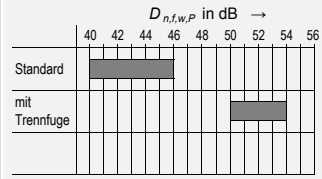
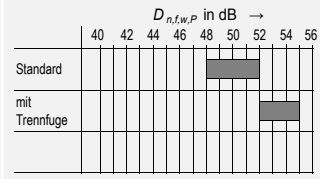
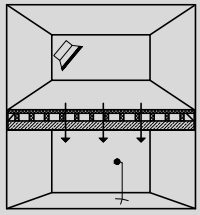
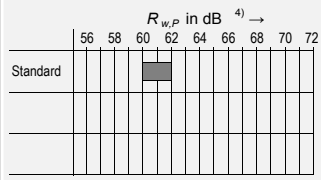
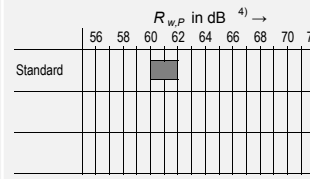
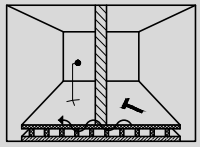
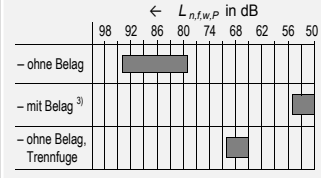
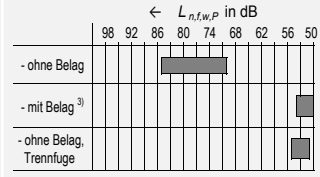
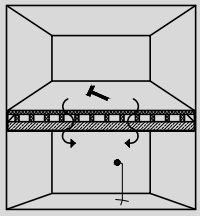
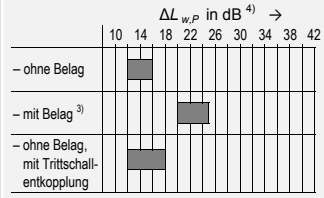
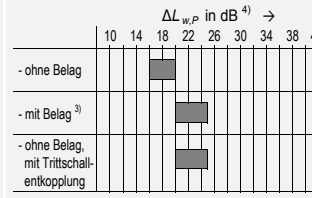
Tabelle 10.3.4-2 Zusammenfassende Produktübersicht von Doppelböden mit deren spezifischen schalltechnischen Eigenschaften [a)] nach VDI 3762

	1			2
1	Konstruktion			**Doppelboden** Unterbauart von Systembodenkonstruktionen für den Innenausbau von Gebäuden, deren Komponenten weitestgehend aus werkseitiger industrieller Fertigung stammen. Die Tragplatten sind jederzeit demontierbar und austauschbar.
2				
3	Luftschalldämmung	horizontal		
4	Luftschalldämmung	vertikal		
5	Trittschalldämmung	horizontal		
6	Trittschalldämmung	vertikal		

[1)] ≥ 38 mm dick [2)] ≥ 34 mm dick [3)] Bodenbelag $\Delta L_w > 25$ dB [4)] mit 15 cm dicker Stahlbetondecke

a) Bei den angegebenen Werten handelt es sich um Prüfergebnisse aus Labormessungen mit simulierten 3-seitig offenen Hohlräumen. Die Vorhaltemaße nach Tabelle 10.3.4-1 sind zu beachten.

Tabelle 10.3.4-3 Zusammenfassende Produktübersicht von Hohlböden mit deren spezifischen schalltechnischen Eigenschaften [a)] nach VDI 3762

	1			2	3
1	Konstruktion			**Hohlboden in Trockenbauweise**	**Hohlboden mit gegossener Tragschicht**
1				Systembodenkonstruktion, mit Komponenten weitestgehend aus industrieller Fertigung. Es wird ein durchlaufender Flächenverbund geschaffen.	Flächiger Naßestrich auf vorgefertigter Unterkonstruktion. Hohlraumhöhen bis 200 mm. Nutzung des Hohlraums durch Öffnungen vor Ort.
2					
3	Luftschalldämmung	horizontal			
4		vertikal			
5	Trittschalldämmung	horizontal			
6		vertikal			

[1)] ≥ 38 mm dick [2)] ≥ 34 mm dick [3)] Bodenbelag $\Delta L_W > 25$ dB [4)] mit 15 cm dicker Stahlbetondecke

[a)] Bei den angegebenen Werten handelt es sich um Prüfergebnisse aus Labormessungen mit simulierten 3-seitig offenen Hohlräumen. Die Vorhaltemaße nach Tabelle 10.3.4-1 sind zu beachten.

10.4 Trittschalldämmung von Treppen

10.4.1 Massive Treppen (Läufe und Podeste)

Die Trittschalldämmung einer massiven Treppe wird im Wesentlichen beeinflusst durch:

- die flächenbezogene Masse der Treppenläufe und Treppenpodeste
- trittschallmindernde Auflagen auf Läufen und Podesten (weichfedernde Gehbeläge, schwimmend verlegte Stufenbeläge, schwimmende Estriche auf Podesten)
- die Art der Anbindung von Läufen und Podesten an den Baukörper (starr eingebunden, mit Trennfugen, körperschallentkoppelt)
- die Grundrissgestaltung (Lage von schutzbedürftigem Raum und Treppenraum)
- die Körperschallanregbarkeit der Treppenraumwände und die Körperschallübertragung über flankierende Bauteile

Gemäß DIN 4109-32 zeigt Bild 10.4.1-1 in einem Grundriß schematisch eine Möglichkeit, Treppenläufe und -podeste schalltechnisch günstig auzuführen. Die Treppenläufen sind dabei von den Treppenraumwänden getrennt und auf den Treppenpodesten elastisch aufgelagert; die Podeste binden in die Treppenraumwände als Durchlaufplatte ein (in der Regel gemeinsam mit den Trenndecken als Mehrfeldplattensystem) und sind mit einem schwimmenden Estrich ausgestattet. Die Bilder 10.4.1-3 und -4 zeigen die entsprechenden Details in Vertikalschnitten.

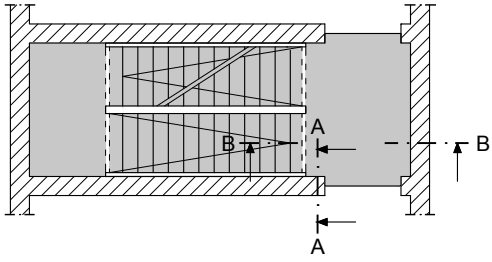


Bild 10.4.1-1 Grundriß einer Treppenkonstruktion mit elastisch aufgelagerten, von den Treppenhauswänden getrennten Läufen und einbindenden Podesten mit schwimmendem Estrich

Bild 10.4.1-2 zeigt in einem Grundriß schematisch eine weitere Möglichkeit, Treppenläufe und -podeste schalltechnisch günstig auszuführen. Die Treppenläufen sind dabei von den Treppenraumwänden getrennt und binden in die Treppenpodesten ein; die Podeste ihrerseits sind auf Konsolen elastisch aufgelagert und mit einem schwimmenden Estrich ausgestattet. Bild 10.4.1-5 zeigt das entsprechende Detail als Vertikalschnitt.

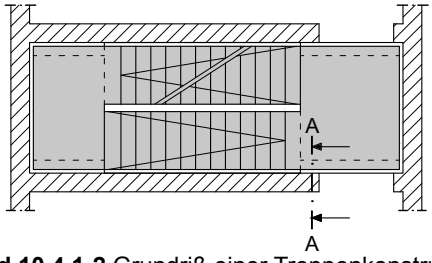


Bild 10.4.1-2 Grundriß einer Treppenkonstruktion mit in die Podeste einbindenden, von den Treppenhauswänden getrennten Läufen und elastisch aufgelagerten Podesten mit schwimmendem Estrich

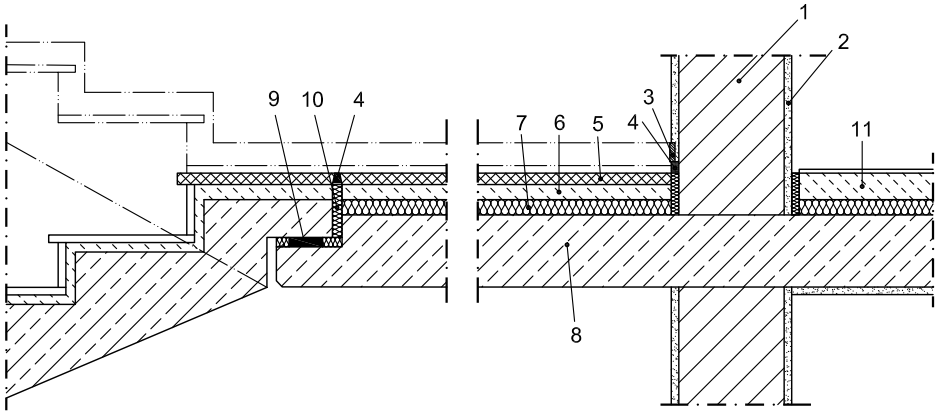
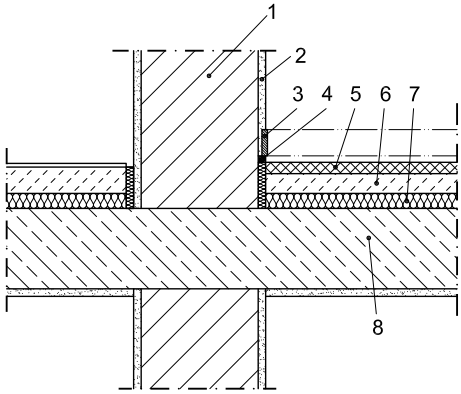
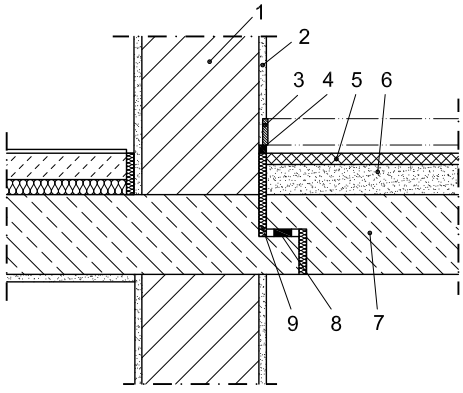


Bild 10.4.1-3 Schnitt B-B (Vertikalschnitt) nach Bild 10.4.1-1: Elastische Auflagerung der Treppenläufe auf dem Treppenpodest mit schwimmendem Estrich (1 Mauerwerk, 2 Putz, 3 Sockelleiste, 4 dauerelastische Fugendichtmasse, 5 Bodenbelag, 6 Estrich, 7 Trittschalldämmschicht, 8 Massivdecke, 9 elastisches Lager, 10 Trennfuge, 11 Estrich)



1 Mauerwerkswand
2 Putz
3 Sockelleiste
4 dauerelastische Fugendichtmasse
5 Bodenbelag
6 Estrichplatte
7 Trittschalldämmung
8 Massivdecke

Bild 10.4.1-4 Schnitt A-A (Vertikalschnitt) nach Bild 10.4.1-1: Durchlaufende Decke des Treppenpodestes mit schwimmendem Estrich



1 Mauerwerkswand
2 Putz
3 Sockelleiste
4 dauerelastische Fugendichtmasse
5 Bodenbelag
6 Mörtelbett
7 Massivdecke
8 elastisches Zwischenlager
9 umlaufende Trennfuge

Bild 10.4.1-5 Schnitt A-A (Vertikalschnitt) nach Bild 10.4.1-2: Auf Konsolen aufgelagertes Treppenpodest mit schwimmendem Estrich

Der äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel (anzusetzen beim Nachweis von Treppenkonstruktionen mit schwimmenden Fußbodenkonstruktionen) sowie der bewertete Norm-Trittschallpegel (anzusetzen bei einschaligen Treppenkonstruktionen) für verschiedene Treppenkonstruktionen sind in Tabelle 10.4.1-1 zusammengefasst. Bezüglich der Trittschallminderung für schwimmende Estriche entsprechender Podestkonstruktionen wird auf Kapitel 10.3.2 verwiesen.

Tabelle 10.4.1-1 Äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel $L_{n,eq,0,w}$ und bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ verschiedener Treppenkonstruktionen aus Stahlbeton mit einer Mindestdicke von 120 mm nach DIN 4109-32

	1	2	3
1	Ausbildung von Treppen aus Stahlbeton ($d \geq 120$ mm) und Treppenraumwand	äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel $L_{n,eq,0,w}$ in dB	bewerteter Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ in dB
2	Treppenpodest, fest verbunden mit einschaliger biegesteifer Treppenraumwand ($m' \geq 380$ kg/m²)	63	67
3	Treppenpodest, fest verbunden mit Treppenraumwand, durchgehende Geäudetrennfuge	≤ 50	≤ 47
4	Treppenlauf, fest verbunden mit einschaliger biegesteifer Treppenraumwand ($m' \geq 380$ kg/m²)	63	67
5	Treppenlauf, abgesetzt von einschaliger, biegesteifer Treppenraumwand	60	64
6	Treppenlauf, abgesetzt von Treppenraumwand und durchgehende Gebäudetrennfuge	≤ 43	≤ 40
7	Treppenlauf, abgesetzt von Treppenraumwand und durchgehende Gebäudetrennfuge, auf Treppenpodest elastisch aufgelagert	35	39

Wenn Trittschalldämmungen bei Treppen mit Baustellenmitteln ausgeführt werden, ist die Gefahr von Schallbrücken durch Baufehler sehr groß. Häufig werden Anschlüsse und Fugenbereiche unzureichend geplant oder ungeeignetes Material eingesetzt. Wenn nicht sorgfältig genug gearbeitet wird, entstehen Schallbrücken mit enormer Auswirkung (siehe Bild 10.4.1-6).

Um einen schallbrückenfreien Einbau beim Ortbeton- und Fertigteilbau zu erleichtern, bieten verschiedene Hersteller entsprechende einbaufähige Trittschalldämm-Systeme an ([64] bis [67]). Die Elemente sind als System aufeinander abgestimmt; dadurch sollen nicht nur die Treppenanschlüsse, sondern auch die Fugen optimal abgedichtet werden. Schallbrücken durch Steinchen oder Bauschutt in den Fugen können somit vermieden werden.

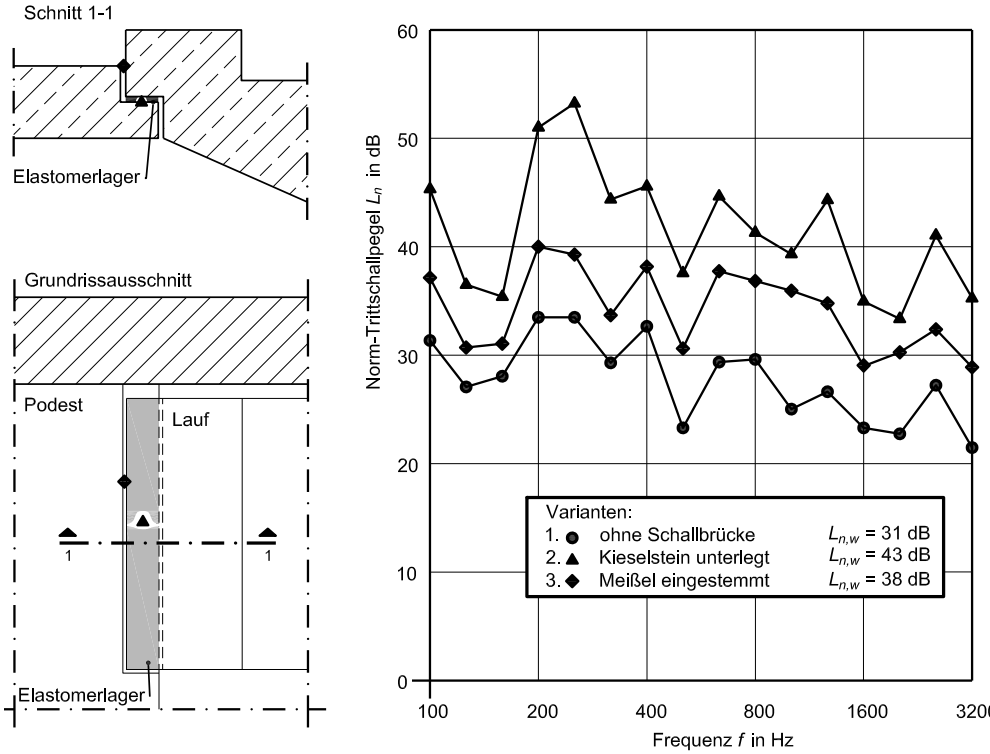


Bild 10.4.1-6 Der Einfluss von Körperschallbrücken am Beispiel eines elastisch gelagerten Treppenlaufs nach [64]

Je nach Anwendungsgebiet (nur Treppenlauf schalltechnisch getrennt oder Treppenlauf und -podest getrennt) werden unterschiedliche Typen des Treppenanschlusses angeboten:

- elastische L- oder Z-förmige Auflagerplatten "oben" zwischen Treppenlauf und Podest (z.B. Bild 10.4.1-7),
- elastische Auflagerplatten "unten" für Treppenläufe auf den Boden (z.B. Bild 10.4.1-7),
- elastische Lagerung der Steinbeläge (z.B. Bild 10.4.1-8),
- trittschalltechnische Trennung zwischen Treppenlauf und Podest mit Fugenplatte und durchlaufender Bewehrung (z.B. Bild 10.4.1-9), diese Systeme gibt es für den Ortbeton- und Fertigteilbau,
- vorgefertigte Tragelemente, die in die Treppenraumwände eingebaut werden, für die punktweise Auflagerung (z.B. mit Stahldorn: Bild 10.4.1-10 oder Stahlbeton: Bild 10.4.1-11),
- zusätzlich zu allen Auflagermöglichkeiten werden umlaufende, elastische Fugenplatten angeboten (z.B. Bild 10.4.1-12), ggf. durchdringen einzelne Befestigungselemente diesen seitlichen Fugenbereich.

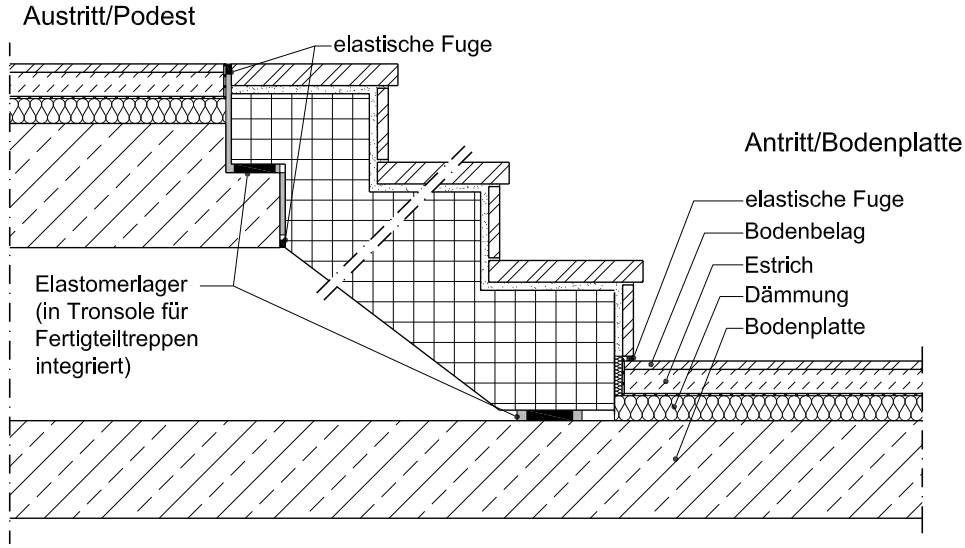


Bild 10.4.1-7 Schnitt eines schalltechnisch getrennten Fertig-Treppenlaufs mit elastischen Auflagern nach [64]

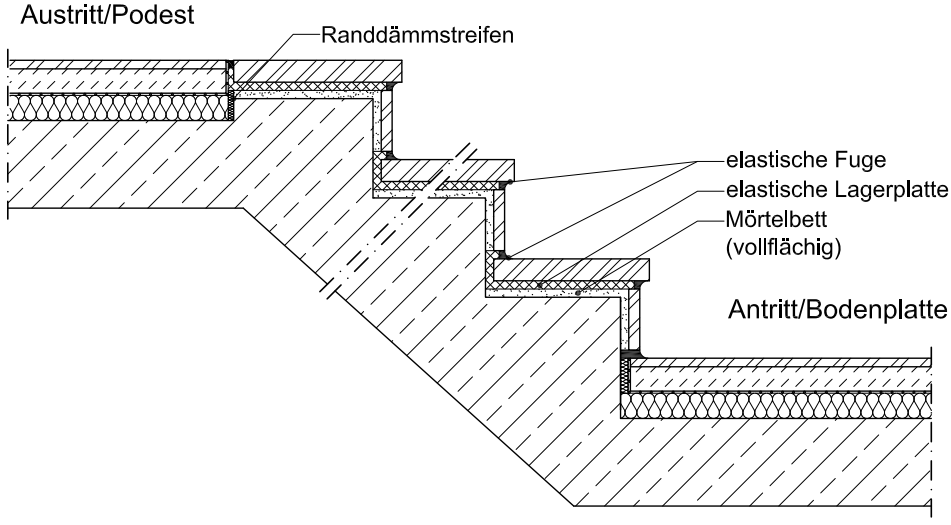


Bild 10.4.1-8 Darstellung einer elastischen Lagerung der Trittplatten zur Schallentkopplung zwischen Trittstufe und Ortbeton-Treppenlauf nach [64]

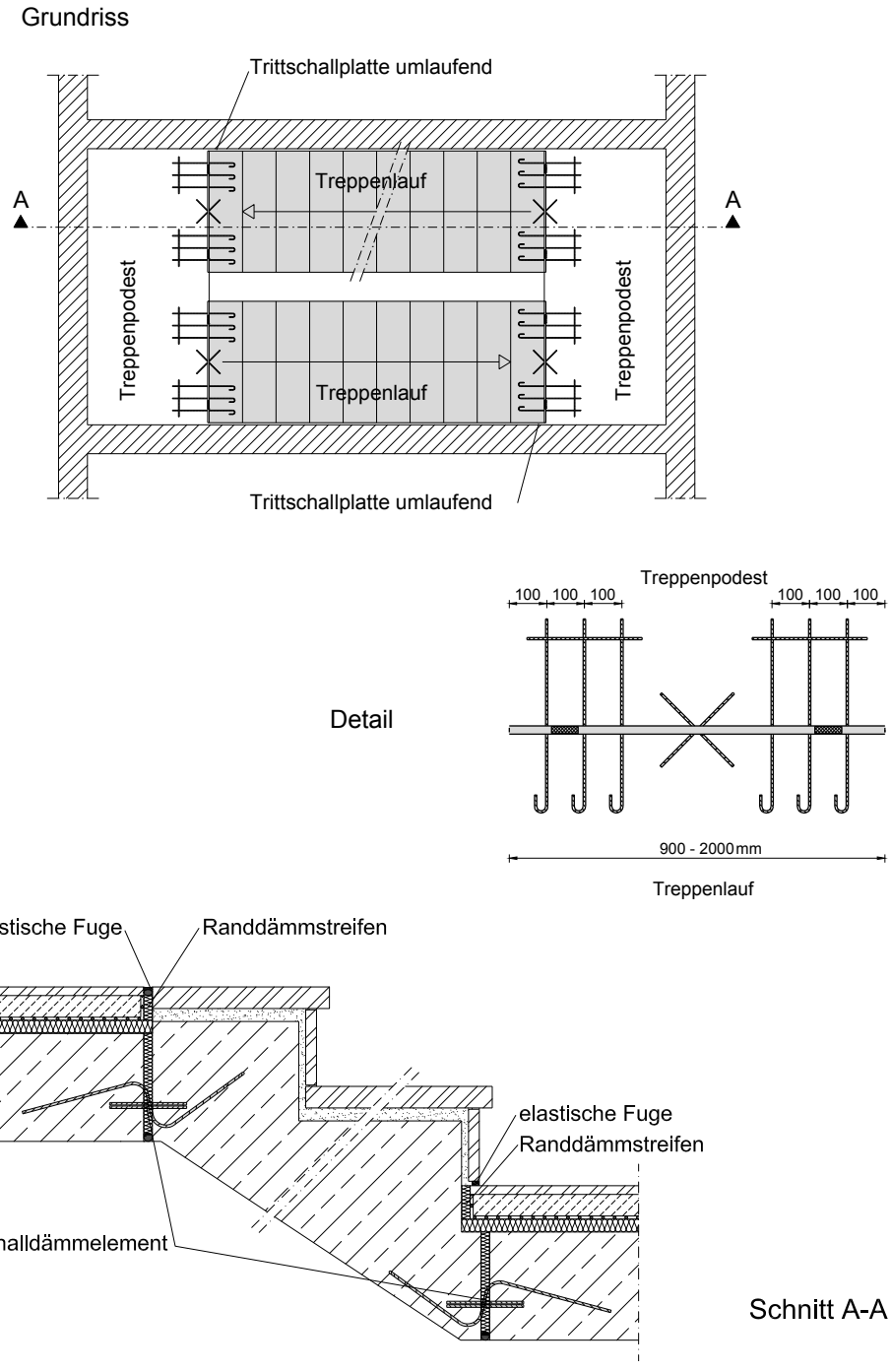
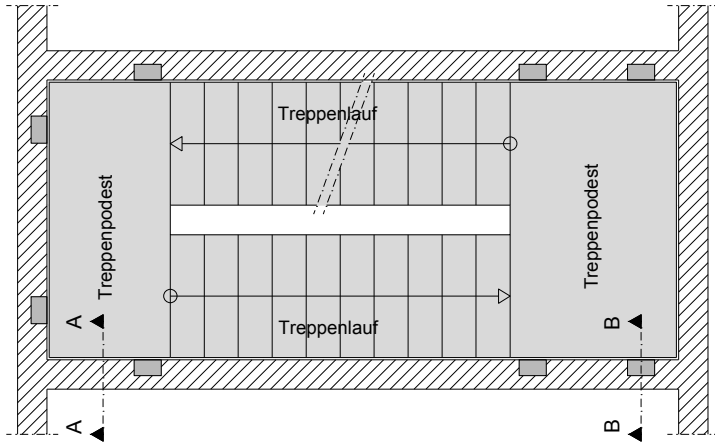
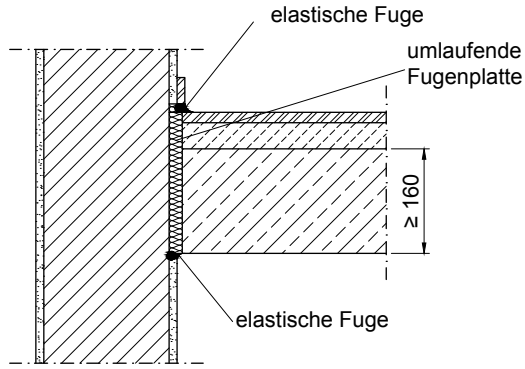


Bild 10.4.1-9 Grundriss, Schnitt und Schalldämmelement-Detail einer schalltechnisch getrennten Treppenkonstruktion mit einem Ortbeton-Podest mit schwimmendem Estrich und einem von den Treppenhauswänden getrennten Treppenlauf nach [67]

Grundriss



Schnitt A-A



Schnitt B-B

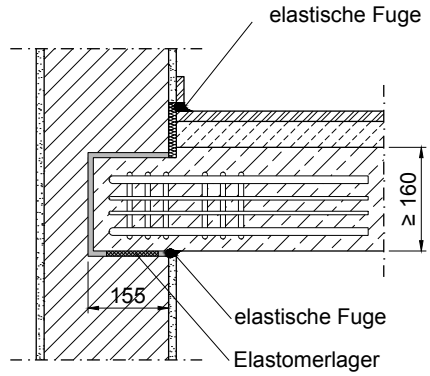


Bild 10.4.1-10 Drundriss und Schnitte einer Treppenanlage mit umlaufenden Fugenplatten zur Schallentkopplung zwischen Treppenlauf, Podesten und Wand, durchdrungen von einzelnen Befestigungselementen für die punktweise Auflagerung mit Stahlbeton, die in die Treppenraumwände eingebaut werden nach [67]

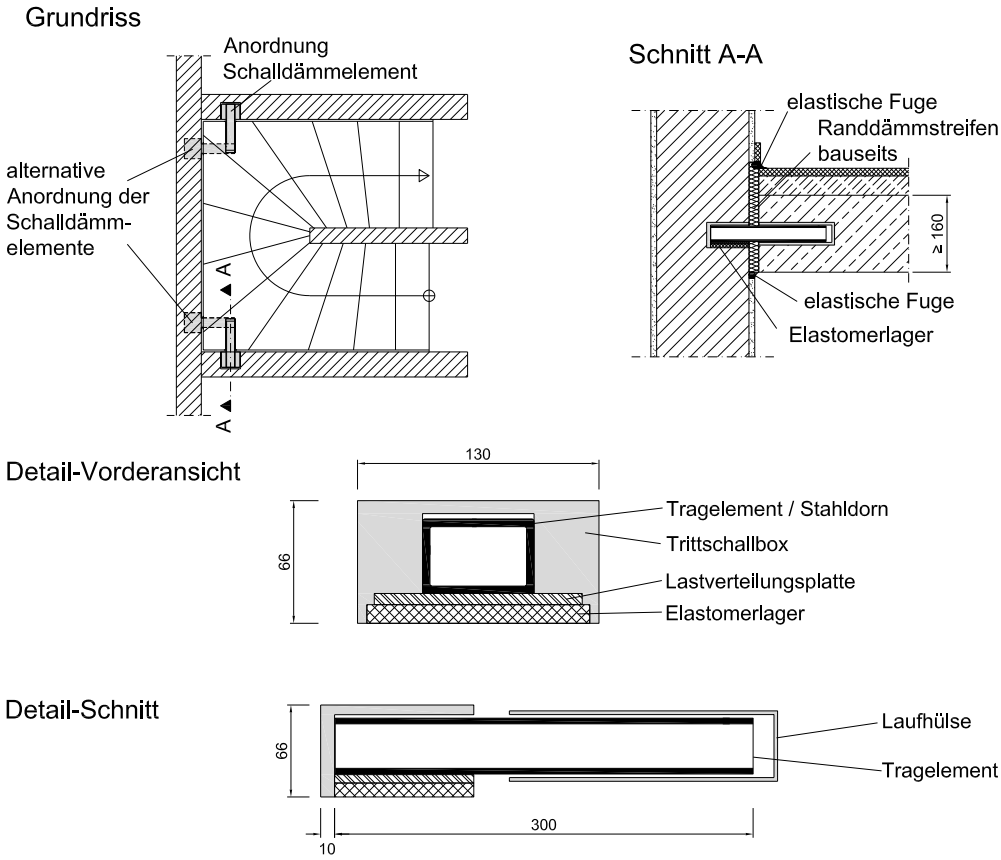


Bild 10.4.1-11 Grundriss, Schnitt und Schalldämmelement-Details eines schalltechnisch getrennten Treppenlaufs mit vorgefertigten Tragelementen für die punktweise Auflagerung mit Stahldorn, die in die Treppenraumwände eingebaut werden nach [67]

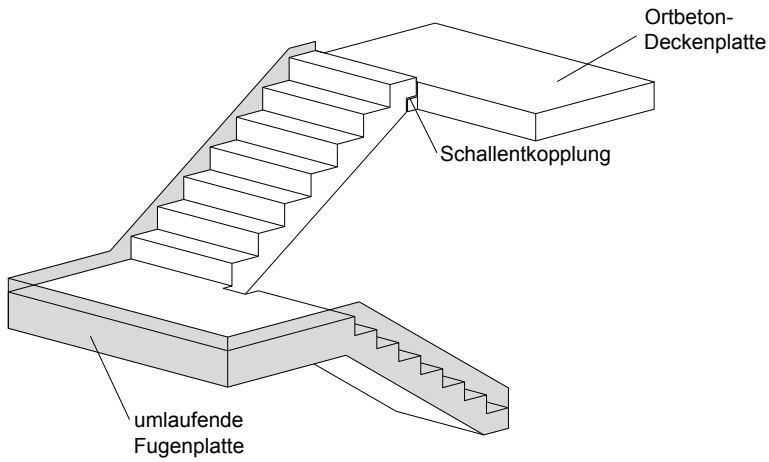
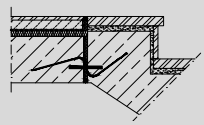
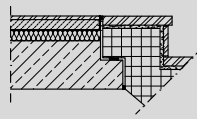
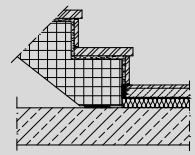
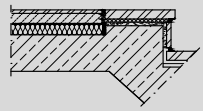
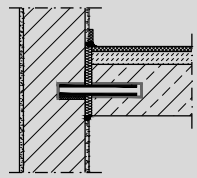
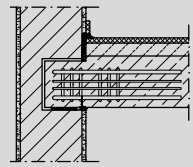
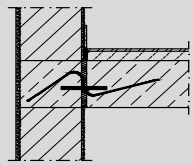


Bild 10.4.1-12 Darstellung einer umlaufenden Fugenplatte zur Schallentkopplung zwischen Treppe und Wand nach [67]

Tabelle 10.4.1-2 Anhaltswerte für erreichbare Trittschallminderungen von Elementen und Konstruktionsweisen nach [64] bis [67]

	1	2	3	4	5
1	Ausbildung von Treppen mit eingebauten Trittschallsystemen	Skizze	Trittschall-minderung $\Delta L_w{}^{*}$ [1)] in dB	Roh-Treppen-konstruktion nach DIN 4109 $L_{n,w,eq,R}$ in dB	erreichbare Trittschall-dämmung im Gebäude $L'_{n,w,R}$ in dB
2	Treppenlauf (abgesetzt von biegesteifer Treppenraumwand)				
3	trittschalltechnische Trennung zwischen Treppenlauf und Podest mit Fugenplatte und durchlaufender Bewehrung		12 - 16	58	≤ 46
4	elastische L- oder Z-förmige Auflagerplatten "oben" zwischen Treppenlauf und Podest		ca. 28	58	≤ 30
5	elastische Auflagerplatten "unten" für Treppenläufe auf den Boden		ca. 20	58	≤ 38
6	elastische Lagerung der Steinbeläge (Treppenlauf fest verbunden mit Treppenraumwand)		ca. 15	61	≤ 46
7	vorgefertigte Tragelemente, die in die Treppenraumwände eingebaut werden, für die punktweise Auflagerung des Treppenlaufs mit Stahldorn		27 - 29	66	≤ 39
8	Treppenpodest				
9	vorgefertigte Tragelemente, die in die Treppenraumwände eingebaut werden, für die punktweise Auflagerung mit Stahlbeton		23 - 26	66	≤ 43
10	trittschalltechnische Trennung zwischen Treppenpodest und Wand mit Fugenplatte und durchlaufender Bewehrung		ca. 17	66	≤ 49

[1)] bezieht sich auf starre Treppenkonstruktionen: $\Delta L_w{}^{*} = L_{n,w\ (starr)} - L_{n,w\ (mit\ Trittschallsystem)}$

10.5 Dächer

10.5.1 Luftschalldämmung von massiven Dächern

Geneigte Dächer und Flachdächer werden auch als massive Dachkonstruktionen ausgeführt. Sie bestehen aus einschaligen oder mehrschaligen massiven Dachplatten aus Beton, Leichtbeton, Porenbeton oder Ziegel, die zur Erfüllung der bauphysikalischen Anforderungen mit zusätzlichen Schichten (Dachdeckung, Abdichtungen, Unterspannbahnen, Ausgleichsschichten, Zusatzdämmung usw.) versehen werden.

Für die Schalldämmung der einschaligen Konstruktion (tragende Dachdecke) gelten die Angaben in 10.1.1 „einschalige massive Wände“ sinngemäß.

Bei Flachdächern sind bei Bedarf die zusätzlichen Schichten auf der Oberseite zu berücksichtigen, wobei es von der Schichtenfolge abhängt, ob Ausgleichsschichten, Schüttungen etc. die flächenbezogene Masse der tragenden Dachdecke erhöhen oder zusammen mit wärmedämmenden Schichten wie eine Vorsatzkonstruktion wirken. Die Dachdeckung kann bei der resultierenden Luftschalldämmung in Ansatz gebracht werden, wenn eine fugendichte Abdeckung gewählt wird. Zusätzliche Schichten (z. B. Ausgleichsschichten, Kiesschüttungen) können die flächenbezogene Masse der tragenden Dachdecke erhöhen, wenn sie unmittelbar auf dieser aufgebracht sind. In diesem Fall ist die gesamte flächenbezogene Masse aus der Summe der flächenbezogenen Massen der tragenden Dachdecke und der unmittelbar aufgebrachten Schicht zu bilden.

Mehrschalige massive Dachelemente (Verbundkonstruktionen) können wie einschalige Konstruktionen behandelt werden, wenn nachgewiesen wird, dass die Steifigkeit der einzelnen verwendeten Schichten so hoch ist, dass die tiefste Resonanzfrequenz des entstehenden Feder-Masse-Systems oberhalb des bauakustischen Frequenzbereichs liegt ($\rightarrow f_0 > 3150$ Hz). Dies kann für ein dreischichtiges Element mit der Formel 10.1.1-1 überprüft werden.

Anderenfalls sind sie wie resonanzbehaftete mehrschalige Elemente zu behandeln.

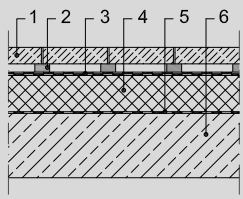
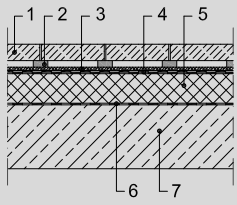
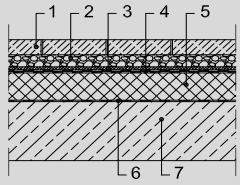
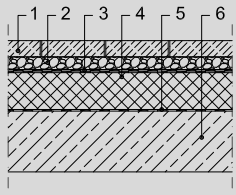
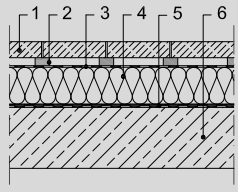
Zusatzschichten (z.B. wärmedämmende Verkleidungen auf der Innenseite mit aufgebrachten Abdeckungen (Putz, Bauplatten) oder außenseitige Wärmedämmungen mit Abdeckungen) sind nicht in der Grundkonstruktion enthalten, sondern sind als zusätzliche Vorsatzkonstruktionen durch ihre bewertete Luftschallminderung ΔR_w nach DIN 4109-34 zu berücksichtigen.

Befinden sich Einbauten (Dachflächenfenster, Lichtkuppeln usw.) in der Dachfläche, ist die resultierende Schalldämmung aus der Schalldämmung der Teilflächen zu bestimmen.

10.5.2 Trittschalldämmung von Terrassenaufbauten

Penthousewohnungen und Terrassenhäuser gehören zur allgemeinen Bauweise. Daher ist es notwendig, die aus diesen Bauweisen folgenden Terrassenaufbauten über Wohnräumen auch schalltechnisch (Trittschall) unter besonderer Berücksichtigung des Wärme- und Feuchteschutzes zu beurteilen. Dazu gibt es nur wenige Untersuchungen, in Tabelle 10.5.2-1 sind einige Ausführungsbeispiele aufgeführt. Je nach Dicke der Betondecke sind trittschalldämmende Maßnahmen, wie z.B. weichfedernde Dämmschichten oder elastische Bautenschutzmatten erforderlich. Bei auskragenden Balkonen ist die Trittschallübertragung nur in diagonal darunter angrenzende Wohn- und Arbeitsräume zu beachten. Oft können thermische Trennelemente (nur mit durchlaufender Bewehrung), die ursprünglich für den Wärmeschutz entwickelt worden sind, auch schalltechnisch wirksam eingesetzt werden.

Tabelle 10.5.2-1 Anhaltswerte für dieTrittschallminderung (Trittschallverbesserungsmaße) von Terrassendachaufbauten auf Massivdecken nach [68]

	1	2	3
1	Deckenausbildung		Trittschall-minderung ΔL_w in dB
2	Vertikalschnitt	Beschreibung	
3		① 50 mm Beton-Gehweg-Platten ② 25 mm Kunststoff-Terrassenlager ③ 2 Lagen Bitumenabdichtung ④ ≥ 60 mm Polystyrol-Hartschaumplatten ⑤ Dampfsperre ⑥ 200 mm Stahlbetondecke	19
4		① 50 mm Beton-Gehweg-Platten ② 25 mm Kunststoff-Terrassenlager ③ 8 mm Gummischnitzelplatte ④ 2 Lagen Bitumenabdichtung ⑤ ≥ 60 mm Polyurethan-Hartschaumplatten ⑥ Dampfsperre ⑦ 200 mm Stahlbetondecke	29
5		① 50 mm Beton-Gehweg-Platten ② 20 mm Feinkies (Körnung 3/6) ③ 8 mm Gummischnitzelplatte ④ 2 Lagen Bitumenabdichtung ⑤ ≥ 60 mm Polyurethan-Hartschaumplatten ⑥ Dampfsperre ⑦ 200 mm Stahlbetondecke	23
6		① 50 mm Beton-Gehweg-Platten ② 20 mm Feinkies (Körnung 3/6) ③ 5 mm Gummischnitzelplatte ④ ≥ 60 mm extrudierte PS-Hartschaumplatten ⑤ 2 Lagen Bitumenabdichtung ⑥ 200 mm Stahlbetondecke	21
7		① 50 mm Beton-Gehweg-Platten ② 25 mm Kunststoff-Terrassenlager ③ 2 Lagen Bitumenabdichtung ④ ≥ 60 mm Mineralwolle-Dämmplatten ⑤ Dampfsperre ⑥ 200 mm Stahlbetondecke	34

10.6 Stoßstellen massiver Bauteile

10.6.1 Allgemeines

Als Stoßstellen werden solche Bereiche im Ausbreitungsweg des Körperschalls bezeichnet, bei denen es auf Grund von Änderungen im Ausbreitungsweg zur Reflexion von Körperschall und damit zu einer Verminderung der Schallübertragung kommt, z.B.

- Materialwechsel (dazu gehören auch elastische Zwischenschichten),
- Querschnittsänderungen,
- Bauteilverbindungen.

10.6.2 Stoßstellen nach DIN 4109-32

Im Rahmen üblicher Bausituationen werden in der Regel Stoßstellen an Bauteilverbindungen berücksichtigt (siehe Tabelle 10.6.2-1). Diese treten auf als T-Stoß, Kreuzstoß oder L-Stoß (Eckverbindung). Dabei wird bei der Berechnung der Stoßstellendämmung davon ausgegangen, dass die Fortsetzung des Bauteils nach der Stoßstelle die gleiche flächenbezogene Masse aufweist.

Für die üblichen Arten von Stoßstellen im Massivbau werden in DIN 4109-32 empirische Angaben über das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse der mit der Stoßstelle verbundenen Bauteile gemacht. Die Angaben stehen jedoch nur für Stoßstellen zur Verfügung, an denen die Fortsetzung des Bauteils jenseits der Stoßstelle dieselbe flächenbezogene Masse hat. Die Beziehungen für K_{ij} werden in Abhängigkeit von der Größe M angegeben.

Für die Anwendung im Leichtbau (Stahlleicht- und Holzbau) spielen nach DIN 4109-32 die Stoßstellendämm-Maße im Allgemeinen keine Rolle:

> "Hat in diesem Fall ein flankierendes Bauteil kaum oder gar keine bauliche Verbindung mit dem trennenden Bauteil, so ist nur K_{Ff} von Belang. In diesem Fall können für K_{Fd} und K_{Df} hohe Werte eingesetzt werden, um diese Übertragungswege vernachlässigbar zu machen."

Die Übertragung ist im Allgemeinen nur geringfügig von der Frequenz abhängig, zumindest im Frequenzbereich zwischen 125 Hz und 2000 Hz; außerhalb dieses Bereiches kann der Frequenzeinfluss größer sein, besonders bei Leichtbauteilen.

$$M = \lg\left(\frac{m'_{\perp i}}{m'_i}\right) \qquad (10.6.2\text{-}1)$$

Darin sind:

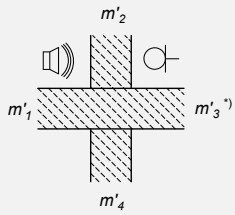
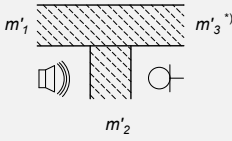
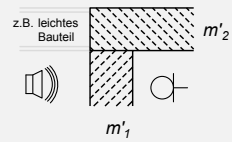
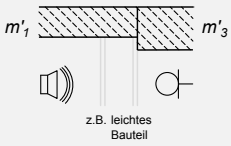
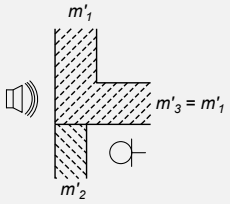
M Hilfsgröße zur Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes

m'_i flächenbezogene Masse des Bauteils i im Übertragungsweg ij in kg/m²

$m'_{\perp i}$ flächenbezogene Masse des anderen die Stoßstelle bildenden Bauteiles senkrecht dazu in kg/m²

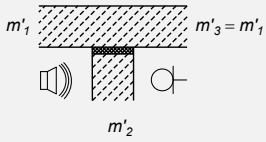
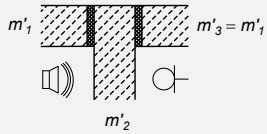
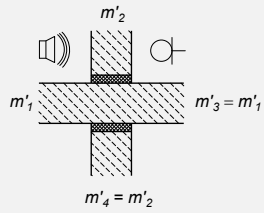
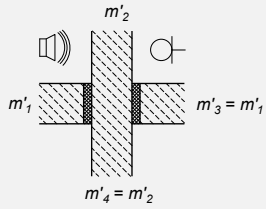
In der folgenden Tabelle sind die Stoßstellendämm-Maße ausgewählter Stoßstellen nach DIN 4109-32 zusammengestellt.

Tabelle 10.6.2-1 Stoßstellendämm-Maße K_{ij} nach DIN 4109-32 (Auszug)

	1	2	3	4
1	Situation	R_{ij}	K_{ij}	Stoßstellendämm-Maß K_{ij} in dB
2	**Biegesteife Verbindung massiver homogener Bauteile**			
3	**Kreuzstoß** 	R_{Ff}		$K_{13} = 8{,}7 + 17{,}1 \cdot M + 5{,}7 \cdot M^2$ für $M < 0{,}182$ $K_{13} = 9{,}6 + 11{,}0 \cdot M$ für $M \geq 0{,}182$
		R_{Fd}		$K_{12} = 5{,}7 + 15{,}4 \cdot M^2$
		R_{Df}		$K_{23} = K_{12}$
4	**T-Stoß** 	R_{Ff}		$K_{13} = 5{,}7 + 14{,}1 \cdot M + 5{,}7 \cdot M^2$ für $M < 0{,}215$ $K_{13} = 8{,}0 + 6{,}8 \cdot M$ für $M \geq 0{,}215$
		R_{Fd}		$K_{12} = 4{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2$
		R_{Df}		$K_{23} = K_{12}$
5	*) Vorgehen bei unterschiedlicher flächenbezogener (Flanken-)Masse vor und nach der Stoßstelle			$m'_1 \neq m'_3$: $m'_{13} = 0{,}5 \cdot (m'_1 + m'_3)$
6	**Eck-Stoß** 	R_{Ff}		$K_{12} = 2{,}7 + 2{,}7 \cdot M^2$
7	**Dickenwechsel** 	R_{Ff}		$K_{13} = 5{,}0 \cdot M^2 - 5$ dB
8	**abknickender T-Stoß** 	R_{Ff}		$K_{13} = 5{,}7 + 14{,}1 \cdot M + 5{,}7 \cdot M^2 + 3$ dB für $M < 0{,}215$ $K_{13} = 8{,}0 + 6{,}8 \cdot M + 3$ dB für $M \geq 0{,}215$
		R_{Fd}		$K_{12} = 4{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2 - 3$ dB
		R_{Df}		$K_{23} = 4{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2$

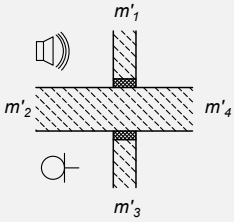
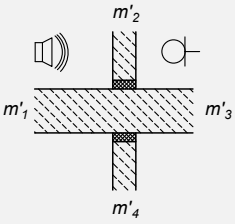
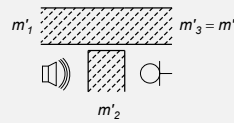
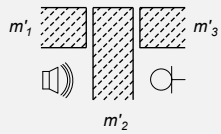
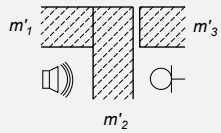
(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 10.6.2-1 Stoßstellendämm-Maße K_{ij} nach DIN 4109-32 (Auszug) (Fortsetzung)

	1	2	3	4
1	Situation	R_{ij}	K_{ij}	Stoßstellendämm-Maß K_{ij} in dB
9	**über Zwischenschichten entkoppelte Stoßstellen massiver Bauteile**			
10	**T-Stoß**  	R_{Ff}		$K_{13} = 3{,}7 + 14{,}1 \cdot M + 5{,}7 \cdot M^2$ für $-4 \le K_{13} \le 0$
		R_{Fd}		$K_{12} = 5{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2 + \Delta K_{ij}$
		R_{Df}		$K_{23} = K_{12} = 5{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2 + \Delta K_{ij}$
11	**T-Stoß**  	R_{Ff}		$K_{13} = 5{,}7 + 14{,}1 \cdot M + 5{,}7 \cdot M^2 + 2 \cdot \Delta K_{ij}$
		R_{Fd}		$K_{12} = 5{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2 + \Delta K_{ij}$
		R_{Df}		$K_{23} = K_{12} = 5{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2 + \Delta K_{ij}$
12	**Kreuzstoß**  	R_{Ff}		$K_{13} = 3{,}7 + 14{,}1 \cdot M + 5{,}7 \cdot M^2$ für $-4 \le K_{13} \le 0$
		R_{Fd}		$K_{12} = 5{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2 + \Delta K_{ij}$
		R_{Df}		$K_{23} = K_{12} = 5{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2 + \Delta K_{ij}$
13	**Kreuzstoß**  	R_{Ff}		$K_{13} = 5{,}7 + 14{,}1 \cdot M + 5{,}7 \cdot M^2 + 2 \cdot \Delta K_{ij}$
		R_{Fd}		$K_{12} = 5{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2 + \Delta K_{ij}$
		R_{Df}		$K_{23} = K_{12} = 5{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2 + \Delta K_{ij}$
14	**Stoßstellenkorrekturwert bei elastischen Zwischenschichten**			$\Delta K_{ij} = 36 - 15 \cdot \lg (E/s)$ mit: E E-Modul in MN/m² s Dicke der Zwischenschicht in m

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 10.6.2-1 Stoßstellendämm-Maße K_{ij} nach DIN 4109-32 (Auszug) (Fortsetzung)

	1	2	3	4
1	Situation	R_{ij}	K_{ij}	Stoßstellendämm-Maß K_{ij} in dB
15	**entkoppelte Wände aus Gips-Wandbauplatten** (m' = 90 kg/m^2, umlaufend entkoppelt durch Kork oder PE-Schwerschaum)			
16	**Kreuzstoß vertikal** 	R_{Ff}		$K_{13} = 9{,}6 + 11{,}0 \cdot M + 15$ dB (für $M \geq 0{,}182$)
		R_{Fd}		$K_{12} = 5{,}7 + 15{,}4 \cdot M^2 + 5$ dB
		R_{Df}		$K_{23} = K_{12} = 5{,}7 + 15{,}4 \cdot M^2 + 5$ dB
17	**Kreuzstoß horizontal** 	R_{Ff}		$K_{13} = 8{,}7 + 17{,}1 \cdot M + 5{,}7 \cdot M^2 + 12$ dB (für $M < 0{,}182$)
		R_{Fd}		$K_{12} = 5{,}7 + 15{,}4 \cdot M^2 + 2$ dB
		R_{Df}		$K_{23} = K_{12} = 5{,}7 + 15{,}4 \cdot M^2 + 2$ dB
18	**vollständig entkoppelte massive Bauteile**			
19	**T-Stoß** 	R_{Ff}		$K_{13} = K_{13,min}$ (→ Formel 10.6.2-2)
		R_{Fd}		$K_{12} = K_{ij,max} = K_{ij} + 20$ dB
		R_{Df}		$K_{23} = K_{12}$
20	**T-Stoß** 	R_{Ff}		$K_{13} = K_{12} = K_{23} = K_{ij,max} = K_{ij} + 20$ dB
		R_{Fd}		
		R_{Df}		
21	**T-Stoß** 	R_{Ff}		$K_{13} = K_{ij,max} = K_{ij} + 20$ dB
		R_{Fd}		$K_{12} = 2{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2$
		R_{Df}		$K_{23} = K_{ij,max} = K_{ij} + 20$ dB
22				mit $K_{ij} = K_{ij,biegesteife\ Verbindung\ (s.o.)}$

Wenn das berechnete oder aus Prüfberichten entnommene Stoßstellendämm-Maß K_{ij} kleiner als ein Mindestwert $K_{ij,min}$ ist, so ist dieser Mindestwert zu nehmen. Dieser wird ermittelt durch:

$$K_{ij,min} = 10 \cdot \lg\left[\ell_f \cdot \ell_0 \cdot \left(\frac{1}{S_i} + \frac{1}{S_j} \right) \right] \tag{10.6.2-2}$$

Darin sind:

$K_{ij,min}$ Mindestwert des Stoßstellendämm-Maßes in dB

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

l_0 Bezugskopplungslänge; $l_0 = 1$ m

S_i Fläche des angeregten Bauteils im Senderaum in m²

S_j Fläche des abstrahlenden Bauteils im Empfangsraum in m²

Stoßstellen bei Ziegelmauerwerk aus Lochsteinen

Für Lochsteinmauerwerk ist das Stoßstellendämm-Maß für den Weg 1-3 bei Einbindung oder stumpfem Stoß gegenüber dem Stoßstellendämm-Maß für massives Mauerwerk um ΔK_{ij} zu mindern. Für Stoßstellen mit biegesteifer Verbindung für Ziegelmauerwerk aus Lochsteinen, d.h. durchlaufende, nicht unterbrochenen Flanken, kann dieser Stoßstellenkorrekturwert berechnet werden. Alle Anschlüsse an Wänden und Decken sind hohlraumfrei und möglichst biegesteif (satt vermörtelt) auszuführen.

$$K_{13,Lochstein} = K_{13} - \Delta K_{ij} \tag{10.6.2-3}$$

$$\Delta K_{ij} = \frac{\Delta R_{w,L}}{2} \tag{10.6.2-4}$$

$$\Delta R_{w,L} = R_{w,R}(m') - R_{w,L} = 30{,}9 \cdot \lg(m'_{ges}) - 22{,}2 - R_{w,L} \tag{10.6.2-5}$$

Darin sind:

$K_{13,Lochstein}$ Stoßstellendämm-Maß für Lochsteinmauerwerk in dB

K_{13} Stoßstellendämm-Maß für ein gleichschweres massives Mauerwerk in dB

ΔK_{ij} Stoßstellenkorrekturwert für Lochsteine in dB

$\Delta R_{w,L}$ Verminderung der Stoßstellendämmung in dB

$R_{w,R}(m')$ zu erwartende Direktschalldämmung des gleichschweren massiven Mauerwerks in dB

$R_{w,L}$ Direktdämmung des Lochsteinwerks im Prüfstand ermittelt in dB

m'_{ges} flächenbezogene Masse des Bauteils in kg/m²

Da es bei Außenwandflächen aufgrund von eingebauten Fenstern oder Türen zu einer geringeren Fläche ($S_i < 2{,}5$ m²) und damit zu einer verminderten flankierenden Schallübertragung kommt, ist der Übertragungsweg beim Stoß Trennwand-Außenwand die Stoßstellendämmung wie folgt zu berechnen:

$$\Delta K_{ij} = \frac{\Delta R_{w,L}}{2} - 10 \cdot \lg\left(S_0 \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_3} \right) \qquad (10.6.2\text{-}6)$$

Darin sind:

ΔK_{ij} Stoßstellenkorrekturwert für Lochsteine in dB

$\Delta R_{w,L}$ Verminderung der Stoßstellendämmung in dB

S_0 Bezugsfläche S_0 = 1,25 m²

S_1, S_3 Flächen der flankierenden Außenwände in m² (wenn < 2,5 m²)

Die Flächenkorrektur ($10 \cdot \lg[S_0 (1/S_1 + 1/S_3]$) ist nur anzuwenden, wenn der Wert positiv ist.

Hinweis: Nach H.M. Fischer und M. Schneider [69] ist in der DIN 4109-32 im Abschnitt 5.2.4.2.2 in Gl. 42 ein Fehler: Die Flächenkorrektur ($10 \cdot \lg[S_0 (1/S_1 + 1/S_3]$) ist zu subtrahieren und nicht zu addieren.

Bei monolithischer Bauweise wird zwar der Schallschutz mit zunehmender Einbindetiefe der Trennwand in das flankierende Bauteil verbessert, jedoch wird auch mit zunehmender Einbindetiefe z.B. einer schweren Wohnungstrennwand die Wärmedämmung der flankierenden hochwärmedämmenden Außenwand im Knotenbereich verringert. Die Wärmedämmung kann an der Stirnseite angebracht oder direkt in die äußere Hohlkammer des Füllziegels integriert werden. Bei einer Schlitzeinbindung würde eine solche Maßnahme die Schalldämmung in der Stoßstelle K_{ij} deutlich verschlechtern und ist daher zu vermeiden. Der Anschluss einer schweren Wohnungstrennwand an eine leichte Außenwandflanke in Form eines Stumpfstoßes sollte vermieden werden, da die Mindestanforderungen an den Schallschutz zwischen zwei schutzbedürftigen Räumen in dieser Ausführung nicht gewährleistet werden können.

Entwicklungen im Bereich der Ziegel mit neuen konstruktiven Anschlusslösungen müssen weiterhin detailliert betrachtet werden. Inzwischen sind messtechnisch ermittelte Stoßstellendämm-Maße von der Herstellern veröffentlicht und in ihren Bauakustik-Berechnungsprogrammen hinterlegt.

Geometrie

Bei horizontal oder vertikal versetzten Räumen wird die Fortsetzung desjenigen trennenden Bauteils als Flankenbauteil behandelt, dessen flankierende Übertragung in diesen Fällen häufig dominiert, Beispiele zeigt Bild 10.6.2-1.

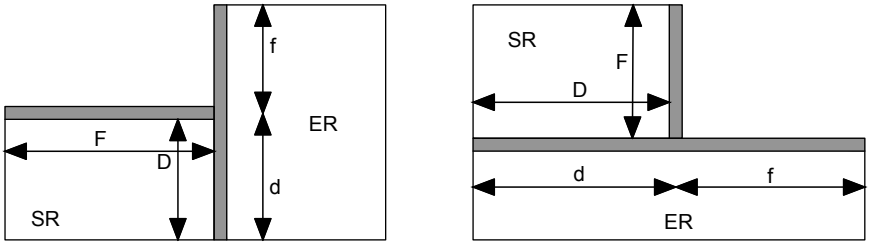


Bild 10.6.2-1 Bestimmung der Bauteile (D, d, F, f) in versetzten Räumen in Grundriss (links) und Schnitt (rechts); SR = Senderaum; ER = Empfangsraum

Bei trennenden oder flankierenden Wänden, die abgewinkelt sind (Bild 10.6.2-2), 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.

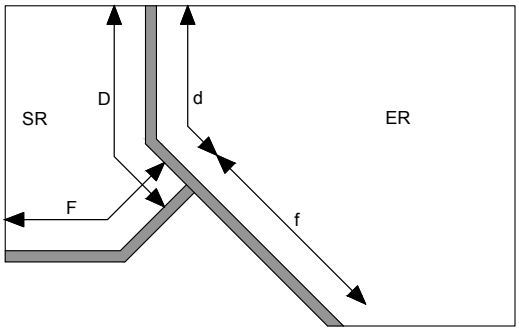


Bild 10.6.2-2 Bestimmung der Bauteile (D, d, F, f) in Räumen mit abgewinkelten trennenden und flankierenden Bauteilen (Grundriss); SR = Senderaum; ER = Empfangsraum

Bei Räumen mit relativ kleinem Versatz der flankierenden Bauteile ($\ell < 0{,}50$ m) entspricht das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} in etwa dem Wert, der auch ohne Versatz für einen Kreuzstoß zu erwarten ist; für einen Versatz $\ell \geq 0{,}5$ m kann von einem T-Stoß ausgegangen werden, vergl. Bild 10.6.2-3.

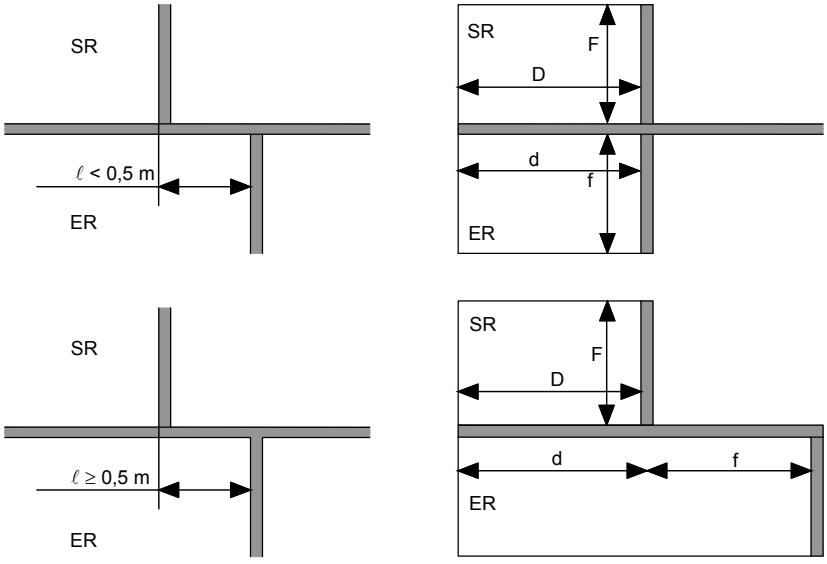


Bild 10.6.2-3 Bestimmung der Bauteile (D, d, F, f) in Räumen mit kleinem bzw. großem Versatz; SR = Senderaum; ER = Empfangsraum

11 Kennwerte und Konstruktionen in Misch- und Leichtbauweise

11.1 Innenwände

11.1.1 Metallständerwände

Bei der Planung und Ausführung von Metallständerwänden sind neben den Bestimmungen des Schallschutzes auch der bauliche Brandschutz und zulässige Wandhöhen unter Berücksichtigung der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit zu beachten. Unter schallschutztechnischen Gesichtspunkten gemäß DIN 4109-33 ist wichtig:

- Die Wände sind dicht auszuführen. Die Anschlussprofile an flankierende Bauteile sind mit Dichtungsmaterial zu hinterlegen;
- im Wandhohlraum sind Dämmstoffe mit entsprechenden längenbezogenen Strömungswiderständen einzulegen. Mit Doppelständerwänden oder Spezialprofilen mit federnder Stegausbildung können gegenüber den Standardprofilen bei ansonsten gleichem Materialeinsatz höhere Schalldämmwerte erzielt werden. Dagegen verringert sich die Schalldämmung bei Aussteifung von Doppelständerkonstruktionen durch Verbindungslaschen;
- mit speziellen Gipsplatten für Schallschutzkonstruktionen (optimiert bezüglich Biegeweichheit und Plattenmasse) oder Gipsfaserplatten nach DIN EN 15283-2 können gegenüber üblichen Gipsplatten höhere Schalldämmwerte erreicht werden;
- Reduzierung des Ständerabstandes (Erhöhung der Wandsteifigkeit) kann zu verminderter Schalldämmung führen;
- gleitende Deckenanschlüsse (erforderlich bei zu erwartenden Deckendurchbiegungen > 10 mm) können zur Reduzierung der Schalldämmung führen (Dichtheit);
- mit einer elastischen Verklebung der Bekleidung mit dem Ständerwerk (anstelle einer Schraubenbefestigung) sowie einer Verklammerung der zweiten Bekleidungsplatte in die erste Bekleidungsplatte ist eine Erhöhung der Schalldämmung möglich.

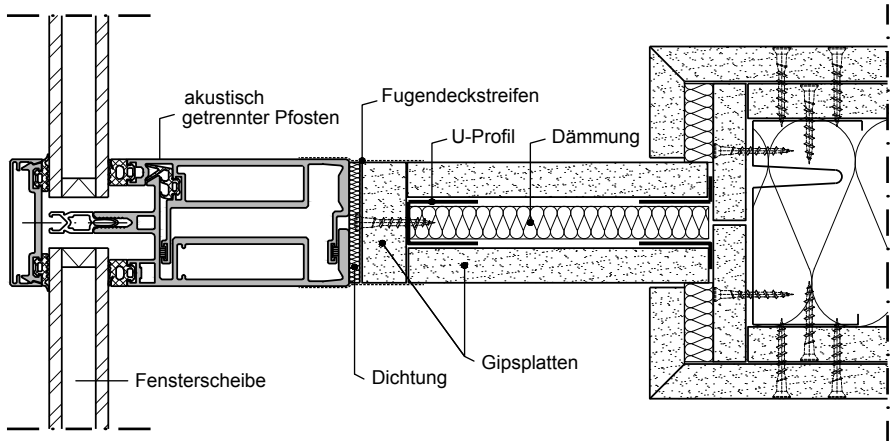


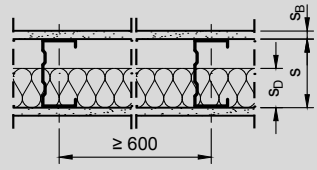
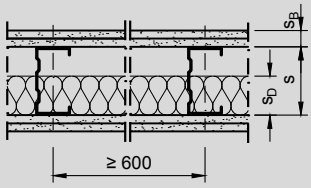
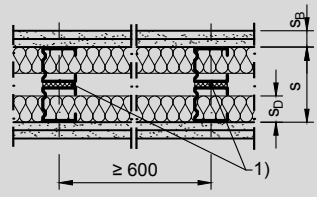
Bild 11.1.1-1 Beispiel für die Ausführung eines Reduzieranschlusses

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020
W. M. Willems et al., *Schallschutz: Bauakustik*, Detailwissen Bauphysik, https://doi.org/10.1007/978-3-658-28454-1_11

Steht in den flankierenden Wänden keine ausreichende Anschlussbreite für die Trennwand zur Verfügung (Beispiel: Fensterfassaden), so sind in der Trennwand Reduzieranschlüsse wie z.B. nach Bild 11.1.1-1 erforderlich. Das bewertete Schalldämm-Maßes ist dann in der Regel gesondert nachzuweisen (Ansatz: Ermittlung des resultierenden Schalldämm-Maßes der aus ungestörtem Wandbereich und Reduzieranschluss sich zusammensetzenden Trennwand).

Direktschalldämmung von Metallständerwänden

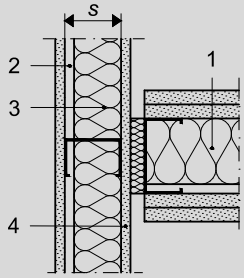
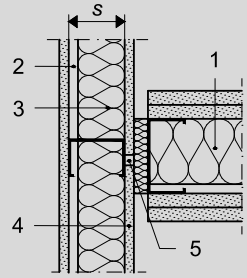
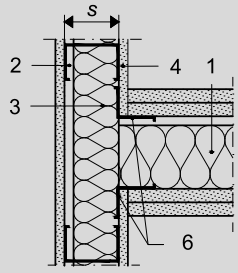
Tabelle 11.1.1-1 Bewertete Schalldämm-Maße nach DIN 4109-33 für Metallständerwände mit Gipsplatten

	1	2	3	4	5	6
1	Wandausbildung - Horizontalschnitt	Konstruktionsdetails				bewertetes Schall-dämm-Maß
		Metall-ständer-profil[2]	Mindest-schalen-abstand s in mm	Be-kleidung[3] s_B in mm	Mindest-dämm-schicht-dicke[4] s_D in mm	R_w in dB
2		CW 50	50	GK 12,5	40	41
3		CW 75	75		60	42
4		CW 100	100		40	43
5					60	44
6					80	45
7		CW 50	50	GK 12,5 + GK 12,5	40	48
8		CW 75	75		40	48
9					60	51
10		CW 100	100		40	49
11					60	51
12					80	52
13		2 x CW 50	105	GK 12,5 + GK 12,5	2 x 40	60
14		2 x CW 100	205		80	61

1) elastischer Abstandshalter mit d = 5 mm
2) CW: C-Wandprofil, Achsabstand ≥ 600 mm
3) GK: Gipsplatten nach DIN 18183-1
4) MW: Mineralwolle oder WF: Holzfaser

Flankenschallpegeldifferenz von Metallständerwänden

Tabelle 11.1.1-2 Bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz von Metallständerwänden mit 12,5 mm dicken Gipsplatten nach DIN 18183-1 bei horizontaler Schallübertragung

	1	2	3	4
1	Wandausbildung - Horizontalschnitt	Flankierende Wand		bewertete Norm-Flankenschall-pegeldifferenz $D_{n,f,w}$ in dB [1] (C ; C_{tr})
		Schalenabstand s in mm	Anzahl der Plattenlagen auf Innenseite	
2		50	1	53 (–5;–5)
3			2	56 (–6;–4)
4		100	1	55 (–6;–5)
5			2	59 (–7;–4)
6		50	1	57 (–4;–9)
7			2	60 (–4;–6)
8		100	1	59 (–3;–9)
9			2	61 (–2;–5)
10		100	1	65 (–2;–7)

Bezeichnungen:
1 Trennwand als Einfach- oder Doppelständerwand mit dichtem Anschluss an die flankierende Wand
2 Flankierende Wand als Einfach- oder Doppelständerwand nach DIN 18183-1 mit 12,5 mm dicken Gipsplatten GK oder Gipsfaserplatten GF
3 Etwa 80%ige Hohlraumfüllung aus Mineralwolle MW oder Holzfaser WF
4 Innenseitige Bekleidung.
5 Durchgehende Fuge an innenseitiger Bekleidung, z. B. Fugenschnitt ≥ 3 mm
6 Inneneckprofil

[1] Die bewerteten Norm-Flankenschallpegeldifferenzen beziehen sich bei Übertragung in horizontaler Richtung auf eine gemeinsame Kantenlänge von 2,8 m, in vertikaler Richtung auf ein von 4,5 m.

Tabelle 11.1.1-3 Flankierende Schallübertragung von Metallständerwänden aus Gipsplatten über trennende Bauteile (Decke oder Wand) nach DIN 4109-33

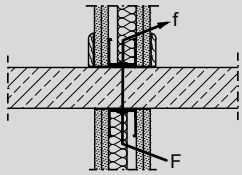
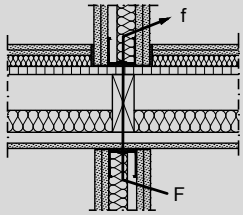
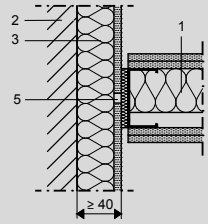
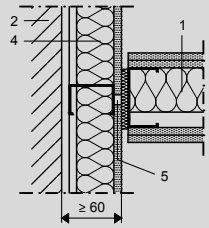
	1	2	3
1	Wandausbildung - Horizontalschnitt	durchlaufendes Trennbauteil	bewertete Norm-Flanken-schallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ in dB
2		massiv $m' \geq 350$ kg/m^2	76
3		Holzbalken- oder Massivholzdecke (vertikal)	67

Tabelle 11.1.1-4 Bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz von biegesteifen Wänden mit durchlaufender biegeweicher Vorsatzschale bei horizontaler Schallübertragung (DIN 4109-33)

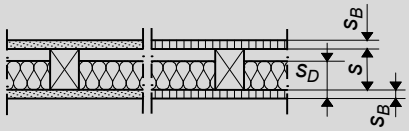
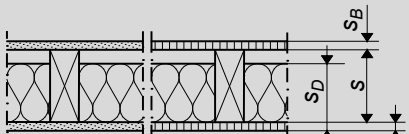
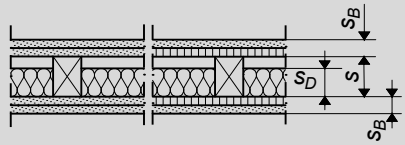
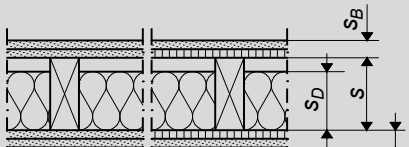
	1	2	3
1	Wandausbildung - Horizontalschnitt	flächenbezogene Masse der Massivwand m' in kg/m^2	bewertete Norm-Flanken-schallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ in dB
2		Angesetzte durchlaufende Vorsatzschale mit Fugenschnitt in der Platte	
3		100	55
4		200	59
5		250	59
6		300	60
7		400	60
8		Freistehende durchlaufende Vorsatzschale mit Fugenschnitt in der Platte	
9		≥ 100	63

1 Trennwand als Einfach-oder Doppelständerwand mit dichtem Anschluss an die Vorsatzschale
2 Massivwand
3 Flankierende biegeweiche Vorsatzschale, z. B. aus Verbundelement aus GK mit $m' \geq 10$ kg/m^2 und mindestens 40 mm MW mit $s' \leq 6$ MN/m^3; mit Fugenschnitt durch Gipsplatte unter Anschluss
4 Flankierende biegeweiche Vorsatzschale freistehend vor Massivwand aus GK-Platten mit Metall-unterkonstruktion, $m'_{GK} \geq 8{,}5$ kg/m^2, durchgehende Fuge an innenseitiger Bekleidung; MW
5 Durchgehende Fugen an innenseitiger Bekleidung der Vorsatzschale, z. B. Fugenschnitt ≥ 3 mm

11.1.2 Holztafelwände

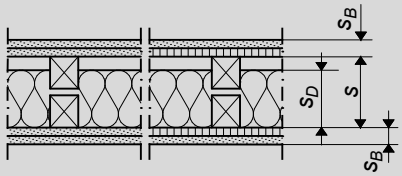
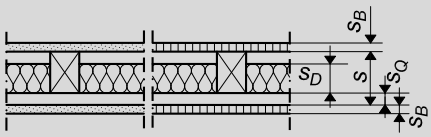
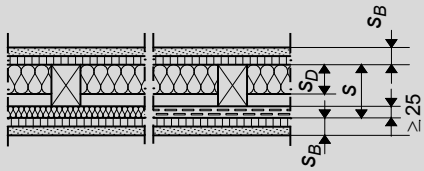
Direktschalldämmung von Innenwänden in Holztafelbauweise

Tabelle 11.1.2-1 Bewertete Schalldämm-Maße für Innenwände in Holztafelbauweise ohne Vorsatzschale nach DIN 4109-33

	1	2	3	4	5	6
1	Wandausbildung - Horizontalschnitt	Konstruktionsdetails				R_w (C; C_{tr})
		Mindest-dämm-schicht-dicke[1)] s_D in mm	Holz-ständer[2)] b/h in mm	Mindest-schalen-abstand s in mm	Be-kleidung[3)] $s_{B,n}$ in mm	in dB
2		40	60/60	40	GK 12,5	38 (−3; −8)
3					GF 12,5	42 (−1; −5)
4					HW 15	34 (−2; −6)
5					SP 13	40
6		120	60/140	120	GK 12,5	41 (−2; −7)
7					GF 12,5	44 (−2; −4)
8					HW 15	36 (−2; −7)
9		40	60/60	40	GK 12,5 + GK 12,5	43 (−1; −5)
10					GF 12,5 + GF 10	47 (−2; −5)
11					GK 9,5 + SP 13	48
12		120	60/140	120	GF 10 + GF 12,5	47 (−2; −6)
13					GF 10 + HW 15	47 (−2; −6)
14					GK 9,5 + HW 15	43 (−2; −8)

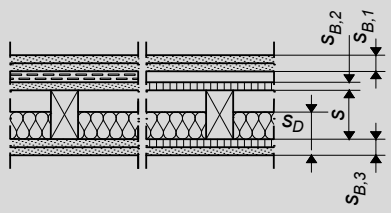
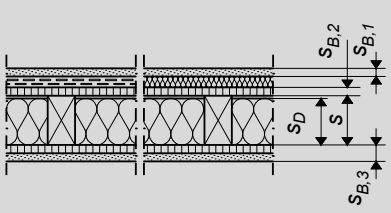
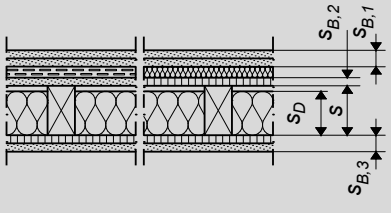
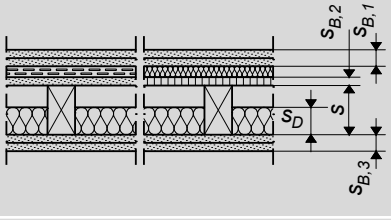
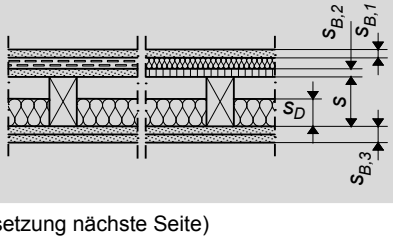
(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 11.1.2-1 Bewertete Schalldämm-Maße für Innenwände in Holztafelbauweise ohne Vorsatzschale nach DIN 4109-33 (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5	6
1	Wandausbildung - Horizontalschnitt	Konstruktionsdetails				
		Mindest-dämm-schicht-dicke[4] s_D in mm	Holz-ständer[2] b/h in mm	Mindest-schalen-abstand s in mm	Be-kleidung[3] $s_{B,n}$ in mm	R_w (C; C_{tr}) in dB
15		140	2 x 60/60[4]	140	GK 12,5 + HW 13	54 (−2; −5)
16					GF 10 + GF 12,5	54 (−2; −5)
17			2 x 60/60[5]		GF 10 + GF 12,5	66 (−3; −7)
18		60	60/80	105 [6]	GK 12,5	43
19					SP 13	45
20		40	80/80	105 [7]	GK 12,5 + SP13	58 (−4; −11)

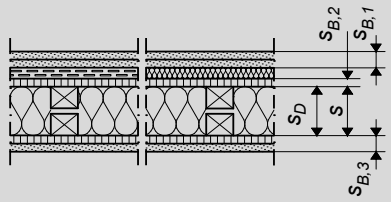
1) MW: Mineralwolle oder
WF: Holzfaser, ein Übermaß des Dämmstoffs ist zu vermeiden
2) Holzständer, Achsabstand ≥ 600 mm; der angegebene Wert für b ist ein Höchstwert, für h ein Mindestwert
3) GF: Gipsfaserplatte
GK: Gipsplatte
HW: Holzwerkstoffplatte, eine Erhöhung der Plattendicke bis 16 mm ist zulässig
SP: Spanplatte, eine Erhöhung der Plattendicke bis 16 mm ist zulässig
4) Rähm durchlaufend
5) Rähm und Schwelle getrennt
6) Querlattung mit $s_Q \geq 22$ mm und mit Achsabstand ≥ 500 mm
7) Federschiene mit Achsabstand ≥ 500 mm

Tabelle 11.1.2-2 Bewertete Schalldämm-Maße für Innenwände in Holztafelbauweise mit Vorsatzschale nach DIN 4109-33

	1	2	3	4	5	6	7
1	Wandausbildung - Horizontalschnitt	Konstruktionsdetails					
		Mindest-dämm-schicht-dicke[1)] s_D in mm	Holz-ständer[2)] b/h in mm	Mindest-schalen-abstand s in mm	Bekleidung[3)] $s_{B,n}$ in mm		R_w (C; C_{tr}) in dB
2		70	60/140	140 [4)]	$s_{B,1}$	GK 12,5 + HW 13	54 (–3;–9)
					$s_{B,2}$	HW 13	
					$s_{B,3}$	HW 13 + GK 12,5	
3		140	60/140	140 [4),5)]	$s_{B,1}$	GK 12,5	56 (–5;–12)
					$s_{B,2}$	HW 13	
					$s_{B,3}$	HW 13 + GK 12,5	
4		120	60/140	140 [4),5)]	$s_{B,1}$	GK 12,5 + HW 13	60 (–5;–12)
					$s_{B,2}$	HW 13	
					$s_{B,3}$	HW 13 + GK 12,5	
5		60	60/100	100 [5),6)]	$s_{B,1}$	GF 10 + GF 10	61 (-4;-11)
					$s_{B,2}$	GF 12,5	
					$s_{B,3}$	GF 12,5 + GF 10	
6		60	60/100	100 [5),6)]	$s_{B,1}$	GF 10	54 (–3;–9)
					$s_{B,2}$	GF 10	
					$s_{B,3}$	GF 12,5 + GF 10	

(Fortsetzung nächste Seite)

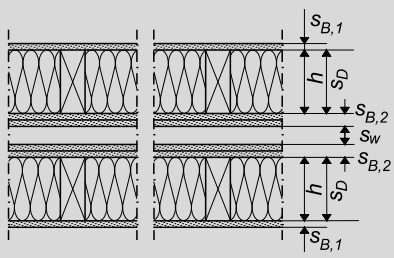
Tabelle 11.1.2-2 Bewertete Schalldämm-Maße für Innenwände in Holztafelbauweise mit Vorsatzschale nach DIN 4109-33 (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5	6	7
1	Wandausbildung - Horizontalschnitt	Konstruktionsdetails					R_w (C; C_{tr})
		Mindestdämmschichtdicke[4] s_D in mm	Holzständer[2] b/h in mm	Mindestschalenabstand s in mm	Bekleidung[3] $s_{B,n}$ in mm		in dB
7		140	Ständer 2 × 60/60 Rähm 140/60	140 [4),5)]	$s_{B,1}$	GK 12,5 + HW 13	60 (-4;-11)
					$s_{B,2}$	HW 13	
					$s_{B,3}$	HW 13 + GK 12,5	

1) MW: Mineralwolle oder
WF: Holzfaser, ein Übermaß des Dämmstoffs ist zu vermeiden
2) Holzständer, Achsabstand ≥ 600 mm; der angegebene Wert für b ist ein Höchstwert, für h ein Mindestwert
3) GF: Gipsfaserplatte; GK: Gipsplatte
HW: Holzwerkstoffplatte, eine Erhöhung der Plattendicke bis 16 mm ist zulässig
SP: Spanplatte, eine Erhöhung der Plattendicke bis 16 mm ist zulässig
4) Federschiene mit Achsabstand 400 mm
5) Hohlraum zwischen den Federschienen gedämmt
6) Federschiene mit Achsabstand 500 mm

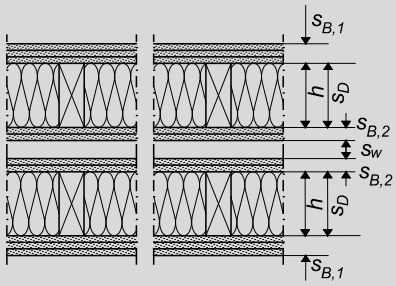
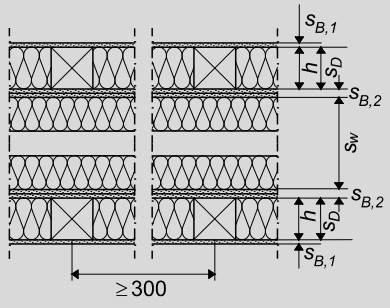
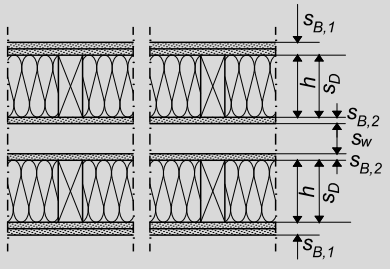
Direktschalldämmung von Gebäudetrennwänden in Holztafelbauweise

Tabelle 11.1.2-3 Bewertete Schalldämm-Maße nach DIN 4109-33 von Gebäudetrennwänden in Holztafelbauweise

	1	2	3	4	5	6	7
1	Wandausbildung - Horizontalschnitt	Konstruktionsdetails					R_w (C; C_{tr})
		Mindestdämmschichtdicke[1] s_D in mm	Holzständer[2] b/h in mm	Mindestwandabstand s_w in mm	Bekleidung[3] $s_{B,n}$ in mm		in dB
2		120	60/120	40	$s_{B,1}$	GKF 12,5	70 (-8;-16)
					$s_{B,2}$	GKF 18 + GKF 18	
3					$s_{B,1}$	GF 12,5	70 (-8;-16)
					$s_{B,2}$	GF 15 + GF 15	

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 11.1.2-3 Bewertete Schalldämm-Maße nach DIN 4109-33 von Gebäudetrennwänden in Holztafelbauweise (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5	6	7
1	Wandausbildung - Horizontalschnitt	Konstruktionsdetails					R_w (C; C_{tr})
		Mindest-dämm-schicht-dicke[1] s_D in mm	Holz-ständer[2] b/h in mm	Mindest-wand-abstand s_w in mm	Bekleidung[3] $s_{B,n}$ in mm		in dB
4		120	60/120	40	$s_{B,1}$	GF 15 + GF 15 + GF 12,5	69 (-1;-4)
					$s_{B,2}$	GF 15 + GF 15	
5		120	60/120	160 mit 2 × 60 MW	$s_{B,1}$	GKF 12,5	66 (-2;-8)
					$s_{B,2}$	GKF 18 + GKF 18	
					$s_{B,1}$	GF 12,5	
					$s_{B,2}$	GF 15 + GF 15	
6		120	60/120	100	$s_{B,1}$	GF 12,5 + GF 12,5	75 (-9;-17)
				35	$s_{B,2}$	ZSP 15 [4]	72 (-6;-14)

[1] MW: Mineralwolle oder
WF: Holzfaser, Übermaß des Dämmstoffs ist zu vermeiden

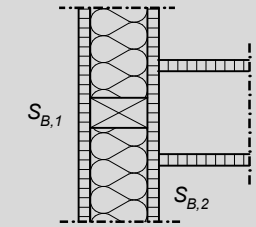
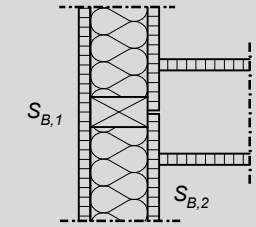
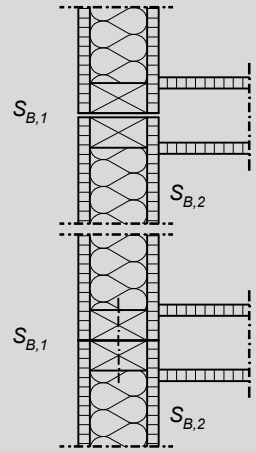
[2] Holzständer, Achsabstand ≥ 600 mm; der angegebene Wert für b ist ein Höchstwert, für h ein Mindestwert

[3] GF: Gipsfaserplatte
GK: Gipsplatte
GKF: Gipsplatte (Feuerschutzplatte)
HW: Holzwerkstoffplatte, eine Erhöhung der Plattendicke bis 16 mm ist zulässig
SP: Spanplatte, eine Erhöhung der Plattendicke bis 16 mm ist zulässig

[4] ZSP: Zementgebundene Spanplatte $m' \geq 1000$ kg/m^3

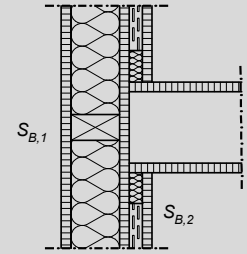
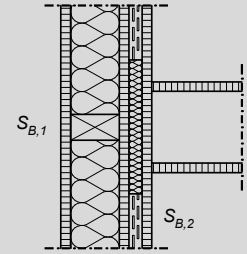
Flankenschallpegeldifferenz von Holztafelwänden

Tabelle 11.1.2-4 Bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz nach DIN 4109-33 von Holztafelwänden ohne Vorsatzschale bei horizontaler Schallübertragung

	1	2	3	4	5	6	7
1	Wandanschluss - Horizontalschnitt	Konstruktionsdetails					$D_{n,f,w}$ [4] (C; C_{tr})
		Mindest-dämm-schicht-dicke [1]	Holz-ständer [2]	Mindest-schalen-abstand	Bekleidung [3]		
		s_D in mm	b/h in mm	s in mm	$s_{B,n}$ in mm		in dB
2		160	60/160	160	$s_{B,1}$	MDF 15	53 (-1;-2)
					$s_{B,2}$	HW 13	
3		160	60/160	160	$s_{B,1}$	MDF 15	58 (-1;-5)
					$s_{B,2}$	HW 13	
4		160	60/160 [7]	80	$s_{B,1}$	MDF 15	68 (-6;-13)
5			60/160 [8]				61 (−1;−3)
6			60/160 [9]		$s_{B,2}$	HW 13	60 (−1;−5)

[1] MW: Mineralwolle oder WF: Holzfaser, Übermaß des Dämmstoffs ist zu vermeiden
[2] Holzständer, Achsabstand ≥ 600 mm; b ist ein Höchstwert, h ein Mindestwert
[3] Holzwerkstoffplatte HW, OSB-Verlegeplatte oder Spanplatte SP, Mitteldichte Faserplatte MDF
[4] Für Trennwände nach Tabellen 11.1.1-1, 11.1.2-1 und 11.1.2-2
[5] Raumseitige Bekleidung ($s_{B,2}$), durchlaufend
[6] Raumseitige Bekleidung ($s_{B,2}$), getrennt
[7] Wände vollständig getrennt, keine Überbrückung der Trennfuge durch Schrauben oder Rähm
[8] Wände vollständig getrennt und verschraubt
[9] Getrennte Ständer, durchlaufender Rähm

Tabelle 11.1.2-5 Bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz nach DIN 4109-33 von Holztafelwänden mit Vorsatzschale bei horizontaler Schallübertragung

	1	2	3	4	5	6	7
1	Wandanschluss - Horizontalschnitt	Konstruktionsdetails					
		Mindest-dämm-schicht-dicke[1] s_D in mm	Holz-ständer[2] b/h in mm	Mindest-schalen-abstand s in mm	Bekleidung[3] $s_{B,n}$ in mm		$D_{n,f,w}$[4] (C; C_{tr}) in dB
2	 5)	160	60/160	160	$s_{B,1}$	MDF 15	68 (-2;-8)
					$s_{B,2}$	HW 15 GF 12,5	
3	 6)	160	60/160	160	$s_{B,1}$	MDF 15	50 (-2;-3)
					$s_{B,2}$	HW 15 GF 12,5	

1) MW: Mineralwolle
oder WF: Holzfaser, Übermaß des Dämmstoffs ist zu vermeiden

2) Holzständer, Achsabstand ≥ 600 mm; der angegebene Wert für b ist ein Höchstwert, für h ein Mindestwert

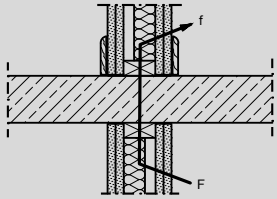
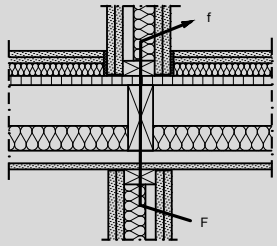
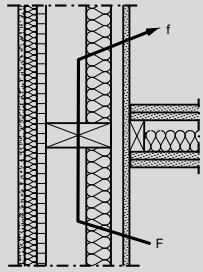
3) GF: Gipsfaserplatte, ρ ≥ 1100 kg/m^3,
HW: Holzwerkstoffplatte, OSB Verlegeplatte oder Spanplatte SP, Plattendicke ≤ 16 mm,
MDF: Mitteldichte Faserplatte

4) Für Trennwände nach Tabellen 11.1.1-1, 11.1.2-1 und 11.1.2-2

5) Vorsatzschale (27 mm auf Federschiene oder Holzlattung mit Dämmung) durch Trennwand unterbrochen, raumseitige Bekleidung ($s_{B,2}$), durchlaufend

6) Vorsatzschale (27 mm auf Federschiene oder Holzlattung mit Dämmung) durchlaufend raumseitige Bekleidung ($s_{B,2}$), durchlaufend

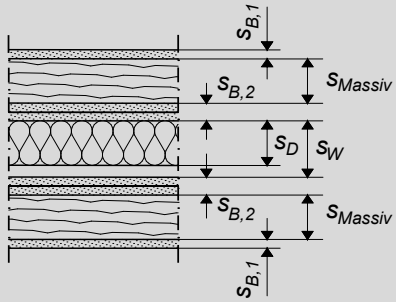
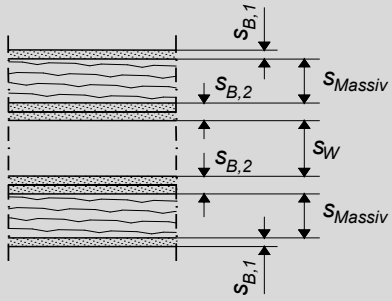
Tabelle 11.1.2-6 Flankierende Schallübertragung von Holztafelwänden über trennende Bauteile (Decke oder Wand) nach DIN 4109-33

	1	2	3
1	Wandausbildung - Horizontalschnitt	durchlaufendes Trennbauteil	bewertete Norm-Flanken-schallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ in dB
2		massiv $m' \geq 350$ kg/m^2	76
3		Holzbalken- oder Massivholzdecke (vertikal)	67
4		Außenwände aus biegeweichen Schalen und Unterkonstruktionen aus Holz (horizontal)	52 oder Tab. 11.1.2-4

11.1.3 Massivholzwände

Direktschalldämmung von Massivholzwänden

Tabelle 11.1.3-1 Bewertete Schalldämm-Maße von mehrschaligen Massivholzkonstruktionen nach DIN 4109-33

	1	2	3	4	5	6	7
1	Wandausbildung - Horizontalschnitt	Konstruktionsdetails					R_w (C; C_{tr})
		Mindest-dämm-schicht-dicke[1] s_D in mm	Massiv-holz-bauteil[2] s_{Massiv} in mm	Mindest-wand-abstand s_W in mm	Bekleidung[3] $s_{B,n}$ in mm		in dB
2		40	80	60	$s_{B,1}$	GF 12,5	74 (−2;−8)
					$s_{B,2}$	GF 15 + GF 15	
3		---	80	100	$s_{B,1}$	GKF 12,5	67 (−1;−6)
					$s_{B,2}$	GF 15 + GF 15	

[1] MW: Mineralwolle
oder WF: Holzfaser, Übermaß des Dämmstoffs ist zu vermeiden

[2] Massivholzelement oder Holzwerkstoffplatte aus Brettsperrholz, Brettstapel oder Brettschichtholz, Mindestdicke 80 mm

[3] GF: Gipsfaserplatte
GK: Gipsplatte
GKF: Gipsplatte (Feuerschutzplatte)

11.2 Außenwände

11.2.1 Vorhangfassaden

Vorhangfassaden sind selbsttragend und übernehmen keine weiteren statischen Lasten. Ihre Unterkonstruktion wird am Tragwerk eines Gebäudes befestigt. Sie besteht üblicherweise aus Aluminium- oder Stahlprofilen und ist mit Glas oder anderen Flächenelementen ausgefacht. Eine Vorhangfassade ist nicht mit einer vorgehängten hinterlüfteten Fassade zu verwechseln.

Typische Bauweisen der Vorhangfassaden nach DIN EN 13830 sind:

- Pfosten-Riegelfassaden mit zusammengefügten Bauteilen zur Aufnahme von Glas, MIG und Paneelen;
- Elementfassaden aus Rahmenprofilen, die werkseitig zu gekoppelten, geschosshohen oder mehrgeschossigen Fassadenelementen einschließlich Ausfachungen vorgefertigt werden;
- Doppelfassaden (zweischalige Vorhangfassade) werden aus zwei Elementen hintereinander gebildet, der „Primärfassade“ als raumseitige Schale und der „Sekundärfassade“ als außenseitige Schale.

Direktschalldämmung von Vorhangfassaden

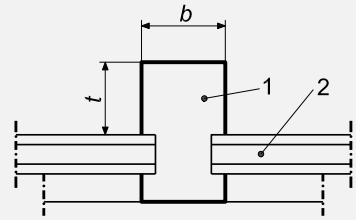
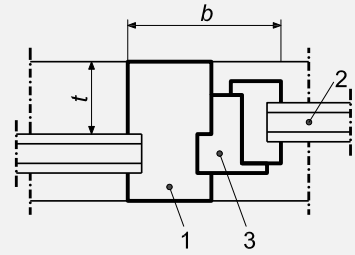
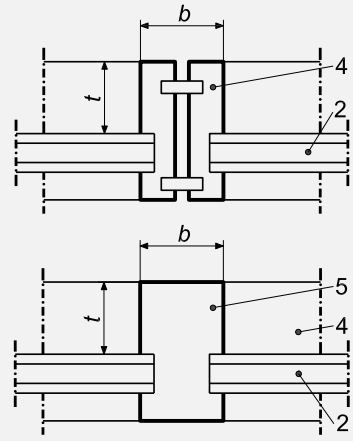
Die Schalldämmung von Vorhangfassaden wird vor allem durch die Schalldämmung der Füllung (Glas oder Paneele) beeinflusst, aber auch durch die Bauart der Vorhangfassade, Art, Werkstoff und Querschnitt der Profile, Aufteilung der Fassade, Ausführung von Einsatzelementen, Format der (Glas-)Füllungen sowie Abdichtungsmaßnahmen.

Werden in einer Fassade unterschiedliche Füllungen verbaut, so muss die Auslegung der Schalldämmung nach der schalltechnisch ungünstigsten Füllung erfolgen.

Der Eingangswert für den erforderlichen rechnerischen Nachweis des Luftschallschutzes nach DIN 4109-35/A1 entspricht dem Wert des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w als Prüfergebnis einer Prüfung nach DIN EN ISO 10140-2.

Für den Fall, dass kein bewertetes Schalldämm Maß deklariert ist oder die Konstruktion erst festgelegt werden sollen, gelten die nachfolgenden Tabellen unter bestimmten Rahmenbedingungen.

Tabelle 11.2.1-1 Kategorien für Fassaden [1)] nach DIN 4109-35/A1 für die Anwendung der Tabellen 11.2.1-2 bis -5

	1	2	3
1	Kategorie	Beschreibung [3),4),5)]	Darstellung
2	**A**	**Pfosten-Riegel-Fassaden** ohne Einsatzelemente Profilquerschnitt: Ansichtsbreite $b \leq 70$ mm Bautiefe $t \leq 200$ mm	
3	**B**	**Pfosten-Riegel-Fassaden** mit Einsatzelementen [2)] Profilquerschnitt: Ansichtsbreite gesamt $b \leq 150$ mm davon Einsatzelement ≤ 100 mm Bautiefe $t \leq 200$ mm	
4	**C**	**Elementfassaden** (Elementrahmen und Mittelpfosten) Profilquerschnitt: Mittlere Ansichtsbreite $b \leq 75$ mm Bautiefe $t \leq 200$ mm	

1 Pfosten
2 Füllung (i.d.R. Verglasung)
3 Einsatzelement
4 Elementrahmen
5 Mittelpfosten

[1)] Die Tabellen gelten für die Rahmenwerkstoffe Aluminium, Holz-Metall und Stahl.

[2)] Bei Einsatzelementen in Pfosten-Riegelfassaden muss die Einbaufuge innen mit einem Dichtstoff oder einem Dichtprofil umlaufend abgedichtet werden.

[3)] Verbaute Fensterflügel benötigen eine raumseitige umlaufende Dichtung.

[4)] Fensterflügel benötigen mindestens zwei umlaufende Dichtungsebenen.

[5)] Die Schalldämmung von Einsatzelementen in der Ausführung als Schiebeelement, Hebe-Schiebe-element, Schwing- oder Wendefenster, Lüftungsflügel, Klappe oder als Tür ist nicht mit den Tabellen-werten abgedeckt und muss separat betrachtet werden.

Tabelle 11.2.1-2 bewertetes Schalldämm-Maß R_w von Fassaden nach DIN 4109-35/A1

	1	2	3
1	Füllung	Kategorie **A** nach Tab. 11.2.1-1	Kategorien **B** und **C** nach Tab. 11.2.1-1
2	bewertetes Schalldämm-Maß R_w in dB		
3	32	31	31
4	33	32	32
5	34	33	33
6	35	34	34
7	36	34	34
8	37	35	35
9	38	36	36
10	39	36	36
11	40	37	37
12	41	38	38
13	42	39	39
14	43	40	40
15	44	41	41
16	45	42	42
17	46	43	42
18	47	44	42
19	48	44	43
20	49	45	43
21	50	46	43
22	≥ 51	47	43

Tabelle 11.2.1-3 Schalldämm-Maß und Spektrum-Anpassungswert 1
R_A (R_w + C) von Fassaden nach DIN 4109-35/A1

	1	2	3
1	Füllung	Kategorie **A** nach Tab. 11.2.1-1	Kategorien **B** und **C** nach Tab. 11.2.1-1
2	Schalldämm-Maß R_A (R_w + C) in dB		
3	30	29	29
4	31	30	30
5	32	30	30
6	33	31	31
7	34	32	32
8	35	33	33
9	36	34	34
10	37	34	34
11	38	35	35
12	39	36	36
13	40	37	37
14	41	38	38
15	42	39	39
16	43	40	40
17	44	41	40
18	45	42	40
19	46	42	41
20	47	43	41
21	48	44	41
22	≥ 49	45	41

Tabelle 11.2.1-4 Schalldämm-Maß und Spektrum-Anpassungswert 2
$R_{A,tr}$ (R_w + C_{tr}) von Fassaden nach DIN 4109-35/A1

	1	2	3
1	Füllung	Kategorie **A** nach Tab. 11.2.1-1	Kategorien **B** und **C** nach Tab. 11.2.1-1
2	Schalldämm-Maß $R_{A,tr}$ (R_w + C_{tr}) in dB		
3	27	25	25
4	28	26	26
5	29	27	27
6	30	28	28
7	31	29	29
8	32	30	30
9	33	30	30
10	34	31	31
11	35	32	32
12	36	33	33
13	37	34	34
14	38	35	35
15	39	36	36
16	40	37	36
17	41	38	36
18	42	39	37
19	43	39	37
20	44	40	37
21	≥ 45	41	37

Tabelle 11.2.1-5 Korrektursummand für Glasformate für die Luftschalldämmung von Vorhangfassaden nach DIN 4109-35/A1

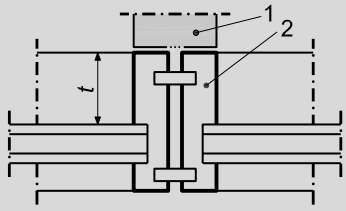
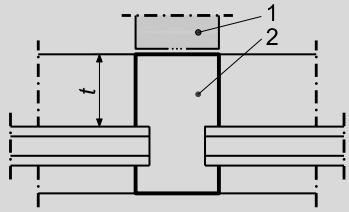
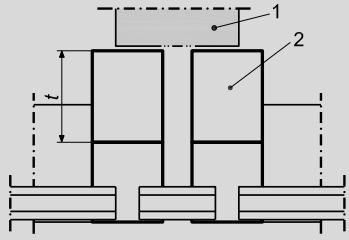
	1	2
1	Fläche des größten einzelnen Glasfeldes in m²	Korrektursummand für die Schalldämmung in dB
2	bis 2,0	0
3	> 2,0 bis 4,0	-1
4	> 4,0 bis 6,0	-2
5	> 6,0 bis 10	-3

Anmerkung: Für Einzel-Glasflächen > 10 m² wird keine Aussage getroffen.

Horizontale Längsschalldämmung von Vorhangfassaden

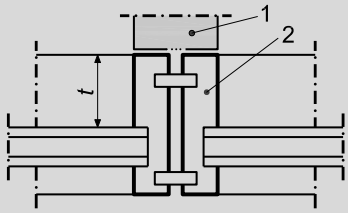
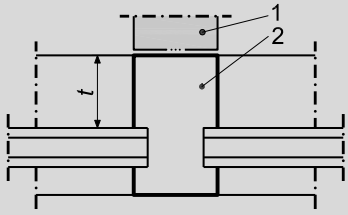
Die horizontale Längsschalldämmung von Vorhangfassaden, d.h. von Raum zu Raum auf einer Etage, wird vor allem durch die Schalldämmung des an die Trennwand anschließenden Profils beeinflusst. Weitere Einflussgrößen sind die Bauart der Vorhangfassade, Art, Werkstoff und Querschnitt der Profile, über den T-Stoß hinweg laufende Profile und Hohlräume, sowie die raumseitige Lage der (Glas-)Füllung.

Tabelle 11.2.1-6 Längsschalldämmung von Vorhangfassaden nach DIN 4109-35/A1, horizontale Luftschallübertragung bezogen auf ℓ_0 = 2,8 m (Bezugskantenlänge des Fensterbandes mit der Trennwand)[1)], Trennwandanschluss ≥ 100 mm Wandicke

	1	2	3	3
1	Trennwandanschluss/ waagerechte Rahmenprofile	Profiltiefe t in mm	Rahmenwerkstoff	$D_{n,f,\ell_0,w}(C;C_{tr})$ in dB
2	**Pfosten-Riegelfassade** Anschluss an Montagepfosten/keine am Stoß durchlaufenden Riegelprofile oder Hohlräume 	≤ 150	Aluminium Hohlprofil, Profilbreite ≥ 50 mm	42 (−3; −5)
3			Holz (Fichte), Metall-Aufsatzkonstruktion, Profilbreite ≥ 50 mm	50 (−1; −3)
4	**Pfosten-Riegelfassade** Anschluss an monolitischem Pfosten/ keine am Stoß durchlaufenden Riegelprofile oder Hohlräume 	≤ 100	Aluminium-Hohlprofil, Profilbreite ≥ 50 mm	45 (−2; −5)
5			Holz (Fichte), Metall-Aufsatzkonstruktion, Profilbreite ≥ 50 mm	53 (−1; −5)
6		≤ 150	Aluminium-Hohlprofil, Profilbreite ≥ 50 mm	40 (−3; −5)
7			Holz (Fichte), Metall-Aufsatzkonstruktion, Profilbreite ≥ 50 mm	48 (−1; −3)
8			Stahl-Hohlprofil, Profilbreite ≥ 50 mm	43 (−1; −2)
9		≤ 200	Aluminium-Hohlprofil, Profilbreite ≥ 50 mm	39 (−3; −5)
10	**Pfosten-Riegelfassade** Anschluss an Doppelpfosten/keine am Stoß durchl. Riegelprofile o. Hohlräume 	≤ 150	Aluminium-Hohlprofil, Profilbreite ≥ 50 mm	58 (−1; −6)

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 11.2.1-6 Längsschalldämmung von Vorhangfassaden nach DIN 4109-35/A1, horizontale Luftschallübertragung bezogen auf ℓ_0 = 2,8 m (Bezugskantenlänge des Fensterbandes mit der Trennwand)[1)], Trennwandanschluss ≥ 100 mm Wandicke (Fortsetzung)

	1	2	3	3
1	Trennwandanschluss/ waagerechte Rahmenprofile	Profiltiefe t in mm	Rahmenwerkstoff	$D_{n,f,\ell_0,w}$ (C;C_{tr}) in dB
11	**Elementfassade** Anschluss an Elementstoß/keine am Stoß durchlaufenden Riegelprofile oder Hohlräume 	0 (Glasleiste oder Paneelfeld innen bündig)	Aluminium-Hohlprofil, Profilansichtsbreite ≤ 100 mm	58 (−2; −6)
12		≤ 50		55 (−2; −6)
13		≤ 100		50 (−1; −4)
14		≤ 150		45 (−1; −3)
15		≤ 200		42 (−1; −3)
16	**Elementfassade** Anschluss an Mittelpfosten/ durchlaufender Elementrahmen, keine weiteren am Stoß durchlaufenden Riegelprofile oder Hohlräume 	0 (Glasleiste oder Paneelfeld innen bündig)	Aluminium-Hohlprofil, Profilansichtsbreite ≤ 100 mm	55 (−1; −4)
17		≤ 50		48 (−1; −2)
18		≤ 100		40 (−1; −2)
19		≤ 150		37 (−3; −4)

1 anschließende Trennwand 2 Trennwandanschlussprofil der Vorhangfassade

[1)] Bei abweichenden gemeinsamen Kantenlängen ist eine Korrektur nach Gleichung 11.2.1-1 zu berücksichtigen.

Für die Anwendung gelten folgende Randbedingungen:

a) Mindestschalldämmung der raumseitigen Schale von $R_w \geq 31$ dB;
b) Mindest-Werkstoffdicke bei Metall-Hohlprofilen 2 mm;
c) die Werte gelten für festverglaste Elemente und Elemente mit öffenbaren Flügeln mit raumseitig umlaufender Dichtung;
d) Fensterflügel benötigen mindestens zwei umlaufende Dichtungsebenen;
e) keine über den T-Stoß durchlaufende Hohlkammern in oder zwischen den Elementen (durchlaufende Hohlräume müssen mit einem Schott ausgestattet werden);
f) Abdichtung der Fuge zwischen Pfostenprofil und Aufsatzkonstruktionen;
g) Einbau der Füllung mit Dichtprofilen oder geklebt (geklebte Glaskonstruktion);
h) Schwertanschlüsse sind bei der Tabelle nicht berücksichtigt.

Tabelle 11.2.1-7 Kenngröße zur Längsschalldämmung von Pfosten-Riegelfassaden und Elementfassaden ohne Berücksichtigung des Anschlussprofils, horizontale Schallübertragung, bezogen auf ℓ_0 = 2,8 m nach DIN 4109-35/A1

	1	2	3
1	Trennwandanschluss/waagerechte Rahmenprofile	Mindestschalldämmung der raumseitigen Schale R_w in dB	Flankenschallpegel-differenz $D_{n,f,0,w}$ (C;Ctr) in dB
2	**Montagepfosten, monolithische Pfosten oder Elementrahmen**/ keine am Stoß durchlaufenden Riegelprofile	31	56 (−2; −6)
3		34	57 (−2; −6)
4		37	58 (−2; −6)
5		39	59 (−2; −6)

Liegen Angaben zur Profilschalldämmung $D_{n,e}$ des an die Trennwand anschließenden Profils vor, kann für Konstruktionen, bei denen keine Rahmenprofile über den T-Stoß hinweg laufen, die Norm-Flankenpegeldifferenz nach Tabelle 11.2.1-7 und Gleichung 11.2.1-1 rechnerisch ermittelt werden. Die Randbedingungen nach Tabelle 11.2.1-6 sind einzuhalten.

$$D_{n,f,\ell_0,w} = -10 \cdot \lg\left(10^{\frac{D_{n,f,0,w}}{10}} + 10^{\frac{D_{n,e,0,w}}{10}}\right) - 1 \qquad (11.2.1\text{-}1)$$

Darin sind:

$D_{n,f,\ell_0,w}$ bewertete Einzahlangabe der auf die Bezugslänge ℓ_0 bezogene Norm-Flankenschallpegeldifferenz in dB

$D_{n,f,0,w}$ bewertete Einzahlangabe der Bezugs-Norm-Flankenschallpegeldifferenz nach Tabelle 11.2.1-7 in dB

$D_{n,e,0,w}$ bewertete Einzahlangabe der Bezugs-Norm-Schallpegeldifferenz für Profile in dB

Vertikale Längsschalldämmung von Vorhangfassaden

Die vertikale Längsschalldämmung von Vorhangfassaden wird durch mehrere Parameter beeinflusst:

- aufrechte und senkrechte Profile;
- Ausbildung des Deckenanschlusses;
- Trennung und Lagerung der Profile bei Pfosten-Riegelfassade;
- Lage der Elementstoßfuge bei Elementfassade;
- Art, Werkstoff und Querschnitt der Profile;
- über den T-Stoß hinweg laufende Profile und Hohlräume;
- raumseitige Lage der (Glas-)Füllung.

Durchlaufende Profile und/oder Hohlräume können die Längsschalldämmung von Vorhangfassaden wesentlich beeinträchtigen, wenn diese im Bereich des Trenndeckenanschlusses nicht abgeschottet sind.

Die Korrektur bei abweichenden gemeinsamen Kantenlängen berechnet sich wie folgt:

$$D_{n,f,w} = D_{n,f,\ell_0,w} - 10 \cdot \lg \frac{\ell}{\ell_0} \qquad (11.2.1\text{-}2)$$

Darin sind:

$D_{n,f,w}$ bewertete Einzahlangabe der Norm-Flankenschallpegeldifferenz in dB

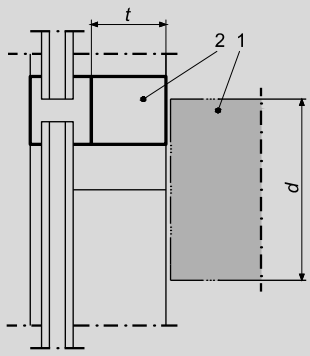
$D_{n,f,\ell_0,w}$ bewertete Einzahlangabe der auf die Bezugslänge ℓ_0 bezogene Norm-Flankenschallpegeldifferenz in dB

ℓ gemeinsame Kantenlänge der Fassade mit der Trenndecke in m

ℓ_0 Bezugskantenlänge einer Fassade mit dem trennenden Bauteil (hier der Trenndecke); $\ell_0 = 4{,}5$ m

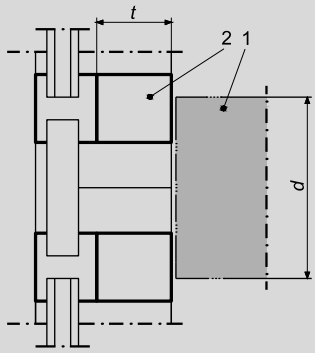
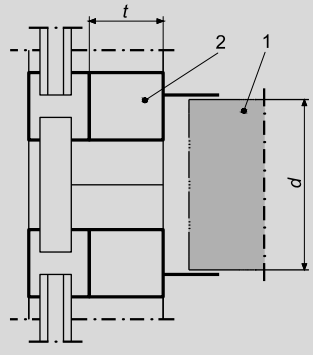
Durchlaufende Hohlräume in Profilen und auch im Bauanschluss sind im Bereich des Wandanschlusses abzuschotten, um eine Schallübertragung entlang dieser Hohlräume zu vermeiden. Die äußere Schale von Doppelfassaden kann für die Planung der Längsschalldämmung außer Acht gelassen werden, die Schallübertragung erfolgt durch die innere Fassadenkonstruktion. Bauanschlüsse zu den Bodenbelägen und/oder zu abgehängten Decken wurden in den Tabellen nicht berücksichtigt.

Tabelle 11.2.1-8 Längsschalldämmung von Pfosten-Riegelfassaden nach DIN 4109-35/A1, vertikale Luftschallübertragung bezogen auf $\ell_0 = 4{,}5$ m (Bezugskantenlänge)[1)]

	1	2	3	4	5	6
1	Trenndeckenanschluss	Pfosten-profil	Profil-tiefe t in mm	Decken-höhe d in mm	Rahmen-werkstoff	$D_{n,f,\ell_0,w}$ ($C;C_{tr}$) in dB
2	**Ein Deckenriegel** 	durchlaufend	≤ 125	keine Angabe	Aluminium-Hohlprofil, Profilbreite ≥ 50 mm	32 (−2; −3)
3			≤ 80		Stahl-Hohlprofil	40 (−2; −3)
4		getrennt mit Einschiebling	≤ 160	keine Angabe	Aluminium-Hohlprofil, Profilbreite ≥ 50 mm	33 (−3; −4)
5			≤ 80		Stahl-Hohlprofil	42 (−2; −4)
6		getrennt mit Einschiebling Profilkammer mit Schott geschlossen	≤ 160	keine Angabe	Aluminium-Hohlprofil, Profilbreite ≥ 50 mm	39 (−2; −5)

(Fortsetzung nächste Seite)

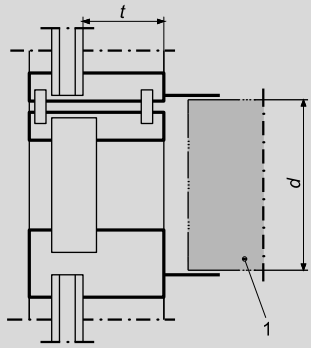
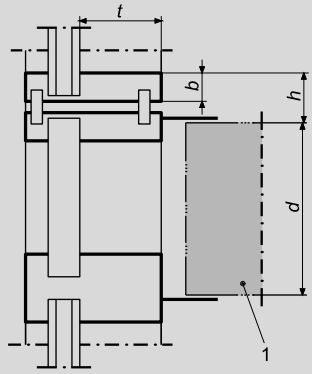
Tabelle 11.2.1-8 Längsschalldämmung von Pfosten-Riegelfassaden nach DIN 4109-35/A1, vertikale Luftschallübertragung bezogen auf ℓ_0 = 4,5 m (Bezugskantenlänge)[1] (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5	6
1	Trenndeckenanschluss	Pfosten-profil	Profil-tiefe t in mm	Decken-höhe d in mm	Rahmen-werkstoff	$D_{n,f,\ell_0,w}$ (C;C_{tr}) in dB
7	**Zwei Deckenriegel** ohne Hohlraumdämmung	durchlaufend	≤ 140	≥ 180	Holzprofile, Profilbreite ≥ 80 mm	48 (−2; −4)
8		getrennt mit Einschiebling	≤ 160	≥ 200	Aluminium-Hohlprofil, Profilbreite ≥ 50 mm	36 (−1; −3)
9		getrennt, gedübelt	≤ 140	≥ 180	Holzprofile, Profilbreite ≥ 80 mm	50 (−2; −4)
10		getrennt mit Einschiebling Profilkammer mit Schott geschlossen	≤ 160	≥ 280	Aluminium-Hohlprofil, Profilbreite ≥ 50 mm	47 (−5; −7)
11	**Zwei Deckenriegel**, Hohlraum mit Mineralwolle gedämmt, Anschlussblech 2 mm Stahlblech oben und unten	durchlaufend	≤ 125	≥ 200	Aluminium-Hohlprofil, Profilbreite ≥ 50 mm	39 (−2; −3)
12				≥ 400		45 (−3; −5)
13			≤ 140	≥ 180	Holzprofile, Profilbreite ≥ 80 mm	48 (−1; −5)
14		getrennt mit Einschiebling	≤ 160	≥ 280	Aluminium-Hohlprofil, Profilbreite ≥ 50 mm	41 (−1; −3)
15		getrennt, gedübelt	≤ 140	≥ 180	Holzprofile, Profilbreite ≥ 80 mm	54 (−1; −4)
16		getrennt mit Einschiebling Profilkammer mit Schott geschlossen	≤ 100	≥ 140	Aluminium-Hohlprofil, Profilbreite ≥ 50 mm	49 (−1; −4)
17			≤ 125	≥ 400		48 (−2; −4)
18			≤ 160	≥ 280		48 (−4; −6)

1 anschließende Trenndecke
2 Deckenriegel

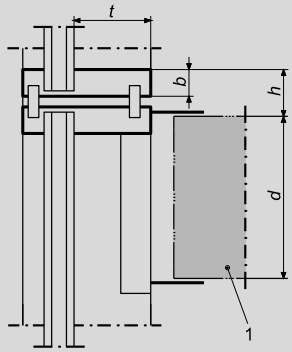
[1] Bei abweichenden gemeinsamen Kantenlängen ist eine Korrektur nach Gleichung 11.2.1-2 zu berücksichtigen.

Tabelle 11.2.1-9 Längsschalldämmung von Elementfassaden nach DIN 4109-35/A1, vertikale Schallübertragung, bezogen auf ℓ_0 = 4,5 m (Bezugskantenlänge)[1)]

	1	2	3	4	5	6
1	Trenndeckenanschluss	Abstand h in mm	Profiltiefe t in mm	Deckenhöhe d in mm	Rahmenwerkstoff	$D_{n,f,\ell_0,w}$ ($C;C_{tr}$) in dB
2	**Elementstoß** im Deckenbereich, zwei Deckenriegel, Hohlraumdämmung, Anschlussblech 2 mm Stahlblech oben und unten 	0 (im Deckenbereich)	0 (Glasleiste oder Paneelfeld innen bündig)	≥ 300	Aluminium-Hohlprofil, Profilbreite b ≤ 50 mm	61 (−2; −7)
3			≤ 100	≥ 150	Aluminium-Hohlprofil, Profilbreite b ≤ 100 mm	55 (−1; −6)
4	**Elementstoß** oberhalb der Decke, zwei Deckenriegel, Hohlraumdämmung, Anschlussblech 2 mm Stahlblech oben und unten 	≤ 150	≤ 50	≥ 250	Aluminium-Hohlprofil, Profilbreite b ≤ 50 mm	57 (−1; −5)
5				≥ 100	Aluminium-Hohlprofil, Profilbreite b ≤ 130 mm	51 (−2; −5)
6				≥ 260		56 (−2; −6)
7				≥ 190	Aluminium-Hohlprofil, Profilbreite b ≤ 200 mm	49 (−1; −5)
8			≤ 100	≥ 150	Aluminium-Hohlprofil, Profilbreite b ≤ 50 mm	54 (−1; −4)
9			≤ 150			51 (−1; −3)
10			≤ 200			45 (−1; −3)

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 11.2.1-9 Längsschalldämmung von Elementfassaden nach DIN 4109-35/A1, vertikale Schallübertragung, bezogen auf ℓ_0 = 4,5 m (Bezugskantenlänge)[1)] (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5	6
1	Trenndeckenanschluss	Abstand h in mm	Profil-tiefe t in mm	Decken-höhe d in mm	Rahmen-werkstoff	$D_{n,f,\ell_0,w}$ (C;C_{tr}) in dB
11	**Elementstoß** oberhalb der Decke, 1 Deckenriegel (hinterschnitten), Hohlraumdämmung, Anschlussblech 2 mm Stahlblech oben und unten  	≤ 150	≤ 90	≥ 200	Aluminium-Hohlprofil, Profilbreite b ≤ 50 mm	50 (−2; −4)
12			≤ 180			44 (−2; −4)

1 anschließende Trenndecke

1) Bei abweichenden gemeinsamen Kantenlängen ist eine Korrektur nach Gleichung 11.2.1-2 zu berücksichtigen.

Für die Anwendung gelten folgende Randbedingungen:

a) Mindestschalldämmung der raumseitigen Schale von $R_w \geq 31$ dB;
b) Mindest-Werkstoffdicke bei Metall-Hohlprofilen 2 mm;
c) die Werte gelten für festverglaste Elemente und Elemente mit öffenbaren Flügeln mit raumseitig umlaufender Dichtung;
d) Fensterflügel benötigen mindestens zwei umlaufende Dichtungsebenen;
e) Einbau der Füllung mit Dichtprofilen oder geklebt (geklebte Glaskonstruktion);
f) Durchlaufende Profile und Hohlräume sind im Bereich des Deckenanschlusses mit einem Schott abzudichten;
g) Anschlüsse von Böden oder abgehängten Decken sind in der Tabelle nicht berücksichtigt.

11.2.2 Fassaden in Stahlleichtbauweise

In der DIN 4109-35 werden noch keine Schalldämmwerte für Konstruktionen in Stahlleichtbauweise oder Sandwichelemente aufgeführt.

Die Produktnorm für Sandwichelemente ist DIN EN 14509. Als Eingangswert für den rechnerischen Nachweis ist der nach DIN EN 14509 deklarierte Wert des bewerteten Schalldämm-Maßes zu verwenden.

Die Werte in den nachfolgenden Tabellen stammen aus Prüfzeugnissen und sind in den IFBS-Fachregeln des Metallleichtbaus [70] veröffentlicht.

Tabelle 11.2.2-1 Schalldämmung von Außenwänden mit **Sandwichelementen** nach [70]

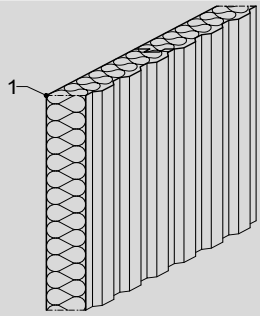
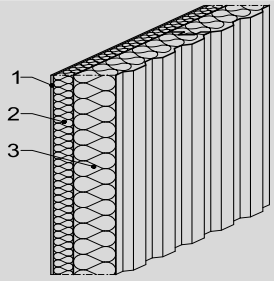
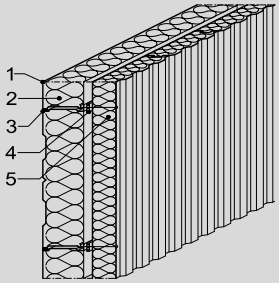
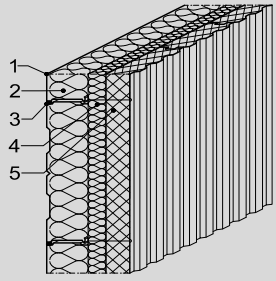
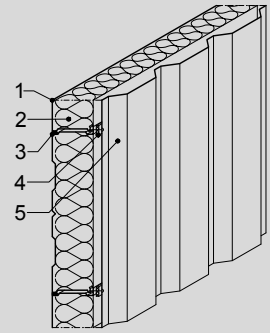
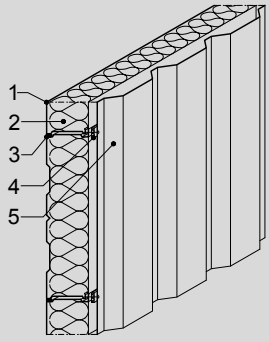
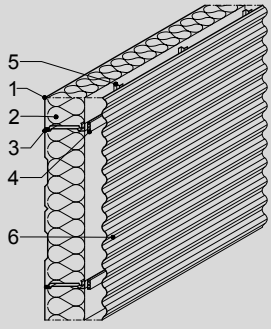
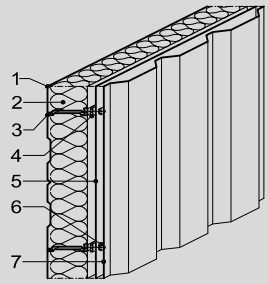
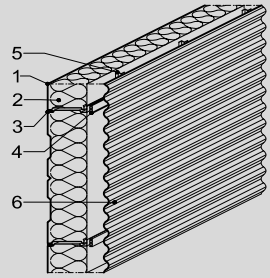
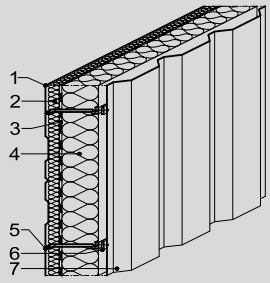
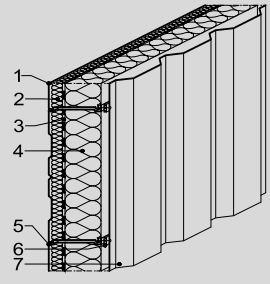
	1	2	4
1	Aufbau der Außenwände in Stahlleichtbauweise		bewertetes Luftschalldämm-Maß $R_w\,(C;C_{tr})$
2	Schnitt	Aufbau	in dB
3		① Stahl-**Sandwichelement** für Wände mit 84 mm Polyurethan-Dämmkern mit 117,5 mm Mineralwolle-Dämmkern	 26 (0; -2) 29 (-2; -4)
4		① 2 x 12,5 mm Gipskartonbeplankung ② Mineralwolledämmung d = 100 mm, ρ = 50 kg/m³ ③ Stahl-**Sandwichelement** mit 200 mm Polyurethan-Dämmkern	48 (-2; -7)
5		**Hybridkonstruktion** für Sanierungsfall ① Stahlkassettenprofil, 600 x 130 x 0,75 mm ② Mineralwolledämmung, d = 130 mm, ρ = 50 kg/m³ ③ Dichtungsband 15 / 2-6 ④ Thermischer Trennstreifen, 60 x 5,0 mm ⑤ Stahl-**Sandwichelement** mit 80 mm Polyurethan-Dämmkern mit 80 mm Mineralwolle-Dämmkern	 46 (-5; -11) 47 (-4; -11)
6		**Hybridkonstruktion** für Sanierungsfall ① Stahlkassettenprofil, 600 x 130 x 0,75 mm ② Mineralwolledämmung, d = 130 mm, ρ = 50 kg/m³ ③ Dichtungsband 15 / 2-6 ④ - Z-Profil, dazwischen Mineralwolle, d = 40 mm, ρ = 50 kg/m³ - Z-Profil, dazwischen Luft ⑤ Stahl-**Sandwichelement** mit 80 mm Polyurethan-Dämmkern	 50 (-3; -10) 48 (-4; -11)

Tabelle 11.2.2-2 Schalldämmung von Außenwänden in Stahlleichtbauweise als **Kassettenwand** nach [70]

	1	2	4
1	Aufbau der Außenwände in Stahlleichtbauweise		bewertetes Luftschalldämm-Maß $R_w\,(C;C_{tr})$
2	Schnitt	Aufbau	in dB
3		**Kassettenwand**: ① Stahlkassettenprofil, 600 x 130 x 0,75 mm ② Mineralwolledämmung, ρ = 55 kg/m³ - *d* = 100 mm - *d* = 130 mm - *d* = 160 mm ③ Dichtungsband 15 / 2-6 ④ Thermischer Trennstreifen, 60 x 5,0 mm ⑤ Stahltrapezprofil, 35 x 207 x 0,75 mm	 40 43 44
4		**Kassettenwand** mit vertikaler Trapezprofilschale: ① Stahlkassettenprofil, 600 x 130 x 0,75 mm ② Mineralwolledämmung, d = 130 mm - ρ = 55 kg/m³ - ρ = 15 kg/m³ ③ Dichtungsband 15 / 2-6 ④ Thermischer Trennstreifen, 60 x 5,0 mm ⑤ Stahltrapezprofil, 35 x 207 x 0,75 mm	 43 40 (-2; -7)
5		**Kassettenwand** mit vertikaler Distanzkonstruktion und horizontaler Welle: ① Stahlkassettenprofil, 600 x 130 x 0,88 mm ② Mineralwolledämmung, d = 130 mm, - ρ = 15 kg/m³ - ρ = 55 kg/m³ ③ Dichtungsband 15 / 2-6 ④ Thermischer Trennstreifen, 60 x 5,0 mm ⑤ Stahl-Z-Profil, 40 x 25 x 40 x 1,5 mm ⑥ Stahl-Wellprofil, 18 x 76 x 0,75 mm	 43 (-3; -10) 42 (-3; -9)

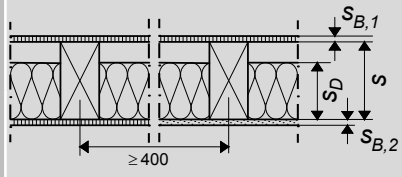
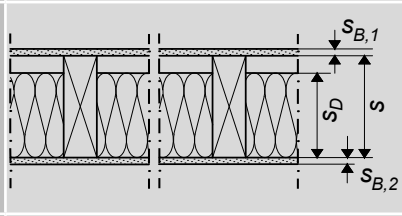
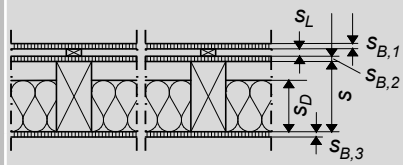
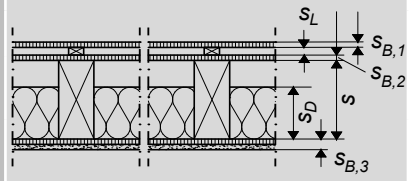
(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 11.2.2-2 Schalldämmung von Außenwände in Stahlleichtbauweise als Kassettenwand nach [70] (Fortsetzung)

	1	2	4
	Konstruktion		$R_w(C;C_{tr})$ in dB
	Schnitt	Schichten	
6		① Stahlkassettenprofil, 600 x 160 x 1,00 mm ② Mineralwolledämmung, d = 160 mm, ρ = 50 kg/m³ ③ Dichtungsband 15 / 2-6 ④ Thermischer Trennstreifen, 60 x 5,0 mm ⑤ zusätzliches Stahlblech 0,88 mm ⑥ Dichtband 30 x 5, zweilagig ⑦ Stahltrapezprofil, 35 x 207 x 0,75 mm	45
7		① Stahlkassettenprofil, 600 x 130 x 0,75 mm ② Mineralwolledämmung, d = 130 mm, ρ = 15 kg/m³ ③ Dichtungsband 15 / 2-6 ④ Thermischer Trennstreifen, 60 x 5,0 mm ⑤ Stahl-Z-Profil, 40 x 25 x 40 x 1,5 mm ⑥ - Stahl-Wellprofil, 18 x 76 x 0,75 mm - Aluminium-Wellprofil, 18 x 76 x 0,8 mm	43 (-3; -10) 39 (-2; -7)
8		① Stahlkassettenprofil 600 x 130 x 0,88 mm, gelocht, Lochflächenanteil ca. 28% ② 30 mm Mineralwolle-Schallschluckplatte, einseitig kaschiert, RG = 20 kg/m³ ③ PE-Folie, d ≥ 0,25 mm ④ Mineralwolledämmung, *d* = 100 mm, - ρ = 15 kg/m³ - ρ = 55 kg/m³ ⑤ Dichtungsband 15 / 2-6 ⑥ Thermischer Trennstreifen 60 x 5,0 mm ⑦ Stahltrapezprofil, 35 x 207 x 0,75 mm	 34 (-2; -6) 36 (-2; -8)
9		① Stahlkassettenprofil, 600 x 100 x 0,88 mm gelocht, Lochflächenanteil ca. 14 % ② 30 mm Mineralwolle-Schallschluckplatte, einseitig kaschiert, RG = 50 kg/m³ ③ PE-Folie, d ≥ 0,25 mm ④ Mineralwolledämmung, ρ = 55 kg/m³ - *d* = 70 mm - *d* = 130 mm ⑤ Dichtungsband 15 / 2-6 ⑥ Thermischer Trennstreifen, 60 x 5,0 mm ⑦ Stahltrapezprofil, 35 x 207 x 0,75 mm	 35 (-3; -9) 39 (-4; -10)

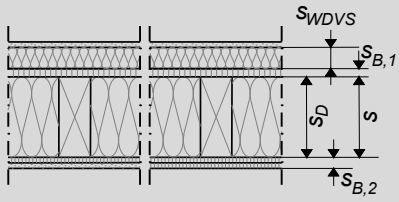
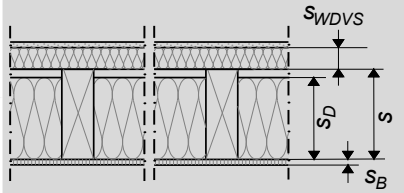
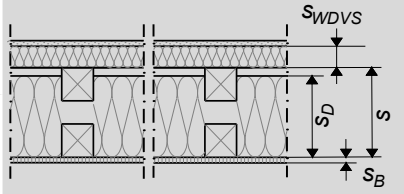
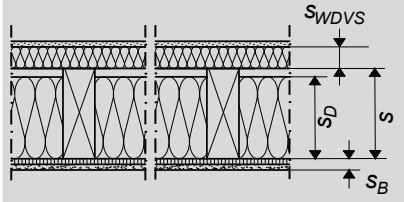
11.2.3 Außenwände in Holztafelbauweise

Tabelle 11.2.3-1 Bewertete Schalldämm-Maße von Außenwänden in Holztafelbauweise ohne raumseitige Vorsatzschalen nach DIN 4109-33

	1	2	3	4	5	6	7
1	Wandausbildung - Horizontalschnitt	Konstruktionsdetails					R_w (C; C_{tr})
		Mindest-dämm-schicht-dicke[1] s_D in mm	Holz-ständer[2] b/h in mm	Mindest-schalen-abstand s in mm	Bekleidung[3] $s_{B,n}$ in mm		in dB
2		60	60/100	100	$s_{B,1}$	SP ≥ 10 oder NFS ≥ 18 oder FZ ≥ 4	37
					$s_{B,2}$	SP ≥ 10 oder NFS ≥ 18 oder GK ≥ 12,5	
3		140	60/160	160	$s_{B,1}$	MD 16	41 (-1;-5)
					$s_{B,2}$	HW 19	
4		80	60/80	80	$s_{B,1}$	WS-S [4]	37
					s_L	≥ 20	
					$s_{B,2}$	SP ≥ 10 oder NFS ≥18 oder FZ ≥ 4	
					$s_{B,3}$	SP ≥ 10 oder NFS ≥ 18 oder GK ≥ 12,5	
5		70	60/100	100	$s_{B,1}$	WS-S [4]	44
					s_L	≥ 20	
					$s_{B,2}$	HW ≥ 10 [5]	
					$s_{B,3}$	HW 10-19 + GK oder GF[5]	

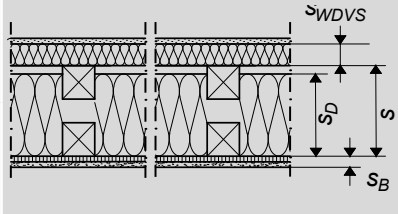
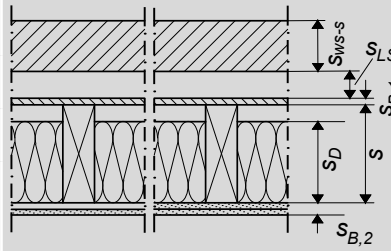
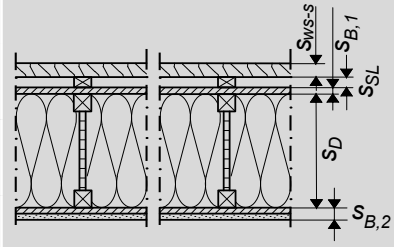
(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 11.2.3-1 Bewertete Schalldämm-Maße von Außenwänden in Holztafelbauweise ohne raumseitige Vorsatzschalen nach DIN 4109-33 (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5	6	7
1	Wandausbildung - Horizontalschnitt	Konstruktionsdetails					R_w (C; C_{tr})
		Mindest-dämm-schicht-dicke[1)] s_D in mm	Holz-ständer[2)] b/h in mm	Mindest-schalen-abstand s in mm	Bekleidung[3)] $s_{B,n}$ in mm		in dB
6	**Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS)**						
7		60	60/100	100	s_{WDVS}	Putz auf EPS 20 - 40	44
					$s_{B,1}$	HW ≥ 10 [5)]	
					$s_{B,2}$	HW ≥ 10 [5)] + GK 12,5	
8		160	60/160	160	s_{WDVS}	Putz auf EPS 20 - 40	45 (−1;−6)
					$s_{B,1}$	SP 13	
					$s_{B,2}$	SP 13 + GK 12,5	
9		140	60/160	160	s_{WDVS}	Putz [5)] + WF 60	46 (-1;-6)
					s_B	HW 15	
10		140	Stiel 2 × 60/60 Rähm 60/160 durch-gehend	160	s_{WDVS}	Putz [5)] + WF 60	49 (-1;-4)
					s_B	HW 15	
11		140	60/160	160	s_{WDVS}	Putz [5)] + WF 60	50 (-1;-5)
					s_B	HW 15 + GK 12,5	

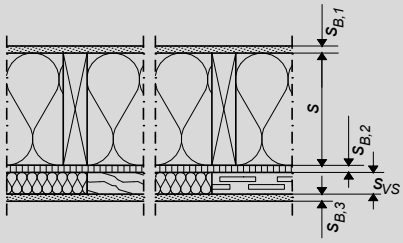
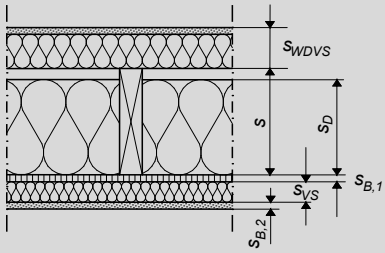
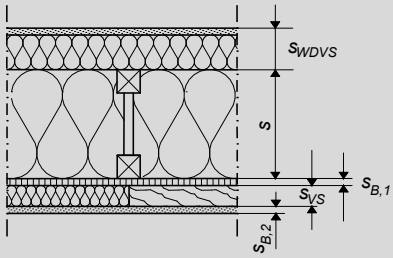
(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 11.2.3-1 Bewertete Schalldämm-Maße von Außenwänden in Holztafelbauweise ohne raumseitige Vorsatzschalen nach DIN 4109-33 (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5	6	7
1	Wandausbildung - Horizontalschnitt	Konstruktionsdetails					R_w (C; C_{tr})
		Mindest-dämm-schicht-dicke[1] s_D in mm	Holz-ständer[2] b/h in mm	Mindest-schalen-abstand s in mm	Bekleidung[3] $s_{B,n}$ in mm		in dB
12		140	Stiel 2 × 60/60 Rähm 60/160 durch-gehend	160	s_{WDVS}	Putz [5] + WF 60	50 (-0;-4)
					s_B	HW 15 + GK 12,5	
13		100	60/120	140	s_{WS-S}	≥ 115 [6]	52
					s_{Ls}	≥ 40	
					$s_{B,1}$	HW ≥ 6 [5]	
					$s_{B,2}$	HW ≥ 12 oder GK[5]+ GK ≥ 9,5	
14		100	Steg-träger	200	s_{WS-S}	≥ 115 [7]	44 (-2;-7)
					s_{Ls}	≥ 30	
					$s_{B,1}$	HW 16	
					$s_{B,2}$	HW 15 + GK 12,5	

1) MW: Mineralwolle oder WF: Holzfaser, Übermaß des Dämmstoffs ist zu vermeiden.
2) Holzständer, Achsabstand ≥ 600 mm; der angegebene Wert für b ist ein Höchstwert, für h ein Mindestwert.
3) EPS: Polystyrol-Hartschaumplatten, Anwendungsgebiet WAB, ρ ≥ 15 kg/m^3
FZ: Faserzementplatten; GF: Gipsfaserplatte; GK: Gipsplatte; LS: Luftschicht
HW: Holzwerkstoffplatte, eine Erhöhung der Plattendicke bis 16 mm ist zulässig
NFS: geschlossene Schalung
SP: Spanplatte, eine Erhöhung der Plattendicke bis 16 mm ist zulässig
WF: Holzfaser WF, Anwendungsgebiet WAB-ds, ρ ≥ 210 kg/m^3
WS-S: Wetterschutzbekleidung/-schale.
4) m' ≥ 10 kg/m^2
5) m′ ≥ 8 kg/m^2
6) Mauerwerk-Vorsatzschale
7) Holzschalung

Tabelle 11.2.3-2 Bewertete Schalldämm-Maße von Außenwänden in Holztafelbauweise mit raumseitigen Vorsatzschalen nach DIN 4109-33

	1	2	3	4	5	6	7
1	Wandausbildung - Horizontalschnitt	Konstruktionsdetails					
		Mindest-dämm-schicht-dicke[1]	Holz-ständer[2]	Mindest-schalen-abstand	Bekleidung[3]		R_w (C; C_{tr})
		s_D in mm	b/h in mm	s in mm	$s_{B,n}$ in mm		in dB
2		160	60/160	160	$s_{B,1}$	MD 16	52 (-6;-14)
					$s_{B,2}$	HW 19	
					$s_{B,3}$	GF 12,5 [4]	
3	**Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS)**						
4		140	60/160	160	s_{WDVS}	Putz [6] + WF 60	51 (-1;-6)
					$s_{B,1}$	HW 15	
					$s_{B,2}$	GK 12,5 [5]	
5		80	60/80	80	s_{WDVS}	Putz [6] + WF 60	48 (-6;-13)
					$s_{B,1}$	HW 15	
					$s_{B,2}$	GK 12,5 [7]	

[1] MW: Mineralwolle oder WF: Holzfaser, Übermaß des Dämmstoffs ist zu vermeiden.
[2] Holzständer, Achsabstand ≥ 600 mm; der angegebene Wert für b ist ein Höchstwert, für h ein Mindestwert.
[3] GF: Gipsfaserplatte; GK: Gipsplatte; MD: mitteldichte Faserplatte
HW: Holzwerkstoffplatte, eine Erhöhung der Plattendicke bis 16 mm ist zulässig
WF: Holzfaser WF, Anwendungsgebiet WAB-ds, ρ ≥ 210 kg/m^3
WS-S: Wetterschutzbekleidung/-schale.
[4] s_{VS} = Vorsatzschale auf Federschiene 27 mm oder Holzlattung 30 mm mit Dämmung.
[5] s_{VS} = Vorsatzschale: Holzlattung 45 mm mit Dämmung.
[6] m′ ≥ 8 kg/m^2
[7] s_{VS} = Vorsatzschale: Holzlattung 60 mm mit Dämmung.

11.3 Decken

11.3.1 Holzbalkendecken

Die Schallübertragungswege einer einfachen Holzbalkendecke sind in Bild 11.3.1-1 aufgezeigt. Die Übertragung erfolgt im Wesentlichen über die festen Verbindungen (Körperschallbrücken) zwischen Dielung - Holzbalken und Verkleidung. Eine schalltechnische Verbesserung ist nur durch Unterbrechung des Weges an den Stellen A oder B erreichbar.

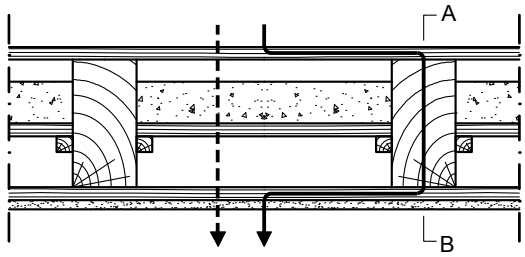


Bild 11.3.1-1 Schallübertragungswege einer einfachen Holzbalkendecke

Die akustischen Eigenschaften, der frequenzabhängige Verlauf von Holzbalkendecken sind deutlich anders als bei Massivdecken (siehe Bild 11.3.1-2). Aufgrund der geringeren Masse und der konstruktiv bedingten Körperschallbrücken zwischen den Schalen treten besonders im tiefen Frequenzbereich hohe Schallübertragungen auf. Verbesserungsmaßnahmen müssen daher in erster Linie bei tiefen Frequenzen wirksam sein.

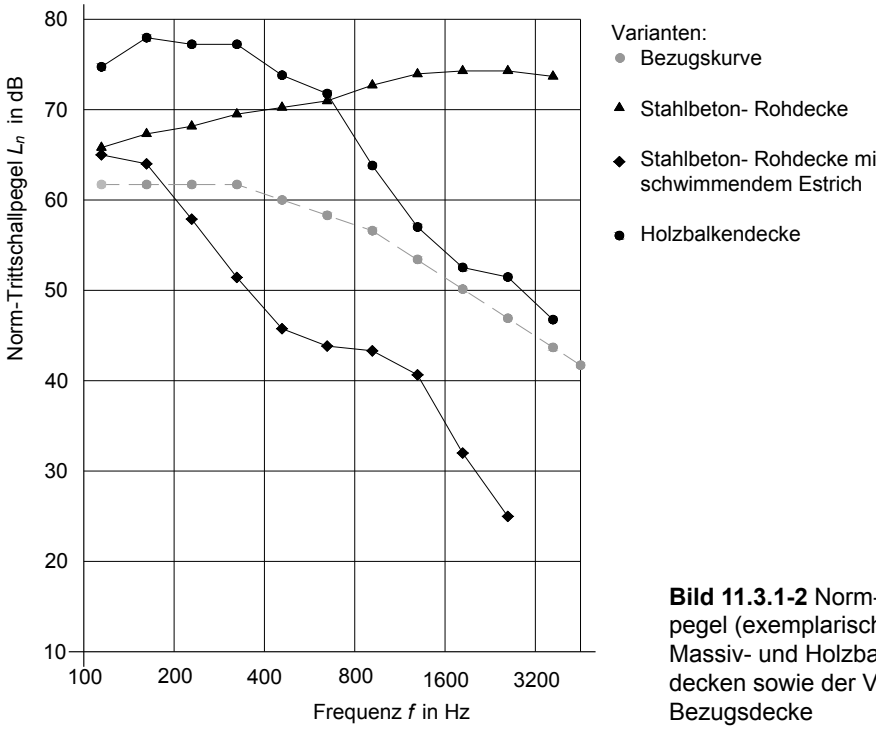


Bild 11.3.1-2 Norm-Trittschallpegel (exemplarisch) von Massiv- und Holzbalkendecken sowie der Verlauf der Bezugsdecke

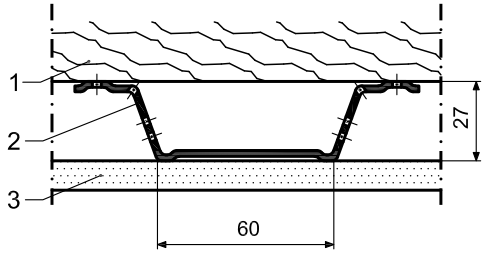
In der Praxis gibt es eine Vielzahl an Konstruktionen und Möglichkeiten der Verbesserung von bestehenden Holzbalkendecken, wie z.B.:

- Entkopplung der oberen Deckenschale (z.B., schwimmend verlegte Nass- oder Trockenestriche)
- Beschwerungen der Rohdecke durch Schüttungen oder Betonplatten auf den Decken
- Beschwerung des Deckenhohlraums (Blindboden)
- Bedämpfung des Deckenhohlraums
- unterseitige Deckenverkleidungen mit möglichst geringer Verbindung zu den Tragbalken, z.B. durch Einsatz von Federbügeln oder Federschienen
- Erhöhung des Balkenabstandes,

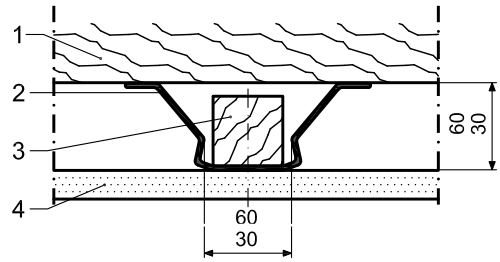
von denen einige in den nachfolgenden Tabellen aufgeführt sind.

Trotzdem sollte auch bei neuen und aufwendig sanierten bei Holzbalkendecken im Vorfeld auf die für sie typisch geringe Trittschalldämmung bei tiefen Frequenzen hingewiesen werden.

Bei der Ausführung mit Federbügeln bzw. Federschienen nach Bild 11.3.1-3 aus gekantetem Blech (0,5 mm bis 0,6 mm dick) zur akustischen Entkopplung von biegeweichen Gips-, Gipsfaser- oder Holzwerkstoffplatten ist ein fester Kontakt zwischen Holzbalken und Lattung auszuschließen, wobei ein weichfedernder Faserdämmstreifen als Zwischenlage eingeführt werden darf.



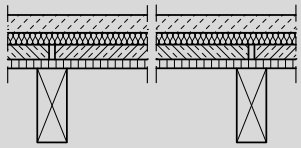
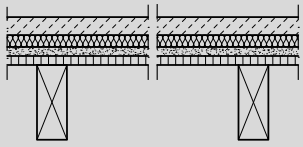
1 Holzbalken
2 Federschiene
3 Bekleidung (z.B. GK)



1 Holzbalken
2 Federbügel
3 Traglattung
4 Bekleidung (z.B. GK)

Bild 11.3.1-3 Federbügel mit Traglattung (oben) und Federschiene auf Holzbalken (unten)

Tabelle 11.3.1-1 Bewertete Schalldämm-Maße und bewertete Norm-Trittschallpegel von Holzbalkendecken mit Aufbauten aus mineralisch gebundenen Estrichen und Rohdeckenbeschwerungen nach DIN 4109-33

	1	2	3	4	5
1	Deckenausbildung - Horizontalschnitt	Aufbau / Konstruktionsdetails		bewerteter Norm-Trittschall-pegel	bewertetes Schalldämm-Maß
		mm	Bauteilbeschreibung	$L_{n,w}$ in dB (C_I)	R_w in dB (C ; C_{tr})
2		≥ 50	Estrich [1]	47 (–3)	≥ 70
		≥ 40	Mineralwolledämmplatte ($s' \leq 6$ MN/m³); Anwendungsgebiet DES-sh) [2]		
		≥ 40	Betonsteinbeschwerung ($m' \geq 100$ kg/m²) [3]		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [4]		
		220	Balken [5]		
3		≥ 50	Estrich [1]	50 (–2)	67 (–1; –6)
		≥ 40	Mineralwolledämmplatte ($s' \leq 6$ MN/m³); Anwendungsgebiet DES-sh) [2]		
		≥ 30	Schüttung[6], ($m' \geq 45$ kg/m²) Rieselschutz		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [4]		
		220	Balken [5]		

[1] Zement-, Magnesia- oder Calciumsulfatestrich nach DIN 18560, $m' \geq 120$ kg/m²

[2] Mineralwolle-Dämmplatte MW mit Anwendungsgebiet nach Einsatzbereich: Für mineralisch gebundene Estriche: DES-sh; mit der angegebenen dynamischen Steifigkeit s'

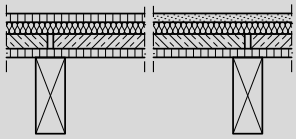
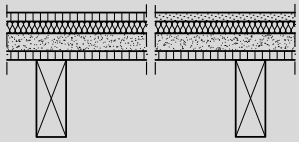
[3] Betonplatten mit Flächenmaßen von ≤ 300 mm × 300 mm und einer Rohdichte von ρ ≥ 2500 kg/m³; Restfeuchte ≤ 1,8 %; auf Rohdecke verklebt oder in Sandbett gelagert

[4] Spanplatte SP, OSB Verlegeplatten oder BFU Platten der Dicken 18 mm bis 25 mm, bei offener Holzbalkendecke alternativ 28 mm Sichtschalung HFS + 12 mm BFU-Platte. Zusätzliche Verkleidungen der Holzwerkstoffplatten aus Gipsplatten GK oder Sichtschalungen NFS im Balkenzwischenraum sind direkt auf die Holzwerkstoffplatte aufzubringen (ohne zusätzlichen Hohlraum).

[5] Tragkonstruktion nach Statik: Balken aus Vollholz oder Brettschichtholz; mind. 60 mm × 180 mm, alternativ auch Stegträger der Höhe 240 mm bis 406 mm; Achsabstand ≥ 625 mm

[6] Trockenes Schüttgut mit einer Schüttdichte ρ ≥ 1500 kg/m³; Restfeuchte ≤ 1,8 %; gegen Verrutschen gesichert mittels Pappwaben, Sandmatten, Lattengitter (Feldgröße etwa 800 mm × 800 mm) o. ä.

Tabelle 11.3.1-2 Bewertete Schalldämm-Maße und bewertete Norm-Trittschallpegel von Holzbalkendecken mit Aufbauten aus Fertigteilestrichen und Rohdeckenbeschwerungen

	1	2	3	4	5
1	Deckenausbildung - Horizontalschnitt	Aufbau / Konstruktionsdetails		bewerteter Norm-Trittschall-pegel	bewertetes Schalldämm-Maß
		mm	Bauteilbeschreibung	$L_{n,w}$ in dB (C_I)	R_w in dB (C ; C_{tr})
2		≥ 25	Spanplatte SP oder Gipsplatte GK [1]	54 (0)	65
		≥ 25	Mineralwolledämmplatte (s' ≤ 15 MN/m³); Anwendungsgebiet DES-sg) [2] oder 60 mm Holzfaserdämmplatte WF (s' ≤ 20 MN/m³; Anwendungsgebiet DES-sg)[3]		
		≥ 60	Betonsteinbeschwerung (m′ ≥ 150 kg/m²) [4]		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [5]		
		220	Balken [6]		
3		≥ 25	Gipsfaserplatte GF oder zementgebundene Spanplatte ZSP [7]	57 (–1)	64 (–4; –11)
		≥ 20	Holzfaserdämmplatte WF (s′ ≤ 24 MN/m³); Anwendungsgebiet DES-sg) [3]		
		≥ 60	Schüttung[8], (m′ ≥ 90 kg/m²) Rieselschutz		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [5]		
		220	Balken [6]		

[1] Fertigteilestrichelement: Gipsplatte GK, Gipsfaserplatte GF o. Holzwerkstoffplatte HW, m' ≥ 15 kg/m²

[2] Mineralwolle-Dämmplatte MW mit Anwendungsgebiet nach Einsatzbereich: Für mineralisch gebundene Estriche: DES-sg; mit der angegebenen dynamischen Steifigkeit s'

[3] Holzfaser WF mit Anwendungsgebiet nach Einsatzbereich: für mineralisch gebundene Estriche: DES-sg und der angegebenen dynamischen Steifigkeit s'

[4] Betonplatten mit Flächenmaßen von ≤ 300 mm × 300 mm und einer Rohdichte von ρ ≥ 2500 kg/m³; Restfeuchte ≤ 1,8 %; auf Rohdecke verklebt oder in Sandbett gelagert

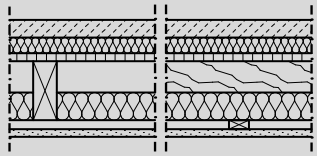
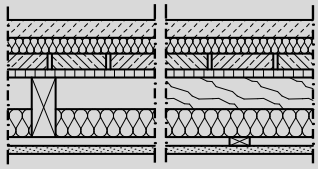
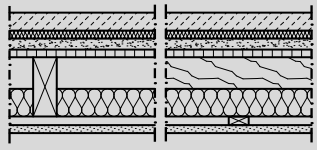
[5] Spanplatte SP, OSB Verlegeplatten oder BFU Platten der Dicken 18 mm bis 25 mm, bei offener Holzbalkendecke alternativ 28 mm Sichtschalung HFS + 12 mm BFU-Platte. Zusätzliche Verkleidungen der Holzwerkstoffplatten aus Gipsplatten GK oder Sichtschalungen NFS im Balkenzwischenraum sind direkt auf die Holzwerkstoffplatte aufzubringen (ohne zusätzlichen Hohlraum).

[6] Tragkonstruktion nach Statik: Balken aus Vollholz oder Brettschichtholz; mind. 60 mm × 180 mm, alternativ auch Stegträger der Höhe 240 mm bis 406 mm; Achsabstand ≥ 625 mm

[7] Fertigteilestrichelement: Gipsfaserplatten GF o. zementgebundenen Spanplatten ZSP, m′ ≥ 29 kg/m²

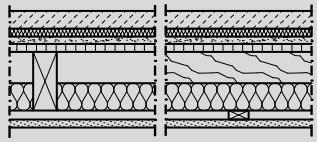
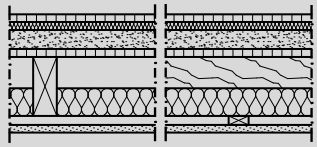
[8] Trockenes Schüttgut mit einer Schüttdichte ρ ≥ 1500 kg/m³; Restfeuchte ≤ 1,8 %; gegen Verrutschen gesichert mittels Pappwaben, Sandmatten, Lattengitter (Feldgröße etwa 800 mm × 800 mm) o. ä.

Tabelle 11.3.1-3 Bewertete Schalldämm-Maße und bewertete Norm-Trittschallpegel von Holzbalkendecken mit Aufbauten aus mineralisch gebundenen Estrichen, mit und ohne Plattenbeschwerung und **Unterdecken an Holzlattung** nach DIN 4109-33

	1	2	3	4	5
1	Deckenausbildung - Horizontalschnitt	Aufbau / Konstruktionsdetails		bewerteter Norm-Trittschall-pegel	bewertetes Schall-dämm-Maß
		mm	Bauteilbeschreibung	$L_{n,w}$ in dB (C_I)	R_w in dB (C ; C_{tr})
2		≥ 50	Estrich [1]	54 (2)	63 (–5; –11)
		≥ 40	Mineralwolledämmplatte (s′ ≤ 6 MN/m³); Anwendungsgebiet DES-sh) [2]		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [3]		
		220	Balken oder Stegträger [4]		
		100	Hohlraumdämpfung [2]		
		24	Lattung [5]		
		12,5	Gipsplatte [6]		
3		≥ 50	Estrich [1]	48 (3)	65 (–5; –13)
		≥ 40	Mineralwolledämmplatte (s′ ≤ 6 MN/m³) [2]		
		≥ 40	Plattenbeschwerung [7] (m′ ≥ 50 kg/m²)		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [3]		
		220	Balken oder Stegträger [4]		
		100	Hohlraumdämpfung [2]		
		24	Lattung [5]		
		12,5	Gipsplatte [6]		
4		≥ 50	Estrich [1]	46 (2)	67 (–4; –11)
		≥ 20	Mineralwolledämmplatte (s′ ≤ 10 MN/m³); Anwendungsgebiet DES-sh) [2]		
		30	Schüttung[4] (m′ ≥ 45 kg/m²) Rieselschutz		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [3]		
		220	Balken oder Stegträger [4]		
		100	Hohlraumdämpfung [2]		
		24	Lattung [5]		
		12,5	Gipsplatte [6]		

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 11.3.1-3 Bewertete Schalldämm-Maße und bewertete Norm-Trittschallpegel von Holzbalkendecken mit Aufbauten aus Estrichen, mit und ohne Rohdeckenbeschwerung und **Unterdecken an Holzlattung** nach DIN 4109-33 (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5
1	Deckenausbildung - Horizontalschnitt	Aufbau / Konstruktionsdetails		bewerteter Norm-Trittschall-pegel	bewertetes Schall-dämm-Maß
		mm	Bauteilbeschreibung	$L_{n,w}$ in dB (C_I)	R_w in dB (C; C_{tr})
5		≥ 50	Estrich [1)]	51 (1)	67 (–4; –11)
		≥ 15	Mineralwolledämmplatte MW (s′ ≤ 10 MN/m³) [2)]		
		18	Schüttung[8)] (m′ ≥ 25 kg/m²) Rieselschutz		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [3)]		
		220	Balken oder Stegträger [4)]		
		100	Hohlraumdämpfung [2)]		
		24	Lattung [5)]		
		12,5	Gipsplatte [6)]		
6		≥ 22	Zementgebundene Spanplatte ZSP oder Gipsfaserplatte GF [9)]	55 (2)	61 (–6; –13)
		≥ 20	Mineralwolledämmplatte MW (s′ ≤ 30 MN/m³) [2)]		
		60	Schüttung[8)] (m′ ≥ 90 kg/m²) Rieselschutz		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [3)]		
		220	Balken oder Stegträger [4)]		
		100	Hohlraumdämpfung [2)]		
		24	Lattung [5)]		
		12,5	Gipsplatte [6)]		

1) Zement- Magnesia- oder Calciumsulfatestrich nach DIN 18560, m' ≥ 120 kg/m²

2) Mineralwolle MW oder Holzfaser WF mit Anwendungsgebiet nach Einsatzbereich und der angegebenen dynamischen Steifigkeit s':
- für mineralisch gebundene Estriche: MW mit DES-sh
- für Hohlraumdämpfung: MW oder WF mit DZ oder DAD-dk

3) Spanplatte SP, OSB Verlegeplatte oder BFU Platte der Dicke 18 mm bis 25 mm

4) Tragkonstruktion nach Statik: Balken aus Vollholz oder Brettschichtholz; mind. 60 mm × 180 mm, alternativ auch Stegträger der Höhe 240 mm bis 406 mm; Achsabstand ≥ 625 mm

5) Lattung 24 mm × 48 mm; Achsabstand ≥ 415 mm

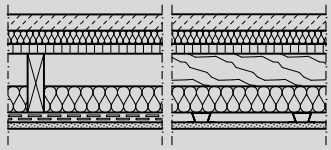
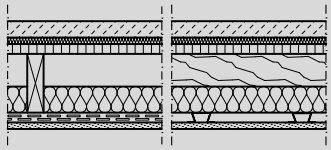
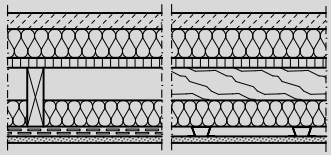
6) Gipsplatte GK, alternativ Gipsfaserplatte GF der Dicke 10 mm

7) Plattenmaterial mit einer Rohdichte ρ ≥ 1000 kg/m³ (z. B. zementgebundene Spanplatte ZSP), Abmessungen und Verlegung entsprechend

8) Trockenes Schüttgut (Schüttdichte ρ ≥ 1500 kg/m³; Restfeuchte ≤ 1,8 %), gegen Verrutschen gesichert mittels Pappwaben, Sandmatten, Lattengitter (Feldgröße etwa 800 mm × 800 mm) o. ä.

9) Fertigteilestrichelement aus Gipsfaserplatte GF oder zementgebund. Spanplatte ZSP, m′ ≥ 29 kg/m²

Tabelle 11.3.1-4 Bewertete Schalldämm-Maße und bewertete Norm-Trittschallpegel von Holzbalkendecken mit Aufbauten aus Estrichen und **Unterdecken an Federschienen** nach DIN 4109-33

	1	2	3	4	5
1	Deckenausbildung - Horizontalschnitt	Aufbau / Konstruktionsdetails		bewerteter Norm-Trittschall-pegel	bewertetes Schall-dämm-Maß
		mm	Bauteilbeschreibung	$L_{n,w}$ in dB (C_I)	R_w in dB (C ; C_{tr})
2		≥ 50	Estrich [1]	46 (0)	70 (–3; –9)
		≥ 40	Mineralwolledämmplatte MW (s′ ≤ 6 MN/m³) [2]		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [3]		
		220	Balken oder Stegträger [4]		
		100	Hohlraumdämpfung [2]		
		27	Federschiene [5]		
		12,5	Gipsplatte [6]		
3		≥ 50	Estrich [1]	48 (1)	69 (–3; –10)
		≥ 15	Mineralwolledämmplatte MW (s′ ≤ 10 MN/m³) [2]		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [3]		
		220	Balken oder Stegträger [4]		
		100	Hohlraumdämpfung [2]		
		27	Federschiene [5]		
		12,5	Gipsplatte [6]		
3		≥ 50	Estrich [1]	50 (0)	≥ 70
		60	Holzfaserdämmplatte WF (2 Lagen 30 mm, s'_{ges} ≤ 10 MN/m³) [2]		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [3]		
		220	Balken oder Stegträger [4]		
		100	Hohlraumdämpfung [2]		
		27	Federschiene [5]		
		12,5	Gipsplatte [6]		

[1] Zement- Magnesia- oder Calciumsulfatestrich nach DIN 18560, m' ≥ 120 kg/m²

[2] Mineralwolle MW oder Holzfaser WF mit Anwendungsgebiet nach Einsatzbereich und der angegebenen dynamischen Steifigkeit s':
- für mineralisch gebundene Estriche: MW mit DES-sh;
- für Hohlraumdämpfung: MW oder WF mit DZ oder DAD-dk

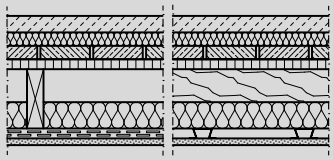
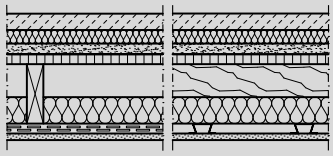
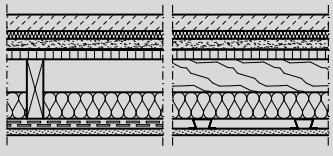
[3] Spanplatte SP, OSB Verlegeplatte oder BFU Platte der Dicke 18 mm bis 25 mm

[4] Tragkonstruktion nach Statik: Balken aus Vollholz oder Brettschichtholz; mind. 60 mm × 180 mm, alternativ auch Stegträger der Höhe 240 mm bis 406 mm; Achsabstand ≥ 625 mm

[5] Federschiene mit Achsabstand ≥ 415 mm; Montage nach Anwendervorschrift

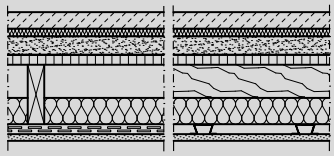
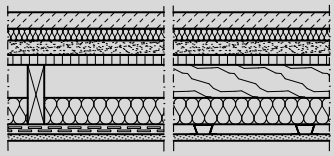
[6] Gipsplatte GK, alternativ Gipsfaserplatte GF der Dicke 10 mm

Tabelle 11.3.1-5 Bewertete Schalldämm-Maße und bewertete Norm-Trittschallpegel von Holzbalkendecken mit Aufbauten aus Estrichen und **Unterdecken an Federschienen** nach DIN 4109-33

	1	2	3	4	5
1	Deckenausbildung - Horizontalschnitt	Aufbau / Konstruktionsdetails		bewerteter Norm-Trittschall-pegel	bewertetes Schall-dämm-Maß
		mm	Bauteilbeschreibung	$L_{n,w}$ in dB (C_I)	R_w in dB (C ; C_{tr})
2		≥ 50	Estrich [1)]	30 (0)	≥ 70
		≥ 40	Mineralwolledämmplatte MW (s′ ≤ 6 MN/m³) [2)]		
		≥ 40	Betonsteinbeschwerung (m′ ≥ 100 kg/m²) [8)]		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [4)]		
		220	Balken oder Stegträger [5)]		
		100	Hohlraumdämpfung [2)]		
		27	Federschiene [6)]		
		12,5	Gipsplatte [7)]		
3		≥ 50	Estrich [1)]	34 (0)	≥ 70
		≥ 40	Mineralwolledämmplatte MW (s′ ≤ 6 MN/m³) [2)]		
		≥ 30	Schüttung (m′ ≥ 45 kg/m²) Rieselschutz [3)]		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [4)]		
		220	Balken oder Stegträger [5)]		
		100	Hohlraumdämpfung [2)]		
		27	Federschiene [6)]		
		12,5	Gipsplatte [7)]		
4		≥ 50	Estrich [1)]	34 (0)	≥ 70
		≥ 40	Mineralwolledämmplatte MW (s′ ≤ 6 MN/m³) [2)]		
		≥ 30	Schüttung (m′ ≥ 45 kg/m²) Rieselschutz [3)]		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [4)]		
		220	Balken oder Stegträger [5)]		
		100	Hohlraumdämpfung [2)]		
		27	Federschiene [6)]		
		12,5	Gipsplatte [7)]		

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 11.3.1-5 Bewertete Schalldämm-Maße und bewertete Norm-Trittschallpegel von Holzbalkendecken mit Aufbauten aus Estrichen und **Unterdecken an Federschienen** nach DIN 4109-33 (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5
1	Deckenausbildung - Horizontalschnitt	Aufbau / Konstruktionsdetails		bewerteter Norm-Trittschall-pegel	bewertetes Schall-dämm-Maß
		mm	Bauteilbeschreibung	$L_{n,w}$ in dB (C_I)	R_w in dB (C ; C_{tr})
5		≥ 50	Estrich [1]	31 (0)	≥ 70
		≥ 20	Mineralwolledämmplatte MW (s′ ≤ 8 MN/m³) [2]		
		≥ 60	Schüttung (m′ ≥ 90 kg/m²) Rieselschutz [3]		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [4]		
		220	Balken oder Stegträger [5]		
		100	Hohlraumdämpfung [2]		
		27	Federschiene [6]		
		12,5	Gipsplatte [7]		
6		≥ 50	Estrich [1]	40 (-1)	≥ 70
		≥ 30	Holzfaserdämmplatte WF (s′ ≤ 20 MN/m³) [2]		
		≥ 50	Schüttung (m′ ≥ 75 kg/m²) Rieselschutz [3]		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [4]		
		220	Balken oder Stegträger [5]		
		100	Hohlraumdämpfung [2]		
		27	Federschiene [6]		
		12,5	Gipsplatte [7]		

[1] Zement- Magnesia- oder Calciumsulfatestrich nach DIN 18560, m' ≥ 120 kg/m²

[2] Mineralwolle MW oder Holzfaser WF mit Anwendungsgebiet nach Einsatzbereich und der angegebenen dynamischen Steifigkeit s':
- für mineralisch gebundene Estriche: MW mit DES-sh; WF mit DES-sg;
- für Hohlraumdämpfung: MW oder WF mit DZ oder DAD-dk

[3] Trockenes Schüttgut (Schüttdichte ρ ≥ 1500 kg/m³; Restfeuchte ≤ 1,8 %), gegen Verrutschen gesichert mittels Pappwaben, Sandmatten, Lattengitter (Feldgröße etwa 800 mm × 800 mm) o. ä.

[4] Spanplatte SP, OSB Verlegeplatte oder BFU Platte der Dicke 18 mm bis 25 mm

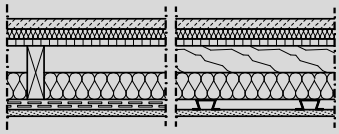
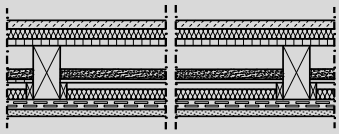
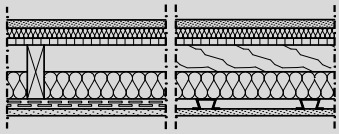
[5] Tragkonstruktion nach Statik: Balken aus Vollholz oder Brettschichtholz; mind. 60 mm × 180 mm, alternativ auch Stegträger der Höhe 240 mm bis 406 mm; Achsabstand ≥ 625 mm

[6] Federschiene mit Achsabstand ≥ 415 mm; Montage nach Anwendervorschrift

[7] Gipsplatte GK, alternativ Gipsfaserplatte GF der Dicke 10 mm

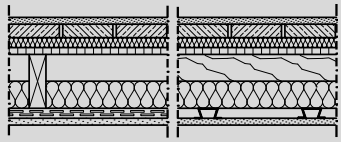
[8] Betonplatten mit Flächenmaßen von ≤ 300 mm × 300 mm und einer Rohdichte von ρ ≥ 2500 kg/m³; Restfeuchte ≤ 1,8 %; auf Rohdecke verklebt oder in Sandbett gelagert

Tabelle 11.3.1-6 Bewertete Schalldämm-Maße und bewertete Norm-Trittschallpegel von Holzbalkendecken mit Aufbauten aus Gußasphalt- oder Fertigteilestrich nach DIN 4109-33

	1	2	3	4	5
1	Deckenausbildung - Horizontalschnitt	Aufbau / Konstruktionsdetails		bewerteter Norm-Trittschall-pegel	bewertetes Schall-dämm-Maß
		mm	Bauteilbeschreibung	$L_{n,w}$ in dB (C_I)	R_w in dB (C; C_{tr})
2		30	Gussasphaltestrich [1)]	50 (1)	64 (–4; –10)
		≥ 25	Mineralwolledämmplatte MW oder Holzfaserdämmplatten WF (s′ ≤ 30 MN/m³) [2), 4)]		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [5)]		
		220	Balken oder Stegträger [6)]		
		100	Hohlraumdämpfung [2)]		
		27	Federschiene [8)]		
		12,5	Gipsplatte [9)]		
3		25	Gussasphaltestrich [1)]	48 (4)	---
		30	Blähperlit/Mineralwolle Mehrschichtdämmplatte (s′ ≤ 30 MN/m³) [2)]		
		22	Holzdielen [5)]		
		220	Holzbalken [6)]		
		100	Hohlraumdämpfung [2)]		
		27	Federschiene [8)]		
		12,5	Gipsplatte [9)]		
4		22	Trockenestrichelement [10)]	56 (0)	63 (–4; –11)
		≥ 25	Mineralwolledämmplatte MW (s′ ≤ 15 MN/m³) [2), 4)]		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [5)]		
		220	Balken oder Stegträger [6)]		
		100	Hohlraumdämpfung [2)]		
		27	Federschiene [8)]		
		12,5	Gipsplatte [9)]		

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 11.3.1-6 Bewertete Schalldämm-Maße und bewertete Norm-Trittschallpegel von Holzbalkendecken mit Aufbauten aus Gußasphalt- oder Fertigteilestrich nach DIN 4109-33 (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5
1	Deckenausbildung - Horizontalschnitt	Aufbau / Konstruktionsdetails		bewerteter Norm-Trittschall-pegel	bewertetes Schall-dämm-Maß
		mm	Bauteilbeschreibung	$L_{n,w}$ in dB (C_I)	R_w in dB (C ; C_{tr})
5		≥ 50	Trockenestrich [1)]	48 (2)	66 (–4; –11)
		≥ 20	Elementierte Beschwerung (m′ ≥ 40 kg/m^2) [11)]		
		≥ 60	Mineralwolledämmplatte MW (s′ ≤ 30 MN/m^3) [2)]		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [5)]		
		220	Balken oder Stegträger [6)]		
		100	Hohlraumdämpfung [2)]		
		27	Federschiene [8)]		
		12,5	Gipsplatte [9)]		

1) Gussasphaltestrich nach DIN 18560-2 mit flächenbezogener Masse m' ≥ 57,5 kg/m^2 (Nenndicke 25 mm) bzw. m′ ≥ 69 kg/m^2 (Nenndicke 30 mm).

2) Mineralwolle MW oder Holzfaser WF mit Anwendungsgebiet nach Einsatzbereich und der angegebenen dynamischen Steifigkeit *s*′:
- für Fertigteilestrich und Gussasphalt: MW mit DES-sm und WF mit DES-sg;
- für Hohlraumdämpfung: MW oder WF mit DZ oder DAD-dk

3) Blähperlit/Mineralwolle Mehrschicht-Trittschalldämmplatte EPB/MW mit Anwendungsgebiet nach Einsatzbereich und mit der angegebenen dynamischen Steifigkeit s′: für Gussasphaltestrich: EPB/MW mit DES-sg.

4) Bei Gussasphaltestrichen müssen nach DIN 18560-2 Trittschalldämmstoffe mit einer temperaturbeständigen, ausreichend dicken und verformungsbeständigen Dämmplatte abgedeckt werden (DEO-ds, d ≥ 13 mm, CS(10) ≥ 200 kPa, CC(i1/i2/10) ≥ 80 kPa).

5) Spanplatte SP, OSB Verlegeplatten oder BFU Platten der Dicken 18 mm bis 25 mm oder Holzdielen der Dicke 21 mm.

6) Tragkonstruktion nach Statik je nach Deckentyp: Balken aus Vollholz oder Brettschichtholz; Mindestmaße 60 mm × 180 mm, alternativ auch Stegträger der Höhe 240 mm bis 406 mm; Achsabstand ≥ 625 mm.

7) Trockener Sand mit der Schüttdichte ρ = 2000 kg/m^3.

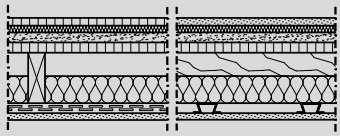
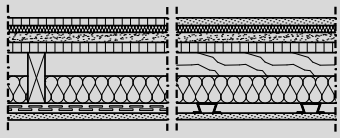
8) Federschiene mit Achsabstand ≥ 415 mm; Montage nach Anwendervorschrift

9) Gipsplatte GK, alternativ Gipsfaserplatte GF der Dicke 10 mm

10) Trockenestrich aus Gipsplatten GK, Gipsfaserplatte GF oder Holzwerkstoff Verlegeplatte HW, m′ ≥ 15 kg/m^2.

11) Plattenelemente von ≤ 300 mm × 300 mm und einer Rohdichte von ρ ≥ 1000 kg/m^3; lose unter Fertigteilestrich verlegt.

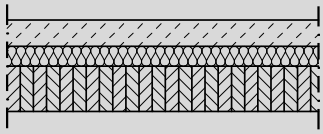
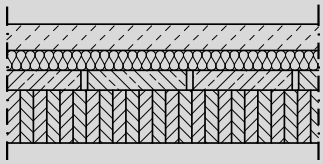
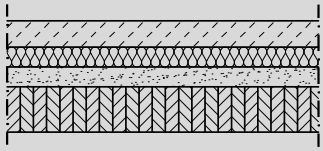
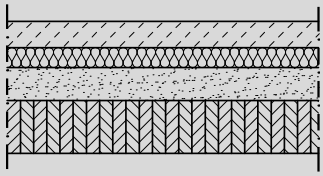
Tabelle 11.3.1-7 Bewertete Schalldämm-Maße und bewertete Norm-Trittschallpegel von Holzbalkendecken mit Aufbauten aus Fertigteilestrich und Rohdeckenbeschwerung

	1	2	3	4	5
1	Deckenausbildung - Horizontalschnitt	Aufbau / Konstruktionsdetails		bewerteter Norm-Trittschall-pegel	bewertetes Schall-dämm-Maß
		mm	Bauteilbeschreibung	$L_{n,w}$ in dB (C_I)	R_w in dB (C ; C_{tr})
2		≥ 22	zementgebundene Spanplatte ZSP oder Gipsfaserplatte GF[1)]	41 (2)	69 (–4; –11)
		≥ 20	Mineralwolledämmplatte MW (s′ ≤ 30 MN/m³) [2)]		
		≥ 30	Schüttung (m′ ≥ 45 kg/m²) Rieselschutz [3)]		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [4)]		
		220	Balken oder Stegträger [5)]		
		100	Hohlraumdämpfung [2)]		
		27	Federschiene [6)]		
		12,5	Gipsplatte [7)]		
3		≥ 22	zementgebundene Spanplatte ZSP oder Gipsfaserplatte GF[1)]	45 (1)	67 (–4; –10)
		≥ 20	Holzfaserdämmplatte WF (s′ ≤ 30 MN/m³) [2)]		
		≥ 30	Schüttung (m′ ≥ 45 kg/m²) Rieselschutz [3)]		
		22	Holzwerkstoffplatte HW [4)]		
		220	Balken oder Stegträger [5)]		
		100	Hohlraumdämpfung [2)]		
		27	Federschiene [6)]		
		12,5	Gipsplatte [7)]		

1) Fertigteilestrichelement aus Gipsfaserplatten GF oder zementgeb. Spanplatten ZSP, m′ ≥ 29 kg/m².
2) Mineralwolle MW oder Holzfaser WF mit Anwendungsgebiet nach Einsatzbereich und der angegebenen dynamischen Steifigkeit *s′*:
- für Fertigteilestriche: MW mit DES-sm und WF mit DES-sg;
- für Hohlraumdämpfung: MW oder WF mit DZ oder DAD-dk
3) Trockenes Schüttgut (Schüttdichte ρ ≥ 1500 kg/m³; Restfeuchte ≤ 1,8 %), gegen Verrutschen gesichert mittels Pappwaben, Sandmatten, Lattengitter (Feldgröße etwa 800 mm × 800 mm) o. ä.
4) Spanplatte SP, OSB Verlegeplatten oder BFU Platten der Dicken 18 mm bis 25 mm oder Holzdielen der Dicke 21 mm.
5) Tragkonstruktion nach Statik je nach Deckentyp: Balken aus Vollholz oder Brettschichtholz; Mindestmaße 60 mm × 180 mm, alternativ auch Stegträger der Höhe 240 mm bis 406 mm; Achsabstand ≥ 625 mm.
6) Federschiene mit Achsabstand ≥ 415 mm; Montage nach Anwendervorschrift.
7) Gipsplatte GK, alternativ Gipsfaserplatte GF der Dicke 10 mm.

Brettstapeldecken

Tabelle 11.3.1-8 Bewertete Schalldämm-Maße u. bewertete Norm-Trittschallpegel von Brettstapeldecken mit Aufbauten aus Estrichen und Rohdeckenbeschwerung nach DIN 4109-33

	1	2	3	4	5
1	Deckenausbildung - Horizontalschnitt	Aufbau / Konstruktionsdetails		bewerteter Norm-Trittschall-pegel	bewertetes Schall-dämm-Maß
		mm	Bauteilbeschreibung	$L_{n,w}$ in dB (C_I)	R_w in dB (C ; C_{tr})
2		≥ 50	Estrich [1]	56 (-3)	62 (–2; –7)
		≥ 40	Mineralwolledämmplatte MW (s′ ≤ 6 MN/m³) [2]		
		120	Brettstapeldecke[4], genagelt oder Dübelholz		
3		≥ 50	Estrich [1]	45 (-1)	≥ 70
		≥ 40	Mineralwolledämmplatte MW (s′ ≤ 6 MN/m³) [2]		
		≥ 40	Betonsteinbeschwerung (m′ ≥ 100 kg/m²) [3]		
		140	Brettstapeldecke, genagelt oder flachkant verlegtes Brettschichtholz [4]		
4		≥ 50	Estrich [1]	46 (-1)	68 (–3; –10)
		≥ 40	Mineralwolledämmplatte MW (s′ ≤ 6 MN/m³) [2]		
		≥ 40	Schüttung (m′ ≥ 60 kg/m²) Rieselschutz [5]		
		120	Brettstapeldecke, genagelt [4]		
5		≥ 50	Estrich [1]	41 (-1)	70 (–4; –10)
		≥ 40	Mineralwolledämmplatte MW (s′ ≤ 6 MN/m³) [2]		
		≥ 80	Schüttung (m′ ≥ 120 kg/m²) Rieselschutz [5]		
		140	Brettstapeldecke, genagelt oder Brettschichtholz [4]		

[1] Zement- Magnesia- oder Calciumsulfatestrich nach DIN 18560, m' ≥ 120 kg/m²

[2] Mineralwolle MW mit Anwendungsgebiet nach Einsatzbereich und der angegebenen dynamischen Steifigkeit s': für mineralisch gebundene Estriche: MW mit DES-sh;

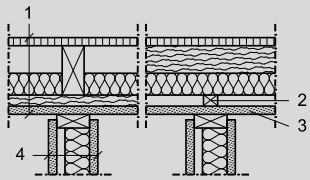
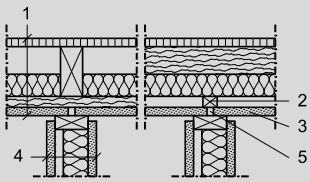
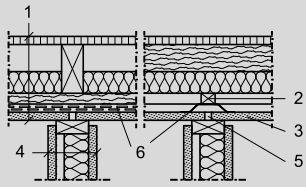
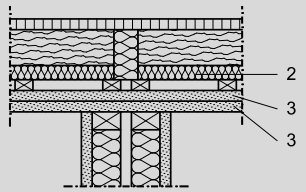
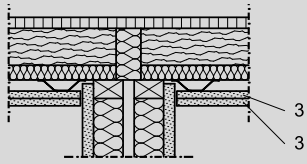
[3] Betonplatten mit Flächenmaßen von ≤ 300 mm × 300 mm und einer Rohdichte von ρ ≥ 2500 kg/m³; auf Rohdecke verklebt oder in Sandbett gelagert.

[4] Tragkonstruktion nach Statik je nach Deckentyp:
- Balken aus Vollholz oder Brettschichtholz; Mindestmaße 60 mm × 180 mm, alternativ auch Stegträger der Höhe 240 mm bis 406 mm; Achsabstand ≥ 625 mm.
- Brettstapelelemente, oder Elemente aus Brettschichtholz, Mindestdicke 120 mm; Breite der Einzellamellen 30 mm bis 60 mm.

[5] Trockenes Schüttgut mit einer Schüttdichte ρ ≥ 1500 kg/m³; gegen Verrutschen gesichert mittels Pappwaben, Sandmatten, Lattengitter (Feldgröße etwa 800 mm × 800 mm) o. ä.

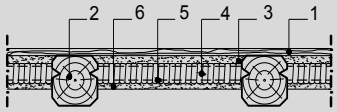
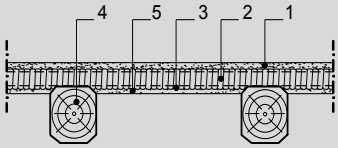
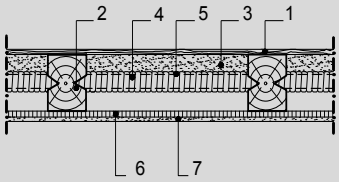
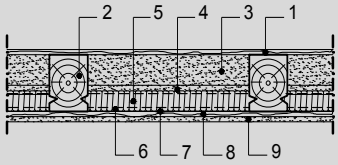
Flankenschallpegeldifferenzen von Holzbalkendecken

Tabelle 11.3.1-9 Bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz von Holzbalkendecken mit Unterdecken bei horizontaler Schallübertragung nach DIN 4109-33

	1	2	3	4
1	Deckenanschluss - Vertikalschnitt	Konstruktionsdetails	Bekleidung	bewertete Norm-Flankenschall-pegeldifferenz $D_{n,f,w}$ in dB
2		1 flankierende Decke 2 Lattung (durchlaufend) 3 Bekleidung aus biegeweicher Schale 4 Trennwand, parallel oder senkrecht zur Balkenlage	Gipsplatte	52
3			Spanplatte	48
4		1 flankierende Decke 2 Lattung (durchlaufend) 3 Bekleidung aus biegeweicher Schale 4 Trennwand, parallel oder senkrecht zur Balkenlage 5 Trennfuge (Schlitz)	Gipsplatte	54
5		1 flankierende Decke 2 Lattung (durchlaufend) 3 Bekleidung aus biegeweicher Schale an Federschienen 5 Trennfuge (Schlitz) 6 Federschiene	Spanplatte	59
6		3 Bekleidung über Lattung an Decke befestigt	2 x Gipsfaser	61
7		3 Bekleidung über Lattung an Decke befestigt	2 x Gipsfaser	61
8		3 Bekleidung über Federbügel an Decke befestigt	2 x Gipsfaser	67

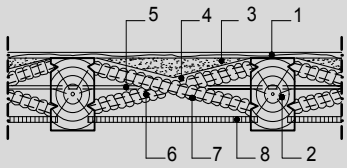
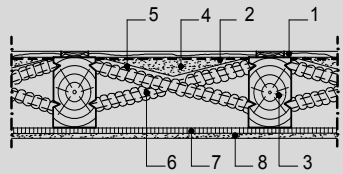
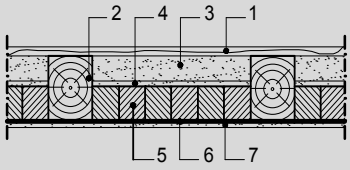
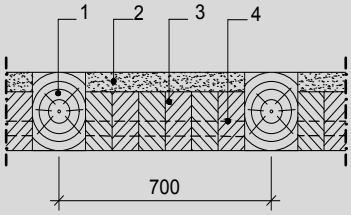
Altbau-Fachwerkdecken

Tabelle 11.3.1-10 Anhaltswerte für das bewertete Luftschalldämm-Maß und den bewerteten Norm-Trittschallpegel von älteren Fachwerkdecken nach [71] bis [73]

	1	2	3	4
1	Konstruktion		R'_w	$L'_{n,w}$
2	Schnitt	Schichten	in dB	in dB
3	***halber Windelboden*** 	① 30 mm Dielung ② 220 x 220 mm Deckenbalken, teilweise sichtbar, $e \approx 800$ mm, dazwischen ③ 40-60 mm Lehm/Sand ④ 40-60 mm Stakhölzer ⑤ Strohlehm ⑥ 20 mm Lehmputz	≈ 43	≈ 84
4	***gestreckter Windelboden*** 	① 40 mm Lehm ② 40-60 mm Stakhölzer ③ Strohlehm ④ 220 x 240 mm Deckenbalken, teilweise sichtbar, e = 800-1000 mm, dazwischen: ⑤ 30 mm Lehmputz	≈ 43	≈ 81
5	***halber Windelboden*** 	① 25 mm Dielung ② 180 x 240 mm Deckenbalken, nicht sichtbar, e = 800-900 mm dazwischen: ③ 65 mm Lehmschlag ④ 40 mm Wellerhölzer ⑤ Lehm-/Strohwickel ⑥ 25 mm Deckenschalung ⑦ 20 mm Rohrputz	≈ 44	≈ 82
6	***ganzer Windelboden*** 	① 30 mm Dielung ② 180 x 240 mm Deckenbalken, nicht sichtbar, e = 1000-1200 mm dazwischen: ③ Auffüllung mit Lehm/Sand ④ Lehmverstrich ⑤ 30 mm Wellerhölzer ⑥ Strohwickel ⑦ Lehmputz ⑧ 25 mm Deckenschalung ⑨ 20 mm Rohrputz	≈ 47	≈ 79

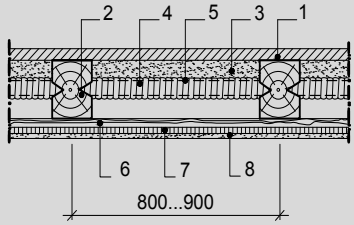
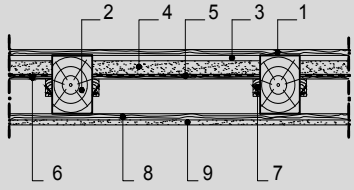
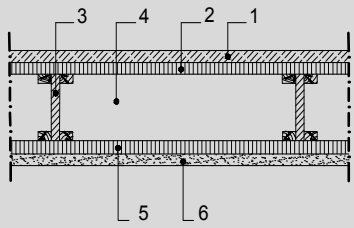
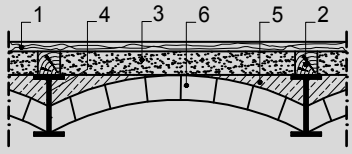
(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 11.3.1-10 Anhaltswerte für das bewertete Luftschalldämm-Maß und den bewerteten Norm-Trittschallpegel von älteren Fachwerkdecken nach [71] bis [73] (Fortsetzung)

	1	2		3
	Konstruktion		R'_w	$L'_{n,w}$
	Schnitt	Schichten	in dB	in dB
7	***Kreuzstakendecke*** 	① 25 mm Dielung ② 200 x 300 mm Deckenbalken, teilweise sichtbar, *e* = 700-800 mm dazwischen: ③ Sandauffüllung ④ Lehmverstrich ⑤ Zuganker ⑥ 30 mm Kreuzstaken ⑦ Strohlehm ⑧ 25 mm Sturzboden	≈45	≈ 83
8	***Kreuzstakendecke*** 	① 40 mm Dielung ② Bandeisen ③ 180 x 240 mm Deckenbalken, nicht sichtbar, *e* = 800 mm dazwischen: ④ Auffüllung mit Lehm/Sand ⑤ 50 mm Lehmschlag ⑥ 30 mm Kreuzstaken ⑦ 25 mm Deckenschalung ⑧ 20 mm Rohrputz	≈ 45	≈ 83
9	***Dübelbodendecke*** 	① 40 mm Dielung ② 200 x 260 mm Deckenbalken, nicht sichtbar, *e* = 900-1100 mm dazwischen: ③ Auffüllung mit Lehm/Sand ④ Lehmverstrich ⑤ 120 x 140 mm Dübelbalken ⑥ Bandeisen, 50 x 10 mm ⑦ 20 mm Rohrputz	≈ 49	≈ 80
10	***Dollendecke*** *(ca. 1760)* 	① 300 x 340 mm Deckenbalken *e* = 700 mm, dazwischen: ② 80 mm Lehmverstrich ③ 200 x 260 mm Balken, dicht nebeneinander liegend, durch ④ sichernde Runddübel (Dollen, ∅ 50 mm) miteinander verbunden		≈ 67

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 11.3.1-10 Anhaltswerte für das bewertete Luftschalldämm-Maß und den bewerteten Norm-Trittschallpegel von älteren Fachwerkdecken nach [71] bis [73] (Fortsetzung)

	1	2		3
	Konstruktion		R'_w	$L'_{n,w}$
	Schnitt	Schichten	in dB	in dB
11	***halber Windelboden*** *(1790 - 1870)* 	① 15 mm Gipsestrich ② 180 x 240 mm Deckenbalken, nicht sichtbar, *e* = 800-900 mm dazwischen: ③ 100 mm Strohlehm ④ 60 mm Wellerhölzer ⑤ Lehm/Strohwickel ⑥ 35 mm Lattung ⑦ 25 mm Deckenschalung ⑧ 20 mm Rohrputz		≈ 66
12	***Einschubdecke*** *(1870 - 1930)* 	① 24 mm Dielung ② 200 x 260 mm Deckenbalken, nicht sichtbar, *e* = 800-900 mm dazwischen: ③ 20 mm Hohlraum ④ ≈ 100 mm Auffüllung mit Lehm/Sand ⑤ 10 mm Bitumen-Filzpappe ⑥ 20 mm Schwartenbretter ⑦ 40 x 60 mm Latten ⑧ 20 mm Deckenschalung ⑨ 20 mm Rohrputz	40 bis 44	62 bis 70
13	***Holzträgerdecke*** *(1930 - 1960)* 	① 25 mm Anhydritestrich ② 30 mm Holzwolle-Leichtbauplatten ③ 260 mm zusammengesetzter Träger, nicht sichtbar, *e* = 650 mm dazwischen: ④ Hohlraum ⑤ 30 mm Holzwolle-Leichtbauplatten ⑥ 20 mm Putz	42 bis 43	62 bis 70
14	***Kappendecke*** *(ab 1900)* 	① 25 mm Dielung ② 60 mm Lagerhölzer dazwischen: ③ Auffüllung mit Sand oder Schlacke ④ Stahlträger, dawischen ⑤ Betonauffüllung ⑥ Ziegelsteine		86 bis 90

11.4 Treppen

11.4.1 Treppen in Stahlleichtbauweise

Untersuchungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass die Trittschalldämmung der in Reihenhäusern und Maisonettewohnungen ausgeführten Leichtbautreppen in Stahl- oder Holzbauweise oft unzureichend ist und dann als sehr störend empfunden wird.

Leichtbautreppen werden in der Regel punktuell an Wohnungs-, Haustrennwänden, Innenwänden und der Rohdecke oder auf dem schwimmenden Estrich befestigt. Dadurch erfolgt beim Begehen der Treppe die Körperschallübertragung in den Baukörper.

Zur Prognose der Trittschallübertragung von Leichtbautreppen existiert bisher keine genormtes Rechenverfahren, Planer sind daher auf wenige schalltechnische Untersuchungen, z.B. [74] bis [76] und Erfahrungswerte angewiesen.

Einfluss des Baukörpers

Die Trittschalldämmung einer Leichtbautreppe wird entscheidend durch die Schalldämmung der Wand geprägt, an der sie befestigt ist. D.h., im Massivbau sind Treppenraumwände mit einer hohen flächenbezogenen Masse zu wählen. Bei Beschwerden sind immer zuerst die schalldämmenden Eigenschaften der Wände und Decken zu prüfen und ggf. zu verbessern.

Grundrissgestaltung

Treppen sollten möglichst an Wänden angebracht werden, die nicht direkt an schutzbedürftige Räume grenzen, um Schallminderungen durch die Stoßstellendämmung zu erreichen.

Befestigungspunkte

Die Körperschallanregung der angrenzenden Bauteile ist abhängig von der Art, Lage und Anzahl der Ankopplungspunkte. Wirkungsvolle Entkopplungen sind möglich:

- Einsatz von federnden Elementen (Elastomerlager), z.B.
  - elastische Auflager zwischen Treppenstufe und Holm
  - Schalldämmunterlagen bei den Auflagern (Antritt / Austritt)
  - schalldämmende Wandanker (siehe Bilder 11.4.1-1 und 11.4.1-2)
- Bei ausreichender Holmstärke von geradlinigen Stahlholmtreppen oder ausreichender Höhe der Wangen bei Holzwangentreppen ist ein Verzicht/eine Reduzierung auf Wandlager möglich, oder es kann der Ersatz eines Wandlagers durch eine Stütze geprüft werden.
- Abrücken der Wange einer Holztreppe von der Treppenraumwand und Einsatz von Eckauflagern, die keine Verbindung zur Trennwand haben
- Aufgrund des Schwingungsverhaltens einer Wand sind Ankopplungspunkte im Randbereich der Wand günstiger als in Wandmitte.
- Die Auflagerung der Treppe auf den schwimmenden Estrich mindert die Trittschalleinleitung in die Rohdecke, es sind aber statische Vorgaben zu beachten.
- Bei Auflagerung der Treppe direkt auf der Rohdecke ist auf jeden Fall eine Elastomerlagerung erforderlich. Zu beachten ist, dass durch die Durchdringung (der Holme) durch den Estrich keine Schallbrücken zwischen Estrich und Rohdecke entstehen sollten.

Weichfedernde Gehbeläge mindern den Trittschall nur im hohen Frequenzbereich. Die Anregung beim Begehen der Treppe erfolgt jedoch hauptsächlich bei tiefen Frequenzen, sodass hier z.B. durch einen Teppichbelag kaum eine Trittschallminderung erfolgt.

Ebenso zu beachten ist, dass die elastischen Lagermaterialien auf die tieffrequente Anregung der Trittgeräusche auszulegen ist. Es sind daher geprüfte Systeme zu verwenden oder es sollte ein Fachmann zu Rate gezogen werden.

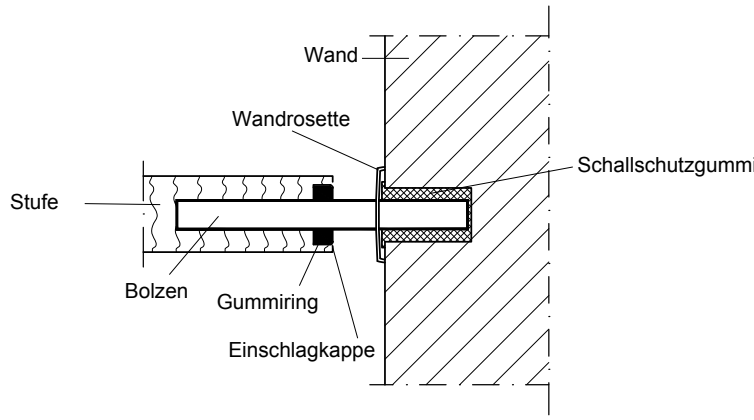


Bild 11.4.1-1 Detailschnitt: Schallschutzlager bei Tragbolzentreppen, hier werden die einzelnen Holz-Treppenstufen an der Wand befestigt nach [77]

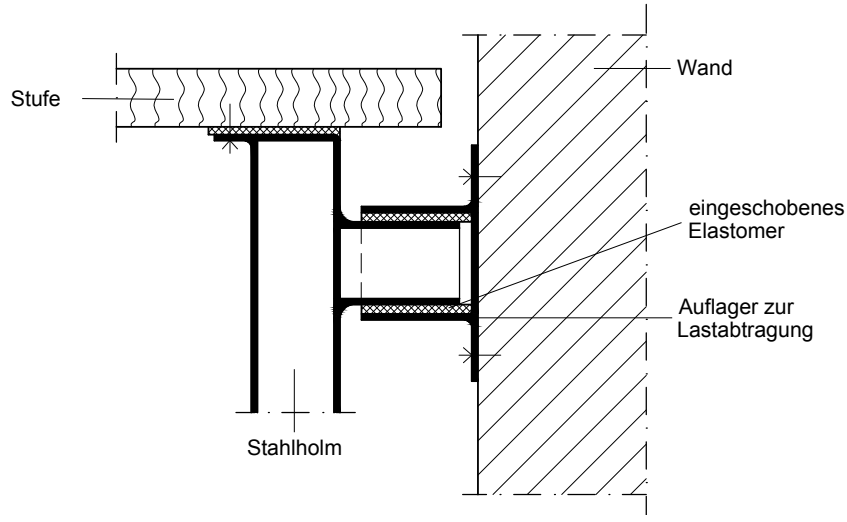


Bild 11.4.1-2 Detailschnitt: Auflager zur Lastabtragung bei einer Stahl-Holztreppe mit eingeschobenem Elastomerlager nach [78]

11.5 Dächer

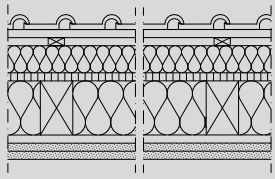
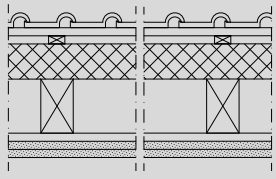
11.5.1 Dächer in Holz-Leichtbauweise

Direktschalldämmung

Der Bauteilkatalog "Dächer" mit Leichtkonstruktionen aus Holzsparren oder Metallträgern umfasst folgende Bauteilgruppen:

- Aufsparrendämmung mit Hartschaum-Wärmedämmung, Mineralwolle-Wärmedämmung oder Holzweichfaser-Wärmedämmung,
- Zwischensparrendämmung mit Faserdämmstoffen,
- Auf- und Zwischensparrendämmung.

Tabelle 11.5.1-1 Bewertete Schalldämm-Maße von Dächern mit Auf- und Zwischensparrendämmungen nach DIN 4109-33

	1	2	3	4
1	Dachausbildung - Vertikalschnitt	Konstruktionsdetails		bewertetes Schalldämm-Maß R_w in dB[4] (C ; C_{tr})
		mm	Bauteilbeschreibung	
2			Dachdeckung Lattung, Konterlattung	58 [3] (–2; –8)
		≥ 120	Aufsparrendämmung [1),2)]	
			Holzschalung NFS	
		≥ 140	Zwischensparrendämmung[1)]	
			Lattung	
		2 x 12,5	Gipsplatten GK	
3			Dachdeckung Lattung, Konterlattung	46 [3] (–2; –9)
		≥ 120	Aufsparrendämmung [2)]	
			Sparren/ Lufthohlraum	
			Lattung	
		2 x 12,5	Gipsplatten GK	

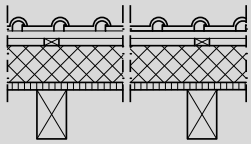
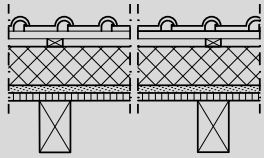
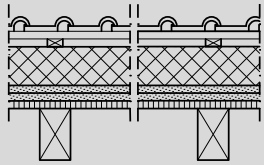
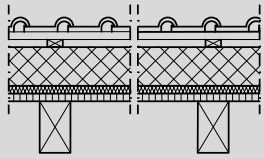
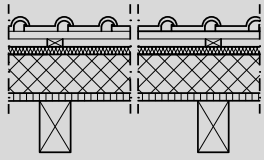
1) Mineralwolleplatte MW oder Holzfaser WF;
Anwendungsgebiet DZ (zwischen Sparren), Anwendungsgebiet DAD (auf den Sparren)

2) Hartschaumplatten EPS, XPS oder PU, Anwendungsgebiet DAD

3) Auf R_w der Konstruktion ist nachfolgender Korrekturwert ΔR_w zu addieren:
Zu Zeile 1: Eine Lage Gipsplatten GK an Stelle von zwei Lagen: $\Delta R_w = -4$ dB;
Zu Zeile 2: Sparrenflanken mit z. B. 50 mm MW oder WF bedämpft: $\Delta R_w = +5$ dB;
Zu Zeile 2: eine Lage Gipsplatten GK an Stelle von zwei Lagen: $\Delta R_w = -3$ dB;
Zu Zeile 2: raumseitige Bekleidung an Federschiene: $\Delta R_w = +2$ dB.

4) Die bewerteten Schalldämm-Maße der Konstruktionen sind gültig bei einem Achsabstand der Sparren $a \geq 600$ mm. Auf das bewertete Schalldämm-Maß der Konstruktion R_w kann nachfolgender Korrekturwert ΔR_w addiert werden:
Dachdeckung: - Dachsteine (Einfachdeckung): $\Delta R_w = 0$ dB,
- Dachziegel (Einfachdeckung): $\Delta R_w = -2$ dB,
- Biberschwanzziegel (Doppel- und Kronendeckung): $\Delta R_w = +2$ dB

Tabelle 11.5.1-2 Bewertete Schalldämm-Maße von Dächern mit Aufsparrendämmungen aus Hartschaum-Dämmplatten **PS** nach DIN 4109-33

	1	2	3	4
1	Dachausbildung - Vertikalschnitt	Konstruktionsdetails		bewertetes Schalldämm-Maß R_w in dB [5] (C ; C_{tr})
		mm	Bauteilbeschreibung	
2		≥ 100 ≥ 19	Dachdeckung Lattung, Konterlattung Hartschaumplatte [1] Nut und Feder-Schalung (NFS) oder Holzwerkstoffplatten (HW)	34 (–2; –6)
3		≥ 100 ≥ 19	Dachdeckung Lattung, Konterlattung Hartschaumplatte [1] Beschwerungslage [2] einlagig m′ ≥ 10 kg/m² Nut und Feder-Schalung (NFS) oder Holzwerkstoffplatten (HW)	39 (–2; –7)
4		≥ 100 ≥ 19	Dachdeckung Lattung, Konterlattung Hartschaumplatte [1] Beschwerungslage [2] mehrlagig m′ ≥ 20 kg/m² Nut und Feder-Schalung (NFS) oder Holzwerkstoffplatten (HW)	40 (–2; –7)
5		≥ 100 ≥ 20 ≥ 19	Dachdeckung Lattung, Konterlattung Hartschaumplatte [1] zusätzliche Dämmung unten [3] Nut und Feder-Schalung (NFS) oder Holzwerkstoffplatten (HW)	42 (–2; –8)
6		≥ 20 ≥ 100 ≥ 19	Dachdeckung Lattung, Konterlattung zusätzliche Dämmung oben [4] Hartschaumplatte [1] Nut und Feder-Schalung (NFS) oder Holzwerkstoffplatten (HW)	45 (–2; –8)

[1] Hartschaumplatten EPS, XPS oder PUR mit dem Anwendungsgebiet DAD.

[2] Zusätzliche Beschwerungslage, ein- oder mehrlagig bestehend aus z. B.: Bitumenbahnen (d ≥ 4 mm, schwer), Gipsplatte GK, Gipsfaserplatte GF, Zement gebundene Spanplatte ZSP.

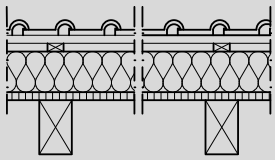
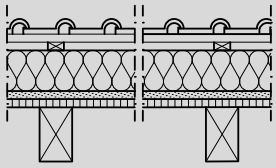
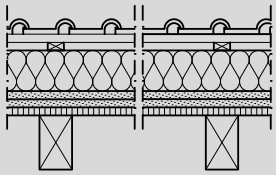
[3] Zusätzliche Dämmung unten aus Mineralwolle MW mit dem Anwendungsgebiet DES–sm oder elastifizierter Polystyrol-Hartschaum EPS mit dem Anwendungsgebiet DES-sm.

[4] Zusätzliche Dämmung oben aus Mineralwolle MW mit dem Anwendungsgebiet DAD-dm, Holzwolleleichtbauplatte WW mit dem Anwendungsgebiet DAD-dh oder Hartschaumplatte EPS, XPS oder PUR mit dem Anwendungsgebiet DAD.

(Fortsetzung nächste Seite)

[5] Die bewerteten Schalldämm-Maße der Konstruktion sind gültig bei einem Achsabstand der Sparren $a \geq 600$ mm. Auf das bewertete Schalldämm-Maß der Konstruktion R_w kann nachfolgender Korrekturwert ΔR_w addiert werden:
Dachdeckung: - Dachsteine (Einfachdeckung): $\Delta R_w = 0$ dB,
- Dachziegel (Einfachdeckung): $\Delta R_w = -2$ dB,
- Biberschwanzziegel (Doppel- und Kronendeckung): $\Delta R_w = +2$ dB

Tabelle 11.5.1-3 Bewertete Schalldämm-Maße von Dächern mit Aufsparrendämmungen aus Mineralwolle **MW** mit Doppelgewindeschrauben nach DIN 4109-33

	1	2	3	4
1	Dachausbildung - Vertikalschnitt	Konstruktionsdetails mm	Bauteilbeschreibung	bewertetes Schalldämm-Maß R_w in dB[4] (C ; C_{tr})
2		100 - 140 ≥ 19	Dachdeckung Lattung, Konterlattung Mineralwolleplatte MW [1] Nut und Feder-Schalung	46 [3] (–3; –9)
3		≥ 160 ≥ 19	Dachdeckung Lattung, Konterlattung Mineralwolleplatte MW [1] Nut und Feder-Schalung	50 [3] (–3; –10)
4		≥ 120 ≥ 19	Dachdeckung Lattung, Konterlattung Mineralwolleplatte MW [1] Beschwerungslage [2] einlagig m′ ≥ 10 kg/m² Nut und Feder-Schalung	51 (–3; –10)
5		≥ 160 ≥ 19	Dachdeckung Lattung, Konterlattung Mineralwolleplatte MW [1] Beschwerungslage [2] mehrlagig m′ ≥ 20 kg/m² Nut und Feder-Schalung	53 (–2; –8)

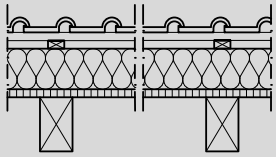
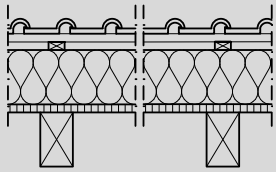
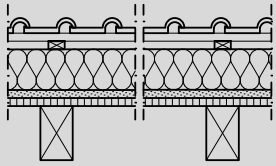
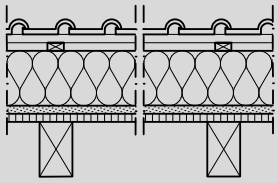
[1] Mineralwolleplatte MW mit dem Anwendungsgebiet DAD-dm.

[2] Zusätzliche Beschwerungslage, ein- oder mehrlagig, bestehend aus z. B.: Bitumenbahnen (d ≥ 4 mm, schwer), Gipsplatten GK, Gipsfaserplatten GF, zementgebundene Spanplatte.

[3] Die Werte gelten bei einer Befestigung der Dachlattung mit Doppelgewindeschrauben (geringer Anpressdruck). Bei Verwendung anderer Befestigungsmittel sind die Werte wie folgt abzumindern:
Zu Zeile 2: Faserdämmstoffe mit $d \leq 140$ mm → Schalldämm-Maß um 1 dB vermindern;
Zu Zeile 3: Faserdämmstoffe mit $d > 140$ mm → Schalldämm-Maß um 3 dB vermindern.

[4] Die bewerteten Schalldämm-Maße der Konstruktionen sind gültig bei einem Achsabstand der Sparren $a \geq 600$ mm. Auf das bewertete Schalldämm-Maß der Konstruktion R_w kann nachfolgender Korrekturwert ΔR_w addiert werden:
Dachdeckung: - Dachsteine (Einfachdeckung): $\Delta R_w = 0$ dB,
- Dachziegel (Einfachdeckung): $\Delta R_w = -2$ dB,
- Biberschwanzziegel (Doppel- und Kronendeckung): $\Delta R_w = +2$ dB

Tabelle 11.5.1-4 Bewertete Schalldämm-Maße von Dächern mit Aufsparrendämmungen aus Holzfaserdämmstoff **WF** mit Doppelgewindeschrauben nach DIN 4109-33

	1	2	3	4
1	Dachausbildung - Vertikalschnitt	Konstruktionsdetails mm	Bauteilbeschreibung	bewertetes Schalldämm-Maß R_w in dB [3] (C ; C_{tr})
2		≥ 140 ≥ 19	Dachdeckung Lattung, Konterlattung Holzfaserdämmplatte WF [1] Nut und Feder-Schalung (NFS)	48 (–3; –9)
3		≥ 240 ≥ 19	Dachdeckung Lattung, Konterlattung Holzfaserdämmplatte WF [1] Nut und Feder-Schalung (NFS)	52 (–2; –7)
4		≥ 140 ≥ 19	Dachdeckung Lattung, Konterlattung Holzfaserdämmplatte WF [1] Beschwerungslage [2] einlagig m′ ≥ 10 kg/m² Nut und Feder-Schalung (NFS)	54 (–3; –8)
5		≥ 240 ≥ 19	Dachdeckung Lattung, Konterlattung Holzfaserdämmplatte WF [1] Beschwerungslage [2] einlagig m′ ≥ 10 kg/m² Nut und Feder-Schalung (NFS)	58 (–4; –10)

[1] Holzfaserdämmplatte WF mit dem Anwendungsgebiet DAD-dm.

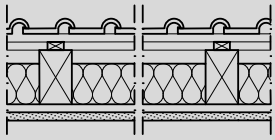
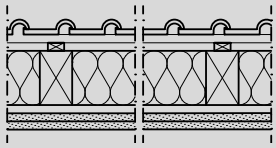
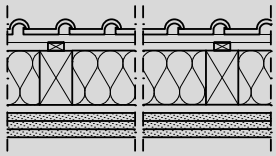
[2] Zusätzliche Beschwerungslage, ein- oder mehrlagig bestehend aus z. B.: Bitumenbahnen (d ≥ 4 mm, schwer), Gipsplatte GK, Gipsfaserplatte GF, Zement gebundene Spanplatte ZSP.

[3] Die bewerteten Schalldämm-Maße der Konstruktionen sind gültig bei einem Achsabstand der Sparren a ≥ 600 mm. Auf das bewertete Schalldämm-Maß der Konstruktion R_w kann nachfolgender Korrekturwert ΔR_w addiert werden:

Dachdeckung:
- Dachsteine (Einfachdeckung): $\Delta R_w = 0$ dB,
- Dachziegel (Einfachdeckung): $\Delta R_w = -2$ dB,
- Biberschwanzziegel (Doppel- und Kronendeckung): $\Delta R_w = +2$ dB

Wird Holzfaserdämmstoff mit d ≥ 240 mm mit hohem Anpressdruck eingebaut: $\Delta R_w = -9$ dB.

Tabelle 11.5.1-5 Bewertete Schalldämm-Maße von Dächern mit Zwischensparrendämmungen (Teil- oder Volldämmung) aus Faserdämmstoffen nach DIN 4109-33

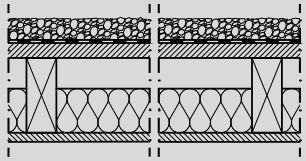
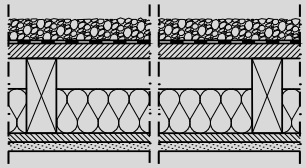
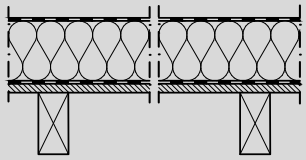
	1	2	3	4
1	Dachausbildung - Vertikalschnitt	Konstruktionsdetails mm	Bauteilbeschreibung	bewertetes Schalldämm-Maß R_w in dB [3] (C ; C_{tr})
2		120 - 180 12,5	Dachdeckung Lattung, Konterlattung Zwischensparrendämmung [1] Lattung Gipsplatten GK	50 [2] (–3; –9)
3		≥ 180 12,5	(wie vor) Zwischensparrendämmung auf Mineralwolle MW Lattung Gipsplatten GK	52 (–3; –10)
4		≥ 200 10	(wie vor) Zwischensparrendämmung auf Holzfaser WF Lattung Gipsfaserplatten GF	57 (–4; –11)
5		≥ 200 2 x 10	Dachdeckung Lattung, Konterlattung Zwischensparrendämmung [1] Lattung Gipsfaserplatten GF	57 (–4; –11)
6		≥ 200 3 x 10	Dachdeckung Lattung, Konterlattung Zwischensparrendämmung [1] Lattung Gipsfaserplatten GF	59 (–4; –11)

[1] Zwischensparrendämmung aus Mineralwolle MW oder Holzfaser WF, Anwendungsgebiet DZ

[2] Auf das bewertete Schalldämm-Maß der Konstruktion R_w ist bei Konstruktionsänderungen nachfolgender Korrekturwert ΔR_w zu addieren, wenn:
Zu Zeile 2: Mineralwolle MW in der raumseitigen Lattungsebene: ΔR_w = +4 dB
Zu Zeile 2: Dämmstoffdicken > 400 mm mit Dachstein Einfachdeckung: ΔR_w = + 6 dB
Zu Zeile 2: Dämmstoffdicken > 400 mm mit Metalldeckung: ΔR_w = + 1 dB
Zu Zeile 2: Stegträger: ΔR_w = 0 dB

[3] Die bewerteten Schalldämm-Maße der Konstruktionen sind gültig bei einem Achsabstand der Sparren $a \geq 600$ mm. Auf das bewertete Schalldämm-Maß der Konstruktion R_w kann nachfolgender Korrekturwert ΔR_w addiert werden:
Dachdeckung: - Dachsteine (Einfachdeckung): ΔR_w = 0 dB,
- Dachziegel (Einfachdeckung): ΔR_w = – 2 dB,
- Biberschwanzziegel (Doppel- und Kronendeckung): ΔR_w = + 2 dB
Installationsebene: Entkopplung durch Federschiene o.ä.: ΔR_w = + 2 dB.
Raumseitige Bekleidung mit Nut und Feder-Schalung NFS: ΔR_w = − 5 dB.

Tabelle 11.5.1-6 Bewertete Schalldämm-Maße von Flachdächern in Holztafelbauweise nach DIN 4109-33

	1	2	3	4
1	Dachausbildung - Vertikalschnitt	Konstruktionsdetails [8]		bewertetes Schalldämm-Maß
		mm	Bauteilbeschreibung	R_w in dB
2		≥ 30 22 ≥ 160 ≥ 60 ≥ 12	Kiesauflage Dachabdichtung [4] äußere Bekleidung / Flächentragwerk [1] Schalenabstand Dämmung [6] raumseitige Bekleidung [2]	45 [7]
2		≥ 30 22 ≥ 160 ≥ 60 ≥ 12	Kiesauflage Dachabdichtung [4] äußere Bekleidung / Flächentragwerk [1] Schalenabstand Dämmung [6] raumseitige Bekleidung [2] zus. raumseitige Bekleidung [3]	50
3		≥ 180 ≥ 24	Dachabdichtung/ Dachdeckung [4] Dämmung [6] Bitumenbahn mit $m' \geq 5$ kg/m² Bekleidung / Flächentragwerk [5]	45

[1] Äußere Bekleidung/Flächentragwerk aus Spanplatte SP, Sperrholz BFU oder Nut und Feder-Schalung NFS mit ≥ 24 mm Dicke

[2] Raumseitige Bekleidung aus Gipsplatte GK, Gipsfaserplatte GF, Nut und Feder-Schalung NFS oder Spanplatte SP direkt oder über Zwischenlattung an Sparren

[3] Mit zusätzlicher Bekleidungslage mit m′ > 8 kg/m² aus Gipsplatte GK, Gipsfaserplatte GF, Nut und Feder-Schalung NFS oder Holzwerkstoffplatte HW

[4] Dachabdichtung aus ein- oder mehrlagigen Dachbahnen oder Dachdeckung aus Metalltafeln

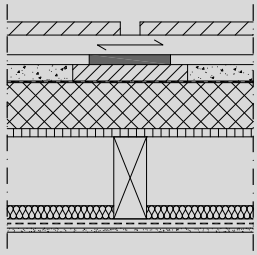
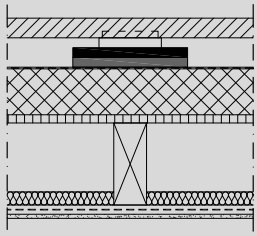
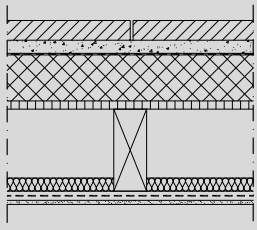
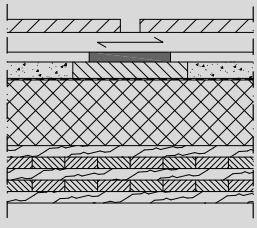
[5] Raumseitige Bekleidung (Flächentragwerk) mit Nut und Feder-Schalung NFS ≥ 24 mm oder Holzwerkstoffplatte HW ≥ 24 mm

[6] Dämmung zwischen (Anwendungsgebiet DZ) oder über (Anwendungsgebiet DAA) den tragenden Balken auf MW oder HF.

[7] Ohne Kiesauflage beträgt das bewertete Schalldämm-Maß R_w = 42 dB.

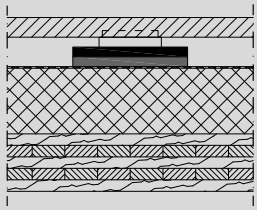
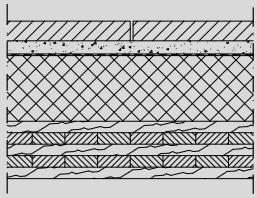
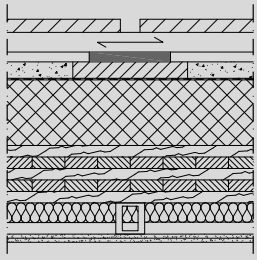
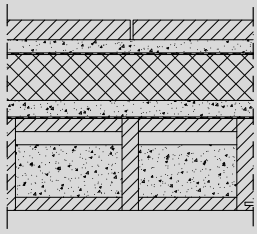
[8] Die bewerteten Schalldämm-Maße der Konstruktion sind gültig bei einem Achsabstand der Sparren ≥ 600 mm.

Tabelle 11.5.1-7 Bewertete Schalldämm-Maße R_w und bewertete Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ von Terrassendächern in Holztafelbauweise nach [73]

	1	2	3	4	5
1	Bauteilausbildung - Vertikalschnitt	Konstruktionsdetails		R_w	$L_{n,w}$
		mm	Bauteilbeschreibung	in dB	in dB
2		26 44 12 40 ≥ 140 ≥ 25 ≥ 220 ≥ 40 28 12,5	Belagbretter auf Lattung, $e \geq 520$ mm Baulager, $f_0 \leq 60$ Hz, $e \geq 660$ x 520 mm Betonplatten unter Baulager, dazw. Splitt, $m' \geq 60$ kg/m^2 Dachabdichtung Hartschaum EPS 035 DAA dh Holzwerkstoffplatte Tragbalken 80/220, $e \geq 625$ mm Hohlraumdämpfung Federschiene, $e \geq 500$ mm Gipsplatte, $m' \geq 10$ kg/m^2	64	31
2		40 40 12 ≥ 140 ≥ 25 ≥ 220 ≥ 40 28 12,5	Betonplatten Stelzplager Baulager, $f_0 \leq 70$ Hz Dachabdichtung Hartschaum EPS 035 DAA dh Holzwerkstoffplatte Tragbalken 80/220, $e \geq 625$ mm Hohlraumdämpfung Federschiene, $e \geq 500$ mm Gipsplatte, $m' \geq 10$ kg/m^2	52	38
3		40 30 ≥ 140 ≥ 25 ≥ 220 ≥ 40 28 12,5	Betonplatten Splitt, $m' \geq 40$ kg/m^2 Dachabdichtung Hartschaum EPS 035 DAA dh Holzwerkstoffplatte Tragbalken 80/220, $e \geq 625$ mm Hohlraumdämpfung Federschiene, $e \geq 500$ mm Gipsplatte, $m' \geq 10$ kg/m^2	70	44
4		26 44 12 40 ≥ 200 ≥ 140	Belagbretter auf Lattung, $e \geq 520$ mm Baulager, $f_0 \leq 60$ Hz, $e \geq 660$ x 520 mm Betonplatten unter Baulager, dazw. Splitt, $m' \geq 60$ kg/m^2 Dachabdichtung Hartschaum EPS 035 DAA dh Brettsperrholz/ Brettschichtholz, $m' \geq 68$ kg/m^2	51	45

(Fortsetzung nächste Seite)

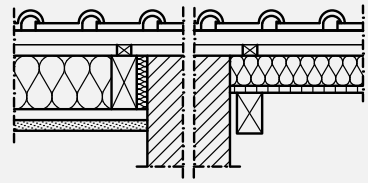
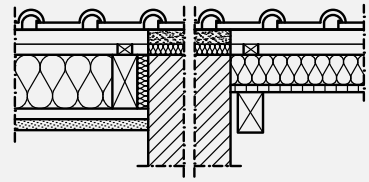
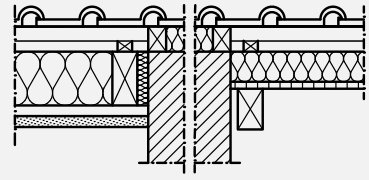
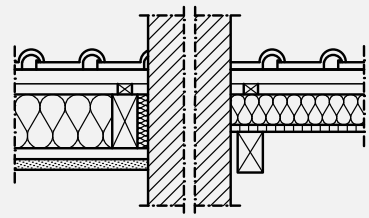
Tabelle 11.5.1-7 Bewertete Schalldämm-Maße R_w und bewertete Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ von Terrassendächern in Holztafelbauweise nach [73] (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5
1	Bauteilausbildung - Vertikalschnitt	Konstruktionsdetails		R_w	$L_{n,w}$
		mm	Bauteilbeschreibung	in dB	in dB
5		40 40 12 ≥ 200 ≥ 140	Betonplatten Stelzplager Baulager, $f_0 \leq 70$ Hz Dachabdichtung Hartschaum EPS 035 DAA dh Brettsperrholz/ Brettschichtholz, $m' \geq 68$ kg/m^2	52	38
6		40 30 ≥ 200 ≥ 140	Betonplatten Splitt, $m' \geq 40$ kg/m^2 Dachabdichtung Hartschaum EPS 035 DAA dh Brettsperrholz/ Brettschichtholz, $m' \geq 68$ kg/m^2	70	44
7		26 44 12 40 ≥ 200 ≥ 140 90 ≥ 60 25	Belagbretter auf Lattung, $e \geq 520$ mm Baulager, $f_0 \leq 60$ Hz, $e \geq 660$ x 520 mm Betonplatten unter Baulager, dazw. Splitt, $m' \geq 60$ kg/m^2 Dachabdichtung Hartschaum EPS 035 DAA dh Brettsperrholz/ Brettschichtholz, $m' \geq 68$ kg/m^2 Direktschwing-Abhänger, $f_0 \leq 28$ Hz, $e \geq 760$ x 500 mm CD-Profile $e \geq 500$ mm MF-Hohlraumdämpfung 2 Gipsplatten, $m'_{ges} \geq 20$ kg/m^2	72	31
8		40 20 10 ≥ 120 25 ≥ 200	Betonplatten Splitt, $m' \geq 31$ kg/m^2 Drainelement Dachabdichtung, 2-lagig Hartschaum PIR DAA dh Steinwolleplatte Dampfsperre Holzdecken-Element, gefüllt mit Splitt, $m' \geq 139$ kg/m^2	63	39

Flankenschallpegeldifferenzen von Dachkonstruktionen

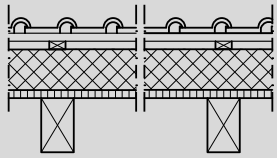
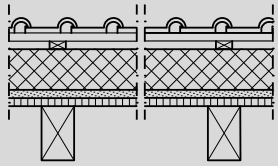
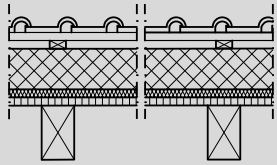
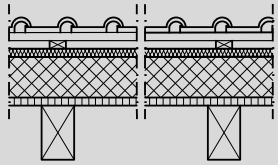
Die Schall-Längsübertragung von Dachkonstruktionen wird durch die Direktdämmung der Dachkonstruktion und den Dachanschluss der Trennwand bestimmt. Für den Dachanschluss der Trennwand wird eine Aufteilung gemäß Tabelle 11.5.1-8 vorgenommen. Ist der Dachanschluss entsprechend Zeile D ausgeführt, so kann die Flankenübertragung bei der Berechnung vernachlässigt werden.

Tabelle 11.5.1-8 Einteilung von Dachanschlüssen einer Trennwand nach DIN 4109-33

		1	2
1	Typ	Beschreibung	Skizze [1)]
2	**A**	Dachkonstruktion wird durch Trennwand **unterbrochen**: – Lattung und Wärmedämmung sind getrennt.	
3	**B**	Dachkonstruktion wird durch Trennwand **unterbrochen** und im Bereich des Wandkopfes **bedämpft**: – Zusätzliche Maßnahmen zur Bedämpfung des Hohlraumes zwischen Dachdeckung und Trennwandkopf. – Lattung und Wärmedämmung sind getrennt.	
4	**C**	Dachkonstruktion wird durch Trennwand **unterbrochen**, im Bereich des Wandkopfes **bedämpft** und **abgeschottet**: – Hohlraum zwischen Dachdeckung und Trennwandkopf abgeschottet (z.B. Aufmauerung mit wärmedämmenden Steinen; Dachsteine eingemörtelt; absorbierende Wärmedämmung zwischen der zweischaligen Aufmauerung) – Dachlattung getrennt	
5	**D**	Dachkonstruktion **vollständig unterbrochen** – die Trennwand (Brandwand) wird durch die Dachhaut nach außen geführt – bei höhenversetzten Geschossen	

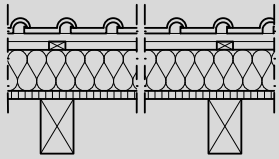
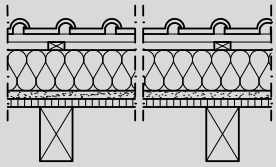
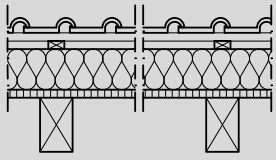
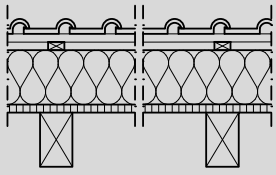
[1)] Die dargestellten Dachkonstruktionen können mit Trennwänden in Massivbauweise einschalig oder zweischalig bzw. in Holz-, Leicht- und Trockenbaubauweise ausgeführt sein.

Tabelle 11.5.1-9 Bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz von Dächern mit Aufsparrendämmungen aus Hartschaum bei horizontaler Schallübertragung nach DIN 4109-33

	1	2	3	4	5
1	Dachausbildung - Vertikalschnitt	nach Tab. 11.5.1-2	Bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ in dB		
			Dachanschlusstyp nach Tabelle 11.5.1-8		
			A	**B**	**C**
2	**Hartschaum**				
3	Grundkonstruktion				
4		Zeile 2	53 [1)]	58 [1)]	65
5	Zusätzliche Beschwerungslage				
6		Zeile 3	56 [1)]	60	69
7	Zusätzliche Dämmschicht				
8		Zeile 5	53 [1)]	> 60	72
9		Zeile 6	60 [1)]	66	73

[1)] Bei Konstruktionsänderungen sind nachfolgende Korrekturwerte $\Delta D_{n,f,w}$ auf die Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ zu addieren:
- zu Zeilen 2 bis 5, Spalte 4: Durchlaufende Vordachschalung; für den Wohnungsbau nicht geeignet,
- zu Zeile 1, Spalte 4: Durchlaufende Hartschaum-Dämmschicht über der Trennwand: $\Delta D_{n,f,w} = -5$ dB
- zu Zeile 1, Spalte 5: Zusätzliche Unterschale aus Gipsplatten mit Bedämpfung zwischen bzw. unter den Sparren: $\Delta D_{n,f,w} \geq +8$ dB.

Tabelle 11.5.1-10 Bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz von Dächern mit Aufsparrendämmungen aus Mineralwolle und Holzfaserdämmstoff bei horizontaler Schallübertragung

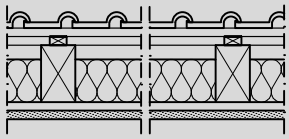
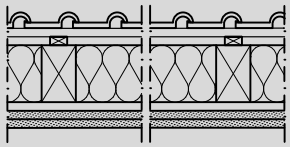
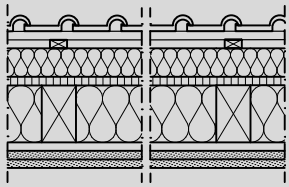
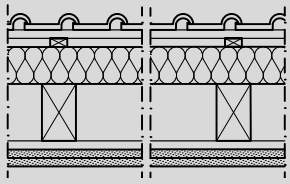
	1	2	3	4	5
1	Dachausbildung - Vertikalschnitt	nach Tab. 11.5.1-3 bzw. 11.5.1-4	Bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ in dB		
			Dachanschlusstyp nach Tabelle 11.5.1-8		
			A	**B**	**C**
2	**Mineralwolle**				
3		Zeile 2	65 [1)]	68	> 75
4		Zeile 4	69	> 70	> 75
5	**Holzfaserdämmstoff** [2)]				
6		Zeile 2	63	65 [3)]	> 75
7		Zeile 3	69 [3)]	> 70 [3)]	> 75

[1)] Bei Konstruktionsänderungen sind nachfolgende Korrekturwerte $\Delta D_{n,f,w}$ auf die Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ zu addieren:
Zu Zeile 2 Spalte 3: Durchlaufende Dämmschicht über der Trennwand $\Delta D_{n,f,w} = -9$ dB.

[2)] Die Werte gelten bei einer Befestigung der Dachlattung mit geringem Anpressdruck.

[3)] Bei Konstruktionsänderungen sind nachfolgende Korrekturwerte $\Delta D_{n,f,w}$ auf die Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ zu addieren:
- zu Zeile 4 Spalte 4: Zusätzliche Bedämpfung des 1. Sparrenfeldes rechts und links der Trennwand: $\Delta D_{n,f,w} \geq +3$ dB,
- zu Zeile 5 Spalte 3: Hoher Anpressdruck: $\Delta D_{n,f,w} \geq -5$ dB,
- zu Zeile 5 Spalte 4: Hoher Anpressdruck; (65–68): $D_{n,f,w} = 67$ dB.

Tabelle 11.5.1-11 Bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz von Dächern mit Zwischen- aus Mineralwolle und mit und ohne Aufsparrendämmungen bei horizontaler Schallübertragung nach DIN 4109-33

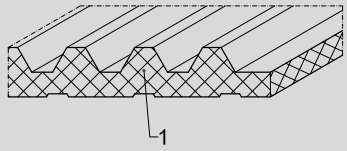
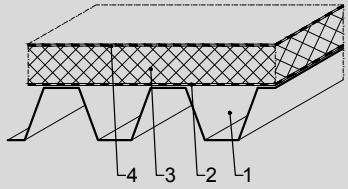
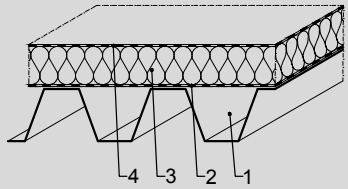
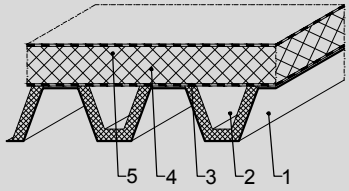
	1	2	3	4	5
1	Dachausbildung - Vertikalschnitt	nach Tab. 11.5.1-5 bzw. 11.5.1-6	Bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ in dB		
			Dachanschlusstyp nach Tabelle 11.5.1-8		
			A	**B**	**C**
2		Zeile 2	75 [1)]	–	–
3		Zeile 5	79	–	–
4		Zeile 2	> 75 [2)]	–	–
5		Zeile 3	> 70 [2)]	> 72 [2)]	> 75 [2)]

1) Bei Konstruktionsänderungen sind nachfolgende Korrekturwerte $\Delta D_{n,f,w}$ auf die Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ zu addieren:
- Zu Zeile 2 Spalte 3: Einschalige Wand als Trennwand $\Delta D_{n,f,w} = -5$ dB
- zu Zeile 2 Spalte 3: Durchlaufende Lattung $\Delta D_{n,f,w} = -10$ dB
- zu Zeile 2 Spalte 3: Durchlaufende Pfette und Lattung $\Delta D_{n,f,w} = -20$ dB

2) Erforderlich:
- Lattung getrennt. Dämmung zwischen den Sparren durch Trennwand unterbrochen
- Trennwand bis Wärmedämmung hochgeführt
- Dämmung bei Hartschaum über der Trennwand unterbrochen

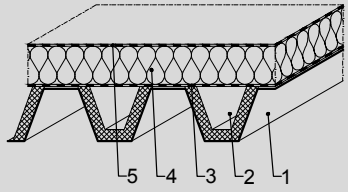
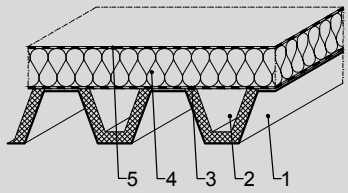
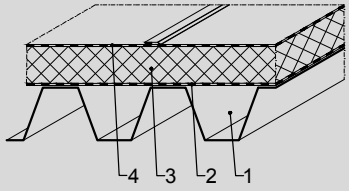
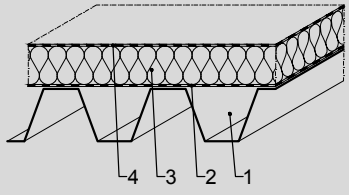
11.5.2 Flachdächer in Stahlleichtbauweise

Tabelle 11.5.2-1 Schalldämmung von Flachdächern in Stahlleichtbauweise nach [70]

	1	2	4
1	Konstruktion		bewertetes Luftschall-dämm-Maß $R_w\,(C;C_{tr})$
2	Schnitt	Schichten	in dB
3		① Stahl-Sandwichelemente für Dächer mit Polyurethan-Dämmkern ρ = 45 kg/m^3 mit Mineralwolle-Dämmkern	 R'_w = 26 R'_w = 30
4		④ 1,5 mm PVC- Folienabdichtung mit Befestigungsrandschiene ③ Polystyrol-Dämmung, PS 20 SE, d = 120 mm, ρ = 20 kg/m^3 ② Dampfsperre PE-Folie, s_d ≥ 100 m ① - Stahltrapezprofil, 135 x 310 x 0,75 mm - Stahltrapezprofil, 100 x 275 x 0,75 mm ohne Profilfüller am Rand	 34 (-3; -8) 31 (-2; -7)
5		④ 1,5 mm PVC- Folienabdichtung mit Befestigungsrandschiene ③ Mineralwolledämmung, d = 120 mm, ρ = 140 kg/m^3 ② Dampfsperre PE-Folie, s_d ≥ 100 m ① - Stahltrapezprofil, 135 x 310 x 0,75 mm - Stahltrapezprofil, 100 x 275 x 0,75 mm mit Profilfüller am Rand	 39 (-3; -10) 37 (-2; -7)
6		⑤ 1,5 mm PVC- Folienabdichtung mit Befestigungsrandschiene ④ Polystyrol-Dämmung, PS 20 SE, d = 120 mm, ρ = 20 kg/m^3 ③ Dampfsperre PE-Folie, s_d ≥ 100 m ② 20 mm Mineralwolle-Schallschluckplatte mit Vlies, ρ = 20 kg/m^3 ① Akustik-Stahltrapezprofil, 135 x 310 x 0,75 mm, Lochflächenanteil ca. 14 - 19 %	 28 (-1; -3)

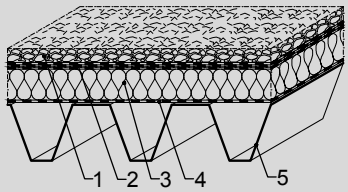
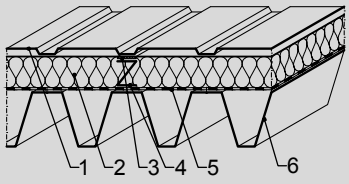
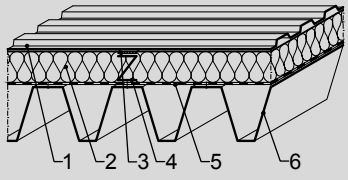
(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 11.5.2-1 Schalldämmung von Flachdächern in Stahlleichtbauweise nach [70] (Fortsetzung)

	1	2	4
	Konstruktion		$R_w\,(C;C_{tr})$ in dB
	Schnitt	Schichten	
7		⑤ 1,5 mm PVC- Folienabdichtung ④ Mineralwolledämmung, d = 120 mm, RG = 140 kg/m³ ③ Dampfsperre PE-Folie, s_d ≥ 100 m ② 20 mm Mineralwolle-Schallschluckplatte mit Vlies, ρ = 20 kg/m³ ① Akustik-Stahltrapezprofil, 135 x 310 x 0,75 mm, - Lochflächenanteil ca. 19 % - Lochflächenanteil ca. 14 %	37 (-2; -8) 36 (-1; -6)
8		⑤ 1,5 mm PVC- Folienabdichtung ④ Mineralwolledämmung, d = 120 mm, RG = 140 kg/m³ ③ Dampfsperre - Bitumen-Schweißbahn, d ≥ 4,0 mm - PE-Folie, d ≥ 0,25 mm ② 20 mm Mineralwolle-Schallschluckplatte mit Vlies, ρ = 20 kg/m³ ① Akustik-Stahltrapezprofil 135 x 310 x 0,75 mm, Lochflächenanteil ca. 19 %	41 (-1; -7) 37 (-2; -8)
9		④ 1,2 mm Kunststoffschweißbahn aus PVC-P, m' = 1,5 kg/m², Stöße verschweißt, mechanisch befestigt ③ Mineralwolledämmung, d = 100 mm, RG = 170 kg/m³ ② Dampfsperre PE-Folie, s_d ≥ 100 m ① Stahltrapezblech, 137 x 310 x 0,88 m	36
10		④ 2,5 mm Kunststoffdachbahn aus PIB, m' = 2,3 kg/m², mechanisch befestigt ③ Mineralwolleplatte, d = 120 mm, RG = 159 kg/m³ ② Dampfsperre, Bitumen-Schweißbahn, d ≥ 4,0 mm ① Stahltrapezblech, 137 x 310 x 0,88 mm - ohne Sickenfüller am Rand - mit Sickenfüller am Rand	R'_w = 40 R'_w = 42

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle11.5.2-1 Schalldämmung von Flachdächern in Stahlleichtbauweise nach [70] (Fortsetzung)

	1	2	4
	Konstruktion		$R_w\,(C;C_{tr})$ in dB
	Schnitt	Schichten	
11		- ohne Kiesauflage ① - mit Kiesauflage, m' = 50 kg/m² ② Bitumenbahn, 3-lagig: - 2 x 4 mm V60 S4 aufgeschweißt - 1 x GWS, beschiefert, aufgeklebt ③ Mineralwolleplatte, punktförmig verklebt, d = 100 mm, RG = 154 kg/m³ ④ Polymer-Bitumen-Schweißbahn als Dampfsperre ⑤ Stahltrapezprofil 110 x 275 x 0,88 mm mit bituminösem Voranstrich mit Vollsickenfüllern an den Rändern	R'_w = 42 R'_w = 50
12		① Stahltrapezprofil, 35 x 207 x 0,75 ② Mineralwolledämmung, zweischichtig, d_{ges} = 120 mm, RG = 30-50 kg/m³ ③ Thermischer Trennstreifen ④ Distanzprofil ⑤ Dampfsperre PE-Folie, s_d ≥ 100 m ⑥ Stahltrapezprofil, 160 x 250 x 0,75 mm mit Vollsickenfüllern an den Rändern	43 (-5; -13)
13		① Stahltrapezprofil 35/207/0,75 um 90° gegenüber Pos. ⑥ gedreht ② Mineralwolledämmung, zweischichtig d_{ges} = 120 mm, RG = 50 kg/m³ ③ Thermischer Trennstreifen ④ Distanzprofil ⑤ Dampfsperre PE-Folie, s_d ≥ 100 m ⑥ Stahltrapezprofil 160 x 250 x 0,75 mm mit Vollsickenfüllern an den Rändern	44 (-5; -13)

12 Kennwerte und Konstruktionen von Elementen

12.1 Fenster und Glasscheiben

12.1.1 Direktschalldämmung

Nachfolgend sind in den Tabelle 12.1.1-1 bis -3 die bewerteten Luftschalldämm-Maße von Glasscheiben und Fenstern auf der Basis der DIN 4109-35 und DIN EN 12758 zusammengestellt. Weitere Werte sind den Produktbeschreibungen bzw. den dazugehörigen Prüfzeugnissen der einzelnen Produktanbieter zu entnehmen.

Der aus Tabelle 12.1.1-1 abzulesende Wert für die Schalldämmung $R_{w,Fenster}$ für Einfachfenster mit Mehrscheiben-Isolierglas (MIG) kann bestimmt werden:

$$R_{w,\,Fenster} = R_w + K_{AH} + K_{RA} + K_S + K_{FV} + K_{F,1.5} + K_{F,3} + K_{Sp} \qquad (12.1.1\text{-}1)$$

Darin sind:

- R_w bewertetes Schalldämm-Maß in dB nach Tab. 12.1.1-1
- K_{AH} Korrektur für Aluminium-Holzfenster; $K_{AH} = -1$ dB; Diese Korrektur entfällt, wenn die Aluminiumschale zum Flügel- und Blendrahmen hin abgedichtet wird. Kleine Öffnungen zum Zweck des Druckausgleichs zwischen Aluminiumschale und Holzrahmen sind zulässig.
- K_{RA} Korrekturwert für einen Rahmenanteil < 30 %. Der Rahmenanteil ist die Gesamtfläche des Fensters abzüglich der sichtbaren Scheibengröße. K_{RA} darf bei Festverglasungen nicht berücksichtigt werden.
- K_S Korrekturwert für Stulpfenster (zweiflügelige Fenster ohne festes Mittelstück)
- K_{FV} Korrekturwert für Festverglasungen mit erhöhtem Scheibenanteil
- $K_{F,1.5}$ Korrekturwert für Fenster <1,5 m²
- $K_{F,3}$ Korrekturwert für Fenster mit Einzelscheibe ≥ 3 m²; $K_{F,3} = -2$ dB
- K_{Sp} Korrekturwert für glasteilende Sprossen

Die Schalldämmwerte in den Tabellen gelten selbstverständlich nur bei geschlossenen Fenstern. In gekipptem Zustand sinken die Werte bis auf 6 - 12 dB ab [79], [80]. Während der Stoßlüftungszeiten muss dann eine erhöhte Lärmeinwirkung hingenommen werden. Bei hohen Außenlärmpegeln empfiehlt sich daher der Einbau von zusätzlichen schallgedämmten Lüftungseinrichtungen.

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020
W. M. Willems et al., *Schallschutz: Bauakustik*, Detailwissen Bauphysik, https://doi.org/10.1007/978-3-658-28454-1_12

Tabelle 12.1.1-1 Schalldämmung für Einfachfenster mit Mehrscheiben-Isolierglas (MIG) nach DIN 4109-35

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	R_w dB	C [1] dB	C_{tr} [1] dB	Konstruktions-merkmale	Einfachfenster mit MIG [2]	Korrekturen in dB				
						K_{RA}	K_S	K_{FV}	$K_{Fl,1.5}$	K_{SP}
2	**25**	–	–	d_{Ges} in mm SZR in mm od. $R_{w,Glas}$ in dB Falzdichtungen	≥ 6 ≥ 8 ≥ 27 –	–	–	–	–	–
3	**30**	–	–	d_{Ges} in mm SZR in mm od. $R_{w,Glas}$ in dB Falzdichtungen	≥ 6 12 ≥ 30 ①	–	–	–	–	–
4	**33**	– 2	– 5	Glasaufbau in mm SZR in mm od. $R_{w,Glas}$ in dB Falzdichtungen	≥ 4 + 4 ≥ 12 ≥ 30 ①	– 2	0	– 1	0	0
5	**34**	– 2	– 6	Glasaufbau in mm SZR in mm od. $R_{w,Glas}$ in dB Falzdichtungen	≥ 4 + 4 ≥ 16 ≥ 30 ①	– 2	0	– 1	0	0
6	**35**	– 2	– 4	Glasaufbau in mm SZR in mm od. $R_{w,Glas}$ in dB Falzdichtungen	≥ 6 + 4 ≥ 12 ≥ 32 ①	– 2	0	– 1	0	0
7	**36**	– 1	– 4	Glasaufbau in mm SZR in mm od. $R_{w,Glas}$ in dB Falzdichtungen	≥ 6 + 4 ≥ 16 ≥ 33 ①	– 2	0	– 1	0	0
8	**37**	– 1	– 4	Glasaufbau in mm SZR in mm od. $R_{w,Glas}$ in dB Falzdichtungen	≥ 6 + 4 ≥16 ≥ 35 ①	– 2	0	– 1	0	0
9	**38**	– 2	– 5	Glasaufbau in mm SZR in mm od. $R_{w,Glas}$ in dB Falzdichtungen	≥ 8 + 4 ≥ 16 ≥ 38 ② (AD/MD+ID) [3]	– 2	0	0	0	0
10	**39**	– 2	– 5	Glasaufbau in mm SZR in mm od. $R_{w,Glas}$ in dB Falzdichtungen	≥ 10 + 4 ≥ 20 ≥ 39 ② (AD/MD+ID) [f]	– 2	0	0	0	0

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 12.1.1-1 Schalldämmung für Einfachfenster mit Mehrscheiben-Isolierglas (MIG) nach DIN 4109-35 (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	R_W dB	C [1] dB	C_{tr} [1] dB	Konstruktions-merkmale	Einfachfenster mit MIG [2]	Korrekturen in dB				
						K_{RA}	K_S	K_{FV}	$K_{Fl,1.5}$	K_{SP}
11	**40**	– 2	– 5	$R_{w,Glas}$ in dB Falzdichtungen	≥ 40 ② (AD/MD+ID)	– 2	0	0	– 1	– 1
12	**41**	– 2	– 5	$R_{w,Glas}$ in dB Falzdichtungen	≥ 41 ② (AD/MD+ID)	0	0	0	– 1	– 2
13	**42**	– 2	– 5	$R_{w,Glas}$ in dB Falzdichtungen	≥ 44 ② (AD/MD+ID)	0	– 1	0	– 1	– 2
14	**43**	– 2	– 4	$R_{w,Glas}$ in dB Falzdichtungen	≥ 46 ② (AD/MD+ID)	0	– 2	0	– 1	– 2
15	**44**	– 1	– 4	$R_{w,Glas}$ in dB Falzdichtungen	≥ 49 ② (AD/MD+ID)	0	– 2	+ 1	– 1	– 2
16	**45**	– 1	– 5	$R_{w,Glas}$ in dB Falzdichtungen	≥ 51 ② (AD/MD+ID)	0	– 1	+ 1	– 1	– 2
17	≥ **46** [4]	–	–	–	–	–	–	–	–	–

18

d_{Ges}	Gesamtglasdicke
Glasaufbau	Zusammensetzung der außenliegenden Einzelscheiben
SZR	Scheibenzwischenraum (bei 3-fach MIG Summe der Zwischenräume); mit Luft oder Argon gefüllt
$R_{w,Glas}$	ist der nach der zutreffenden DIN-EN-Norm deklarierte Wert des bewerteten Schalldämm-Maßes R_W (z. B. bei MIG: DIN EN 1279-5). ANMERKUNG: Die Angabe $R_{w,Glas}$ dient dem Nachweis abweichender Glasprodukte und korreliert nicht zwingend mit dem beschriebenen Glasaufbau.
Falzdichtung	AD umlaufende Außendichtung, MD umlaufende Mitteldichtung, ID umlaufende Innendichtung im Flügelüberschlag
①	mindestens eine umlaufende elastische Dichtung, in der Regel als Mitteldichtung angeordnet
②	zwei umlaufende elastische Dichtungen, in der Regel als Mittel- und Innendichtung oder auch als Außen- und Innendichtung angeordnet

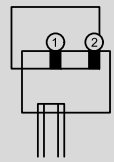
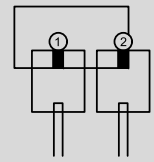
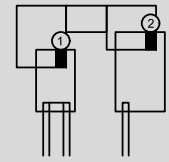
1) Die Spektrum-Anpassungswerte gelten für das Bauteil Fenster. Sie können von den glasspezifischen Werten abweichen.

2) MIG: Mehrscheiben-Isolierglas; Doppelfalze bei Flügeln von Holzfenstern; mindestens zwei wirksame Anschläge bei Flügeln von Metall und Kunststofffenstern. Erforderliche Falzdichtungen sind umlaufend ohne Unterbrechungen anzubringen und müssen weich federnd, dauerelastisch, alterungsbeständig und leicht auswechselbar sein. Um einen möglichst gleichmäßigen und hohen Schließdruck im gesamten Falzbereich sicherzustellen, ist eine genügende Anzahl von Verriegelungsstellen vorzusehen
(zu Anforderungen an Fenster siehe auch DIN EN 14351-1).

3) Bei Holzfenstern genügt eine umlaufende Dichtung.

4) Nachweis nach DIN EN 14351-1 durch Prüfung.

Tabelle 12.1.1-2 Schalldämmung von Einfachfenstern mit Einfachglas, Verbund- und Kastenfenstern nach DIN 4109-35

	1	2	3	4	5
1	R_w in dB	Konstruktionsmerkmale	Einfachfenster mit Einfachglas [1]	Verbund-fenster [1]	Kasten-fenster [1),2)]
2					
3	**25**	d_{Ges} in mm Falzdichtungen	≥ 4 ①	≥ 6 –	> 6 –
4	**30**	d_{Ges} in mm SZR in mm Falzdichtungen	≥ 8 – ①	≥ 6 ≥ 30 ①	> 6 ≥ 30 –
5	**32**	d_{Ges} in mm Glasaufbau in mm SZR in mm Falzdichtungen	3)	≥ 8 bzw. ≥ 4 + 4/12/4 ≥ 30 ①	≥ 8 – ≥ 30 ①
6	**35**	d_{Ges} in mm Glasaufbau in mm SZR in mm Falzdichtungen	3)	≥ 8 bzw. ≥ 6 + 4/12/4 ≥ 40 ①	≥ 8 – ≥ 40 ①
7	**37**	d_{Ges} in mm Glasaufbau in mm SZR in mm Falzdichtungen	3)	≥ 10 bzw. ≥ 6 + 6/12/4 ≥ 40 ①	≥ 8 bzw. ≥ 4 + 4/12/4 ≥ 100 ①
8	**40**	d_{Ges} in mm Glasaufbau in mm SZR in mm Falzdichtungen	3)	≥ 14 bzw. ≥ 8 + 6/12/4 ≥ 50 AD + ID	≥ 8 bzw. ≥ 6 + 4/12/4 ≥ 100 AD + ID
9	**42**	d_{Ges} in mm Glasaufbau in mm SZR in mm Falzdichtungen	3)	≥ 16 bzw. ≥ 8 + 8/12/4 ≥ 50 AD + ID	≥ 10 bzw. ≥ 8 + 4/12/4 ≥ 100 AD + ID
10	**45**	d_{Ges} in mm Glasaufbau in mm SZR in mm Falzdichtungen	3)	≥ 18 bzw. ≥ 8 + 8/12/4 ≥ 60 AD + ID	≥ 12 bzw. ≥ 8 + 6/12/4 ≥ 100 AD + ID
11	**46**		3)	3)	3)
12	**Legende** d_{Ges} Gesamtglasdicke Glasaufbau Zusammensetzung der außenliegenden Einzelscheiben				

(Fortsetzung nächste Seite)

	SZR	Scheibenzwischenraum (bei 3-fach MIG Summe der Zwischenräume); mit Luft oder Argon gefüllt.
	$R_{w,Glas}$	ist der nach der zutreffenden DIN-EN-Norm deklarierte Wert des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w (z. B. bei MIG: DIN EN 1279-5).
12	Falzdichtung	AD Dichtung im äußeren Flügel, umlaufend, bei Verbundfenstern mit Belüftung des SZR, ID Dichtung im inneren Flügel, umlaufend
	①	mindestens eine umlaufende elastische Dichtung, in der Regel als Mitteldichtung angeordnet.

1) Doppelfalze bei Flügeln von Holzfenstern; mindestens zwei wirksame Anschläge bei Flügeln von Metall und Kunststofffenstern. Erforderliche Falzdichtungen sind umlaufend, ohne Unterbrechungen anzubringen und müssen weich federnd, dauerelastisch, alterungsbeständig und leicht auswechselbar sein.
Um einen möglichst gleichmäßigen und hohen Schließdruck im gesamten Falzbereich sicherzustellen, ist eine genügende Anzahl von Verriegelungsstellen vorzusehen (wegen der Anforderungen an Fenster siehe auch DIN EN 14351-1).

2) Eine schallabsorbierende Leibung ist sinnvoll, da sie die durch Alterung der Falzdichtung entstehende Fugenundichtheiten teilweise ausgleichen kann.

3) Nachweis durch Prüfung.

4) Werte gelten nur, wenn keine zusätzlichen Maßnahmen zur Belüftung des Scheibenzwischenraumes getroffen sind oder wenn eine ausreichende Luftumlenkung im äußeren Dichtsystem vorgenommen wurde (Labyrinthdichtung).

Tabelle 12.1.1-3 Standardisierte Schalldämm-Maße für Glasscheiben nach DIN EN 12758 (2011-04)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Glasdicke/ Zusammensetzung	Schalldämm-Maß R in dB bei Oktavband-Mitten-Frequenzen in Hz						Einzahlwerte und Spektrum-Anpassungswerte in dB		
2	in mm	125	250	500	1000	2000	4000	R_w	C	C_{tr}
3	**Einfachglas**									
4	3	14	19	25	29	33	25	28	–1	–4
5	4	17	20	26	32	33	26	29	–2	–3
6	5	19	22	29	33	29	31	30	–1	–2
7	6	18	23	30	35	27	32	31	–2	–3
8	8	20	24	29	34	29	37	32	–2	–3
9	10	23	26	32	31	32	39	33	–2	–3
10	12	27	29	31	32	38	47	34	0	–2
11	**Verbundglas/VSG**									
12	6	20	23	29	34	32	38	32	–1	–3
13	8	20	25	32	35	34	42	33	–1	–3
14	10	24	26	33	33	35	44	34	–1	–3

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 12.1.1-3 Standardisierte Schalldämm-Maße für Glasscheiben nach DIN EN 12758 (2011-04) (Fortsetzung)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Glasdicke/ Zusammensetzung	Schalldämm-Maß R in dB bei Oktavband-Mitten-Frequenzen in Hz						Einzahlwerte und Spektrum-Anpassungswerte in dB		
2	in mm	125	250	500	1000	2000	4000	R_w	C	C_{tr}
15	**Mehrscheiben-Isolierglas** [1]									
16	4 / 6 bis 16 / 4	21	17	25	35	37	31	29	– 1	– 4
17	6 / 6 bis 16 / 4	21	20	26	38	37	39	32	– 2	– 4
18	6 / 6 bis 16 / 6	20	18	28	38	34	38	31	– 1	– 4
19	8 / 6 bis 16 / 4	22	21	28	38	40	47	33	– 1	– 4
20	8 / 6 bis 16 / 6	20	21	33	40	36	48	35	– 2	– 6
21	10 / 6 bis 16 / 4	24	21	32	37	42	43	35	– 2	– 5
22	10 / 6 bis 16 / 6	24	24	32	37	37	44	35	– 1	– 3
23	**Mehrscheiben-Isolierglas mit Verbundglas** [1]									
24	6 / 6 bis 16 / 6 Verbundglas	20	19	30	39	37	46	33	– 2	– 5
25	6 / 6 bis 16 / 10 Verbundglas	24	25	33	39	40	49	37	– 1	– 5

[1] Die Maße betreffen Glasdicke/Scheibenabstand/Glasdicke in mm.

Einbausituation von Fenstern und Türen

Je nach Einbausituation kann die resultierende Schalldämmung von Fenstern und Türen beeinflusst werden. Sie muss bei schalltechnisch kritischen Einbausituationen nach Tabelle 6.1.2-1 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.

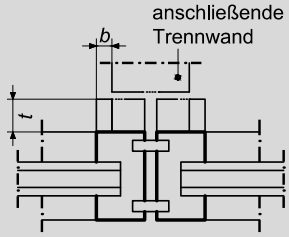
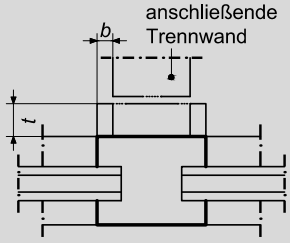
12.1.2 Horizontale Längsschalldämmung von Fensterbändern

In Bürogebäuden werden häufig aneinander gekoppelte Fensterbänder verwendet, die auf einer Brüstung aufgesetzt sind. Die Art und Konstruktionsweise der Kopplungselemente und Profile im Anschlussbereich einer Trennwand beeinflussen die Längsschalldämmung.

Weitere Einflussgrößen sind der Trennwandanschluss mit einem sogenannten Schwert und die Abdichtung des Trennwandanschlusses. Diese müssen eigenständig geplant werden.

In Tabelle 12.1.2-1 ist die horizontale Längsschalldämmung von Fensterbändern augezeigt. Für die Anwendung wird die Schalldämmung der raumseitigen Schale der Füllung benötigt, das sind i.d.R. Glasfüllungen.

Tabelle 12.1.2-1 Längsschalldämmung von Fensterbändern nach DIN E 4109-35/A1, horizontale Luftschallübertragung bezogen auf ℓ_0 = 2,8 m[1)]

	1	2	3	4	5
1	Trennwand-Anschluss/ waagerechte Rahmenprofile	Profil-ansicht	Bautiefe Statikprofil	Schalldämmung der raumseitigen Schale	$D_{n,f,\ell_0,w}$ ($C;C_{tr}$)
2		b in mm	t in mm	R_w in dB	in dB
3	**Elementkopplung**/ keine am T-Stoß durchlaufenden Rahmenprofile 	≤ 50	0 (kein raumseitig einkragendes Profil)	29	59 (−3; −9)
4				31	60 (−3; −9)
5				33	61 (−3; −9)
6				35	62 (−2; −9)
7				37	63 (−2; −9)
8			≤ 50	–	55 (−2; −6)
9		≤ 35	0	29	59 (−3; −9)
10				31	60 (−3; −9)
11				33	61 (−3; −9)
12			≤ 50	–	55 (−2; −6)
13		≤ 75	0	–	56 (−2; −6)
14	**Mittelpfosten**/ Rahmenprofil bis 50 mm am T-Stoß durchlaufend; breitere Profile getrennt 	≤ 35	0	29	54 (−2; −6)
15				31	56 (−2; −6)
16				33	57 (−2; −6)
17				35	58 (−2; −6)
18			≤ 50	–	53 (−2; −5)
19		≤ 75	0	–	49 (−1; −3)
20	**Mittelpfosten**/ Blendrahmenverbreiterung bis 250 mm am T-Stoß durchlaufend	≤ 35	0	–	42 (−1; −3)

[1)] Bei abweichenden gemeinsamen Kantenlängen (ℓ_0 = 2,8 m) ist eine Korrektur nach Gl. 12.1.2-1 zu berücksichtigen.

Für die Anwendung gelten folgende Randbedingungen:

a) Sofern nicht anders beschrieben, gelten die Werte für eine Mindestschalldämmung der raumseitigen Schale von $R_w \geq 31$ dB,
b) Mindestwerkstoffdicke bei Metall-Hohlprofile 2 mm,
c) die Werte gelten für festverglaste Elemente und Elemente mit öffenbaren Flügeln mit raumseitig umlaufender Dichtung,
d) Fensterflügel benötigen mindestens zwei umlaufende Dichtungsebenen,
e) die Tabelle gilt für die Rahmenwerkstoffe Aluminium, Holz, Holz-Metall und Stahl,
f) Schwertanschlüsse sind bei der Tabelle nicht berücksichtigt.

Die Korrektur bei abweichenden gemeinsamen Kantenlängen berechnet sich wie folgt:

$$D_{n,f,w} = D_{n,f,\ell_0,w} - 10 \cdot \lg \frac{\ell}{\ell_0} \qquad (12.1.2\text{-}1)$$

Darin sind:

$D_{n,f,w}$	bewertete Einzahlangabe der Norm-Flankenschallpegeldifferenz in dB
$D_{n,f,\ell_0,w}$	bewertete Einzahlangabe der auf die Bezugslänge ℓ_0 bezogene Norm-Flankenschallpegeldifferenz in dB
ℓ	gemeinsame Kantenlänge des Fensterbandes mit der Trennwand in m
ℓ_0	Bezugskantenlänge des Fensterbandes mit der Trennwand; ℓ_0 = 2,8 m

12.2 Lichtkuppeln, Dachlichtbänder

In der DIN EN 1873, der Produktnorm für Lichtkuppeln, sind Elemente aus Kunststoffmaterialien (z. B. GF-UP, PC, PMMA, PVC) und Lichtkuppeln mit Aufsetzkränzen aus z. B. GF-UP, PVC, Stahl, Aluminium oder Holz zum Einbau in Dächern beschrieben. Als Eingangswert für den rechnerischen Nachweis ist der nach DIN EN 1873 deklarierte Wert des bewerteten Schalldämm-Maßes zu verwenden.

Die Produktnorm für Dachlichtbänder ist DIN EN 14963. Geregelt sind darin Dachlichtbänder aus Kunststoff (z. B. GF-UP, PC, PMMA, PVC) mit oder ohne Tragkonstruktion zur Verwendung mit Aufsetzkränzen aus z. B. GF-UP, PVC, Stahl, Aluminium, Holz oder Beton zum Einbau in Dächern. Als Eingangswert für den rechnerischen Nachweis ist der nach DIN EN 14963 deklarierte Wert des bewerteten Schalldämm-Maßes zu verwenden.

12.3 Rollladenkästen

Rollladenkästen können entweder Bestandteil des Fensters oder des Mauerwerks sein, als Fertigkästen eingebaut oder durch Einmauern oder Einbetonieren hergestellt werden. Die Lage des Montagedeckels kann sich bauartbedingt an verschiedene Stellen (innen, außen, unten) nach Bild 12.3-1 befinden.

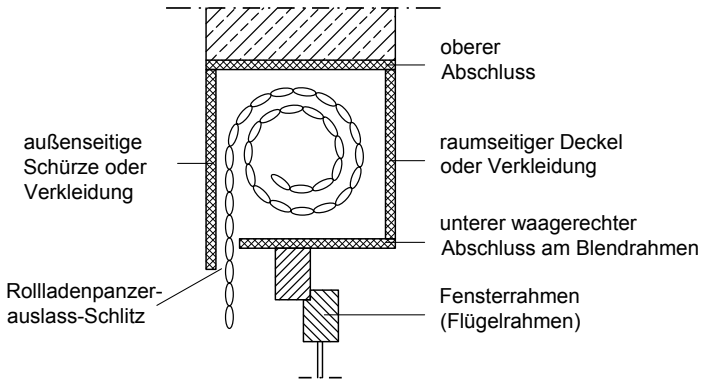


Bild 12.3-1 Prinzipielle Darstellung der Bauteile eines Rollladenkastens

Ausführungsbeispiele für Rollladenkästen mit bewerteten Schalldämm-Maßen von > 25 dB können der Tab. 12.3-1 entnommen werden.

Für Rollladenkästen mit $R_w \geq 45$ dB können keine allgemeingültigen Ausführungsbeispiele angegeben werden. Verbesserungen sind mit zusätzlich an Innenflächen angebrachten schallabsorbierende Materialien, beispielsweise Mineralwolleplatten, zu erreichen. Die mit einer speziellen Konstruktion tatsächlich erreichte Schalldämmung ist durch eine Messung im Labor nach DIN EN ISO 10140-2 nachzuweisen.

Beim Einbau sind die Fugen zwischen Rollladenkasten und Baukörper bzw. Blendrahmen mit einer schalldichter Ausführung erforderlich.

Tabelle 12.3-1 Ausführungsbeispiele für Rollladenkästen mit bewerteten Schalldämm-Maßen R_w > 25 dB nach VDI 2719 (08.1987)

	1	2	3	4	5
1	bewertetes Schalldämm-Maß R_w in dB	Sytemvariante[1)]	Innenschürze Bekleidung Montagedeckel	Unterer waagerechter Abschluss Montagedeckel	Anschlussfuge
3	≥ 25	A / B	2,3 oder 4	2,3 oder 4	7 oder 8
4			5 oder 6		7
5	≥ 30	A / B	2,3 oder 4	2,3 oder 4	8 oder 9
6			5		9
7	≥ 35	A	3 oder 6	3 oder 4	7 und 9 oder 8 und 9
8		B	3, 4, 5 oder 6	1, 2, 3 oder 4	
9	≥ 40	A	3, 4, 5 oder 6	3 oder 4	7 und 9 oder 8 und 9
10		B		1, 2, 3 oder 4	
11	**Legende** 1 Bleche, Kunststoffplatten 2 Kunststoff-Stegdoppelplatten oder Holzwerkstoffplatten, $d \geq 8$ mm 3 wie 2, jedoch mit Blechauflage, $m' \geq 8$ kg/m² 4 Holzwerkstoffpl., z.B. Spanplatten nach DIN EN 312, $d \geq 8$ mm, mit erhöhter innerer Dämpfung 5 Putzträger (z. B. Holzwolle-Leichtbauplatte, Dicke ≥ 50 mm, mit Putzdicke ≥ 5 mm) 6 Platten aus Beton, Porenbeton, Ziegel oder Bims, $d \geq 50$ mm oder $m' \geq 30$ kg/m² 7 umlaufender Falz bzw. Nut 8 Schnapp- und Steckverbindungen mit Auflage am Kopfteil 9 zusätzliche Abdichtung aller Fugen mit Dichtstoffprofilen				

[1)] Systemvariante A: Montagedeckel innen
Systemvariante B: Montagedeckel außen

12.4 Türen

Schalldämmung von Türen nach VDI 3728

Die Schalldämmung von Türen hängt außer von der Dicke des Materials und Konstruktion des Türblattes auch von einer Vielzahl weiterer Einflüsse ab (siehe Bild 12.4-1 und Tabelle 12.4-1), die sich zum Teil maßgeblich auf das am Bau erreichbare Schalldämm-Maß auswirken. Die in DIN 4109 enthaltenen Anforderungen und Empfehlungen beziehen sich auf Türen im eingebauten Zustand. Bei Toren und Türen sind besonders große Unterschiede zwischen den in Labor gemessenen Schalldämm-Werten und den in der Praxis erzielten Ergebnissen bekannt.

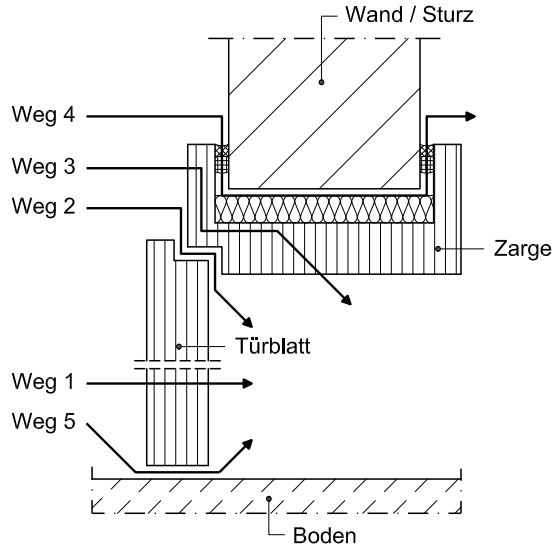


Bild 12.4-1 Schallübertragungswege bei Türen
(Weg 1 - Türblatt; Weg 2 - Fuge zwischen Türblatt und Zarge; Weg 3 - Zarge; Weg 4 - Fuge zwischen Zarge und Wand; Weg 5 - Bodenfuge)

Der konstruktive Aufbau des **Türblatts** kann in Schicht- oder Schalenbauweise ausgeführt werden. Für die Schalldämmung sind die flächenbezogene Masse, die Art und Anordnung der Einlage und der Decklagen und damit ggf. Resonanzeffekte von Bedeutung.

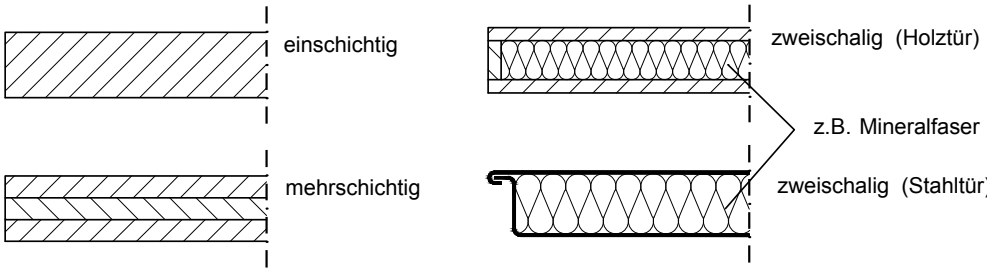


Bild 12.4-2 Konstruktiver Aufbau von Türblättern (schematisch)

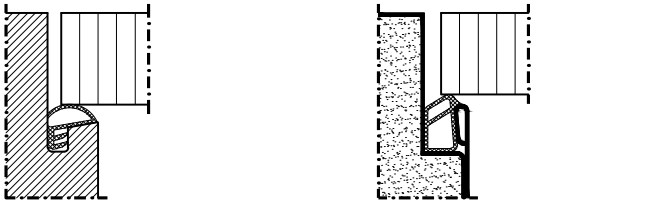
Tabelle 12.4-1 Einflüsse auf die Schalldämmung von Türen nach VDI 3728

	1	2
1	Konstruktionsdetail	Ausführung
1	Türblatt	• Werkstoff • einschichtig, mehrschichtig oder mehrschalig • einflügelig oder zweiflügelig • verdeckter Obentürschließer
2	Falzgeometrie	• Einfach- oder Doppelfalz • stumpf einschlagend
3	Türzarge	• Holz oder Metall • Einfach- oder Doppelfalz • Umfassungs-, Eckzarge • Block- oder Blendrahmen
4	Beschläge	Anzahl, Art und Justierbarkeit von • Bändern • Verriegelungen
5	Dichtungen in der Bewegungsfuge	• Hohlprofildichtungen • Lippendichtungen • Überschlagdichtungen im Falzüberschlag • Federweg und Schließkräfte
6	Bodenspalt	• Spalthöhe • mit/ohne automatischer Absenkdichtung • mit/ohne Anschlagschwelle mit Dichtung
7	Fußboden	• Ebenheit der Bodenoberfläche • durchlaufender Teppichboden • Bodenschiene • schwimmender Estrich mit/ohne Trennfuge • schwimmender Estrich mit/ohne Trennschwelle zwischen verschiedenen Bodenbelägen • Estrich auf Trennlage • Verbundestrich • aufgeständerter Fußboden • Abschottung aufgeständerter Fußböden • Bodenfliesen mit Fliesenfugen
8	Hinterfüllmaterial und Abdichtung der Einbaufugen zwischen Zarge und umgebender Wandfläche	• Verguss-/Quellmörtel • Mineralwoll-Ausstopfung • Dämmschaum

Die **Türdichtungen** sollen den Schalldurchgang im Fugenbereich zwischen Türblatt und Rahmen bzw. Fußboden vermindern. Die Dichtungen können am Türblatt oder an der Rahmung angebracht sein, bei höheren Anforderungen sind zwei oder mehr Falz- und Dichtungsebenen notwendig. Zu unterscheiden sind:

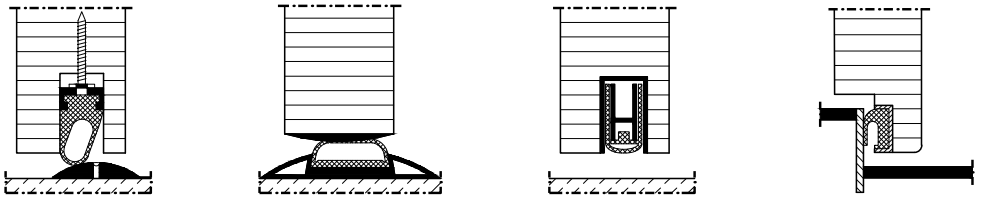
- Falzdichtungen (Bild 12.4-3) als Lippen-, Schlauch-, Wulst- oder Magnetdichtungen,
- Bodendichtungen (Bild 12.4-4) als Schleif-, Schwellen-, Auflaufdichtungen und automatische Dichtungen, sowie
- akustische Dichtungen (Bild 12.4-5) in Form von Absorber- oder Resonatorkammern.

Die Dichtungen sind erst dann wirksam, wenn geeignete Beschläge ein dichtes Anliegen des Türblattes an den Dichtungen über die gesamte Länge sicherstellen. Dämpfungsprofile haben im Gegensatz zu Dichtungsprofilen einen geringen Toleranzausgleich und sind deshalb für schalldämmende Türen ungeeignet.



Lippendichtung in Holzzarge Schlauchdichtung in Stahlzarge

Bild 12.4-3 Beispiele von Falzdichtungen



Auflaufdichtung Höckerschwelle Absenkdichtung Anschlagdichtung

Bild 12.4-4 Beispiele von Bodendichtungen

Die Abdichtung der Bodenfuge ist zur Erreichung einer guten Schalldämmung besonders wichtig. Ab einem Schalldämm-Maß der Tür von R_w = 32 dB ist der schwimmende Estrich unterhalb der Tür mit einer Trennfuge zu versehen.

Tabelle 12.4-2 Schalldämmung von Türsystemen und orientierende Hinweise auf den Zusammenhang zwischen Schalldämm-Maß und Konstruktionsdetails nach VDI 3728

	1	2	2	3	4
1	bewertetes Bau-Schalldämm-Maß (Anforderungswert) R_W in dB	bewertetes Schalldämm-Maß (Prüfstandwert ohne Nebenwegübertragung) $R_{W,P}$ in dB	Anzahl der erforderlichen Dichtungen	Anzahl der dauerelastischen Abdichtungen zum Baukörper (Zarge - Wand; Zarge - Boden)	konstruktiver Aufbau
2	27	≥ 32	1	einseitig auf der Türöffnungsseite	einschichtige-/ zweischalige Konstruktion
3	32	≥ 37	1	zweiseitig	mehrschichtige Konstruktion
4	37	≥ 42	2	zweiseitig	mehrschichtige Konstruktion
5	42	≥ 47	2 bis 4	zweiseitig	mehrschichtige Konstruktion
7	47	≥ 52	2 bis 4	zweiseitig	Doppeltür

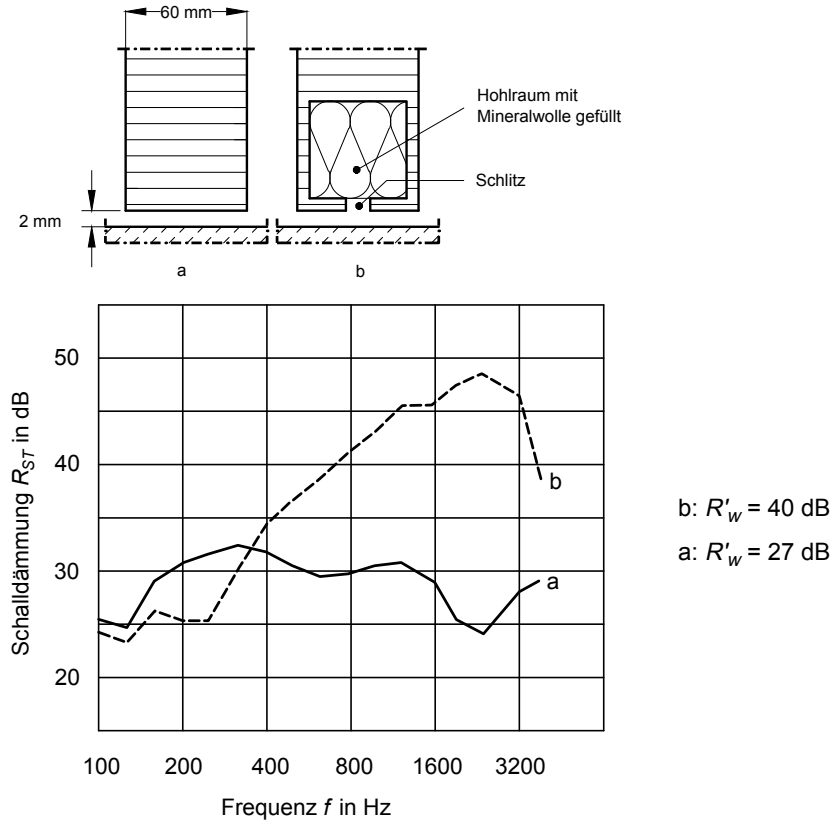


Bild 12.4-5 Beispiel einer akustischen Fugendichtung nach [54]

Schalldämmung von Türen nach DIN 4109-35

Bei der Planung von Türen ist besonders auf eine sorgfältige Ausführung von Montage der Zarge, Ausführung des Bodenanschlusses, des Baukörperanschlusses sowie des Bodenbelags nach dem Stand der Technik zu achten. Die Montage von Zargen im Innenbereich muss einseitig dicht erfolgen, geeignete Methoden sind das Ausschäumen oder Ausstopfen der Zarge mit zusätzlicher dauerelastischer Abdichtung.

Schwimmende Estriche und harte Bodenbeläge müssen hinsichtlich der flankierenden Übertragung im Bereich der Tür schalltechnisch getrennt sein, auch Teppiche sind im Bereich der Tür durch eine Bodenschwelle zu trennen.

Als Eingangswert für den rechnerischen Nachweis ist der nach DIN EN 14351-1 (Aussentüren) bzw. nach DIN EN 14351-2 (Innentüren) deklarierte Wert des bewerteten Schalldämm-Maßes zu verwenden.

Für Fälle, in denen kein Wert vorliegt, kann die Schalldämmung einer betriebsfertigen Tür aus der Fugenschalldämmung, der Falzdichtung, der Fugenschalldämmung, der Bodendichtung sowie dem bewerteten Schalldämm-Maß des Türblattes rechnerisch nachgewiesen werden, wenn die Kriterien nach Tabelle 12.4-3 erfüllt werden. Die Tabelle 12.4-3 gilt für betriebsfer-

tige Türen mit einem erforderlichen bewerteten Schalldämm-Maß erf. $R_w \leq 35$ dB und ist auf Holz- und Metallzargen anwendbar. Tabelle 12.4-4 enthält Korrekturwerte für Türen, die auf das bewertete Schalldämm-Maß bei konstruktiven Änderungen ohne prüftechnischen Nachweis angerechnet werden können.

Tabelle 12.4-3 Schalldämmung von einflügeligen Innentüren (Sperrtüren) ohne Messung nach DIN 4109-35

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

1) $R_{s,w}$ ist das bewertete Fugenschalldämm-Maß für Falzdichtungen. Der Wirkungsbereich der Dichtung ist so zu bemessen, dass die Verformung der Tür (nachgewiesen z. B. durch RAL-Typ-Prüfungen) kleiner als der Wirkungsbereich der Dichtung ist.

Tabelle 12.4-4 Korrekturwerte für die Schalldämmung von Türblättern bei konstruktiven Veränderungen nach DIN 4109-35

	1	2	3
1	Bauteil	Korrekturwert für Sperrtüren	
		Einschichtige Türblätter	Mehrschichtige Türblätter
2	Bewertetes Schalldämm-Maß des Türblattes	R_w = 30 bis 34 dB	R_w = 35 bis 40 dB
3	Verdoppelung des Flächenanteils des Rahmens, der die Einlage im Türblatt umschließt	0	– 2
4	Lichtausschnitt mit einem Flächenanteil von 15 %, Verglasung Einfachglas ($R_{w,Glas}$ = 31 dB)	1	– 3
5	Lichtausschnitt mit einem Flächenanteil von 15 %, Verglasung Verbundglas ($R_{w,Verglasung}$ = 37 dB)	1	– 1
6	Lichtausschnitt mit einem Flächenanteil von 50 %, Verglasung Einfachglas ($R_{w,Glas}$ = 31 dB)	0	– 8
7	Lichtausschnitt mit einem Flächenanteil von 50 %, Verglasung Verbundglas ($R_{w,Verglasung}$ = 37 dB)	0	– 3
8	Verwendung eines Buntbartschlosses anstelle eines Profilzylinderschlosses	– 1	– 1
9	Verdoppelung der Anzahl der Deckplatten nach DIN 68706-1	2	0

12.5 Fugen

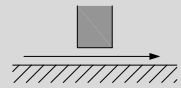
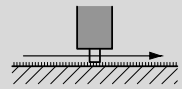
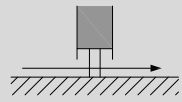
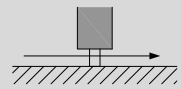
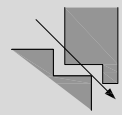
Fugen in Bauteilen (z. B. Tür-Falzfugen) werden bereits bei der Ermittlung der Schalldämmung des Bauteils berücksichtigt und müssen bei der Planung der Gesamtkonstruktion (z. B. Wand + Tür) nicht erneut berücksichtigt werden.

Baukörperanschlussfugen sind nicht Bestandteil der Bauteile/Bauelemente und müssen bei der Planung der Gesamtkonstruktion zusätzlich berücksichtigt werden.

Die Fugenschalldämmung hängt von folgenden Parametern ab:
- Geometrie (Länge, Breite, Tiefe, Form des Querschnittes),
- Lage im Bauteil, z. B. in der Mitte oder in einer Raumkante,
- Füllung mit Füllstoffen oder Dichtprofilen
- ob sie während der Gebrauchszeit geöffnet werden oder dauerhaft geschlossen bleiben.

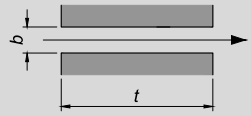
Für zu öffnende Fugen liegen Daten für Fugen an Innentüren vor, die in der Tabelle 12.5-1 zusammengestellt sind. Tabelle 12.5-2 enthält Werte für das bewertete Fugenschalldämm-Maß von Fugen, die für die Gebrauchszeit dauerhaft ausgebildet und geschlossen werden, z. B. Bauanschlussfugen.

Tabelle 12.5-1 Schalldämmung von Fugen, die während der Gebrauchszeit geöffnet werden nach DIN 4109-35

	1	2	3	4	5
1	Merkmal der Fuge	Fugenquerschnitt (Prinzipskizze)	Fugen-tiefe[1] in mm	Fugen-breite[2] in mm	$R_{S,w}$ in dB
2	Bodenfuge unter einer Tür ohne Dichtung		50 ± 10	5	20
3				7	18
4				10	15
5	Bodenfuge unter einer Tür mit mechanischer Absenkdichtung über Teppich		50 ± 10	5	25
6	Bodenfuge unter einer Tür mit mechanischer Absenkdichtung in einer Nut ohne Passung über glattem, festem Untergrund		50 ± 10	7	≥ 30
7	Bodenfuge unter einer Tür mit mechanischer Absenkdichtung in einer Nut mit Passung für die Dichtung über glattem, festem Untergrund		50 ± 10	7	≥ 35
8	Falzfuge mit seitlich und oben vollständig anliegender Dichtung		40 ± 10	5	≥ 35

[1] Die Fugentiefe entspricht in den Zeilen 2 bis 7 der Türblattdicke.
[2] Die Fugenbreite entspricht dem mittleren Abstand zwischen Türblatt und Fußboden.

Tabelle 12.5-2 Schalldämmung von Fugen, die während der Gebrauchszeit dauerhaft abgedichtet werden (Bauanschlussfugen) nach DIN 4109-35

	1	2	3	4	5
1	Merkmal der Fuge	Fugenquerschnitt (Prinzipskizze)	Fugentiefe[1] in mm	Fugenbreite[2] in mm	$R_{S,w}$ in dB
2	Leere Fuge		50 bis 100	10	15
3				20	10
4				30	5
5	Fuge, gefüllt mit Mineralfaserdämmstoff [1]		50 bis 100	10	35 bis 45
6				20	30 bis 40
7				30	25 bis 35
8	Fuge, gefüllt mit Montageschaum [2]		50 bis 100	10	≥ 50
9				20	≥ 47
10				30	≥ 45
11	Fuge, beidseitig abgedichtet mit Hinterfüllschnur und elastischem Dichtstoff [2]		50 bis 100	10	≥ 55
12				20	≥ 54
13				30	≥ 53
14	Fuge, beidseitig abgedichtet mit Bauanschlussfolie $b \geq 1$ mm [2]		50 bis 100	10	≥ 50
15				20	≥ 45
16				30	≥ 40

[1] Der Wert hängt von der Komprimierung der Mineralwolle ab.

[2] Bei der Angabe der Werte wurde die Übertragung der idealen Fugengeometrie auf praktische Anwendungsfälle, z. B. Bauanschlussfugen von Fenstern, berücksichtigt.

13 Bauakustische Messungen

13.1 Allgemeines

In den nachfolgenden Kapiteln werden lediglich Messungen am Bau behandelt, die in der alten Norm DIN 4109:1989 noch als sogenannte Güteprüfungen bezeichnet wurden. Diese Bezeichnung wird in der überarbeiteten, aktuell gültigen Normenreihe der DIN 4109 zwar nicht mehr verwendet, Schallschutzprüfstellen wie die VMPA verwenden jedoch weiterhin diese Bezeichnung [69]. Dieses Kapitel fasst die wesentlichen Inhalte der Normen zur messtechnischen Bestimmung der Luft-, Tritt- und Fassadenschalldämmung sowie des Schalls von haustechnischen Anlagen in Gebäuden vorwiegend tabellarisch zusammen.

Tabelle 13.1-1 Messung in Gebäuden nach DIN 4109-4

	1	2		3	4
1	Bauteile	Messgrößen in dB		Messverfahren nach	Kapitel
2	Messung zur Bestimmung der **Schalldämmung** und des **Schallschutzes** in Gebäuden				
3	Wände, Decken[1)]	R'_w	$D_{n,T,w}$	DIN EN ISO 16283-1	13.2
4	Türen, Wohnungseingangstüren[1)]	R_w			
5	Fenster, Fassaden[1)]	R'_w $R'_{w,45°}$	$D_{n,T,w}$	DIN EN ISO 16283-3	13.4
6	Deckenauflagen[1)]	ΔL_w		DIN EN ISO 16283-2	13.3
7	Decken Treppen, Podeste[1)]	$L'_{n,w}$	$L'_{n,T,w}$		
8	Messung der **Schallpegel** und des **Schallschutzes** von **gebäudetechnischen Anlagen** und aus baulich verbundenen Betrieben				
9	Installationsgeräusche [2)]	$L'_{AF,max,n}$	$L'_{AF,max,nT}$	DIN EN ISO 10052[3)]	13.5
10	sonstige gebäudetechnische Anlagen [2)]				
11	baulich verbundene Gewerbebetriebe [2)]	L'_r	$L'_{r,T}$	DIN 45645-1 TA Lärm VDI 2058	-
12	Schachtpegeldifferenz [2)]	$D_{k,w}$		DIN 52210-6	-

[1)] Es sind die σ_{situ} -Werte nach DIN EN ISO 12999-1 zu verwenden.

[2)] Die Unsicherheit beträgt: $u_{situ} = \begin{cases} 5{,}0\ \text{dB} - 0{,}1 \cdot L_{AF,max,n} & \text{für } L_{AF,max,n} < 35\ \text{dB} \\ 1{,}5\ \text{dB} & \text{für } L_{AF,max,n} \geq 35\ \text{dB} \end{cases}$

[3)] Abweichend von den Vorgaben aus DIN EN ISO 10052 werden zur Ermittlung der Bewertungsgrößen die Eckpositionen nicht herangezogen (siehe DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 9 und 10)

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020
W. M. Willems et al., *Schallschutz: Bauakustik*, Detailwissen Bauphysik, https://doi.org/10.1007/978-3-658-28454-1_13

Prüfstandsmessungen im Labor nach der Normenreihe der DIN EN ISO 10140 sind nicht Gegenstand der folgenden Ausführungen.

Die Tabelle 13.1-1 gibt einen Überblick über die Messgrößen, die anzuwendenden Messverfahren und die zugehörigen Kapitel in diesem Buch.

13.1.1 Geräteausstattung nach DIN EN ISO 16283

Allgemeines

Für die Messung nach Norm werden Anforderungen an das gesamte Messequipment gestellt. Tabelle 13.1.1-1 gibt einen Überblick in welcher Norm die Anforderungen an das jeweilige Messgerät enthalten sind.

Tabelle 13.1.1-1 Anforderungen an Messgeräte

	1		2
1	Messgerät		Anforderung nach Norm
2	Lautsprecher (annähernd gleichförmige, ungerichtete Abstrahlung)	Luftschalldämmung	DIN EN ISO 16283-1, Anhang A
		Trittschalldämmung (Nachhallzeit)	DIN EN ISO 16283-2, Anhang B
		Fassadenschalldämmung	DIN EN ISO 16283-3, Anhang C
3	Trittschallquelle	Gummiball	DIN EN ISO 16283-2, Anhang A
		Norm-Hammerwerk	
4	Filter		IEC 61260
5	Mikrofone[1)] | Kabel | Windschutzschirme | Aufzeichnungsgeräte sonstiges Zubehör		IEC 61672-1 für Anwendungen mit diffusem Schalleinfall
6	Messausrüstung zur Nachhallzeitmessung		ISO 3382-2

[1)] Der Durchmesser von Mikrofonen für Oberflächenmessungen darf maximal 13 mm betragen.

Kalibrierung

Die Verlässlichkeit der Messergebnisse hängt unter anderem von der ordnungsgemäßen Funktion der Mikrofone ab. Damit diese auch gewährleistet ist, sind die Mikrofone in regelmäßigen Abständen zu kalibrieren. In der nachfolgenden Tabelle sind die Anforderungen an den Vorgang der Kalibrierung zusammengefasst.

Tabelle 13.1.1-2 Kalibrierung nach DIN EN ISO 16283

	1	2
1		Vorgabe nach Norm
2	Schallkalibrator	nach IEC 60942
3	Kalibriervorgänge	• das gesamte System ist zu kalibrieren • Mindestens: zu Beginn und Ende des Messtages • Empfehlung: zu Beginn und Ende jeder Messreihe
4	max. Differenz zwischen zwei Messungen	+/- 0,5 dB - wird der Wert überschritten, sind die Werte der letzten Messung zu verwerfen

Verifizierung

"Die Übereinstimmung des Messgerätes für den Schalldruckpegel, der Filter und des Schallkalibrators mit den zutreffenden Anforderungen ist durch Überprüfung auf Vorliegen eines gültigen Übereinstimmungszertifikats zu verifizieren. Sofern anwendbar, ist die Antwort des Mikrofons auf den stochastischen Schalleinfall nach einem Verfahren entsprechend IEC 61183 zu verifizieren. Die gesamte Übereinstimmungsprüfung ist durch ein Laboratorium vorzunehmen, das für die Durchführung der entsprechenden Prüfungen und Kalibrierungen akkreditiert oder anderweitig national zugelassen ist, sowie unter Sicherstellung der messtechnischen Rückverfolgbarkeit auf die zutreffenden Messnormale."

Tabelle 13.1.1-3 Intervalle für die Verifizierung nach DIN EN ISO 16283

	1	2	3
1	Messgerät	Anforderungen nach	Intervall in Jahren
2	Schallkalibrator	IEC 60942	1
3	Mikrofone | Kabel | Windschutzschirme | Aufzeichnungsgeräte | sonstiges Zubehör	IEC 61672-1	2
4	Filtersatz	IEC 61260	2

13.1.2 Frequenzbereich

Die zu ermittelnden Größen für die Luft-, Tritt- und Fassadenschalldämmung nach den Verfahren, die in den nachfolgenden Kapiteln dargestellt werden, sind unter Anwendung von Terzbandfiltern mit den in Tabelle 13.1.2-1 aufgeführten Mittenfrequenzen zu messen. Die Erweiterung des zu messenden Frequenzbereichs ist optional möglich.

Tabelle 13.1.2-1 Frequenzbereich für die Messung nach DIN EN ISO 16283

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Mittenfrequenzen in Hz												
2	zusätzlich **tiefe** Frequenzen			**Bauakustischer Messbereich** (mindestens)								zusätzlich **hohe** Frequenzen	
3	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	4000	5000
4				630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150		

Die einzige Ausnahme in der Normenreihe der DIN EN ISO 16283 bildet der Frequenzbereich bei der Bestimmung der Trittschalldämmung mittels eines Gummiballs. Bei diesem Verfahren werden nach Teil 2 der DIN EN ISO 16283 vorwiegend die tiefen bis mittleren Frequenzen nach Tabelle 13.1.2-2 betrachtet.

Tabelle 13.1.2-2 Frequenzbereich für die Messung nach DIN EN ISO 16283-2 für einen Gummiball als Trittschallquelle

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Mittenfrequenzen in Hz											
2	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630

13.1.3 Mikrofonpositionen

Die Messung der Schalldruckpegel erfolgt über Mikrofone im Sende- und/oder Empfangsraum. In der Normreihe werden Vorgaben für die Randbedingungen zum Einsatz und zur Positionierung der Mikrofone für das Standardverfahren und das Verfahren für tiefe Frequenzen gegeben. Weiterführende Erläuterungen zu Standard- und Verfahren für tiefe Frequenzen sind in den jeweiligen Abschnitten zu Luft-, Tritt- und Fassadenschalldämmung beschrieben. In den nachfolgenden Tabellen werden die Vorgaben zu den Mikrofonpositionen zusammengefasst. In Bild 13.1.3-1 ist zudem eine beispielhafte Verteilung der Mikrofone mit den wesentlichen Abstandsmaßen in Sende- und Empfangsraum dargestellt.

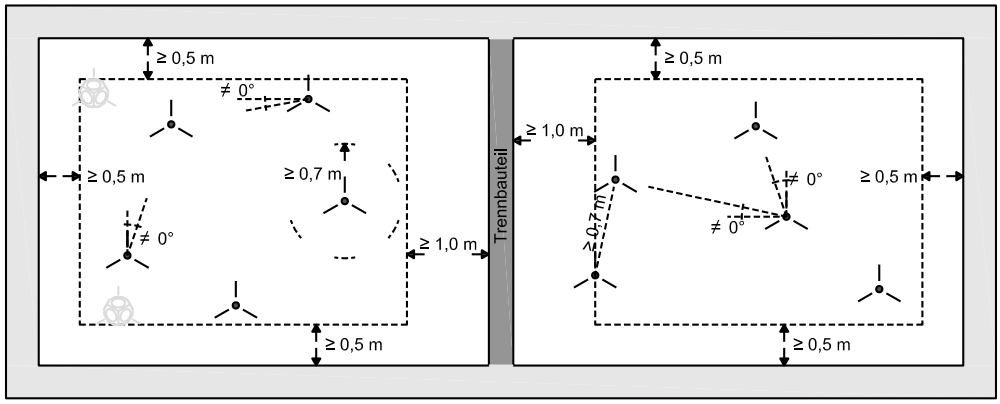


Bild 13.1.3-1 schematische Darstellung von Mikrofonpositionen nach DIN EN ISO 16283

Tabelle 13.1.3-1 Mikrofonpositionen für das Standardverfahren nach DIN EN ISO 16283

	1	2	3	4
1		Mikrofonpositionen		
2		fest	kontinuierlich mechanisch bewegt	manuelle Abtastung
3	Allgemeines	• auf Stativ oder • über Bediener manuell gehalten • Abstand: Mikrofon - Bediener mindestens eine Armlänge	Rotation • mit annähernd konstanter Winkelgeschwindigkeit • entlang eines Kreises, bzw. kreisförmigen Weges • in einem Winkel zwischen 270° und 360° • mit einem Kurvenschwenkradius ≥ 0,7 m • mit einer Neigung ≥ 10° gegenüber Raumbegrenzungsflächen	4 mögliche Abtastwege: • Kreis • Helix • zylindrischer Weg • 3 Halbkreise
4	Anzahl	in Abhängigkeit der Art der Messung: • Luftschalldämmung nach Abschnitt 13.2 • Trittschalldämmung nach Abschnitt 13.3 • Fassadenschalldämmung nach Abschnitt 13.4		

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.1.3-1 Mikrofonpositionen für das Standardverfahren nach DIN EN ISO 16283 (Fortsetzung)

	1	2	3	4
1		Mikrofonpositionen		
2		fest	kontinuierlich mechanisch bewegt	manuelle Abtastung
5	Mindest-abstände	• Abstand Mikrofon - Mikrofon (feststehend): ≥ 0,7 m • Abstand Mikrofon - Raumbegrenzungsflächen: ≥ 0,5 m • Abstand Mikrofon - LS | Trennbauteil: ≥ 1,0 m		
6	Mittelungs-zeiten	• 50-80 Hz: ≥ 15 s • 100-400 Hz: ≥ 6 s • 500-5000 Hz: ≥ 4 s	• 50-80 Hz: ≥ 60 s • 100-5000 Hz: ≥ 30 s	
7	Berechnung der energetisch gemittelten Schalldruckpegel	$L = 10 \cdot \lg\left(\frac{p_1^2 + p_2^2 + ... + p_n^2}{n \cdot p_o^2}\right)$	$L = 10 \cdot \lg\left(\frac{\frac{1}{T_m}\int_0^{T_m} p^2(t)dt}{p_0^2}\right)$	
8		$L = 10 \cdot \lg\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} 10^{0,1 \cdot L_i}\right)$	$L = 10 \cdot \lg\left(\frac{10^{0,1 \cdot L_1} + 10^{0,1 \cdot L_2} + ... + 10^{0,1 \cdot L_n}}{n}\right)$	
9		$L_{i,F\max,j} = 10 \cdot \lg\left(\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} 10^{0,1 \cdot L_{i,F\max,j,k}}\right)$		

Darin sind:

p_1^2, p_2^2,... p_n^2 quadratische Mittelwerte des Schalldruckes an n verschiedenen Mikrofonpositionen im Raum

p_0 Bezugs-Schalldruck (p_0 = 20 µPa)

p Schalldruck in Pa

T_m Mittelungszeit in s

L_1, L_2,..., L_n energetisch gemittelter Schalldruckpegel von n verschiedenen Bahnen/Abtastungen im Raum

$L_{i,Fmax,j,1}$, $L_{i,Fmax,j,2}$, ..., $L_{i,Fmax,j,n}$ maximale Schalldruckpegel für die Gummiballposition j an n verschiedenen Mikrofonpositionen im Raum

Die manuelle Abtastung muss nach DIN EN ISO 16283 einem vorgegebenen Schema entsprechen und wird in Tabelle 13.1.3-2 näher beschrieben.

Tabelle 13.1.3-2 Beschreibung der manuellen Abtastung nach DIN EN 16283

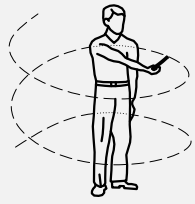
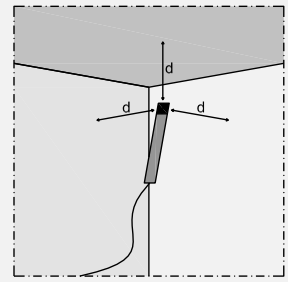
	1	2	3	4
1	manuelle Abtastung			
2	Kreis	Helix	Zylindrischer Weg	Drei Halbkreise
3	Abtastgeschwindigkeit: • möglichst konstant • ca. 20°/s (Winkel) • ca. 0,25 m/s (Gerade)			
4	Durchführung			
	• Mikrofon am ausgestrecktem Arm • stehende Bedienperson • in einem Winkel zwischen 270° und 360° • mit einer Neigung ≥ 10° gegenüber Raumbegrenzungsflächen • Kniebeugung zur Verringerung der Gesamthöhe ist möglich	• Mikrofon am ausgestrecktem Arm • Ausgangsposition: ca. 0,5 m über Boden • Körperdrehung 2 x um 360° von der Hocke in den Stand • Endposition: < 0,5 m unter der Decke	• Verlängerungsstange 0,3 m - 0,9 m • Ausgangsposition: ca. 0,5 m über Boden • kreisförmiger Bogen parallel zum Boden über ca. 220° • vertikal nach oben bis ca. 0,5 m unter Decke • kreisförmiger Bogen parallel zur Decke über ca. 220° zurück • vertikal nach unten bis ca. 0,5 m über Boden (Ausgangsposition)	• Mikrofon am ausgestrecktem Arm • stehende Bedienperson • 3 Halbkreise in einem Abstand von 45° bis 60° zueinander • mit einer Neigung ≥ 10° gegenüber Raumbegrenzungsflächen • Kniebeugung zur Verringerung der Gesamthöhe ist möglich
5				
6	• möglich: Unterbrechung des Abtastweges zur Änderung der Körperhaltung, um Bediengeräusche zu minimieren			

Tabelle 13.1.3-3 Mikrofonpositionen für das Verfahren für tiefe Frequenzen nach DIN EN ISO 16283

	1	2
1	Allgemeines	• auf Stativ oder • über Bediener manuell gehalten • Abstand: Mikrofon - Bediener mind. 1 Armlänge
2	Anzahl	• mind. 4 Mikrofonpositionen pro LS-Position
3	Position	• Abstand Mikrofon - Raumbegrenzungsflächen: 0,3 bis 0,4 m • von 4 Positionen: 2 in Bodennähe, 2 im Deckenbereich • Raumecken dürfen an Trennbauteile grenzen - dies ist aber keine Voraussetzung • Raumecke = 3 senkrecht zueinander stehende Ebenen • Abstand Möbel - Raumecke ≥ 0,5 m • Abstand LS - Mikrofon ≥ 1,0 m 
4	Mittelungszeiten	• 50 - 80 Hz: ≥ 15 s

13.1.4 Hintergrundgeräuschpegel

Fremdgeräusche im Empfangsraum während der Messung des Schalldruckpegels können diesen erheblich beeinflussen und somit das Messergebnis verfälschen. Zu den Fremdgeräuschen gehören unter anderem Geräusche außerhalb des Prüfraumes (z.B. Verkehrslärm, Nutzergeräusche aus anderen Nutzeinheiten, etc.), Geräusche der Messgeräte (z.B. elektrisches Rauschen des Empfangssystems) oder auch Geräusche der Bedienperson, sofern sie sich im Raum aufhält.

Bei der Anwendung von Mikrofonpositionen bei denen sich der Bediener während der Messung im Empfangsraum aufhält (z.B. handgehaltene Mikrofone oder manuelle Abtastung), ist grundsätzlich darauf zu achten, dass die vom Bediener verursachten Geräusche möglichst gering ausfallen, beispielweise durch Anpassung der Kleidung. Zudem sollten die selbst erzeugten Geräusche im Empfangsraum nach einer der drei folgenden Verfahren identifiziert werden:

a) Untersuchung des zeitlichen Ablaufs des A-bewerteten Schalldruckpegels (Zeitbewertung "Schnell"), um ungewöhnliche transiente Ereignisse zu erkennen.

b) Berechnung der Differenz zwischen dem maximalen Schalldruckpegel bei Zeitbewertung „Schnell“ und dem äquivalenten Dauerschalldruckpegel in Frequenzbändern, um ungewöhnliche transiente Ereignisse anzuzeigen.

c) Anwendung des eigenen Gehörs, sofern kein Gehörschutz erforderlich ist und angewendet wird.

Die Messung des Hintergrundgeräuschpegels muss bei Anwendung der manuellen Abtastung auf dem gleichen Abtastweg erfolgen wie bei der Messung des Signalpegels, um vergleichbare Hintergrundgeräusche zu erzeugen.

Die Mittelungszeiten müssen für stetige und kontinuierliche Hintergrundgeräusche mindestens denen nach Tab. 13.1.3-1 entsprechen, für anderweitige Hintergrundgeräusche sollten die Mittelungszeiten entsprechend verlängert werden.

Zur Überprüfung auf elektrisches Rauschen im Empfangssystem oder elektrisches Nebensprechen zwischen dem Sende- und dem Empfangssystem ist das Mikrofon durch eine Mikrofonattrappe oder der Lautsprecher durch einen gleichwertigen Scheinwiderstand zu ersetzen.

Sowohl für das Standardverfahren als auch für das Verfahren bei tiefen Frequenzen sind Hintergrundgeräusche die mehr als 10 dB unterhalb der Kombination aus Signal- und Hintergrundgeräuschpegel liegen unbedenklich und müssen nicht weiter betrachtet werden. Für höhere Hintergrundgeräuschpegel sind Korrekturen nach Tab. 13.1.4-1 vorzunehmen. Die Betrachtung erfolgt für jedes Frequenzband.

Tabelle 13.1.4-1 Korrektur des Signalpegels für das Hintergrundgeräusch

	1	2	3
1	Pegeldifferenz in dB	Korrektur in dB	Hinweis
2	≥ 10	keine	
3	> 6 < 10	$L = 10 \cdot \lg\left(10^{0{,}1 \cdot L_{sb}} - 10^{0{,}1 \cdot L_b}\right)$	Darin sind: L angepasster Signalpegel in dB L_{sb} Kombination aus Signal- und Hintergrundgeräuschpegel in dB L_b Hintergrundgeräuschpegel in dB
4	≤ 6	1,3	Im Messbericht ist jedes Frequenzband zu markieren, bei dem die Korrektur angewendet wurde

13.1.5 Nachhallzeit

Neben den Signalpegeln im Sende- und Empfangsraum sowie dem Hintergrundgeräuschpegel im Empfangsraum ist für die Bestimmung der Luft-, Tritt- und Fassadenschalldämmung die Bestimmung der Absorptionsfläche im Empfangsraum erforderlich. Je größer die Absorptionsfläche in einem Raum ist, desto mehr Schallenergie wird dem Raum entzogen. Somit wird der gemessene Schalldruckpegel bei großer Absorptionsfläche im Empfangsraum kleiner, die Schallschutzqualität des Trennbauteils erscheint dadurch größer.

Für die Angabe des Bauschalldämm-Maßes sowie des Norm-Trittschallpegels muss daher eine Korrektur des gemessenen Schalldruckpegels hinsichtlich der Raumabsorption erfolgen. Da sich die Nachhallzeit umgekehrt proportional zur Absorptionsfläche eines Raumes verhält (s. auch Kapitel 3), erfolgt diese Korrektur über die Messung der Nachhallzeit. Die Nachhallzeiten sind unter Anwendung des Verfahrens des abgeschaltetem Rauschens nach ISO 3382-2 oder des Verfahrens der integrierten Impulsantwort nach ISO 18233 zu messen. Das Standardverfahren wird bevorzugt, das Präzisionsverfahren darf jedoch angewendet werden.

Die Tab. 13.1.5-1 gibt eine Übersicht über die nach DIN EN ISO 16283 geforderten Lautsprecher und Mikrofonpositionen zur Messung der Nachhallzeit im Empfangsraum.

Tabelle 13.1.5-1 Messung der Nachhallzeit nach DIN EN ISO 16283

	1	2	3	4
1	Verfahren	Mikrofonposition	Anzahl Messungen	Kombination
2	abgeschaltetes Rauschen	fest	6	2 x 3 Mikrofonpositionen pro LS-Position
				1 x 6 Mikrofonpositionen pro LS-Position
		kontinuierlich mechanisch bewegt	6	1 x 6 Mikrofonpositionen entlang der Mikrofonbahn pro LS-Position
3	Impulsantwort	fest	6	1 x 6 Mikrofonpositionen pro LS-Position

13.2 Luftschalldämmung nach DIN EN ISO 16283-1

13.2.1 Allgemeines

Grundsätzlich erfolgt die Messung der Schallübertragung von einem Sende- in einen Empfangsraum. Im Senderaum wird die Schallquelle (Lautsprecher) positioniert. Die Messung umfasst die Ermittlung der Schalldruckpegel bei eingeschalteter Quelle sowohl im Sende- als auch im Empfangsraum sowie des Hintergrundgeräuschpegels und die Nachhallzeit im Empfangsraum. Bei der Messung der Luftschalldämmung zwischen zwei Räumen am Bau ist zu berücksichtigen, dass im Gegensatz zu Schallmessungen im Prüfstand die Schallübertragung nicht nur über das Trennbauteil stattfindet, sondern auch über die flankierenden Bauteile.

In der DIN werden zwei Messverfahren zur Bestimmung der notwendigen Werte beschrieben, das Standard-Verfahren (s. Abschnitt 13.2.3) und das Verfahren für tiefe Frequenzen (s. Abschnitt 13.2.4). Beide Verfahren dürfen ohne jegliche Kenntnis angewendet werden, ob es sich bei dem vorhandenen Schallfeld um ein annähernd diffuses Schallfeld handelt oder nicht. Eine Modifizierung des Schallfeldes durch Einbringen zusätzlicher Gegenstände (beispielsweise Möbel oder Diffusoren) sollte vermieden werden.

In Abhängigkeit der Wahl der Mikrofonhalterung befindet sich unter Umständen eine Bedienperson im Sende- und/oder im Empfangsraum. Bei Anwesenheit einer Bedienperson im Senderaum ist zur Vermeidung von Hörschäden aufgrund der hohen vorhandenen Pegel unbedingt auf das Tragen eines Gehörschutzes zu achten. Die durch eine Bedienperson erzeugten Störgeräusche im Senderaum sind üblicherweise zu vernachlässigen.

Da im Empfangsraum die Schalldruckpegel in der Regel deutlich niedriger liegen, ist hier zu entscheiden, ob sich die Anwesenheit eines Bedieners negativ oder positiv auf die Messung auswirken kann. Grundsätzlich sind die Hintergrundgeräusche im Empfangsraum so gering wie möglich zu halten, um das Messergebniss nicht zu verfälschen. Da von einer Bedienperson auch immer potenzielle Störgeräusche ausgehen, ist in der Regel eine Bedienung außerhalb des Empfangsraumes vorzuziehen. Bei zeitlich unbestimmt auftretenden und markanten Hintergrundgeräuschen kann es aber durchaus sinnvoll sein, dass sich die Bedienperson im Raum aufhält, um diese Geräusche zu identifizieren und unter Umständen darauf reagieren zu kön-

nen, beispielsweise durch Abbruch und Wiederholung der Messung. Fällt die Entscheidung auf die Anwesenheit einer Bedienperson im Empfangsraum, so ist es zwingend erforderlich, dass sich diese auch während der Messung des Hintergrundgeräusches und der Nachhallzeit im Raum aufhält.

13.2.2 Berechnungsgrundlagen

Zur Ermittlung des Bauschalldämm-Maßes werden die Schalldruckpegel im Sende- und Empfangsraum, das Hintergrundgeräusch und die Nachhallzeit gemessen. In Tabelle 13.2.2-1 sind die Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der wesentlichen Messgrößen zur Wiederholung zusammengefasst.

Tabelle 13.2.2-1 Berechnungsgrundlagen nach DIN EN ISO 16283-1

	1	2	3	4
1	Messgröße	Formel	Einheit	Formel
2	Pegeldifferenz	$D = L_1 - L_2$	dB	13.2.2-1
3	Standard-Schallpegeldifferenz	$D_{nT} = D + 10 \cdot \lg \frac{T}{T_0}$	dB	13.2.2-2
4	Bauschalldämm-Maß	$R' = 10 \cdot \lg \frac{W_1}{W_2 + W_3}$	dB	13.2.2-3
5		$R' = D + 10 \cdot \lg \frac{S}{A}$	dB	13.2.2-4
6	äquivalente Schall-absorptionsfläche	$A = \frac{0{,}16 \cdot V}{T}$	m²	13.2.2-5
7	Standard-Schallpegeldifferenz[1)]	$D_{nT} = -10 \cdot \lg \left(\frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^{m} 10^{-0{,}1 \cdot D_{nT,j}} \right)$	dB	13.2.2-6
8	Bauschalldämm-Maß[1)]	$R' = -10 \cdot \lg \left(\frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^{m} 10^{-0{,}1 \cdot R'_j} \right)$	dB	13.2.2-7
9	Standard-Schallpegeldifferenz[2)]	$D_{nT,oct} = -10 \cdot \lg \sum_{n=1}^{3} \frac{10^{-0{,}1 \cdot D_{nt,1/3oct,n}}}{3}$	dB	13.2.2-8
10	Bauschalldämm-Maß[2)]	$R'_{oct} = -10 \cdot \lg \sum_{n=1}^{3} \frac{10^{-0{,}1 \cdot R'_{1/3oct,n}}}{3}$	dB	13.2.2-9

[1)] Für mehr als an einer Position betriebener einzelner Lautsprecher

[2)] Für die Angabe in Oktavbändern

13.2.3 Standardverfahren

Das Standardverfahren findet bei Räumen mit einem Raumvolumen von ca. 25 bis 250 m³ und dem Frequenzbereich nach Kapitel 13.1.2 Anwendung. Beim Standardverfahren wird der Schalldruckpegel durch die Anwendung von Mikrofonen in einem zentralen Bereich des Messraumes (Sende- und Empfangsraum) gemessen, die wesentlichen Hinweise zur Aufstellung der Mikrofone können der Tabelle 13.1.3-1 entnommen werden. Das Verfahren dient dazu die Luftschalldämmung von Trennbauteilen zwischen Sende- und Empfangsraum quantitativ zu ermitteln, diese zu beurteilen und mit Anforderungswerten oder Messwerten anderer Bauteilaufbauten, bzw. Räumlichkeiten zu vergleichen. Das Schallfeld in den gemessenen Räumen darf dabei einem diffusem Schallfeld entsprechen, dies ist im Gegensatz zu der zurückgezogenen Normenreihe DIN EN ISO 140 keine Voraussetzung mehr für die Anwendbarkeit des Verfahrens. Die Tabelle 13.2.3-1 enthält eine tabellarische Zusammenfassung über die Durchführung des Standardverfahrens.

Tabelle 13.2.3-1 Standardverfahren nach DIN EN ISO 16283-1

	1	2
1		Anforderung nach Norm
2	Allgemeines	grundsätzliches Vorgehen: • Ermittlung des mittleren Pegels im Sende- und Empfangsraum bei eingeschaltetem Lautsprecher • Ermittlung des Hintergrundgeräuschpegels im ER bei ausgeschaltetem Lautsprecher Anzahl Lautsprecher: • 2 gleichzeitig an mind. 2 Positionen oder • 1 an mind. 2 Positionen
3	Erzeugung des Schallfeldes	• einzelner Lautsprecher oder • mehrere vom gleichen Typ mit gleichem Pegel (vergleichbare, nicht korrelierende Signale) • LS während der Messung ortsfest • Richtwirkung nach Anhang A • Schall im SR muss stetig mit kontinuierlichem Spektrum sein • Im Frequenzbereich > 100 Hz: Pegeldifferenz zwischen nebeneinanderliegenden Terzbändern ≤ 8 dB • breitbandiges Geräuschsignal empfohlen: • weißes oder rosa Rauschen
4	Lautsprecherpositionen (Senderaum)	• mind. 2 Positionen • Empfehlung: vorwiegend in den Raumecken • Abstand LS - Raumgrenze: ≥ 0,5 m • Abstand LS - Trennbauteil: ≥ 1,0 m • Abstand LS - LS: ≥ 0,7 m bei mind. 2 Positionen ≥ 1,4 m • Abstand Grundplatte LS - Decke: ≥ 1,0 m

LS Lautsprecher
SR Senderaum
ER Empfangsraum

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.2.3-1 Standardverfahren nach DIN EN ISO 16283-1 (Fortsetzung)

	1		2	
1			Anforderung nach Norm	
5	Vorgehensweise	(A) mehrere gleichzeitig betriebene Lautsprecher	Messung der Schalldruckpegel im Sende- und Empfangsraum: 1. Ermittlung des energetisch gemittelten Schalldruckpegel: • feste Mikrofonposition: nach Gleichung 13.2.2-1 und 13.2.2-2 • mechanisch bewegt | manuelle Abtastung: nach Gleichung 13.2.2-3 und 13.2.2-4 2. Korrektur des Hintergrundgeräuschs nach Abschnitt 13.1.4 3. Standard-Schallpegeldifferenz nach Gleichung 13.2.2-2 4. Bauschalldämm-Maß nach Gleichung 13.2.2-4	
		(B) einzelner Lautsprecher an mehreren Positionen	Messung und Berechnung für jede LS-Position analog zur Vorgehensweise (A) - Schritte 1-4 • zusätzlich: 5. Standard-Schallpegeldifferenz nach Gleichung 13.2.2-6 6. Bauschalldämm-Maß nach Gleichung 13.2.2-7	
6	Mikrofonpositionen (Sende- und Empfangsraum)		fest	• mind. 5 Mikrofonpositionen pro LS-Position
			kontinuierlich mechanisch bewegt	• mind. 1 Mikrofonpositionen pro LS-Position
			manuelle Abtastung	• mind. 1 Mikrofonpositionen pro LS-Position

LS Lautsprecher
SR Senderaum
ER Empfangsraum

13.2.4 Verfahren für tiefe Frequenzen

Das Verfahren für tiefe Frequenzen findet Anwendung bei Räumen, deren Raumvolumen weniger als 25 m³ beträgt. Das Volumen wird dabei auf einen Kubikmeter genau berechnet. Dies gilt bei der Bestimmung der Luftschalldämmung sowohl für den Sende- als auch für den Empfangsraum. Fällt das Raumvolumen einer der beiden oder beider Räume geringer als 25 m³ aus, sind zusätzlich zu dem Standardverfahren Messungen in den Raumecken entweder mit einem feststehenden oder einem manuell gehaltenem Mikrofon vorzunehmen. Dies ist aufgrund der durch die kleinen Raumabmessungen bedingten größeren räumlichen Schwankungen des modalen Schallfeldes notwendig. So kann die Wiederhol- und Vergleichspräzision der Messung erhöht werden.

Der wesentliche Unterschied zum Standardverfahren besteht in der Positionierung der Mikrofone. In der Tabelle 13.1.3-3 in Abschnitt 13.1.3 sind die wesentlichen Punkte zu den Mikrofonpositionen zu dem Verfahren für tiefe Frequenzen zusammengefasst.

Die Berechnung der energetisch gemittelten Schalldruckpegel bei tiefen Frequenzen erfolgt dann nach Tabelle 13.2.4-1.

Tabelle 13.2.4-1 Verfahren für tiefe Frequenzen nach DIN EN ISO 16283-1

	1	2
1	Nachhallzeit	• Verfahren nach Abschnitt 13.5 • Messung im 63 Hz-Oktavband • 63-Hz Wert repräsentativ für 50- | 63- | 80 Hz-Terzband bei der Berechnung von D_{nT} und R'
2	Hintergrundgeräusch	• Messung des Hintergrundgeräuschpegels in jeder für die Berechnung von L_{Corner} erforderlichen Ecke
3	Lautsprecherpositionen (Senderaum)	• dieselben Positionen wie für das Standardverfahren (s. Tab. 13.2.3-1) • Abstand LS - Mikrofon ≥ 1,0 m
4	(C) mehrere gleichzeitig betriebene Lautsprecher	L_{Corner}: • höchster Schalldruckpegel aus dem Satz der gemessenen Ecke für jedes der 50- | 63- | 80-Hz-Terzbänder • möglich: für jedes Terzband in unterschiedlicher Ecke gemessen • erforderliche Korrektur für Hintergrundgeräuschpegel vornehmen
		$$L_{LF} = 10 \cdot \lg\left(\frac{10^{0,1 \cdot L_{corner}} + \left(2 \cdot 10^{0,1 \cdot L}\right)}{3}\right)$$ darin sind: L_{LF} energetisch gemittelter Schalldruckpegel bei tiefen Frequenzen in den 50-Hz-, 63-Hz- und 80-Hz-Bändern in dB L_{Corner} Schalldruckpegel der Ecke in einem Raum in dB L energetisch gemittelter Schalldruckpegel im Raum in dB
		Vorgehensweise: 1. Ermittlung des höchsten Schalldruckpegels für jedes 50- | 63- | 80-Hz-Terzband 2. Individuelle Korrektur des Hintergrundgeräuschs für jedes 50- | 63- | 80-Hz-Terzband nach Abschnitt 13.4 3. Pegeldifferenz berechnen nach Gleichung 13.2.2-1 mit L_1 und/oder $L_2 = L_{LF}$ 4. Standard-Schallpegeldifferenz nach Gleichung 13.2.2-2 5. Bauschalldämm-Maß nach Gleichung 13.2.2-4
5	(D) einzelner Lautsprecher an mehreren Positionen	Ermittlung des höchsten Schalldruckpegels für jede LS-Position analog zur Vorgehensweise (C) - Schritte 1-5 zusätzlich: 6. Standard-Schallpegeldifferenz nach Gleichung 13.2.2-6 7. Bauschalldämm-Maß nach Gleichung 13.2.2-7
6	Mikrofonpositionen (Sende- und/oder Empfangsraum)	• mind. 4 Mikrofonpositionen pro LS-Position (siehe Tab. 13.1.3-3)

13.2.5 Darstellung der Prüfergebnisse

Die Messergebnisse sind laut DIN EN ISO 16283-1 nach bestimmten Vorgaben darzustellen und in einem Prüfbericht aufzunehmen. Tabelle 13.2.5-1 gibt einen Überblick über die Anforderungen an die Darstellung der Ergebnisse, Tabelle 13.2.5-2 gibt die genauen Vorgaben für den Prüfbericht nach Norm wieder.

Tabelle 13.2.5-1 Vorgaben zur Aufzeichnung der Ergebnisse nach DIN EN ISO 16283-1

	1	2
1	Messergebnisse D_{nT} bzw. R'	• in Terzbändern auf eine Dezimalstelle genau • in Tabellenform und als Kurve (Diagramm)
2	Darstellung des Diagramm	• Einheiten: dB • logarithmische Skala • x-Achse: 5 mm für ein Terzband • y-Achse: 20 mm für 10 dB

Tabelle 13.2.5-2 Angaben für den Prüfbericht nach DIN EN ISO 16283-1

	1
1	eine Verweisung auf das vorliegende Dokument und das Jahr der Veröffentlichung
2	den Namen der Organisation, die die Messungen durchgeführt hat
3	den Namen und die Anschrift der Organisation oder Person, die die Prüfung in Auftrag gegeben hat (Auftraggeber)
4	das Datum der Prüfung
5	eine Beschreibung und Kennzeichnung der Gebäudestruktur (Adresse oder sonstige eindeutige Identifizierung) und der Prüfanordnung (einschließlich jeglicher zu Prüfzwecken am Rauminhalt vorgenommener vorübergehender Änderungen, z. B. die Einführung von Diffusoren
6	Volumen des Sende- und des Empfangsraumes (berechnet auf einen Kubikmeter) und Fläche jeglicher Trennbauteile S (im Fall von gegeneinander versetzten oder gestuften Räumen wird angegeben, ob dies die gemeinsame Fläche oder der Wert V/7,5 ist)
7	Standard-Schallpegeldifferenz DnT zwischen den Räumen oder Bau-Schalldämm-Maß R' des Trennbauteils als Funktion der Frequenz;
8	Kurzbeschreibung des Prüfverfahrens, kurze Einzelheiten zur Ausrüstung und Angabe dahingehend, in welchen Räumen die Verfahren bei tiefen Frequenzen für den Schalldruckpegel und die Nachhallzeit in den 50-Hz-, 63-Hz- und 80-Hz-Terzbändern genutzt wurden
9	Angaben zu den Ergebnissen, die als Grenzwerte der Messung anzusetzen sind. Diese sind als D_{nT} bzw. $R' \geq \ldots$ dB anzugeben. Dieses Vorgehen ist anzuwenden, wenn der Schalldruckpegel in einem beliebigen Band aufgrund des Hintergrundgeräusches nicht messbar ist

Hinweis: Für die Bewertung der Einzahlangaben auf der Grundlage der Kurven siehe EN ISO ISO 717-1 Es ist eindeutig anzugeben, dass die Bewertung auf einem Ergebnis beruht, das durch ein Verfahren am Bau erhalten wurde. Der Prüfbericht sollte auch die Unsicherheit der Einzahl-Bewertung umfassen.

Nach DIN EN ISO 16283-1 gemessene Standard-Schallpegeldifferenz

Messungen der Luftschalldämmung zwischen Räumen am Bau

Auftraggeber: Datum der Prüfung:

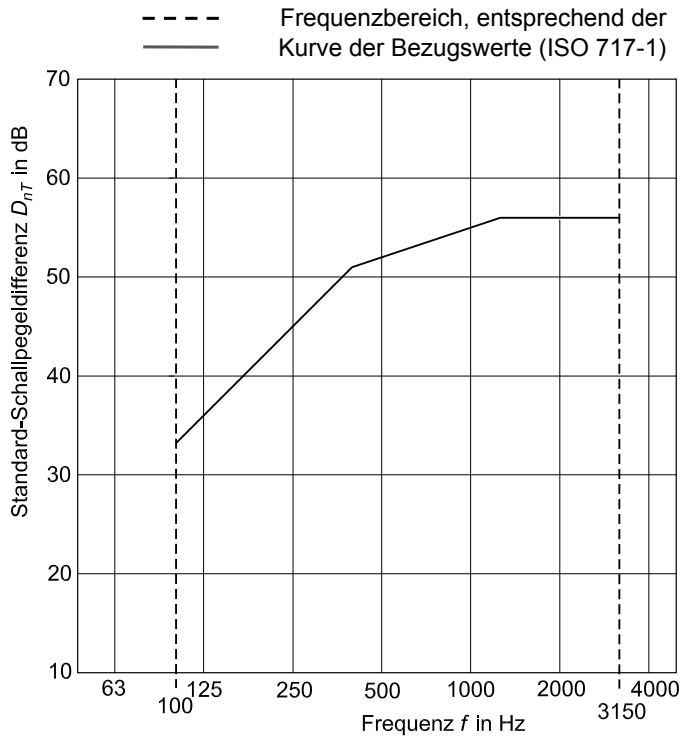
Beschreibung und Kennzeichnung der Gebäudestruktur und der Prüfanordnung, Richtung der Messung usw.

Fläche des gemeinsamen Trennbauteils: m²

Volumen des Senderaumes: m³

Volumen des Empfangsraumes: m³

Frequenz f in Hz	D_{nT} Terz in dB
50	
63	
80	
100	
125	
160	
200	
250	
315	
400	
500	
630	
800	
1 000	
1 250	
1 600	
2 000	
2 500	
3 150	
4 000	
5 000	



Bewertung nach ISO 717-1:

$D_{nT,w}(C;C_{tr})$ = (;) dB $C_{50\text{-}3150}$ = dB; $C_{50\text{-}5000}$ = dB; $C_{100\text{-}5000}$ = dB

Bewertung beruhend auf Messungen am Bau unter Anwendung von Ergebnissen aus einem Standardverfahren: $C_{tr,50\text{-}3150}$ = dB; $C_{tr,50\text{-}5000}$ = dB; $C_{tr,100\text{-}5000}$ = dB

Nr. des Prüfberichts: Name des Prüfinstituts:

Datum: Unterschrift:

Bild 13.2.5-1 Beispiel eines Vordrucks für die Aufzeichnung der Ergebnisse nach DIN EN ISO 16283-1 Anhang B

13.2.6 Zusätzliche Anleitung

Im Anhang C der DIN EN ISO 16283-1 sind zusätzliche Anleitungen und Hinweise zur Durchführung der Messungen aufgeführt. Dazu gehören allgemeine Hinweise, Empfehlungen zur Vorgehensweise bei besonderen Raumgeometrien und bei Türen als Trennbauteil sowie eine Zusammenfassung der empfohlenen Anzahl der Messungen in Abhängigkeit der Raumgröße und des anzuwendenen Messverfahrens. Die folgenden Tabellen geben einen tabellarischen Überblick über den Inhalt des Anhang C.

Tabelle 13.2.6-1 Zusätzliche Anleitung zur Durchführung der Messungen nach Anhang C

	1		2
1	Beschreibung		Anforderung nach Norm
2	Grundsätze	Auswahl Sende-Empfangsraum	größeres Raumvolumen = Senderaum Ausnahmen: • horizontale Messungen, bei denen der kleinere Raum ein einfaches (kastenförmiges) Volumen, der größere ein kompliziertes Raumvolumen aufweist • vertikale Messungen, bei denen kein ausreichender Abstand zwischen ungerichtet abstrahlendem Lautsprecher und Deckenkonstruktion erreicht werden kann, der eine Anregung durch Direktschall verhindert.
3		Berechnung des Raumvolumens	feststehende Gegenstände mit geschlossenen, nicht absorbierenden Oberflächen werden vom Raumvolumen abgezogen
4		Berechnung der gemeinsamen Trennfläche	feststehende Gegenstände vor dem gemeinsamen Trennbauteil werden nicht abgezogen
5		Anzahl der Mikrofon- und Lautsprecherpositionen	nach Tab. 13.1.3-1 bzw. Tab. 13.1.3-3
6	Horizontale Messungen	Lautsprecherpositionen	üblich: • in den dem Trennbauteil gegenüberliegenden Raumecken Senderaumfläche > 50 m²: • a) Abstand LS - LS ≤ 10 m • b) Abstand LS - LS ≤ 2,5 x Raumbreite • Anwendung von a) oder b) → den kleineren der beiden Werte dominierende Schallübertragung über eine Flanke: • Lautsprecherpositionen nicht nahe der Flanke
7		Beispiele für Mikrofon- und LS-Positionen	nach Tab. 13.2.6-7
8	Vertikale Messungen	Lautsprecherpositionen	üblich: • so nahe wie möglich an den Raumecken ER < SR und Senderaumfläche > 50 m²: • LS im Raumbereich anordnen, der am dichtesten am gemeinsamen Trennbauteil gelegen ist dominierende Schallübertragung über eine Flanke: • Lautsprecherpositionen nicht nahe der Flanke
9		Beispiele für Mikrofon- und LS-Positionen	nach Tab. 13.2.6-8

Tabelle 13.2.6-2 Besondere Raumtypen nach DIN EN ISO 16283-1 Anhang C

	1	2	3	4
1	Raumtyp		Beschreibung	
2	teilweise untergliedert	Fertiggebäude	2 Räume (Raum getrennt betrachtet):	1 Raum (gesamt betrachtet):
			Öffnungsfläche in der Ebene der Untergliederung ≤ 1/3 der Gesamtfläche	Öffnungsfläche in der Ebene der Untergliederung > 1/3 der Gesamtfläche • Messaufbau nach Zeile 3 Tab. 13.2.6-6
3		im Bau befindliche, nicht fertiggestellte Gebäude	Öffnung durch plattenförmiges Material abdecken	
4	stark gedämpft		Ausgangssituation: starke Abnahme des Schalldruckpegels mit steigender Entfernung zum Lautsprecher (Schallquelle) aufgrund sehr kurzer Nachhallzeiten in großen/langen Räumen mit hoher Schallabsorption	
5			Maßnahmen	
6			<u>Empfangsraum</u> Begrenzung des Raumvolumens für die Messung und die Berechnung des Schalldämm-Maßes nach folgender Vorgabe: • Raumbereiche in denen der Schalldruckpegel ≥ 6 dB unterhalb eines Bezugspegels liegt sind nicht zu berücksichtigen • Bezugs-Messposition horizontal: 0,5 m von Mitte des Trennbauteils 1,5 m oberhalb der Bodenebene • Bezugs-Messposition vertikal: 1,5 m oberhalb des Mittelpunktes des gemeinsamen Trennbauteils • das Abklingen darf durch Messung des A-bewerteten Schallpeges (hangehaltenes Schallpegelmessgerät) an der Bezugsposition und Positionen mit zunehmendem Abstand abgeschätzt werden	<u>Senderaum</u> • von einer Position 1 m vor dem Lautsprecher bis zu einer Position 0,5 m vor dem gemeinsamen Trennbauteil sollte die Differenz der beiden gemessenen Schalldruckpegel < 6 dB betragen • ansonsten Lautsprecher näher am Trennbauteil positionieren

LS Lautsprecher
SR Senderaum
ER Empfangsraum

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.2.6-3 Besondere Raumtypen nach DIN EN ISO 16283-1 Anhang C (Fortsetzung)

	1	2	3
1	Raumtyp	Beschreibung	
7	gegeneinander versetzt	Allgemein: • Räume versetzt und Grundfläche > 50 m² - Lautsprecher in dem Bereich anordnen, der nahe am gemeinsamen Trennbauteil liegt • keine symmetrischen Lautsprecherpositionen • ohne gemeinsames Trennbauteil: Abstände nicht verringern vertikale Messung und Senderaumfläche > 50 m²: • a) Abstand LS - LS ≤ 10 m • b) Abstand LS - LS ≤ 2,5 x Raumbreite • Anwendung von a) oder b) → den kleineren der beiden Werte horizontale Messung: Breite des gemeinsamen Trennbauteils < 1/2 x Breite des Trennbauteils im Senderaum: • Abstand LS - LS ≤ 2,5 x Breite des gemeinsames Trennbauteil und • Abstand LS - LS ≥ 5 m	
8	komplizierte Raumgeometrie	• es gibt keine allgemeinen Leitlinien • Problem: Definition der Raumvolumina | des Trennbauteils • Beispiele: Loftwohnungen (offener Grundriss) | Split-Level Wohnungen (versetzte Geschossebenen) Grundregeln: • LS in dem Bereich anordnen, der dem definierten Trennbauteil am nächsten ist • häufig: 3 - 4 LS-Positionen erforderlich	

LS Lautsprecher
SR Senderaum
ER Empfangsraum

Tabelle 13.2.6-4 Türen als gemeinsames Trennbauteil nach Anhang C

	1	2
1	Lautsprecher- und Mikrofon-positionen	• eine Seite der Tür als Außenseite definieren (z.B. Flur/Korridor) → Raum auf der Außenseite = Senderaum • bei gleichwertigen Räume (z.B. Klassenräume) gelten nachfolgende Grundsätze ebenfalls Lautsprecherpositionen: • 2 Positionen • auf dem Boden in einer Raumecke gegenüber der Tür • nicht in der Nähe der Tür • nicht in der Nähe der Wand in der die Tür angeordnet ist Mikrofonpositionen: • fest: jeweils 5 im Sende- und Empfangsraum • mechanisch bewegt: jeweils 1 im Sende- und Empfangsraum

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.2.6-5 Türen als gemeinsames Trennbauteil nach Anhang C (Fortsetzung)

	1	2	3
2	Türen zwischen Flur und Aufenthaltsraum	• Abstand LS-LS ≥ 6 m • Symmetrien vermeiden (Bsp.: Pos.1 - 2,5 m rechts und Pos.2 - 3,5 m links von der Tür)	
3	Türen zwischen Treppenhaus u. Aufenthaltsraum	• Lautsprecherpositionen jeweils ein halbes Geschoss nach oben und unten versetzt anordnen (Treppe/Podest)	
4	Bestimmung des Bau-Schalldämm-Maßes	**Messung 1**	**Messung 2**
5		reale Situation *Annahme:* gesamte Schall wird durch die Fläche der Tür übertragen	Türfläche wird mit zusätzlicher Schalldämmung versehen *Annahme:* Schallübertragung durch zusätzlich gedämmte Tür wird vernachlässigbar
6		$R'_{door} = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg\left(\frac{S_{door}}{A}\right)$	$R'_{door_ins} = L_{1_ins} - L_{2_ins} + 10 \cdot \lg\left(\frac{S_{door}}{A}\right)$
7	**Ergebnisse**: $\Delta R'_{door} = R'_{door,ins} - R'_{door}$		
8	$\Delta R'_{door}$ ≥ 15 dB	Messung 1 ergibt das erforderliche Schalldämm-Maß ohne Fehler	
9	6 dB < $\Delta R'_{door}$ < 15 dB	Es findet eine Flankenübertragung auch über die Wand statt. Der Näherungswert ist über folgende Gleichung zu bestimmen: $R'_{door_app} = -10 \cdot \lg\left(10^{-0,1 \cdot R'_{door}} - 10^{-0,1 \cdot R'_{door_ins}}\right)$	
10	$\Delta R'_{door}$ ≤ 6 dB	Eine genaue Bestimmung R'_{door} ist nicht möglich. Ein Mindestmaß der Schalldämmung wird wie folgt bestimmt: $R'_{door_app} > R'_{door} + 1,3\ \text{dB}$	

darin sind:

R'_{door}	Bau-Schalldämm-Maß der Tür in dB
R'_{door_ins}	Bau-Schalldämm-Maß der Tür mit zusätzlicher Dämmung in dB
L_1	mittlerer Schalldruckpegel im Senderaum in dB
L_2	mittlerer Schalldruckpegel im Empfangsraum in dB
A	äquivalente Absorptionsfläche im Empfangsraum in m^2
L_{1_ins} und L_{2_ins}	Pegel jeweils des Sende- und Empfangsraumes

Tabelle 13.2.6-6 Übersicht der empfohlenen Anzahl der Mikrofon- und Lautsprecherpositionen nach DIN EN ISO 16283-1 Anhang C

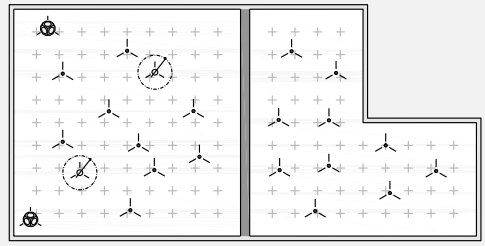
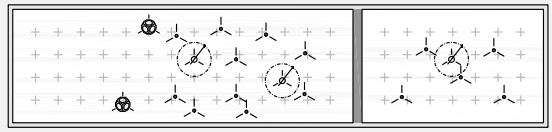
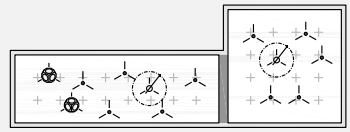
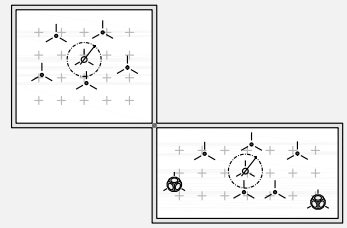
	1	2	3	4	5
1	Grundfläche *A* in m²	Anzahl der Positionen [3]			
		Lautsprecher (Senderaum)	feststehende oder manuell gehaltene Mikrofone	kontinuierlich mechanisch bewegte Mikrofone	manuelle Abtastung
2	< 50	2	5[1] (10)	1[1] (2)	1[1] (2)
3	50 bis100	2	10[2] (10)	2[2] (2)	2[2] (2)

[1] Für beide Lautsprecherpositionen dürfen dieselben fünf Mikrofonpositionen sowie dieselbe Mikrofonbahn bzw. derselbe Weg für die manuelle Abtastung verwendet werden.

[2] Für die beiden Lautsprecher sollten nicht dieselben Mikrofonpositionen sowie dieselbe Mikrofonbahn bzw. derselbe Weg für die manuelle Abtastung verwendet werden.

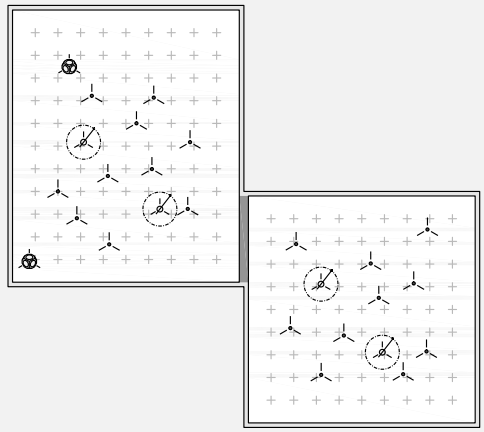
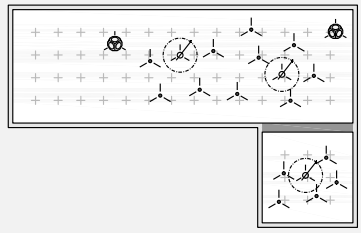
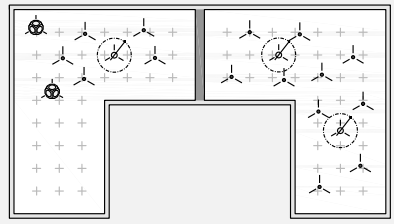
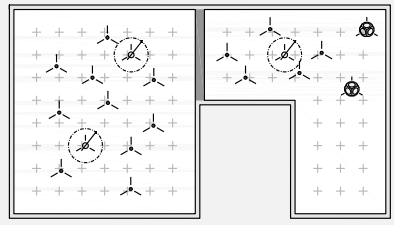
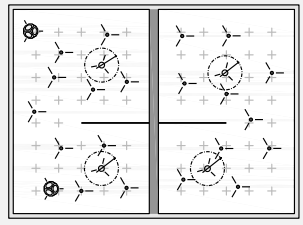
[3] Die in Klammern angegebenen Zahlen für die Mikrofonpositionen sind die Gesamtzahlen der in dem Raum durchzuführenden Schalldruckpegelmessungen.

Tabelle 13.2.6-7 Beispiele für geeignete Lautsprecher- und Mikrofonpositionen für **horizontale** Messungen nach DIN EN ISO 16283-1 Anhang D

	1	2	3
1	Nummer	Grundrissskizze | -schema	Hinweise
2	Beispiel 01		• $A_{Senderaum}$ > 50 m² • Abstand LS - LS ≤ 10 m oder • Abstand LS - LS ≤ 2,5 x Raumbreite
3	Beispiel 02		• *wie Beispiel 01* • stark gedämpft (SR)
4	Beispiel 03		• gegeneinander versetzt
5	Beispiel 06		• gegeneinander versetzt • kein gemeinsames Trennnbauteil → Abstände nicht verringern

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.2.6-7 Beispiele für geeignete Lautsprecher- und Mikrofonpositionen für **horizontale** Messungen nach DIN EN ISO 16283-1 Anhang D (Fortsetzung)

	1	2	3
1	Nummer	Grundrissskizze | -schema	Hinweise
6	Beispiel 04		• $A_{Senderaum}$ > 50 m² • gegeneinander versetzt • Breite des gemeinsamen Trennbauteils < 1/2 x Breite des Trennbauteils im Senderaum • Abstand LS - LS ≤ 2,5 x Breite des gemeinsames Trennbauteil und • Abstand LS - LS ≥ 5 m
7	Beispiel 05		• *wie Beispiel 04* • Senderaum (SR) stark gedämpft
8	Beispiel 07		• $A_{Senderaum}$ > 50 m² • Abstand LS - LS ≤ 10 m oder • Abstand LS - LS ≤ 2,5 x Raumbreite • LS im Raumbereich des Trennbauteils positionieren
9	Beispiel 08		• $A_{Senderaum}$ > 50 m² • Abstand LS - LS ≤ 10 m oder • Abstand LS - LS ≤ 2,5 x Raumbreite • LS im Raumbereich des Trennbauteils positionieren
10	Beispiel 09		• teilweise untergliederte Räume • Öffnungsfläche > 1/3 der Gesamtfläche -> als 1 Raumvolumen betrachtet

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.2.6-7 Beispiele für geeignete Lautsprecher- und Mikrofonpositionen für **horizontale** Messungen nach DIN EN ISO 16283-1 Anhang D (Fortsetzung)

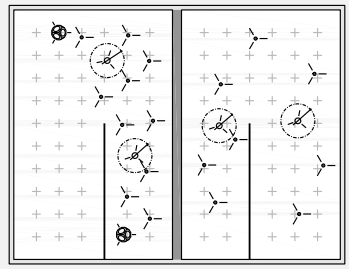
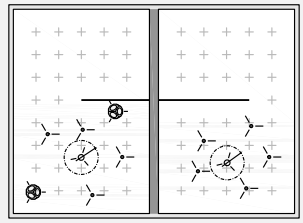
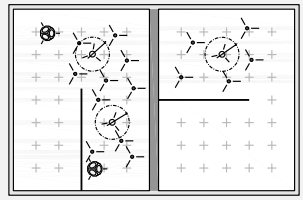
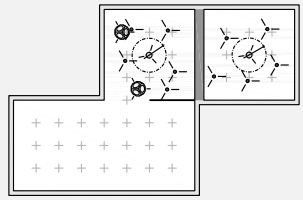
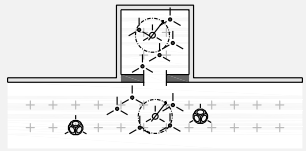
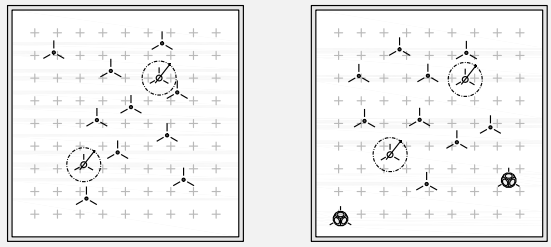
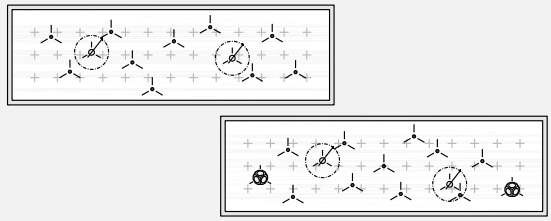
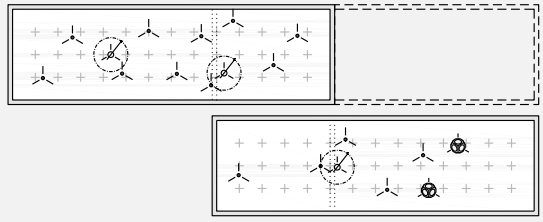
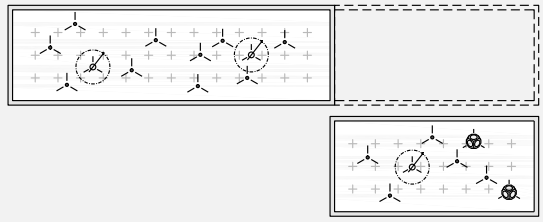
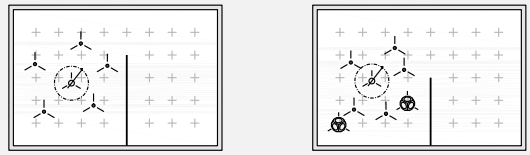
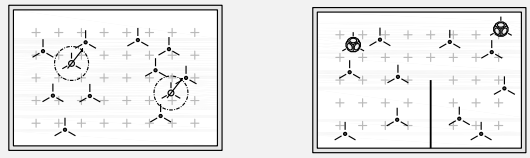
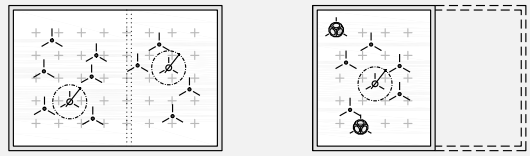
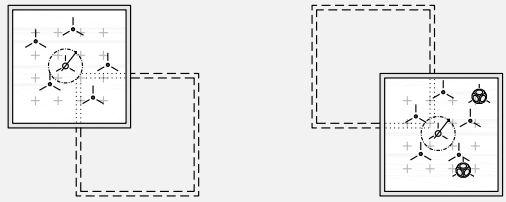
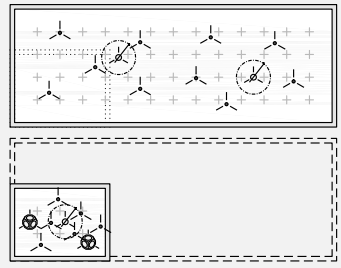
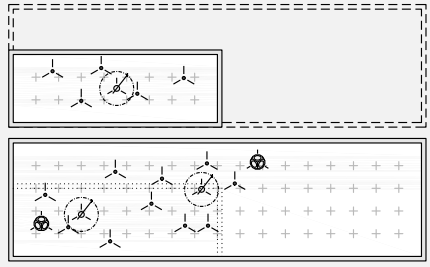
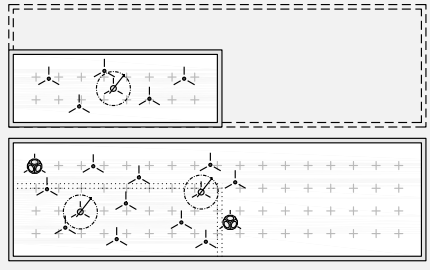
	1	2	3
1	Nummer	Grundrissskizze | -schema	Hinweise
11	Beispiel 10		• teilweise untergliederte Räume • Öffnungsfläche > 1/3 der Gesamtfläche -> als 1 Raumvolumen betrachtet • LS im Raumbereich des Trennbauteils positionieren
12	Beispiel 11		• teilweise untergliederte Räume • Öffnungsfläche < 1/3 der Gesamtfläche -> als 2 Raumvolumina betrachtet
13	Beispiel 12		• teilweise untergliederte Räume • Öffnungsfläche < 1/3 der Gesamtfläche -> als 2 Raumvolumina betrachtet • LS im Raumbereich des Trennbauteils positionieren
14	Beispiel 13		• gegeneinander versetzt • teilweise untergliederte Räume • Öffnungsfläche > 1/3 der Gesamtfläche -> als 1 Raumvolumen betrachtet • LS im Raumbereich des Trennbauteils positionieren
15	Beispiel 14		• Tür zwischen Flur und Aufenthaltsraum
16	Legende:	Lautsprecher (LS) feste Mikrofonposition fester Punkt, um den sich ein kontinuierlich mechanisch bewegtes Mikrofon bewegt, oder die Position des Bedieners für ein Mikrofon mit manueller Abtastung gemeinsames Trennbauteil Abstand der Markierungen = 1,0 m; daraus ergeben sich die Raummaße	

Tabelle 13.2.6-8 Beispiele für geeignete Lautsprecher- und Mikrofonpositionen für **vertikale** Messungen nach DIN EN ISO 16283-1 Anhang E

	1	2	3
1	Nummer	Grundrissskizze | -schema oberere Raum unterer Raum	Hinweise
2	Beispiel 15		• $A_{Senderaum}$ > 50 m² • Abstand LS-LS ≤ 10 m oder • Abstand LS-LS ≤ 2,5 x Raumbreite
3	Beispiel 16		• *wie Beispiel 15* • stark gedämpft (SR)
4	Beispiel 17		• *wie Beispiel 15* • gegeneinander versetzt • stark gedämpft (SR)
5	Beispiel 18		• gegeneinander versetzt • kein gemeinsames Trennnbauteil → Abstände nicht verringern
6	Beispiel 27		• teilweise untergliederte Räume • Öffnungsfläche < 1/3 der Gesamtfläche -> als 2 Raumvolumina betrachtet
7	Beispiel 28		• teilweise untergliederte Räume • Öffnungsfläche > 1/3 der Gesamtfläche -> als 1 Raumvolumen betrachtet

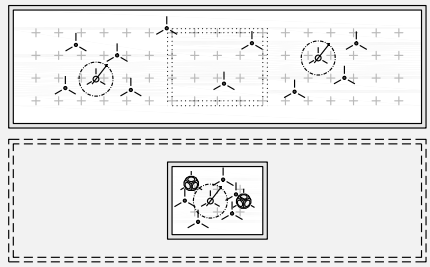
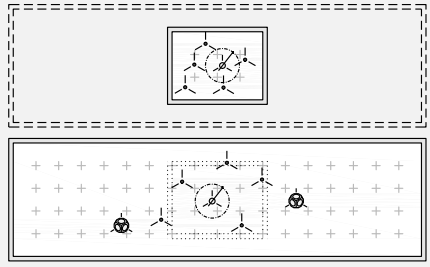
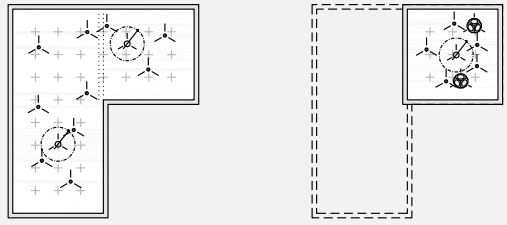
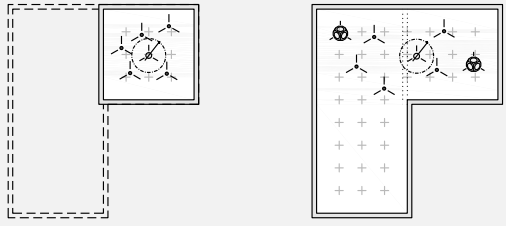
(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.2.6-8 Beispiele für geeignete Lautsprecher- und Mikrofonpositionen für **vertikale** Messungen nach DIN EN ISO 16283-1 Anhang E (Fortsetzung)

	1	2	3
1	Nummer	Grundrissskizze | -schema oberere Raum unterer Raum	Besonderheiten
8	Beispiel 29		• gegeneinander versetzt
9	Beispiel 19		• gegeneinander versetzt
10	Beispiel 20		
11	Beispiel 21		• ER < SR und Sende-raumfläche > 50 m² • LS im Raumbereich anordnen, der am dichtesten am gemeinsamen Trenn-bauteil gelegen ist • stark gedämpft (SR)
12	Beispiel 22		• *wie Beispiel 21*

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.2.6-8 Beispiele für geeignete Lautsprecher- und Mikrofonpositionen für **vertikale** Messungen nach DIN EN ISO 16283-1 Anhang E (Fortsetzung)

	1	2	3
1	Nummer	Grundrissskizze | -schema oberere Raum unterer Raum	Besonderheiten
13	Beispiel 23		
14	Beispiel 24		• ER < SR und Senderaumfläche > 50 m² • LS im Raumbereich anordnen, der am dichtesten am gemeinsamen Trennbauteil gelegen ist • stark gedämpft (SR)
15	Beispiel 25		
16	Beispiel 26		
17	Legende:	Lautsprecher (LS) SR Senderaum ER Empfangsraum feste Mikrofonposition fester Punkt, um den sich ein kontinuierlich mechanisch bewegtes Mikrofon bewegt, oder die Position des Bedieners für ein Mikrofon mit manueller Abtastung gemeinsames Trennbauteil Abstand der Markierungen = 1,0 m; daraus ergeben sich die Raummaße	

13.3 Trittschalldämmung nach DIN EN ISO 16283-2

13.3.1 Allgemeines

Bei der Messung der Trittschalldämmung zwischen zwei Räumen erfolgt die Messung der Schallübertragung ebenfalls von einem Sende- in einen Empfangsraum. Im Senderaum wird die Schallquelle (Normhammerwerk, bzw. Gummiball) positioniert. Die Messung umfasst die Ermittlung der Schalldruckpegel bei eingeschalteter Quelle im Empfangsraum sowie des Hintergrundgeräuschpegels bei ausgeschalteter Quelle und die Nachhallzeit im Empfangsraum.

In dem nachfolgenden Kapitel werden zwei unterschiedliche Trittschallquellen beschrieben. Das Normhammerwerk wird als Trittschallquelle verwendet, wenn Geräusche beurteilt werden sollen, die leichte, harte Stöße verursachen. Als Beispiel werden in der DIN Gehgeräusche von Personen mit harten Absätzen oder herabfallende Gegenstände aufgeführt. Der Gummiball kommt zum Einsatz, wenn schwere, weiche Stöße zu beurteilen sind. Hierzu gehören beispielsweise barfuß laufende Personen oder springende Kinder.

13.3.2 Berechnungsgrundlagen

Zur Ermittlung des Standard- und Norm-Trittschallpegels werden die Schalldruckpegel im Empfangsraum, das Hintergrundgeräusch und die Nachhallzeit gemessen. In Tab. 13.3.2-1 sind die Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der wesentlichen Messgrößen zur Wiederholung zusammengefasst.

Tabelle 13.3.2-1 Berechnungsgrundlagen nach DIN EN ISO 16283-2

	1	2	3
1	Messgröße	Formel	Formel
2	Standard-Trittschallpegel	$L'_{nT} = L_i - 10 \cdot \lg \frac{T}{T_0}$	13.3.2-1
3	Norm-Trittschallpegel	$L'_n = L_i - 10 \cdot \lg \frac{A}{A_0}$	13.3.2-2
4	äquivalente Schallabsorptionsfläche	$A = \frac{0{,}16 \cdot V}{T}$	13.3.2-3
5	maximaler Standard-Trittschallpegel	$L'_{i,Fmax,V,T} = L_{i,Fmax} + 10 \cdot \lg \frac{V}{V_0} - 10 \cdot \lg \left[\left(\frac{1 - C_0^{-1}}{1 - C^{-1}} \right) \cdot \left(\frac{C^{(1-C)^{-1}} - C_0^{-\left(1-C^{-1}\right)^{-1}}}{C_0^{(1-C_0)^{-1}} - C_0^{-\left(1-C_0^{-1}\right)^{-1}}} \right) \right]$ mit: $C_0 = \frac{T_0}{1{,}7275}$ $C = \frac{T}{1{,}7275}$	13.3.2-4

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.3.2-1 Berechnungsgrundlagen nach DIN EN ISO 16283-2 (Fortsetzung)

	1	2	3
1	Messgröße	Formel	Formel
6	Hammerwerk als Trittschallquelle		
7	Standard-Trittschallpegel	$L'_{nT} = 10 \cdot \lg\left(\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} 10^{0{,}1 \cdot L'_{nT,j}}\right)$	13.3.2-5
8	Norm-Trittschallpegel	$L'_{n} = 10 \cdot \lg\left(\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} 10^{0{,}1 \cdot L'_{n,j}}\right)$	13.3.2-6
9	Gummiball als Trittschallquelle		
10	max. energetisch gemittelte Trittschallpegel	$L_{i,Fmax} = 10 \cdot \lg\left(\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} 10^{0{,}1 \cdot L_{i,Fmax,j}}\right)$	13.3.2-7
11	Umwandlung in Oktavbänder		
12	Standard-Trittschallpegel	$L'_{nT,oct} = 10 \cdot \lg\left(\sum_{n=1}^{3} 10^{0{,}1 \cdot L'_{nT,(1/3)oct,n}}\right)$	13.3.2-8
13	Norm-Trittschallpegel	$L'_{n,oct} = 10 \cdot \lg\left(\sum_{n=1}^{3} 10^{0{,}1 \cdot L'_{n,(1/3)oct,n}}\right)$	13-3-2-9

darin sind:

L'_{nT}	Standard-Trittschallpegel in dB
L'_{n}	Norm-Trittschallpegel in dB
$L'_{i,Fmax,V,T}$	maximaler Standard-Trittschallpegel in dB
T	Nachhallzeit im Empfangsraum in s
T_0	Bezugs-Nachhallzeit (für Wohnräume beträgt sie T_0 = 0,5 s)
V	Volumen des Empfangsraums in m^3
V_0	Bezugsvolumen des Empfangsraums (für Wohnräume beträgt es V_0 = 50 m^3)
A	äquivalente Absorptionsfläche im Empfangsraum in m^2
m	Anzahl der Positionen des Hammerwerks bzw. Gummiballs
$L'_{nT,j}$	Standard-Trittschallpegel für die Hammerwerksposition j
$L'_{n,j}$	Norm-Trittschallpegel für die Hammerwerksposition j
$L'_{nT,oct}$	Standard-Trittschallpegel in Oktavbändern in dB
$L'_{n,oct}$	Norm-Trittschallpegel in Oktavbändern in dB

13.3.3 Standardverfahren

Das Standardverfahren findet analog zur Luftschalldämmung ebenfalls bei Räumen mit einem Raumvolumen von ca. 25 bis 250 m³ und dem Frequenzbereich nach Kapitel 13.3 Anwendung. Es dient dazu die Trittschalldämmung von Trennbauteilen durch Schalldruckmessungen mit einer auf einer Decke oder einer Treppe wirkenden Trittschallquelle zwischen Sende- und Empfangsraum quantitativ zu ermitteln, diese zu beurteilen und mit Anforderungswerten oder Messwerten anderer Bauteilaufbauten, bzw. Räumlichkeiten zu vergleichen. Auch hier gilt, dass das Schallfeld in den gemessenen Räumen dabei einem diffusem Schallfeld entsprechen darf, dies aber keine Voraussetzung mehr für die Anwendbarkeit des Verfahrens ist. Die Tabelle 13.3.3-1 enthält eine Zusammenfassung über die Durchführung des Standardverfahrens.

Tabelle 13.3.3-1 Standardverfahren nach DIN EN ISO 16283-2

	1		2
1			Anforderung nach Norm
2	Allgemeines		• Ermittlung des mittleren Pegels im Empfangsraum bei eingeschalteter Trittschallquelle sowie des Hintergrundgeräuschpegels im ER bei ausgeschalteter TS
3	Erzeugung des Schallfeldes		• Hammerwerk • Gummiball
4	Hammerwerks-positionen		• mind. 4 Positionen • Abstand Hammerwerk - Raumgrenze: ≥ 0,5 m <u>anisotrope Deckenkonstruktion:</u> • 45° zur Richtung Balken|Rippen • zusätzliche Messungen u.U. erforderlich
5	Gummiball-positionen		• mind. 4 Positionen • Fallhöhe Unterseite Gummiball OK Boden: 100 cm +/- 1 cm <u>Leichtbaudecken mind. 1 Position:</u> • oberhalb eines Unterzugbalkens • Mittelpunkt der Decke
6	Vorgehensweise	(A) einzelnes Hammerwerk an mehreren Positionen	Messung des Schalldruckpegel im Empfangsraum: 1. Ermittlung des energetisch gemittelten Schalldruckpegel: • feste Mikrofonposition: nach Tabelle 13.1.3-1 Spalte 2 • mechanisch bewegt | manuelle Abtastung: nach Tabelle 13.1.3-1 Spalte 3+4 2. Korrektur des Hintergrundgeräuschs nach Abschnitt 13.4 3. Standard-Trittschallpegel nach Gleichung 13.3.2-1 4. Norm-Trittschallpegel nach Gleichung 13.3.2-2 • Wiederholung der Schritte 1-4 für jede Hammerwerksposition 5. Standard-Trittschallpegel nach Gleichung 13.3.2-5 6. Norm-Trittschallpegel nach Gleichung 13.3.2-6

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.3.3-1 Standardverfahren nach DIN EN ISO 16283-2 (Fortsetzung)

	1		2
1			Anforderung nach Norm
7	Vorgehensweise	(B) einzelner Gummiball an mehreren Positionen	Messung des Schalldruckpegel im Empfangsraum: 1. Ermittlung des energetisch gemittelten Schalldruckpegel: • feste Mikrofonposition: nach Tabelle 13.1.3-1 Spalte 2 • mechanisch bewegt | manuelle Abtastung: nach Tabelle 13.1.3-1 Spalte 3+4 2. Korrektur des Hintergrundgeräuschs nach Abschnitt 13.4 3. Bestimmung des energetisch gemittelte max. Trittschallpegel nach Gleichung 13.3.2-4 • Wiederholung der Schritte 1-4 für jede Gummiballposition 5. Bestimmung des energetisch gemittelte max. Trittschallpegel nach Gleichung 13.3.2-7
8	Mikrofonpositionen (Empfangsraum)	fest	• gleich der Anzahl der Schallquellen (SQ)-Positionen oder einem ganzzahligen Vielfachen • für jede Schallquellenposition die gleiche Anzahl der Mikrofonpositionen • 4-5 Schallquellenpositionen: an jeder Schallquellenposition mind. 2 unterschiedliche Mikrofonpositionen • ≥ 6 Schallquellenpositionen: an jeder Schallquellenposition mind. 1 andere Mikrofonposition
		kontinuierlich mechanisch bewegt	• für jede Schallquellenposition die gleiche Anzahl der Mikrofonpositionen • 4-5 Schallquellenpositionen: pro SQ-Position mind. 1 Messung mit kontinuierlich bewegten Mikrofon um einen feststehenden Punkt (ohne Veränderung der Lage des feststehenden Punktes) • ≥ 6 Schallquellenpositionen: Lage des feststehenden Punktes darf verändert werden • Dauer der einzelnen Bahn ≥ 15 s (Bahn muss ggfls. wiederholt werden - Mittelungszeit nach Tab. 13.1.3-1 beachten)
		manuelle Abtastung	• für jede Schallquellenposition die gleiche Anzahl der Mikrofonpositionen • 4-5 Schallquellenpositionen: pro SQ-Position mind. 1 Messung mit manueller Abtastung (ohne Veränderung der Position der Bedienperson) • ≥ 6 Schallquellenpositionen: Position der Bedienperson darf verändert werden • Weg der manuellen Abtastung muss ggfls. wiederholt werden - Mittelungszeit nach Tab. 13.1.3-1 beachten

13.3.4 Verfahren für tiefe Frequenzen

Das Verfahren für tiefe Frequenzen findet auch hier analog zur Luftschalldämmung Anwendung bei Räumen, deren Raumvolumen weniger als 25 m³ beträgt, allerdings wird hier lediglich der Empfangsraum betrachtet. Das Volumen wird dabei auf einen Kubikmeter genau berechnet. Fällt das Raumvolumen des Empfangsraumes geringer als 25 m³ aus, sind zusätzlich zu dem Standardverfahren Messungen in den Raumecken entweder mit einem feststehenden oder einem manuell gehaltenem Mikrofon vorzunehmen.

Das Verfahren bei tiefen Frequenzen wird nicht mit dem Gummiball angewendet, da bisher noch kein Zusammenhang zwischen einer beliebigen Kombination von Messungen des maximalen Schalldruckpegels mit Zeitbewertung "Fast" in den Ecken und im zentralen Bereich eines Raumes und des über das gesamte Raumvolumen gemittelten maximalen Schalldruckpegels mit Zeitbewertung "Fast" nachgewiesen werden konnte.

Tabelle 13.3.4-1 Verfahren für tiefe Frequenzen nach DIN EN ISO 16283-2

	1	2
1	Allgemeines	• Ermittlung des mittleren Pegels im Empfangsraum bei eingeschalteter Trittschallquelle sowie des Hintergrundgeräuschpegels im ER bei ausgeschaltetem Hammerwerk für die 50- | 63- | 80-Hz-Terzbänder
2	Erzeugung des Schallfeldes	• Schallquelle: Norm-Hammerwerk • an mind. 2 Positionen, die bereits für das Standardverfahren angewendet wurden
3	Nachhallzeit	• Verfahren nach Abschnitt 13.1.5 • Messung im 63 Hz-Oktavband • 63-Hz Wert repräsentativ für 50- | 63- | 80 Hz-Terzband bei der Berechnung von L'_{nT}, L'_{n} und $L'_{i,F,max,\,V,T}$
4	Hintergrundgeräusch	• Messung des Hintergrundgeräuschpegels in jeder für die Berechnung von L_{Corner} erforderlichen Ecke
5	(C) einzelnes Hammerwerk an mehreren Positionen	• L_{Corner}: höchster Schalldruckpegel aus dem Satz der gemessenen Ecke für jedes der 50- | 63- | 80-Hz-Terzbänder • möglich: für jedes Terzband in unterschiedlicher Ecke gemessen • erforderliche Korrektur für Hintergrundgeräuschpegel vornehmen
		$$L_{i,corner} = 10 \cdot \lg\left(\frac{p^2_{corner,TM1} + p^2_{corner,TM2} + \ldots + p^2_{corner,TMq}}{q \cdot p_0^2}\right)$$
		$$L_{LF} = 10 \cdot \lg\left(\frac{10^{0,1 \cdot L_{corner}} + \left(2 \cdot 10^{0,1 \cdot L}\right)}{3}\right)$$ darin sind: L_{LF} energetisch gemittelter Schalldruckpegel bei tiefen Frequenzen in den 50-Hz-, 63-Hz- und 80-Hz-Bändern in dB L_{Corner} Schalldruckpegel der Ecke in einem Raum in dB L energetisch gemittelter Schalldruckpegel im Raum in dB
		Vorgehensweise: 1. Ermittlung des höchsten Schalldruckpegels für jedes 50- | 63- | 80-Hz-Terzband 2. Individuelle Korrektur des Hintergrundgeräuschs für jedes 50- | 63- | 80-Hz-Terzband nach Abschnitt 13.4 3. Bestimmung des höchsten Schalldruckpegels der Ecke nach Gleichung hier Bezug zu oberen Gleichungen - ohne Bezeichnung 4. Bestimmung des energetisch gemittelten Schalldruckpegels der Ecke nach Gleichung siehe oben
6	Mikrofonpositionen (Empfangsraum)	• mind. 4 Mikrofonpositionen pro Schallquellenposition (s. Tab. 13.1.3-3)

13.3.5 Darstellung der Prüfergebnisse

Die Messergebnisse sind analog zur Luftschalldämmung laut DIN EN ISO 16283-2 ebenfalls nach bestimmten Vorgaben darzustellen und in einem Prüfbericht aufzunehmen. Tab. 13.3.5-1 gibt einen Überblick über die Anforderungen an die Darstellung der Ergebnisse, Tab. 13.3.5-2 gibt die genauen Vorgaben für den Prüfbericht nach Norm wieder.

Tabelle 13.3.5-1 Vorgaben zur Aufzeichnung der Ergebnisse nach DIN EN ISO 16283-2

	1	2
1	Messergebnisse L_{nT} bzw. L'_n	• in Terzbändern auf eine Dezimalstelle genau • in Tabellenform und als Kurve (Diagramm)
2	Darstellung des Diagramm	• Einheiten: dB • logarithmische Skala • x-Achse: 5 mm für ein Terzband • y-Achse: 20 mm für 10 dB

Tabelle 13.3.5-2 Angaben für den Prüfbericht nach DIN EN ISO 16283-2

	1
1	Angaben für den Prüfbericht
2	Verweis auf das vorliegende Dokument und das Jahr der Veröffentlichung
3	Namen der Organisation, die die Messungen durchgeführt hat
4	Namen und die Anschrift der Organisation oder Person, die die Prüfung in Auftrag gegeben hat (Auftraggeber)
5	Datum der Prüfung
6	Beschreibung und Kennzeichnung der Gebäudestruktur (Adresse oder sonstige eindeutige Identifizierung) und der Prüfanordnung (einschließlich jeglicher zu Prüfzwecken am Rauminhalt vorgenommener vorübergehender Änderungen, z. B. die Einführung von Diffusoren
7	Volumen des Empfangsraums (gerundet auf den nächsten Kubikmeter)
8	Trittschallquelle
9	Standard-Trittschallpegel L'_{nT}, den Norm-Trittschallpegel L'_n oder den maximalen Standard-Trittschallpegel $L'_{i,Fmax,V,T}$ als Funktion der Frequenz
10	Kurzbeschreibung des Prüfverfahrens, der Ausrüstung und Angabe dahingehend, ob das Verfahren bei tiefen Frequenzen für den Schalldruckpegel und die Nachhallzeit in den 50-Hz-, 63-Hz- und 80-Hz-Terzbändern angewendet wurde
11	Angaben zu den Ergebnissen, die als Grenzwerte der Messung anzusetzen sind. Diese sind als L'_{nT} oder L'_n oder $L'_{i,Fmax,V,T} \leq \ldots$ dB anzugeben. Dieses Vorgehen ist anzuwenden, wenn der Schalldruckpegel in einem beliebigen Band aufgrund des Störgeräusches nicht messbar ist

Hinweis: Für die Bewertung der Einzahlangaben auf der Grundlage der Kurven siehe DIN EN ISO 717-1 Es ist eindeutig anzugeben, dass die Bewertung auf einem Ergebnis beruht, das durch ein Verfahren am Bau erhalten wurde. Der Prüfbericht sollte auch die Unsicherheit der Einzahl-Bewertung umfassen.

Norm-Trittschallpegel L'_n nach DIN EN ISO 16283-2

Messungen der Trittschalldämmung von Decken am Bau mit dem Hammerwerk

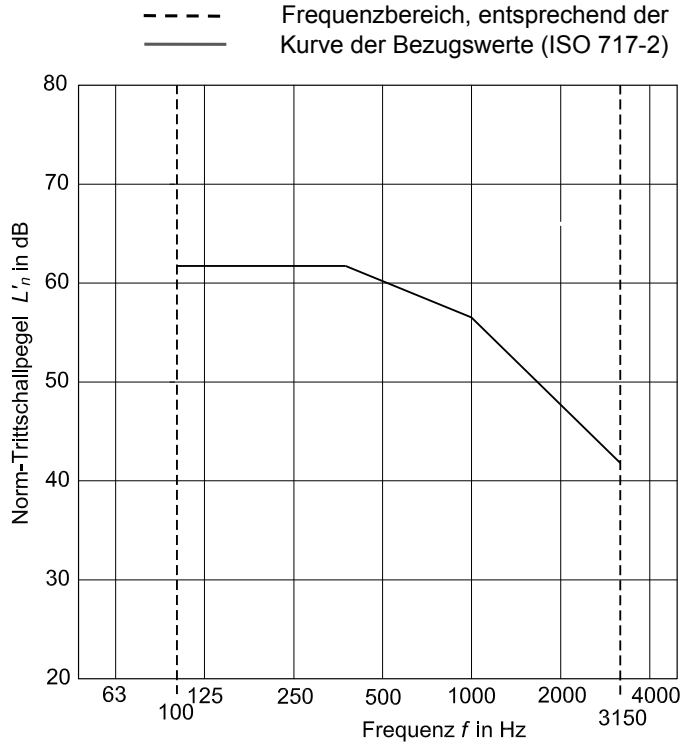
Auftraggeber: Datum der Prüfung:

Beschreibung und Kennzeichnung der Gebäudestruktur und der Prüfanordnung, Richtung der Messung usw.

Fläche des gemeinsamen Trennbauteils: m²

Volumen des Empfangsraumes: m³

Frequenz f in Hz	L'_n Terz in dB
50	
63	
80	
100	
125	
160	
200	
250	
315	
400	
500	
630	
800	
1 000	
1 250	
1 600	
2 000	
2 500	
3 150	
4 000	
5 000	



Bewertung nach ISO 717-2:

$L'_{n,w}(C_1)$ = ( ) dB $C_{1,50\text{-}2500}$ = dB

Bewertung beruhend auf Messungen am Bau unter Anwendung von Ergebnissen aus einem Standardverfahren

Nr. des Prüfberichts: Name des Prüfinstituts:

Datum: Unterschrift:

Bild 13.3.5-1 Beispiel eines Vordrucks für die Angabe der Norm-Trittschallpegel-Ergebnisse bei Anwendung des Hammerwerks nach DIN EN ISO 16283-2 Anhang C

13.3.6 Zusätzliche Anleitung

Tabelle 13.3.6-1 Zusätzliche Anleitung zur Durchführung der Messungen nach Anhang D

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">1</th><th colspan="2">2</th></tr>
<tr><td>1</td><td colspan="2">Beschreibung</td><td colspan="2">Anleitung | Hinweise nach Norm</td></tr>
<tr><td rowspan="6">2</td><td rowspan="6">Grundsätze</td><td rowspan="6">Fußbodenbeläge</td><td colspan="2">• bei Verwendung von 2 unterschiedlichen Fußbodenbelägen in einem Raum sollte auf beiden Belägen jeweils eine Messung erfolgen
<u>weiche Fußbodenbeläge:</u>
• Messungen können grundsätzlich an einer kleinen Probe (ca. 1 m²) durchgeführt werden
• im Prüfbericht dokumentieren
Ausnahmen:
• verklebter Bodenbelag (nach Fertigstellung): Messergebnisse einer losen Auflage können abweichen | irreführend sein
• schwerer Teppich auf Trennbauteile mit leichten Unterzugbalken: es sollte auf eine kleine Probe verzichtet werden, da eine mögliche Dämpfungs- und Rückhaltewirkung auf die Biegebewegung des Trennbauteils nicht berücksichtigt wird
• Temperaturabhängigkeit der Trittschalldämmung einiger Werkstoffe beachten</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Berechnung des Raumvolumens</td><td colspan="2">feststehende Gegenstände mit geschlossenen, nicht absorbierenden Oberflächen werden vom Raumvolumen abgezogen</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Berechnung der gemeinsamen Trennfläche</td><td colspan="2">feststehende Gegenstände vor dem gemeinsamen Trennbauteil werden <u>nicht</u> abgezogen</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Position Hammerwerk</td><td colspan="2"><u>Trennbauteiltyp 1:</u>
• mind. 1 Position an der Oberseite eines Balkens
• Winkel Hammerwerk-Balken: 45°
<u>Grundflächen < 20 m²:</u>
• Mindestanzahl nach Tab. 13.3.6-5
• Ausrichtung des Hammerwerks | Richtung der Verbindungslinie der Hämmer für jede Messung ändern</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Anzahl der Mikrofon- und Hammerwerkspositionen</td><td colspan="2">• nach Tab. 13.3.6-5</td></tr>
<tr><td rowspan="3">7</td><td colspan="2" rowspan="3">horizontale Messung</td><td colspan="2">Grundfläche des Senderaums</td></tr>
<tr><td>≤ 20 m²</td><td>> 20 m²</td></tr>
<tr><td>• direkte Anwendung der Tab. 13.3.6-5</td><td>• Begrenzung der nutzbaren Grundfläche auf 20 m²
• Maß A: > 1/2 x Breite des Trennbauteils im Senderaum
• Maß B: > 1/2 x Breite des Trennbauteils im Empfangsraum
• bei Einhaltung von Maß A + B ist eine Grundfläche > 20 m² möglich
• Beispiele 01-09</td></tr>
<tr><td>8</td><td colspan="2">vertikale Messung</td><td colspan="2">• nach Tab. 13.3.6-2</td></tr>
</table>

Im Anhang D der DIN EN ISO 16283-2 sind zusätzliche Anleitungen und Hinweise zur Durchführung der Messungen aufgeführt. Dazu gehören allgemeine Hinweise, Empfehlungen zur Vorgehensweise bei besonderen Raumgeometrien und bei der Messung von Korridoren und Treppenhäusern sowie eine Zusammenfassung der empfohlenen Anzahl der Messungen in Abhängigkeit der Raumgröße und des anzuwendenen Messverfahrens. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über den Inhalt des Anhang D.

Tabelle 13.3.6-2 Hinweise zur Durchführung vertikaler Messungen nach Anhang D

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">1</th><th colspan="3">2</th></tr>
<tr><td>1</td><td colspan="2">Raumtyp</td><td colspan="3">Anleitung | Hinweise nach Norm</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2</td><td rowspan="2">teilweise untergliedert</td><td rowspan="2">fertiggestellte Gebäude</td><td>2 Räume
(Raum getrennt betrachtet):</td><td colspan="2">1 Raum
(gesamt betrachtet):</td></tr>
<tr><td>Öffnungsfläche in der Ebene der Untergliederung ≤ 1/3 der Gesamtfläche
• s. Beispiel 13</td><td colspan="2">Öffnungsfläche in der Ebene der Untergliederung > 1/3 der Gesamtfläche
• s. Beispiel 12</td></tr>
<tr><td>3</td><td>teilweise untergliedert</td><td>im Bau befindlich, nicht fertiggestellte Gebäude</td><td colspan="3">Öffnung durch plattenförmiges Material abdecken</td></tr>
<tr><td rowspan="4">4</td><td rowspan="4">nicht gegeneinander versetzt</td><td>Allgemeines</td><td colspan="3">Definition "nicht gegeneinander versetzt":
horizontaler Umriss des kleineren Raumes ist vollständig im horizontalen Umriss des größeren Raumes enthalten</td></tr>
<tr><td>Grundfläche
SR ≤ ER</td><td colspan="3">• Anzahl aus Tabelle 13.3.6-5 entnehmen
• Hammerwerkspositionen über gesamte Trennbauteilfläche verteilen
• Beispiel 11</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Grundfläche [1]
SR > ER</td><td rowspan="2">Grundfläche SR
≤ 20 m²</td><td colspan="2">Grundfläche SR > 20 m²</td></tr>
<tr><td>gemeinsames Trennbauteil
≤ 20 m²</td><td>gemeinsames Trennbauteil
> 20 m²</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>• Anzahl aus Tabelle 13.3.6-5 entnehmen
• Hammerwerks-positionen über gesamte Trennbauteilfläche verteilen</td><td>• Fläche für Hammerwerks-positionen auf 20 m² begrenzen
• Hammerwerk ausschließlich innerhalb dieser Fläche positionieren
• Beispiel 14</td><td>• Hammerwerks-positionen gleichmäßig über gesamte Trennbauteilfläche verteilen</td></tr>
<tr><td rowspan="2">5</td><td rowspan="2">gegeneinander versetzt</td><td>gemeinsame Trennbauteilfläche
≤ 20 m²</td><td colspan="3">• Fläche für Hammerwerkspositionen auf 20 m² begrenzen
• Beispiele 15-17</td></tr>
<tr><td>gemeinsame Trennbauteilfläche
> 20 m²</td><td colspan="3">• Leitlinien für nicht gegeneinander versetzte Räume anwenden (s. Zeile 4)</td></tr>
</table>

[1] SR = Senderaum
ER = Empfangsraum

Tabelle 13.3.6-3 Messungen von Korridoren und Treppenhäusern nach Anhang D

	1	2	
1	Raumtyp	Anleitung | Hinweise nach Norm	
2	Korridor	<u>Hammerwerkspositionen:</u> • Anzahl: 4 • innerhalb einer begrenzten Fläche in der Nähe des Empfangsraumes • Begrenzte Fläche: ca. 10 m² Maß A: gesamte Breite des Korridors Maß B: festlegen um die 10 m² zu erreichen • siehe Beispiel 10	
3	Treppenhäuser von MFH | innenliegende Treppen von Reihen- und Mehrfamilienhäusern	• Messungen separat für Treppenläufe und Podeste durchführen • jeweils 4 Hammerwerkspositionen • Mikrofonpositionen nach Tabelle 13.3.6-6	
		Treppenlauf	Podest
		<u>Hammerwerkspositionen wie folgt verteilen:</u> • je 1 Position auf der 2. Stufe von oben und von unten • andere beiden Positionen dazwischen verteilen <u>bei schmalen Stufen möglich:</u> • Nutzung einer Stützvorrichtung zur Verlängerung der Stützbeine auf einer Seite des Hammerwerks • Fallhöhe der Hämmer und horizontales Gleichgewicht des Hammerwerks beibehalten • hohe Sorgfalt anwenden - Kippen des Hammerwerks unbedingt vermeiden • im Prüfbericht dokumentieren <u>freie Treppenläufe:</u> • Empfangsraum = Empfangsraum für Messung der Podeste <u>verbundene Treppenläufe:</u> • Empfangsraum = Raum, der am dichtesten an Befestigungspunkten liegt	• Empfangsraum: üblicherweise im angrenzenden Raum <u>Ausnahme</u>: • wenn durch den Aufbau der Deckenkonstruktion (z.B. Holzdecke auf Betonplatte mit Unterzugbalken) die Schallabstrahlung der Betonplatte nach oben verringert wird • Empfangsraum: im Stockwerk unterhalb des Podestes

Tabelle 13.3.6-4 Beitrag des Hammerwerks zum Luftschall nach Anhang D

	1	2
1		Anforderung nach Norm
2	Vorgehensweise	1. Bestimmung $L_{D,spk}$ • Differenz des Schalldruckpegels zwischen Sende- und Empfangsraum - Lautsprecher mit RosaRauschen im SR 2. Bestimmung $L_{S,tm}$ • Schalldruckpegel des Hammerwerks im Senderaum 3. Bestimmung $L_{R,tm}$ • Schalldruckpegel des Hammerwerks im Empfangsraum
3	Einfluss vernachlässigbar	$L_{S,tm} - L_{D,spk} \leq L_{R,tm} - 10$ dB

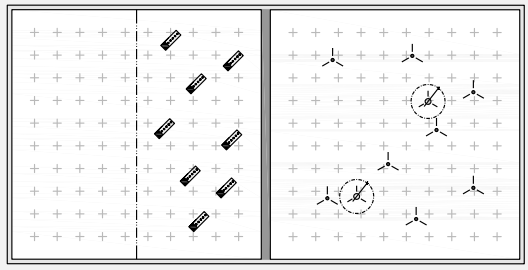
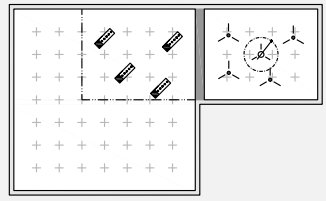
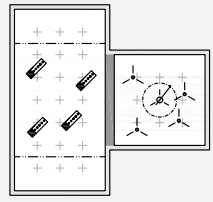
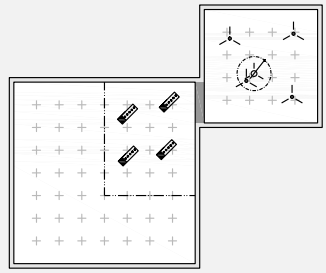
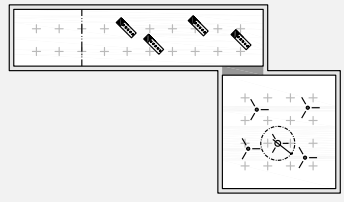
Tabelle 13.3.6-5 Übersicht der empfohlenen Anzahl der Mikrofon- und Trittschallquellenpositionen nach DIN EN ISO 16283-2 Anhang D

	1	2	3	4	5	6
1	Grundfläche des Senderaums A_{SR} in m²	Anzahl an Positionen	Grundfläche des Empfangsraums A_{ER} in m²			
2			≤ 50		> 50	
3			Trennbauteil Typ 1[1)]	Trennbauteil Typ 2[2)]	Trennbauteil Typ 1[1)]	Trennbauteil Typ 2[2)]
4	< 20	Hammerwerk	4	4	4	4
5		feststehende oder manuell gehaltene Mikrofone	4	4	8	8
6		kontinuierlich mechanisch bewegte Mikrofone oder Mikrofone mit manueller Abtastung	1	1	2	2
7	20 - 50	Hammerwerk	8	4	8	4
8		feststehende oder manuell gehaltene Mikrofone	4	4	8	8
9		kontinuierlich mechanisch bewegte Mikrofone oder Mikrofone mit manueller Abtastung	1	1	2	2
10	> 50	Hammerwerk	8	8	8	8
11		feststehende oder manuell gehaltene Mikrofone	4	4	8	8
12		kontinuierlich mechanisch bewegte Mikrofone oder Mikrofone mit manueller Abtastung	1	1	2	2

[1)] Trennbauteiltyp 1: Trennbauteile mit Unterzugbalken aus Holz, Beton-Trennbauteile mit Rippen oder Balken und Trennbauteile aus Massivbeton mit einer Dicke von weniger als 100 mm. Gilt für alle Bodenbeläge.

[2)] Trennbauteiltyp 2: Trennbauteile aus Massivbeton mit einer Dicke von mindestens 100 mm sowie Betonklinker- und Hohlbetonelemente. Gilt für alle Bodenbeläge.

Tabelle 13.3.6-6 Beispiele für geeignete Trittschallquellen- und Mikrofonpositionen bei **horizontalen** Messungen nach DIN EN ISO 16283-2 Anhang E

	1	2	3
1	Nummer	Grundrissskizze | -schema	Hinweise
2	Beispiel 01		• Grundfläche Senderaum (SR) > 20 m² → Begrenzung der nutzbaren Grundfläche auf 20 m²
3	Beispiel 02		
4	Beispiel 03		
5	Beispiel 04		• gegeneinander versetzt • gemeinsame Trennbauteilfläche ≤ 20 m² → Begrenzung der nutzbaren Grundfläche auf 20 m²
6	Beispiel 05		

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.3.6-6 Beispiele für geeignete Trittschallquellen- und Mikrofonpositionen bei **horizontalen** Messungen nach DIN EN ISO 16283-2 Anhang E (Fortsetzung)

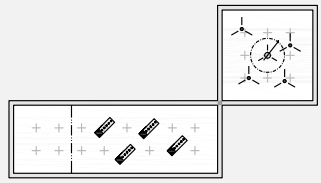
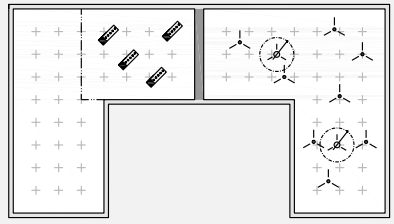
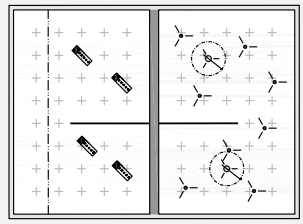
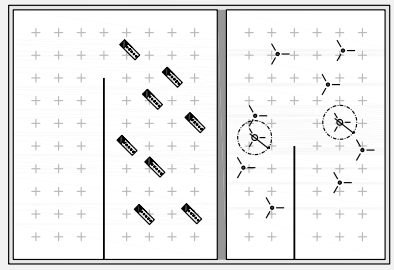
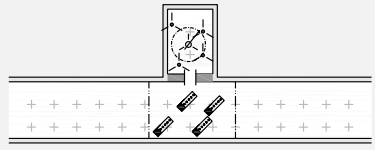
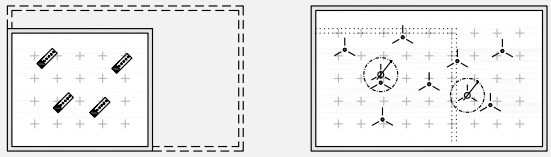
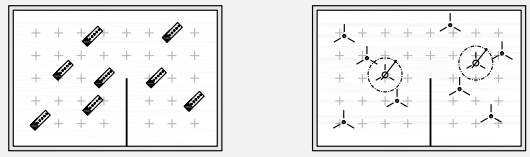
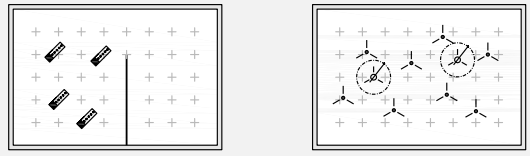
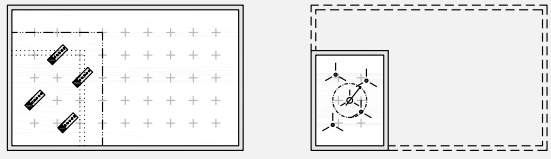
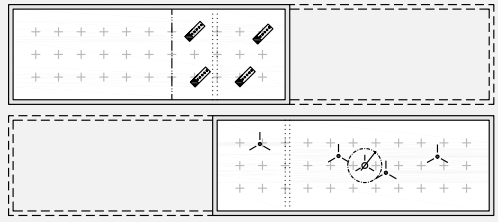
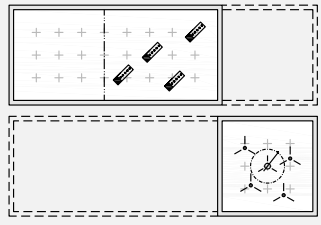
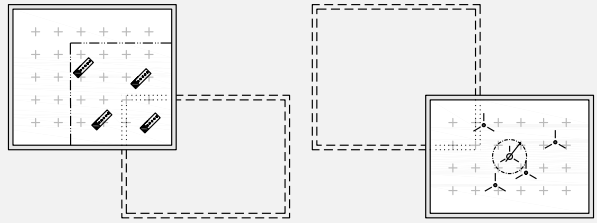
	1	2	3
1	Nummer	Grundrissskizze | -schema	Hinweise
7	Beispiel 06		• gegeneinander versetzt • keine gemeinsame Trennbauteilfläche → Begrenzung der nutzbaren Grundfläche auf 20 m²
8	Beispiel 07		• Grundfläche Senderaum (SR) > 20 m² → Begrenzung der nutzbaren Grundfläche auf 20 m²
9	Beispiel 08		• teilweise untergliederte Räume • Öffnungsfläche > 1/3 der Gesamtfläche → als 1 Raumvolumen betrachtet • Grundfläche Senderaum (SR) > 20 m² → Begrenzung der nutzbaren Grundfläche auf 20 m²
10	Beispiel 09		• teilweise untergliederte Räume • Senderaum (SR): Öffnungsfläche ≤ 1/3 der Gesamtfläche → als 2 Raumvolumina betrachtet • Empfangsraum (ER): Öffnungsfläche > 1/3 der Gesamtfläche → als 1 Raumvolumen betrachtet
11	Beispiel 10		• Korridor → Begrenzung der nutzbaren Grundfläche auf 10 m²
12	Legende:	Position der Trittschallquelle, die Ausrichtung ist nicht festgelegt feste Mikrofonposition fester Punkt, um den sich ein kontinuierlich mechanisch bewegtes Mikrofon bewegt, oder die Position des Bedieners für ein Mikrofon mit manueller Abtastung gemeinsames Trennbauteil Begrenzung der Aufstellfläche Hammerwerk Abstand der Markierungen = 1,0 m; daraus ergeben sich die Raummaße	

Tabelle 13.3.6-7 Beispiele für geeignete Trittschallquellen- und Mikrofonpositionen bei **vertikalen** Messungen nach DIN EN ISO 16283-2 Anhang F

	1	2	3
1	Nummer	Grundrissskizze | -schema oberer Raum unterer Raum	Hinweise
2	Beispiel 11		• nicht gegeneinander versetzt • Grundfläche SR und TB > 20 m² • HW- Positionen gleichmäßig verteilen
3	Beispiel 12		• teilweise untergliederte Räume • Öffnungsfläche > 1/3 der Gesamtfläche → als 1 Raum-volumen betrachtet
4	Beispiel 13		• teilweise untergliederte Räume • SR: Öffnungsfläche ≤ 1/3 der Gesamtfläche → als 2 Raum-volumina betrachtet
5	Beispiel 14		• nicht gegeneinander versetzt • Grundfläche SR > 20 m² und TB < 20 m² • HW-Positionen begrenzen
6	Beispiel 15		• gegeneinander versetzt • Grundfläche SR > 20 m² und TB < 20 m² • HW-Positionen begrenzen
7	Beispiel 16		

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.3.6-7 Beispiele für geeignete Trittschallquellen- und Mikrofonpositionen bei **vertikalen** Messungen nach DIN EN ISO 16283-2 Anhang F (Fortsetzung)

	1	2	3
1	Nummer	Grundrissskizze | -schema oberer Raum unterer Raum	Hinweise
8	Beispiel 17		• gegeneinander versetzt • Grundfläche SR > 20 m² und TB < 20 m² • HW- Positionen begrenzen
9	Legende:	Position der Trittschallquelle, die Ausrichtung ist nicht festgelegt feste Mikrofonposition fester Punkt, um den sich ein kontinuierlich mechanisch bewegtes Mikrofon bewegt, oder die Position des Bedieners für ein Mikrofon mit manueller Abtastung gemeinsames Trennbauteil Begrenzung der Aufstellfläche Hammerwerk Abstand der Markierungen = 1,0 m; daraus ergeben sich die Raummaße SR Senderaum TB Trennbauteil HW Hammerwerk	

13.4 Fassadenschalldämmung nach DIN EN ISO 16283-3

13.4.1 Allgemeines

Im Teil 3 der DIN EN ISO 16283 werden Messverfahren beschrieben, die geeignet sind um die Luftschalldämmung von einzelnen Fassadenbauteilen (Bauteil-Verfahren) oder ganzen Fassaden (Gesamt-Verfahren) zu bestimmen. Bei der Messung der Fassadenschalldämmung befindet sich die Schallquelle im Außenraum. Die Messung umfasst die Ermittlung der Schalldruckpegel bei eingeschalteter(n) Quelle(n) im Empfangsraum sowie des Hintergrundgeräuschpegels bei ausgeschalteter Quelle, bzw. bei Abwesenheit der Quelle und die Nachhallzeit im Empfangsraum.

In den nachfolgenden Kapiteln werden unterschiedliche Schallquellen beschrieben, zum einen wird ein Lautsprecher als künstliche Schallquelle verwendet, zum anderen werden die vorhandenen Verkehrsgeräusche (Straßen-, Schienen- und Luftverkehr) als Schallquelle angenommen. In Abhängigkeit des Verfahrens (Bauteil-, bzw. Gesamtverfahren) ergeben sich Vor- und Nachteile bei der Verwendung der unterschiedlichen Schallquellen.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die verschiedenen Messverfahren und eine Empfehlung für welchen Einsatzbereich diese anzuwenden sind.

Tabelle 13.4.1-1 Überblick über die verschiedenen Messverfahren nach DIN EN ISO 16283-3

	1	2	3	4	5
1	Nr.	Verfahren	Kapitel	Ergebnis	Einsatzbereich
2	Bauteil-Verfahren				
3	01	Bauteil-Lautsprecher	13.4.3	$R'_{45°}$	Bevorzugtes Verfahren zur Abschätzung des Bau-Schalldämm-Maßes von Fassadenbauteilen
4	02	Bauteil-Straßenverkehr	13.4.4	$R'_{tr,s}$	Alternative zu Verfahren Nr. 01, wenn der Straßenverkehr als Schallquelle einen ausreichenden Pegel bietet
5	03	Bauteil-Schienenverkehr		$R'_{rt,s}$	Alternative zu Verfahren Nr. 01, wenn der Schienenverkehr als Schallquelle einen ausreichenden Pegel bietet
6	04	Bauteil-Luftverkehr		$R'_{at,s}$	Alternative zu Verfahren Nr. 01, wenn der Luftverkehr als Schallquelle einen ausreichenden Pegel bietet
7	Gesamt-Verfahren				
8	05	Gesamt-Lautsprecher	13.4.3	$D_{ls,2m,nT}$ $D_{ls,2m,n}$	Alternative zu den Verfahren Nr. 06, 07 und 08
9	06	Gesamt-Straßenverkehr	13.4.4	$D_{tr,2m,nT}$ $D_{tr,2m,n}$	Bevorzugtes Verfahren, um die Gesamt-Schalldämmung einer dem Straßenverkehr als Schallquelle ausgesetzten Fassade abzuschätzen
10	07	Gesamt-Schienenverkehr		$D_{rt,2m,nT}$ $D_{rt,2m,n}$	Bevorzugtes Verfahren, um die Gesamt-Schalldämmung einer dem Schienenverkehr als Schallquelle ausgesetzten Fassade abzuschätzen
11	08	Gesamt-Luftverkehr		$D_{at,2m,nT}$ $D_{at,2m,n}$	Bevorzugtes Verfahren, um die Gesamt-Schalldämmung einer dem Luftverkehr als Schallquelle ausgesetzten Fassade abzuschätzen

13.4.2 Berechnungsgrundlagen

Zur Ermittlung des Bauschalldämm-Maßes der Fassade, bzw. Fassadenbauteile werden die Schalldruckpegel im Außen- und Innenraum (Empfangsraum), das Hintergrundgeräusch und die Nachhallzeit gemessen. In Tabelle 13.4.2-1 sind die Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der wesentlichen Messgrößen zur Wiederholung zusammengefasst.

Tabelle 13.4.2-1 Berechnungsgrundlagen nach DIN EN ISO 16283-3

	1	2	3	4
1	Messgröße	Formel	Einheit	Formel
2	Bauschalldämm-Maß	$R'_{45°} = 10 \cdot \lg\left(\frac{W_{1,45°}}{W_1 + W_2}\right)$	dB	13.4.2-1
3		$R'_{45°} = L_{1,s} - L_2 + 10 \cdot \lg\left(\frac{S}{A}\right) - 1{,}5\ \text{dB}$	dB	13.4.2-2
4		$R'_{tr,s} = L_{1,s} - L_2 + 10 \cdot \lg\left(\frac{S}{A}\right) - 3\ \text{dB}$	dB	13.4.2-3
5		$R'_{at,s} = L_{E1,s} - L_{E2} + 10 \cdot \lg\left(\frac{S}{A}\right) - 3\ \text{dB}$	dB	13.4.2-4
6		$R'_{rt,s} = L_{E1,s} - L_{E2} + 10 \cdot \lg\left(\frac{S}{A}\right) - 3\ \text{dB}$	dB	13.4.2-5
7	Schallpegeldifferenz	$D_{2m} = L_{1,2m} - L_2$	dB	13.4.2-6
8	Standard-Schallpegeldifferenz	$D_{2m,nT} = D_{2m} + 10 \cdot \lg\left(\frac{T}{T_0}\right)$	dB	13.4.2-7
9	Norm-Schallpegeldifferenz	$D_{2m,n} = D_{2m} - 10 \cdot \lg\left(\frac{A}{A_0}\right)$	dB	13.4.2-8
10	Einzelereignispegel	$L_E = 10 \cdot \lg \frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p^2(t)}{p_0^2}\,\text{dt}$	dB	13.4.2-9
11	Einzelereignispegel-Differenz[1)]	$D_{E,2m} = L_{E1,2m} - L_{E2}$	dB	13.4.2-10
12	Standard-Einzelereignispegel-Differenz[1)]	$D_{E,2m,nT} = D_{E,2m} + 10 \cdot \lg\left(\frac{T}{T_0}\right)$	dB	13.4.2-11
13	Norm-Einzelereignispegel-Differenz[1)]	$D_{E,2m,n} = D_{E,2m} - 10 \cdot \lg\left(\frac{A}{A_0}\right)$	dB	13.4.2-12

[1)] Schreibweise:

$D_{at,E,2m,...}$ für Luftverkehr als Schallquelle

$D_{rt,E,2m,...}$ für Schienenverkehr als Schallquelle

Tabelle 13.4.2-2 Berechnungsgrundlagen für Oktavbänder nach DIN EN ISO 16283-3

	1	2	3
1	Wert	Formel	Formel
2	Bauschalldämm-Maß[1)]	$R'_{45,oct} = -10 \cdot \lg\left(\sum_{n=1}^{3} \frac{10^{-0,1 \cdot R'_{45,(1/3)oct,n}}}{3}\right)$	13.4.2-13
3		$R'_{tr,oct} = -10 \cdot \lg\left(\sum_{n=1}^{3} \frac{10^{-0,1 \cdot R'_{tr,(1/3)oct,n}}}{3}\right)$	13.4.2-14
4		$R'_{rt,oct} = -10 \cdot \lg\left(\sum_{n=1}^{3} \frac{10^{-0,1 \cdot R'_{rt,(1/3)oct,n}}}{3}\right)$	13.4.2-15
5		$R'_{at,oct} = -10 \cdot \lg\left(\sum_{n=1}^{3} \frac{10^{-0,1 \cdot R'_{at,(1/3)oct,n}}}{3}\right)$	13.4.2-16
6	Schalldruckpegel für den Außenraum[1)]	$L_{1,2m,oct} = 10 \cdot \lg\left(\sum_{n=1}^{3} 10^{0,1 \cdot L_{1,2m,(1/3)oct,n}}\right)$	13.4.2-17
7		$L_{E1,2m,oct} = 10 \cdot \lg\left(\sum_{n=1}^{3} 10^{0,1 \cdot L_{E1,2m,(1/3)oct,n}}\right)$	13.4.2-18
8	Schalldrcukpegel für den Empfangsraum[1)]	$L_{2,oct} - 10 \cdot \lg\left(\frac{T_{oct}}{T_0}\right) = 10 \cdot \lg\left(\sum_{n=1}^{3} 10^{0,1 \cdot \left[L_{2,(1/3)oct,n} - 10 \cdot \lg\left(\frac{T_{(1/3)oct,n}}{T_0}\right)\right]}\right)$	13.4.2-19
9		$L_{E2,oct} - 10 \cdot \lg\left(\frac{T_{oct}}{T_0}\right) = 10 \cdot \lg\left(\sum_{n=1}^{3} 10^{0,1 \cdot \left[L_{E2,(1/3)oct,n} - 10 \cdot \lg\left(\frac{T_{(1/3)oct,n}}{T_0}\right)\right]}\right)$	13.4.2-20
10	Standard-Schallpegel-differenz	$D_{2m,nT,oct} = L_{1,2m,oct} - \left(L_{2,oct} - 10 \cdot \lg\left(\frac{T_{oct}}{T_0}\right)\right)$	13.4.2-21

(Fortsetzung nächste Seite)

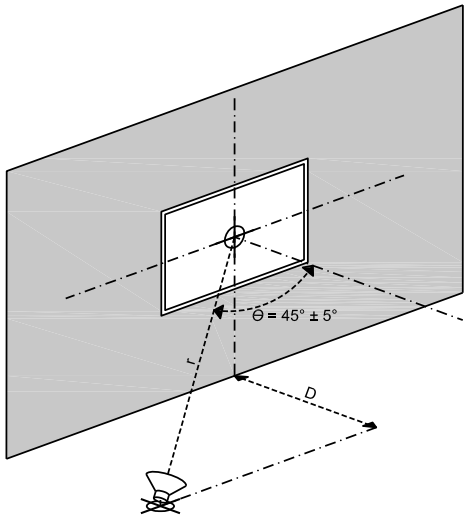
Tabelle 13.4.2-2 Berechnungsgrundlagen für Oktavbänder nach DIN EN ISO 16283-3 (Fortsetzung)

	1	2	3
1	Wert	Formel	Formel
11	Norm-Schallpegeldifferenz	$D_{2m,n,oct} = L_{1,2m,oct} - \left(L_{2,oct} + 10 \cdot \lg\left(\frac{A_{oct}}{A_0} \right) \right)$	13.4.2-22
12	Standard-Einzelereignispegeldifferenz	$D_{E,2m,nT,oct} = L_{E1,2m,oct} - \left(L_{E2,oct} - 10 \cdot \lg\left(\frac{T_{oct}}{T_0} \right) \right)$	13.4.2-23
13	Standard-Einzelereignispegeldifferenz	$D_{E,2m,n,oct} = L_{E1,2m,oct} - \left(L_{E2,oct} + 10 \cdot \lg\left(\frac{A_{oct}}{A_0} \right) \right)$	13.4.2-24

1) Die Terzbandwerte müssen vor der Anwendung in den Gleichungen xx bis xx auf eine Dezimalstelle verringert werden. Dies erfolgt, indem der den angegebenen Werten am nächsten liegende Wert, in Zehntel dB, genommen wird, sodass XX,XYZZZ… auf XX,X gerundet wird, wenn Y kleiner als 5 ist, und auf XX,X + 0,1, wenn Y mindestens 5 beträgt. Die Endergebnisse sind auf höchstens 0,1 dB genau anzugeben.

13.4.3 Lautsprecher als Schallquelle

Bei dem Lautsprecher-Verfahren wird ein Lautsprecher als künstliche Schallquelle im Außenraum unter nachfolgend beschriebenen Bedingungen verwendet. Das Lautsprecher-Verfahren kann sowohl für das Standard-Verfahren als auch für das Verfahren bei tiefen Frequenzen angewendet werden (siehe hierzu auch Kapitel 13.2.3 und 13.2.4).



r Abstand Fenstermittelpunkt - Lautsprecher

D Abstand Fassade - Lautsprecher

θ Schalleinfallswinkel

Bild 13.4.3-1 Lautsprecherpositionierung nach DIN EN ISO 16283-3

Tabelle 13.4.3-1 Lautsprecher-Verfahren nach DIN EN ISO 16283-3 - Allgemeines

	1	2	3	4
1		Anforderung nach Norm		
2	Allgemeines	2 Verfahren: • Bauteil-Lautsprecher-Verfahren • Gesamt-Lautsprecher-Verfahren		
3	Erzeugung des Schallfeldes	• Positionierung des Lautsprechers an einer oder mehreren Stellen außerhalb des Gebäudes in einem Abstand D nach Bild 13.4.3-1 • Schalleinfallswinkel 45° +/- 5°		
4	Lautsprecher	• Lautsprecher während der Messung ortsfest Richtwirkung: • lokale Differenzen pro Frequenzband: < 5 dB bei Messungen auf einer gedachten Fläche der gleichen Größe und Ausrichtung wie bei einem Prüfobjekt • lokale Differenzen pro Frequenzband: ≤ 10 dB bei großen Prüfobjekten (Maß a oder b > 5 m) → Angabe im Messbericht • auch möglich: Richtwirkung nach DIN EN ISO 16283-3 Anhang C • Schall im Senderaum muss stetig mit kontinuierlichem Spektrum sein		
		Pegeldifferenz zwischen nebeneinanderliegenden Terzbändern		
		100 - 160 Hz	200 - 315 Hz	≥ 400 Hz
		≤ 6 dB	≤ 5 dB	≤ 4 dB
5	Lautsprecher-positionen	• Schwankungen des Schalldruckpegels am Prüfobjekt auf Mindestmaß beschränken • Empfehlung: Positionierung am Boden oder so hoch wie praktisch möglich • Bauteil-Lautsprecher-Verf.: Abstand LS - Mitte Prüfobjekt: $r \geq 5$ m | $D > 3{,}5$ m • Gesamt-Lautsprecher-Verf.: Abstand LS - Mitte Prüfobjekt: $r \geq 7$ m | $D > 5{,}0$ m • Schalleinfallswinkel 45° +/- 5°		

Bauteil-Lautsprecher-Verfahren

Das Bauteil-Verfahren im Allgemeinen wird angewendet, wenn die Messung der Abschätzung der Schalldämmeigenschaften eines bestimmten Fassadenbauteils dient. Hierbei ist die Verwendung eines Lautsprechers als künstliche Schallquelle der Messung unter tatsächlichen Verkehrsbedingungen vorzuziehen, da so unter bestimmten Bedingungen eine Vergleichbarkeit zu den Messungen eines Bauteils im Prüfstand nach DIN EN ISO 10140 erzielt werden kann.

Tabelle 13.4.3-2 Bauteil-Lautsprecher-Verfahren nach DIN EN ISO 16283-3

	1	2
1		Messung an der Prüfoberfläche
2	Allgemeines	• Bestimmung des mittleren Außenschalldruckpegels $L_{1,s}$ durch Messungen mit direkt am Prüfobjekt befestigten Mikrofon a) Mikrofonachse parallel zur Fassadenfläche: • Mikrofon aufwärts oder abwärts gerichtet • Abstand Mikrofonmembran - Fassadenfläche: ≤ 10 mm b) Mikrofonachse senkrecht zur Fassadenfläche • Abstand Mikrofonmembran - Fassadenfläche: ≤ 3 mm

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.4.3-2 Bauteil-Lautsprecher-Verfahren nach DIN EN ISO 16283-3

	1	2	
1	Messung an der Prüfoberfläche		
2	Allgemeines	• Mikrofonposition darf sich während Messung nicht verändern • übliche Befestigung: kräftiges Klebeband • Verwendung eines halbkugelförmigen Windschutzschirmes • Differenz L_i >10 → Angabe im Messbericht	
3	Mikrofonpositionen	Anzahl: • üblich: mindestens: 3 Positionen | maximal: 10 Positionen • Prüfobjekt in Fassadenaussparung: 10 Positionen Verteilung: • kein regelmäßiges Raster • gleichmäßig aber asymmetrisch Vorgehen: • Beginn mit n = 3 Messungen • Differenz L_i > n - Erhöhung der Anzahl bis max. 10	
4	Berechnung	$L_{1,s} = 10 \cdot \lg\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} 10^{0,1 \cdot L_i}\right)$ Darin sind: $L_{1,s}$ mittlerer Außenschalldruckpegel an der Prüfoberfläche L_i Schalldruckpegel (L_1, L_2,…, L_n) an n verschiedenen Mikrofonpositionen der Prüfoberfläche	Gleichung 13.4.3-1

Gesamt-Lautsprecher-Verfahren

Beim Gesamt-Verfahren liegt dagegen das Ziel in der Abschätzung der Differenz des realen Schallpegels im Freien zum Schallpegel im Innenraum. In diesem Fall wird empfohlen das Gesamt-Lautsprecher-Verfahren nur für den Fall anzuwenden, dass die tatsächlich vorhandene Schallquelle (z.B. Verkehrsgeräusche) aus praktischen Gründen nicht anwendbar ist, beispielsweise wenn der durch das Verkehrsgeräusch erzeugte Schallpegel im Innenraum unzureichend also zu niedrig ist. Die Ergebnisse sind nicht mit im Prüfstand bestimmten Schalldämm-Maßen vergleichbar.

Tabelle 13.4.3-3 Gesamt-Lautsprecher-Verfahren nach DIN EN ISO 16283-3

	1	2
1	Fassadennahe Messung des Außenschalldruckpegels	
2	Allgemeines	• Bestimmung des mittleren Außenschalldruckpegels $L_{1,s}$ durch Messungen in einem bestimmten Abstand vor der Fassade c) Messung vor Fassadenfläche: • Abstand Mikrofon - Mitte Fassadenoberfläche: 2,0 +/- 0,2 m b) Messung vor Fassadenvorsprung (Balustrade, o. Ä.) • Abstand Mikrofon - Mitte Vorsprung: 1,0 m • Höhe Mikrofon: 1,5 m über OKFF (Oberkante Fertigfußboden) Empfangsraum bei geneigten Fassaden (z.B. Dächer): • Position nicht dichter am Dach als Projektion des vertikalen Anteils der Fassade

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.4.3-3 Gesamt-Lautsprecher-Verfahren nach DIN EN ISO 16283-3 (Fortsetzung)

	1	2	
1	Fassadennahe Messung des Außenschalldruckpegels		
3	große Räume | Eckräume	• mehr als eine Schallquellenposition notwendig • mehrere Positionen nach Zeile 2 wählen • Anzahl: abhängig von Richtwirkung und Fassadengröße	
4	Berechnung	• mehr als eine Schallquellenposition: Mittelwertbildung $D_{\ell s,2m} = -10 \cdot \lg\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} 10^{-0{,}1 \cdot D_i}\right)$ darin sind: $D_{\ell s,2m}$ Pegeldifferenz (Schallquelle ist ein Lautsprecher) in dB D_i Pegeldifferenz für jede Kombination aus Quelle und Empfänger n Anzahl der Lautsprecherpositionen	Gleichung 13.4.3-2

13.4.4 Straßenverkehr als Schallquelle

Bei der Anwendung von Straßenverkehr als Schallquelle ergibt sich Schall, der aus verschiedenen Richtungen und mit verschiedener Intensität auf das Prüfobjekt auftrifft. Im Gegensatz zum Lautsprecher-Verfahren dürfen Messungen mit Straßenverkehr als Schallquelle nur für das Standardverfahren herangezogen werden.

Tabelle 13.4.4-1 Straßenverkehrs-Verfahren nach DIN EN ISO 16283-2 - Allgemeines

	1	2
1		Beschreibung nach Norm
2	Allgemeines	2 Verfahren: • Bauteil-Straßenverkehr-Verfahren • Gesamt-Straßenverkehr-Verfahren
3	Erzeugung des Schallfeldes	• durch vorhandenen Straßenverkehr
4	Anforderungen an die Prüfung	• Mittelungszeit nach Tab. 13.1.3-1 mit mindestens 50 Vorbeifahrten von Fahrzeugen • simultane Messung der Schaldruckpegel im Freien und im Innenraum aufgrund der Schwankungsneigung das Straßenverkehrs als Schallquelle • Hintergrundgeräusch ≤ 10 dB

Hinweis: Korrekturen um das Hintergrundgeräusch nach Kapitel 13.1.4 können aufgrund der Schwankung im durch den Straßenverkehr erzeugten Pegel üblicherweise nicht vorgenommen werden.

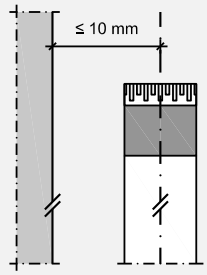
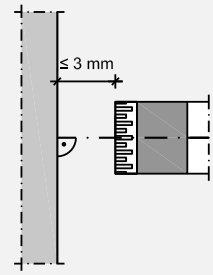
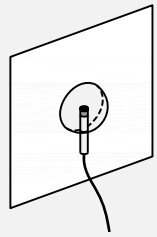
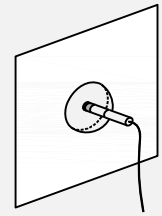
Bauteil-Straßenverkehrs-Verfahren

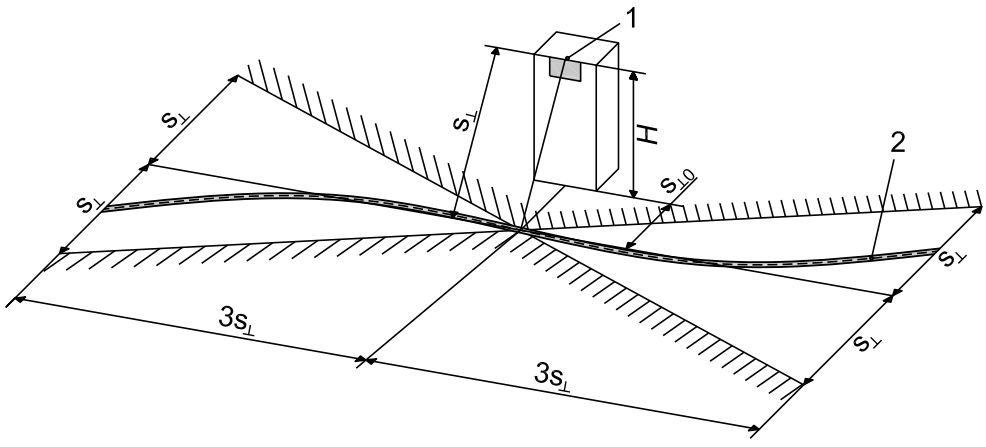
Das Bauteil-Straßenverkehrs-Verfahren wird ebenfalls angewendet, um eine Abschätzung der Schalldämmeigenschaften eines bestimmten Fassadenbauteils vorzunehmen. Im Vergleich zum Bauteil-Lautsprecher-Verfahren ist dieses Verfahren etwas ungenauer und tendiert zu leicht geringeren Werten bei den Ergebnissen des Schalldämm-Maßes.

Tabelle 13.4.4-2 Bauteil-Straßenverkehrs-Verfahren nach DIN EN ISO 16283-3

	1	2
1		Messung an der Prüfoberfläche
2	Anforderung an Straßenverkehr und Fassadengeometrie	• Der Verkehrsfluss muss annähernd entlang einer geraden Linie und in einem Sichtwinkel von ± 60° von der Fassade verlaufen; innerhalb dieses Winkels sind Abweichungen von der Geraden von ± 15° zulässig, wobei die Tangente zum Verkehrsverlauf am Schnittpunkt zwischen Verkehrsverlauf und der Normalen zur Fassade auf der Linie des Verkehrsflusses liegen muss (siehe Bild 13.4.4-1). • Der vom Punkt des geringsten Abstands zwischen Fassade und Verkehrsverlauf aus gesehene Elevationswinkel muss weniger als ± 40° betragen. • Von der gesamten Breite des Verkehrsflusses aus muss eine freie Sicht auf die gesamte Fassade möglich sein • der horizontale Mindestabstand zwischen dem Verkehrsfluss und der Fassade muss mindestens dem Dreifachen der Breite der zu prüfenden Fassade oder 25 m entsprechen, je nachdem, welcher Wert höher ist
3	Allgemeines	• Bestimmung des mittleren Außenschalldruckpegels $L_{1,s'}$ durch Messungen mit direkt am Prüfobjekt befestigten Mikrofon a) Mikrofonachse parallel zur Fassadenfläche: • Mikrofon aufwärts oder abwärts gerichtet • Abstand Mikrofonmembran - Fassadenfläche: ≤ 10 mm b) Mikrofonachse senkrecht zur Fassadenfläche • Abstand Mikrofonmembran - Fassadenfläche: ≤ 3 mm • Mikrofonposition darf sich während Messung nicht verändern • übliche Befestigung: kräftiges Klebeband • Verwendung eines halbkugelförmigen Windschutzschirmes • Differenz L_i >10 → Angabe im Messbericht • Hinweis: aufgrund des gegebenen Hintergrundgeräuschs ist dieses Verfahren üblicherweise auf die Messung von Bauteilen oder Fassaden mit R'_w < 40 dB begrenzt
4	Mikrofonpositionen	Anzahl: • Fassade flach | ohne Balkone: 3 Positionen • große Aussparungen in der Fassade | Balkone vorhanden: 5 Positionen Verteilung: • kein regelmäßiges Raster • gleichmäßig aber asymmetrisch Vorgehen: • bei festen Mikrofonpositionen im ER - für jede MP im Freien - eine MP im ER
5	Berechnung	• nach Gleichung 13.4.3-1

Tabelle 13.4.4-3 Mikrofonpositionierung beim Bauteil-Verfahren nach DIN EN ISO 16283-3

	1	2	
1	Messung an der Prüfoberfläche		
2	Anforderung an Straßenverkehr und Fassadengeometrie	Mikrofonachse parallel zur Fassade	Mikrofonachse senkrecht zur Fassade
3			
4			



mit: ① Empfangspunkt; ② Linie des Verkehrsflusses
$s_{\perp}$ Abstand zwischen Empfangspunkt und Linie des Verkehrsflusses
$s_{\perp 0}$ horizontale Abstand zwischen Empfangspunkt und Linie des Verkehrsflusses
H Höhendifferenz zwischen Empfangspunkt und Linie des Verkehrsflusses

Bild 13.4.4-1 Bedingung bei einer langen gerade Linie des Verkehrsflusses nach DIN EN ISO 16283-3

Gesamt-Straßenverkehrs-Verfahren

Mit dem Gesamt-Straßenverkehrs-Verfahren wird die reale Schalldämmung der gesamte Fassade einschließlich der Flanken- und Nebenwegübertragung an einer bestimmten Position im Innenraum im Verhältnis zu einer Position 2 m vor der Fassade bestimmt. Analog zum Gesamt-Lautsprecher-Verfahren sind die Ergebnisse nicht mit im Prüfstand bestimmten Schalldämm-Maßen vergleichbar.

Tabelle 13.4.4-4 Gesamt-Straßenverkehrs-Verfahren nach DIN EN ISO 16283-3

	1	2	
1	Fassadennahe Messung des Außenschalldruckpegels		
2	Allgemeines	• Bestimmung des mittleren Außenschalldruckpegels $L_{1,s'}$ durch Messungen in einem bestimmten Abstand vor der Fassade c) Messung vor Fassadenfläche: • Abstand Mikrofon - Mitte Fassadenoberfläche: 2,0 +/- 0,2 m b) Messung vor Fassadenvorsprung (Balustrade, o. Ä.) • Abstand Mikrofon - Mitte Vorpsrung: 1,0 m • Höhe Mikrofon: 1,5 m über OKFF (Oberkante Fertigfußboden) Empfangsraum bei geneigten Fassaden (z.B. Dächer): • Position nicht dichter am Dach als Projektion des vertikalen Anteils der Fassade	
3	große Räume | Eckräume	• mehr als eine Schallquellenposition notwendig • mehrere Positionen nach Zeile 2 wählen • Anzahl: abhängig von Richtwirkung und Fassadengröße	
4	Berechnung	• mehr als eine Schallquellenposition: Mittelwertbildung $D_{tr,2m} = -10 \cdot \lg\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} 10^{-0{,}1 \cdot D_i}\right)$ darin sind: $D_{tr,2m}$ Pegeldifferenz in dB D_i Pegeldifferenz für jede Kombination aus Quelle und Empfänger n Anzahl der Mikrofonpositionen auf der Außenfläche	Gleichung 13.4.4-1

13.4.5 Luft- und Schienenverkehr als Schallquelle

Luftverkehrsgeräusche in der Nachbarschaft von Flughäfen werden bei jedem Betrieb eines Luftfahrzeugs über zahlreiche Ausbreitungswege in Gebäude übertragen. Während jedes Betriebs schwankt das Frequenzspektrum des auf das Gebäude auftreffenden Schalls häufig. Daher beruhen die Messungen der Schalldämmung gegenüber dem Luftverkehrsgeräusch auf zeitintegrierten Deskriptoren.

Die Schalldämmung gegenüber dem Schienenverkehr wird entsprechend dem Luftverkehr betrachtet, da sie vergleichbare zeitliche Muster aufweist.

Tabelle 13.4.5-1 Verkehrs-Verfahren nach DIN EN ISO 16283-3 - Allgemeines

	1	2
1		Beschreibung nach Norm
2	Allgemeines	2 Verfahren: • Bauteil-Verkehr-Verfahren • Gesamt-Verkehr-Verfahren
3	Erzeugung des Schallfeldes	• durch vorhandenen Luft- oder Schienenverkehr
4	Anforderungen an die Prüfung	• simultane Messung der Schaldruckpegel im Freien und im Innenraum aufgrund der Schwankungsneigung das Luft- und Schienenverkehrs als Schallquelle • Hintergrundgeräusch ≤ 10 dB

Hinweis: Korrekturen um das Hintergrundgeräusch nach Kapitel 13.1.4 können aufgrund der Schwankung im durch den Straßenverkehr erzeugten Pegel üblicherweise nicht vorgenommen werden.

Bauteil- (Luft- | Schienen-)Verkehrs-Verfahren

Das hier dargestellte Verfahren ist nur anzuwenden, wenn das Bauteil-Lautsprecher-Verfahren aus praktischen Gründen nicht anwendbar ist.

Tabelle 13.4.5-2 Bauteil-Verkehrs-Verfahren nach DIN EN ISO 16283-3

	1	2
1		Messung an der Prüfoberfläche
2	Allgemeines	• Bestimmung des Einzelereignispegels $L_{E1,s}$ durch Messungen mit direkt am Prüfobjekt befestigten Mikrofon a) Mikrofonachse parallel zur Fassadenfläche: • Mikrofon aufwärts oder abwärts gerichtet • Abstand Mikrofonmembran - Fassadenfläche: ≤ 10 mm b) Mikrofonachse senkrecht zur Fassadenfläche • Abstand Mikrofonmembran - Fassadenfläche: ≤ 3 mm • Mikrofonposition darf sich während Messung nicht verändern • übliche Befestigung: kräftiges Klebeband • Verwendung eines halbkugelförmigen Windschutzschirmes • Differenz L_i >10 → Angabe im Messbericht
3	Messung Einzelereignis-pegel im Freien	Anzahl Messungen: • mind. 5 Geräuschereignisse Anzahl Mikrofonositionen auf Prüfobjekt: • Fassade flach | ohne Balkone: 3 Positionen • große Aussparungen in der Fassade | Balkone vorhanden: 5 Positionen Verteilung: • kein regelmäßiges Raster • gleichmäßig aber asymmetrisch

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.4.5-2 Bauteil-Verkehrs-Verfahren nach DIN EN ISO 16283-3 (Fortsetzung)

	1	2	
1	Messung an der Prüfoberfläche		
4	Messung Einzelereignispegel im Gebäude	• Bestimmung des Einzelereignispegels $L_{E2,s}$ durch Messungen nach Kapitel 13.1.3 Anzahl Messungen: • identisch zu Anzahl der Messung von $L_{E1,s}$ Vorgehen: • bei festen Mikrofonpositionen im Empfangsraum (ER) möglich: für jede MP im Freien → eine Mikrofonposition (MP) im Empfangsraum (ER) Ausnahme zu Kapitel 13.1.3: • bei kontinuierlich mech. bewegten Mikrofon - Dauer der Bahn ≤ 15 s| ≤ Dauer des Einzelereignisses	
5	Berechnung	$L_{E1,s} = 10 \cdot \lg\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} 10^{0,1 \cdot L_{E1,s,i}}\right)$	Gleichung 13.4.5-1
		$L_{E2} = 10 \cdot \lg\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} 10^{0,1 \cdot L_{E2,i}}\right)$	Gleichung 13.4.5-2

Gesamt- (Luft- \| Schienen-)Verkehrs-Verfahren

Mit dem Gesamt-Straßenverkehrs-Verfahren wird die reale Schalldämmung der gesamte Fassade einschließlich der Flanken- und Nebenwegübertragung an einer bestimmten Position im Innenraum im Verhältnis zu einer Position 2 m vor der Fassade bestimmt. Analog zum Gesamt-Lautsprecher-Verfahren sind die Ergebnisse nicht mit im Prüfstand bestimmten Schalldämm-Maßen vergleichbar.

Tabelle 13.4.5-3 Gesamt-Straßenverkehrs-Verfahren nach DIN EN ISO 16283-3

	1	2	
1	Fassadennahe Messung des Außenschalldruckpegels		
2	Allgemeines	• Bestimmung des mittleren Außenschalldruckpegels $L_{1,s}$ durch Messungen in einem bestimmten Abstand vor der Fassade c) Messung vor Fassadenfläche: • Abstand Mikrofon - Mitte Fassadenoberfläche: 2,0 +/- 0,2 m b) Messung vor Fassadenvorsprung (Balustrade, o. Ä.) • Abstand Mikrofon - Mitte Vorpsrung: 1,0 m • Höhe Mikrofon: 1,5 m über OKFF Empfangsraum bei geneigten Fassaden (z.B. Dächer): • Position nicht dichter am Dach als Projektion des vertikalen Anteils der Fassade	
3	große Räume | Eckräume	• mehr als eine Schallquellenposition notwendig • mehrere Positionen nach Zeile 2 wählen • Anzahl: abhängig von Richtwirkung und Fassadengröße	
4	Berechnung	• mehr als eine Schallquellenposition: Mittelwertbildung $D_{tr,2m} = -10 \cdot \lg\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} 10^{-0,1 \cdot D_i}\right)$	Gleichung 13.4.5-3

13.4.6 Darstellung der Prüfergebnisse

Die Messergebnisse sind analog zur Luftschalldämmung laut DIN EN ISO 16283-2 ebenfalls nach bestimmten Vorgaben darzustellen und in einem Prüfbericht aufzunehmen. Tab. 13.4.6-1 gibt einen Überblick über die Anforderungen an die Darstellung der Ergebnisse, Tab. 13.4.6-2 gibt die genauen Vorgaben für den Prüfbericht nach Norm wieder.

Tabelle 13.4.6-1 Vorgaben zur Aufzeichnung der Ergebnisse nach DIN EN ISO 16283-3

	1	2
1	Messergebnisse $R'_{45°}$, $R'_{tr,s}$, $R'_{rt,s}$, $R'_{at,s}$, $D_{ls,2m,nT}$, $D_{ls,2m,n}$, $D_{tr,2m,nT}$, $D_{tr,2m,n}$, $D_{rt,2m,nT}$, $D_{rt,2m,n}$, $D_{at,2m,nT}$ oder $D_{at,2m,n}$	• in Terzbändern auf eine Dezimalstelle genau • in Tabellenform und als Kurve (Diagramm)
2	Darstellung des Diagramm	• Einheiten: dB • logarithmische Skala • x-Achse: 5 mm für ein Terzband • y-Achse: 20 mm für 10 dB

Tabelle 13.4.6-2 Angaben für den Prüfbericht nach DIN EN ISO 16283-3

	1
1	Angaben für den Prüfbericht
2	Verweisung auf diese Internationale Norm, d. h. ISO 16283-3, das Jahr ihrer Veröffentlichung sowie jegliche Änderungen
3	Namen der Organisation, die die Messungen durchgeführt hat
4	Namen und die Anschrift der Organisation oder Person, die die Prüfung in Auftrag gegeben hat (Auftraggeber)
5	Datum der Prüfung
6	Beschreibung und Kennzeichnung der Gebäudestruktur (Adresse oder sonstige eindeutige Identifizierung) und der Prüfanordnung (einschließlich jeglicher zu Prüfzwecken am Rauminhalt vorgenommener vorübergehender Änderungen, z. B. die Einführung von Diffusoren
7	Volumen des Empfangsraums (gerundet auf den nächsten Kubikmeter) und Fläche jeglicher Trennbauteile S
8	Standard-Schallpegeldifferenz oder Bau-Schalldämm-Maß als Funktion der Frequenz
9	Kurzbeschreibung des Prüfverfahrens, der Ausrüstung und Angabe dahingehend, ob das Verfahren bei tiefen Frequenzen für den Schalldruckpegel und die Nachhallzeit in den 50-Hz-, 63-Hz- und 80-Hz-Terzbändern angewendet wurde
10	Angaben zu den Ergebnissen, die als Grenzwerte der Messung anzusehen sind. Diese müssen z. B. als $D_{ls,2m,nT}$ oder $R'_{45°} \geq$ … dB angegeben werden. Dieses Vorgehen muss angewendet werden, wenn der Schalldruckpegel in einem beliebigen Band aufgrund des Hintergrundgeräusches nicht messbar ist

Hinweis: Für die Bewertung der Einzahlangaben auf der Grundlage der Kurven siehe DIN EN ISO 717-1 Es ist eindeutig anzugeben, dass die Bewertung auf einem Ergebnis beruht, das durch ein Verfahren am Bau erhalten wurde. Der Prüfbericht sollte auch die Unsicherheit der Einzahl-Bewertung umfassen.

Nach DIN EN ISO 16283-3 gemessenes Bau-Schalldämm-Maß

Messungen der Fassadenschalldämmung am Bau

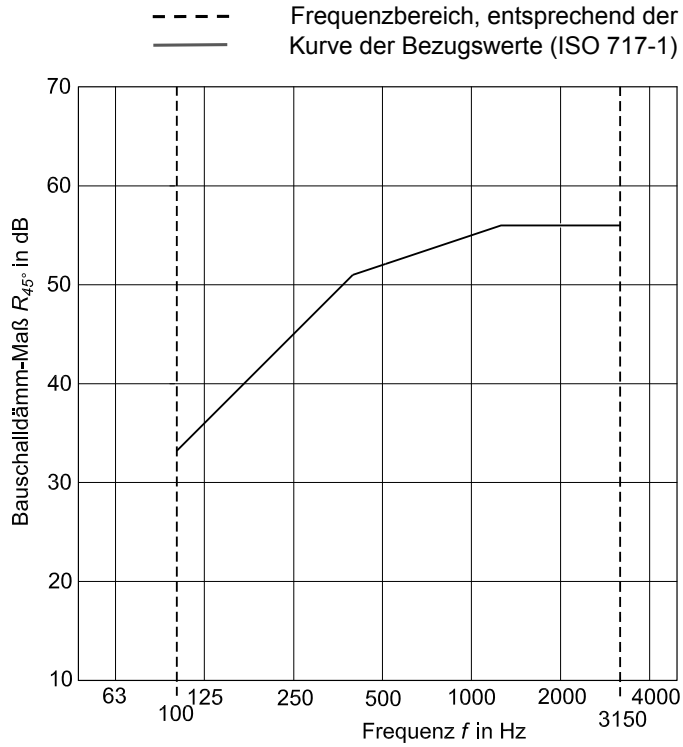
Auftraggeber: Datum der Prüfung:

Beschreibung und Kennzeichnung der Gebäudestruktur und der Prüfanordnung, Richtung der Messung usw.

Fläche des gemeinsamen Trennbauteils: m²

Volumen des Empfangsraumes: m³

Frequenz f in Hz	$R_{45°}$ Terz in dB
50	
63	
80	
100	
125	
160	
200	
250	
315	
400	
500	
630	
800	
1 000	
1 250	
1 600	
2 000	
2 500	
3 150	
4 000	
5 000	



Bewertung nach ISO 717-1:

$R_{45°,w}(C;C_{tr})$ = (;) dB $C_{50\text{-}3150}$ = dB; $C_{50\text{-}5000}$ = dB; $C_{100\text{-}5000}$ = dB

Bewertung beruhend auf Messungen am Bau unter Anwendung von Ergebnissen aus einem Standardverfahren: $C_{tr,50\text{-}3150}$ = dB; $C_{tr,50\text{-}5000}$ = dB; $C_{tr,100\text{-}5000}$ = dB

Nr. des Prüfberichts: Name des Prüfinstituts:

Datum: Unterschrift:

Bild 13.4.6-1 Beispiel eines Vordrucks für die Aufzeichnung der Ergebnisse nach DIN EN ISO 16283-3 Anhang F

13.4.7 Zusätzliche Anleitung

In den verschiedenen Anhängen der DIN EN ISO 16283-3 sind zusätzliche Hinweise zur Durchführung der Messungen aufgeführt. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über den Inhalt des Anhang A | B und D.

Tabelle 13.4.7-1 Bestimmung der Fläche S nach Anhang A

	1	2
1	Beschreibung	Hinweise nach Norm
2	Fassadenbauteil	• lichte Maß der Öffnung des Fassadenbauteils • Angabe im Messbericht
3	Gesamtfassade	• Fassadenfläche, die vom Empfangsraum sichtbar ist (lichte Raummaße (Breite x Höhe)

Bei der Messung von Fassadenbauteilen mit dem Ziel das Schalldämm-Maß mit Prüfstandsmessungen zu vergleichen, besteht die Notwendigkeit eine Beeinflussung der Ergebnisse durch eine mögliche Schallübertragung der umgebenden Außenwand zu prüfen. Die Tabelle 13.4.6-2 gibt die Ausführungen aus Anhang B hierzu wieder.

Tabelle 13.4.7-2 Überprüfung der Schallübertragung durch die das Prüfobjekt umgebende Wand nach Anhang B

	1	2
1	Beschreibung	Hinweise nach Norm
2	Vorgehensweise	• das zu prüfende Fassadenbauteil ist innenseitig folgender Konstruktion abzudecken: • Mineralwolle d = 100 mm • 2 x Gipsbauplatten d =12,5 mm
3	Abdeckung der Innenseite des Prüfbauteils	• Mineralwolle d = 100 mm • 2 x Gipsbauplatten d =12,5 mm
4	Ergebnis	• Verbesserung L_2

Tabelle 13.4.7-1 Verifizierung der Prüfanforderungen nach Anhang D

	1	2
1	Beschreibung	Anleitung | Hinweise nach Norm
2	Bewertung des Prüfobjektes	• Art der Fensterkonstruktionen; • Dicke und Art des Glases; • Anzahl der Scheiben; • Art des in abgedichtete Verglasungseinheiten eingefüllten Gases; • Anzahl und Art der Dichtungen; • Vorliegen einer Staubabdichtung (bei Fenstern zwischen den gekoppelten Schiebeflügeln); • Art und Werkstoff des Rahmens.
3	Verifizierung des Einbaus	• Sichtprüfung • vollständige oder teilweise Demontage • akustische Prüfung, z. B. Untersuchung des Prüfobjekts, nachdem der Raum zwischen Rahmen und Wand mit Band abgedichtet wurde. Sofern eine Differenz in der Schalldämmung gegeben ist, liegt eine Undichtheit vor.

13.5 Schalldruckpegel haustechnischer Anlagen - Kurzverfahren

13.5.1 Allgemeines

Nach DIN 4109-4 ist die Messung des Schalldruckpegels von haustechnischen Anlagen nach den Vorgaben der DIN EN ISO 10052 auszuführen. In der DIN EN ISO 16032 ist ein Standardverfahren zur Messung des Schalldruckpegels von haustechnischen Anlagen in Gebäuden beschrieben, da die Anwendung dieses Verfahrens allerdings nach DIN 4109-4 nicht vorgesehen ist, wird an dieser Stelle nur darauf verwiesen.

In der DIN EN ISO 10052 sind Kurzverfahren zur messtechnischen Prüfung der akustischen Eigenschaften der Luft- und Trittschalldämmung sowie der Schalldruckpegel von haustechnischen Anlagen von Gebäuden aufgeführt. Diese Verfahren dienen nicht der der Messung der akustischen Eigenschaften einzelner Bauteile, sondern sollen eine Übersichtsprüfung der akustischen Eigenschaften des Gebäudes ermöglichen.

Bei den Kurzverfahren geht es darum, die Messung der Schalldruckpegel in Räumen durch die Verwendung eines Handschallpegelmessgerätes und durch manuelles Bewegen des Mikrofons im Raum zu vereinfachen. Die Korrektur hinsichtlich der Nachhallzeit kann entweder unter Anwendung von tabellarischen Werten geschätzt werden oder auf Messungen beruhen. Die Messung der Luftschall- und der Trittschalldämmung wird in Oktavbändern durchgeführt. Zur Messung der Geräusche von haustechnischen Anlagen werden A- oder C-bewertete Schalldruckpegel aufgezeichnet. Das Verfahren ist für Raumvolumina bis 150 m³ geeignet.

In dem nachfolgenden Kapitel wird nur die Messung des Schalldruckpegels von haustechnischen Anlagen betrachtet, für die Luft- und Trittschalldämmung von Bauteilen wird auf das Verfahren nach DIN EN ISO 16283 in den vorherigen Kapiteln hingewiesen.

13.5.2 Berechnungsgrundlagen

Zur Ermittlung des Standard- und Norm-Schalldruckpegels von haustechnischen Anlagen werden die Schalldruckpegel im Empfangsraum, das Hintergrundgeräusch und die Nachhallzeit gemessen. In Tab. 13.5.2-1 sind die Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der wesentlichen Messgrößen zur Wiederholung zusammengefasst.

Die Einzahlwerte für die Geräusche haustechnischer Anlagen, die nach dieser Norm bestimmt werden können, werden in Tabelle 13.5.2-2 angegeben. Bei der Angabe von Messergebnissen müssen die Bezeichnungen nach Tabelle 1 verwendet werden. Die verschiedenen Werte können kombiniert werden, zum Beispiel nach den Anforderungen in nationalen Bauvorschriften.

Tabelle 13.5.2-1 Berechnungsgrundlagen für den Schalldruckpegel von haustechnischen Anlagen nach DIN EN ISO 10052

	1	2	3
1	Messgröße	Formel	Formel
2	mittlerer Schalldruckpegel im Raum	$L_{XY} = 10 \cdot \lg\left(\frac{10^{0{,}1 \cdot L_{XY,1}} + 10^{0{,}1 \cdot L_{XY,2}} + 10^{0{,}1 \cdot L_{XY,3}}}{3}\right)$	13.5.2-1

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.5.2-1 Berechnungsgrundlagen nach DIN EN ISO 10052 (Fortsetzung)

	1	2	3
1	Messgröße	Formel	Formel
3	Standard-Schalldruckpegel	$L_{XY,nT} = L_{XY} - k$	13.5.2-2
4	Norm-Schalldruckpegel	$L_{XY,n} = L_{XY} - k - 10 \cdot \lg\left(\frac{A_0 \cdot T_0}{0{,}16 \cdot V}\right)$	13.5.2-3
5	Nachhallmaß	$k = 10 \cdot \lg\left[\frac{1}{3} \cdot \left(\frac{T_{500} + T_{1000} + T_{2000}}{T_0}\right)\right]$	13.5.2-4

Darin sind:

$L_{XY,1}$	bewerteter Schalldruckpegel, der an Position 1 in der Nähe der Ecke erhalten wurde
$L_{XY,2}$	gewichtete Schalldruckpegel, die durch zwei Messungen
$L_{XY,3}$	an Position 2 im Nachhallfeld des Raums erhalten wurden
Index *X*	bezieht sich auf die verwendete Frequenzbewertung (X kann A oder C sein)
Index *Y*	charakterisiert die Zeitbewertung (Y kann F, S oder äquivalenter Schalldruckpegel L_{eq} sein)
k	Nachhallmaß (in dem Fall wird *k* aus dem arithmetischen Mittelwert der Nachhallzeit berechnet, gemessen in Oktavbändern 500 Hz, 1 kHz und 2 kHz)
V	Volumen des Empfangsraumes in m^3
T_0	Bezugsnachhallzeit (T_0 = 0,5 s)
A_0	Bezugsabsorptionsfläche (A_0 = 10 m^2)

Die Einzahlwerte für die Geräusche haustechnischer Anlagen, die nach dieser Norm bestimmt werden können, werden in Tabelle 13.5.2-2 angegeben. Bei der Angabe von Messergebnissen sind die hier aufgeführten Bezeichnungen zu verwenden. Die verschiedenen Werte können kombiniert werden, zum Beispiel nach den Anforderungen in nationalen Bauvorschriften.

Tabelle 13.5.2-2 Einzahlwerte nach DIN EN ISO 10052

	1	2	3
1	Messgröße	Wert mit A-Bewertung	Wert mit C-Bewertung
2	Maximaler Schalldruckpegel, Zeitbewertung „S“	$L_{AS\,max}$ [1)]	$L_{CS\,max}$ [1)]
		$L_{AS\,max,nT}$ [2)]	$L_{CS\,max,nT}$ [2)]
		$L_{AS\,max,n}$ [3)]	$L_{CS\,max,n}$ [3)]
3	Maximaler Schalldruckpegel, Zeitbewertung „F“	$L_{AF\,max}$ [1)]	$L_{CF\,max}$ [1)]
		$L_{AF\,max,nT}$ [2)]	$L_{CF\,max,nT}$ [2)]
		$L_{AF\,max,n}$ [3)]	$L_{CF\,max,n}$ [3)]
4	Äquivalenter Schalldruckpegel	L_{Aeq} [1)]	L_{Ceq} [1)]
		$L_{Aeq,nT}$ [2)]	$L_{Ceq,nT}$ [2)]
		$L_{Aeq,n}$ [3)]	$L_{Ceq,n}$ [3)]

[1)] Nicht standardisiert/normiert. [2)] Standardisiert auf die Bezugsnachhallzeit von 0,5 s.

[3)] Normiert auf die äquivalente Bezugsabsorptionsfläche von 10 m².

13.5.3 Geräteausstattung nach DIN EN ISO 10052

Für die Messung nach Norm werden Anforderungen an das gesamte Messequipment gestellt. Tabelle 13.5.3-1 gibt einen Überblick in welcher Norm die Anforderungen an das jeweilige Messgerät enthalten sind. Vor jeder Messung ist das gesamte Messsystem, einschließlich des Mikrofons zu kalibrieren.

Tabelle 13.5.3-1 Anforderungen an Messgeräte nach DIN EN ISO 10052

	1	2
1	Messgerät	Anforderung nach Norm
2	Lautsprecher	annähernd gleichförmige, ungerichtete Abstrahlung
3	Filter	DIN EN 61260
4	Mikrofone[1)] | Kabel | Windschutzschirme | Aufzeichnungsgeräte sonstiges Zubehör	DIN EN 60651 | DIN EN 60804
5	Messausrüstung zur Nachhallzeitmessung	DIN EN ISO 3382-2

[1)] Diffusfeldmikrofone - Bei Freifeldmikrofonen sind Korrekturen zur Berücksichtigung des diffusen Schallfeldes zu berücksichtigen

13.5.4 Frequenzbereich

Bei der Messung des Schalls von haustechnischen Anlagen nach DIN EN ISO 10052 werden die erforderlichen Größen für die Oktavbandmittenfrequenzen nach Tabelle 13.5.4-1 bestimmt.

Tabelle 13.5.4-1 Frequenzbereich für die Messung nach DIN EN ISO 10052

	1	2	3	4	5
1	Oktavband-Mittenfrequenzen in Hz				
2	125	250	500	1000	2000

13.5.5 Nachhallzeit

In der DIN EN ISO 10052 sind zwei Verfahren für die Bestimmung der Nachhallzeit, bzw. des Nachhallmaßes beschrieben. Das erste Verfahren erfolgt über eine Schätzung des Nachhallmaßes, das zweite Verfahren legt eine Messung der Nachhhallzeit zu Grunde.

Schätzung

Das erste Verfahren zur Bestimmung der Nachhallzeit beruht auf einer Schätzung der Nachhallzeit in Abhängigkeit des Raumvolumens, der Raumart, der Konstruktion der umfassenden Bauteile und der Möblierung des Raumes. Als maßgeblicher Wert wird hier das "Nachhallmaß *k*" in dB aufgeführt, welches wiederum in die Berechnung des Standard- und des Norm-Schalldruckpegels von haustechnischen Anlagen einfließt.

Für unmöblierte Räume wird zunächst der Raum nach der Bauart der Wände und Decken sowie des Fußbodens und des Fußbodenbelags in die Klassen a - f (siehe Tabelle 13.5.5-1) eingeteilt. Mit dieser Klassifizierung kann dann die Tabelle 13.5.5-3 angewendet werden. Diese beinhaltet die Nachhallmaße und gilt für eine Bezugsnachhallzeit T_0 = 0,5 s und für Raumgrößen bis 150 m³.

Tabelle 13.5.5-1 Kurzzeichenverzeichnis für den Bautyp nach DIN EN ISO 10052

	1	2	3	4	5
1	Unmöbliert	Weicher Fußbodenbelag		Harter Fußbodenbelag	
2	Art des Fußbodens	leicht	schwer	leicht	schwer
3	Leichte Wände/Decken	a	b	c	d
4	Schwere Wände/Decken	e	f	g	h

Tabelle 13.5.5-2 Beispiele zu den jeweiligen Bauarten

	1	2
1	Bauteil	Beschreibung | Beispiel
2	Leichte Wände	Ständerwände oder Vorsatzschalen mit Gips- oder Holzplatten
3	Schwere Wände	Mauerwerk oder Beton ohne Vorsatzschalen
4	Leichter Fußboden	Holzdielen oder Platten auf Holzbalken, Systemböden (Ergänzung Autor)
5	Schwerer Fußboden	Betonplatte mit oder ohne schwimmenden (mineralischen) Estrich
6	Weicher Fußbodenbelag	textiler Fußbodenbelag - z.B. Teppich
7	Harter Fußbodenbelag	Fliesen, Holzdielen

Falls der Bautyp im Raum nicht durchgängig derselbe ist, aber die Flächen unterschiedlichen Bautyps etwa gleich sind, wird der Mittelwert der Werte verwendet, die für die unterschiedlichen Bautypen angegeben sind. Zum Beispiel: wenn ein Raum einen schweren Fußboden mit textilem Fußbodenbelag, drei schwere Wände, eine leichte Wand und eine leichte Decke hat, wird der Mittelwert von b und f verwendet. Falls die Flächen von unterschiedlichem Bautyp nicht annähernd gleich sind, wird der Wert für den Bautyp verwendet, der die größte Fläche einnimmt.

Für möblierte Räume kann direkt die Tabelle 13.5.5-3 angewendet werden. Möblierte Räume, wie Wohnräume, Schlafräume und Räume mit ähnlichem Volumen und ähnlicher Möblierung, werden in einer Gruppe zusammengefasst. Möblierte Küchen und Bäder werden getrennt berücksichtigt.

Tabelle 13.5.5-3 Nachhallmaße in dB in Oktavbändern und für A- oder C-bewertete Schalldruckpegel

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	V in m³	Räume	Oktavbänder in Hz	125	250	500	1000	2000	A | C
			Raumtyp	Nachhallmaß in dB					
2	V < 15	Möblierte Räume	Küchen	0	0	0	0	0	0
3			Bäder	1	1	0	0	-0,5	0
4			Sonstige	0	0	-0,5	-0,5	-1	-0,5

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.5.5-3 Nachhallmaße in dB in Oktavbändern und für A- oder C-bewertete Schalldruckpegel (Fortsetzung)

	1	2		3	4	5	6	7	8	9
1	V in m³	Räume		Oktavbänder in Hz	125	250	500	1000	2000	A | C
				Raumtyp	Nachhallmaß in dB					
5	V < 15	Unmöblierte Räume	Typ	a	0	1	1	1	0	0,5
6				b	1	2,5	3	2,5	2	2
7				c	0	2,5	3,5	4	4	4
8				d	0	2,5	3	4	4	4
9				e	3,5	3,5	3,5	3,5	1,5	3,5
10				f	4,5	4,5	4,5	3,5	2,5	3,5
11				g	3,5	4	4,5	5	5	5
12				h	4	4,5	5	5	5	4,5
13			Gemischter Typ	a + e	2	2,5	2,5	2,5	1	2
14				b + f	2	3,5	4	3	2,5	3
15				c + g	3	3,5	4	4,5	4,5	4,5
16				d + h	2	3,5	4	4,5	4,5	4,5
17	15 ≤ V < 35	Möblierte Räume		Küchen	0	0,5	0	0	0	0
18				Bäder	1,5	1,5	0,5	0,5	0	0,5
19				Sonstige	0	0	0	0	-0,5	0
20		Unmöblierte Räume	Typ	a	1	1,5	1,5	1	0,5	1
21				b	1	3	3,5	3	2,5	2,5
22				c	1	3	4	4,5	4	4,5
23				d	1	3	3,5	4,5	4	4,5
24				e	3,5	4	4	4	2	4
25				f	4,5	4,5	4,5	4	3	4
26				g	4	5	5	5	5	5,5
27				h	4,5	5	5,5	5,5	5	5
28			Gemischter Typ	a + e	2,5	3	3	2,5	1,5	2,5
29				b + f	3	4	4	3,5	3	3,5
30				c + g	2,5	4	4,5	5	4,5	5
31				d + h	3	4	4,5	5	4,5	5
32	35 ≤ V < 60	Möblierte Räume (ohne Küchen+Bäder)			0,5	0,5	0,5	0	0	0
33		Unmöblierte Räume	Typ	a	1	2	2	1,5	1	1,5
34				b	2	3,5	4	3,5	2,5	3
35				c	1,5	3,5	4,5	5	4,5	5
36				d	1,5	3,5	4	5	5	5
37				e	4	4	4,5	4	2,5	4
38				f	4,5	4,5	4,5	4	3	5
39				g	4,5	5	5,5	5,5	5,5	5,5
40				h	5	5,5	6	5	5,5	5,5

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.5.5-3 Nachhallmaße in dB in Oktavbändern und für A- oder C-bewertete Schalldruckpegel (Fortsetzung)

	1	2		3	4	5	6	7	8	9
1	V in m³	Räume		Oktavbänder in Hz	125	250	500	1000	2000	A | C
				Raumtyp	Nachhallmaß in dB					
41	35 ≤ V < 60	Unmöblierte Räume	Gemischter Typ	a + e	2,5	3	3,5	3	2	3
42				b + f	3,5	4	4,5	4	3	4
43				c + g	3	4,5	5	5,5	5	5,5
44				d + h	3,5	4,5	5	5	5,5	5,5
45	35 ≤ V < 60	Möblierte Räume (ohne Küchen+Bäder)			0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5
46		Unmöblierte Räume	Typ	a	1	2,5	2,5	2	1,5	2
47				b	2,5	4	4,5	3,5	2,5	3,5
48				c	2	4	5	5,5	5	5,5
49				d	2	4	4,5	5,5	5,5	5,5
50				e	4	4	5	4,5	3	4,5
51				f	4,5	5	5	4	3	5
52				g	5	5,5	6	6	6	6
53				h	5,5	6	6,5	5,5	6	6
54			Gemischter Typ	a + e	2,5	3,5	4	3,5	2,5	3,5
55				b + f	3,5	4,5	5	4	3	4,5
56				c + g	3,5	5	5,5	6	5,5	6
57				d + h	4	5	5,5	5,5	6	6

Hinweis 1: Die Tabelle basiert auf einer statistischen Auswertung von Nachhallzeiten in Wohngebäuden, wie sie in der Zeit von 1960 bis 1980 in mehreren europäischen Ländern typischerweise gebaut wurden. Die Standardabweichung der nach diesen Werten berechneten Nachhallmaße beträgt etwa 1 dB. Veränderte Bauverfahren oder Wohnungseigenheiten können zu systematischen Abweichungen führen.

Hinweis 2: Die Nachhallmaße für die A- und die C-Bewertung wurden durch die Mittelwertbildung der Werte in den Oktavbändern zwischen 500 Hz und 2000 Hz abgeleitet. Dieses Verfahren ist bei Empfangsraumpegeln ohne starke Komponenten im unteren Frequenzbereich geeignet. Dies gilt für die Messung von breitbandigen Schallspektren von Anlagen.

Messung

Alternativ darf die Nachhallzeit nach den in ISO/CD 3382-2:2003, 5.2 beschriebenen Spezifikationen für das Kurzverfahren in Oktavbändern gemessen und das Nachhallmaß nach Gleichung (3) unter Verwendung der gemessenen Nachhallzeiten berechnet werden. Die Messung der Nachhallzeit kann vorteilhaft sein, wenn sie nur einmal in einem typischen Raum des zu prüfenden Gebäudes, das eine große Anzahl identischer Räume besitzt, durchgeführt wird (zum Beispiel in Hotels). Für Messungen der Geräusche haustechnischer Anlagen, die im Hinblick auf globale bewertete Pegel durchgeführt werden, ist für die Berechnung des Nachhallmaßes k die Nachhallzeit der Mittelwert der Werte in den Oktavbändern 500 Hz, 1000 Hz und 2000 Hz.

13.5.6 Verfahren

Das Standardverfahren findet analog zur Luftschalldämmung ebenfalls bei Räumen mit einem Raumvolumen von ca. 25 bis 250 m³ und dem Frequenzbereich nach Kapitel 13.3 Anwendung. Es dient dazu die Trittschalldämmung von Trennbauteilen durch Schalldruckmessungen mit einer auf einer Decke oder einer Treppe wirkenden Trittschallquelle zwischen Sende- und Empfangsraum quantitativ zu ermitteln, diese zu beurteilen und mit Anforderungswerten oder Messwerten anderer Bauteilaufbauten, bzw. Räumlichkeiten zu vergleichen. Auch hier gilt, dass das Schallfeld in den gemessenen Räumen dabei einem diffusem Schallfeld entsprechen darf, dies aber keine Voraussetzung mehr für die Anwendbarkeit des Verfahrens ist. Die Tabelle 13.3.3-1 enthält eine Zusammenfassung über die Durchführung des Standardverfahrens.

Tabelle 13.5.6-1 Vorgehensweise nach DIN EN ISO 10052

	1	2	
1		Anforderung nach Norm	
2	Allgemeines	• Ermittlung des A- oder C-bewerteten Schalldruckpegels • Messung bei geschlossenen Türen und Fenstern • Betriebsbedingungen und - zyklen nach Anhang B[1)]	
3	Erzeugung des Schallfeldes	• durch die haustechnische Anlage	
4	Hintergrund-geräusch	• allgemein: es darf keine Korrektur vorgenommen werden	
		Pegeldifferenz (Nutzpegel - Hintergrundgeräusch) in dB	
		≤ 6	> 6
		• Signalpegel im Prüfbericht gesondert angeben • Anmerkung: Empfangsraumpegel durch Hintergrundgeräusch beeinflusst - Messpegel der haustechnischen Anlage um einen unbekannten Betrag überbewertet	• in Ordnung

5	Mikrofonpositionen	mindestens 2 Positionen:
		• Position 1:[2)]
		  • nahe Ecke mit akustisch härtetsten Oberflächen
		  • Abstand Mikrofon - Wände: ca. 0,5 m
		• Position 2:
		  • im Hallfeld des Raumes
		  • Abstand zu sämtlichen Schallquellen (z.B Lüftungsabzügen): ≥ 1,5 m	

6	Messung	• Anzahl - gesamt: 3 | Position 1: 1 | Position 2: 2 • Zeitintervall je Messung: Mind. ein vollständiger unter üblichen Bedingungen auszuführender Betriebszyklus ist zu erfassen • für jede Messung ist ein getrennter Betriebszyklus zu erfassen	
7	Berechnung	• nach Formel 13.5.2-1	

1) Betriebsbedingungen und - zyklen nach Anhang B müssen nur angewendet werden, sofern sie den nationalen Anforderungen und Vorschriften nicht entgegenstehen.

2) Abweichend von den Vorgaben aus DIN EN ISO 10052 werden zur Ermittlung der Bewertungsgrößen die Eckpositionen nicht herangezogen (siehe DIN 4109-1:2018-01, Tabelle 9 und 10)

13.5.7 Darstellung der Prüfergebnisse

Die Schalldruckpegel von haustechnischen Anlagen sind auf einen dB gerundet anzugeben. Dabei sind die Werte nach Tabelle 13.5.2-2 als A- oder C- bewertete Größen maßgeblich. Im Prüfbericht sind die Angaben nach Tabelle 13.5.7-1 verpflichtend datzustellen.

Tabelle 13.5.7-1 Angaben für den Prüfbericht nach DIN EN ISO 10052

	1
1	Angaben für den Prüfbericht
2	Verweisung auf das vorliegende Dokument
3	Namen der Organisation, die die Messungen durchgeführt hat
4	Namen und Adresse der Organisation oder Person, die die Prüfung in Auftrag gegeben hat (Bauherr)
5	Datum der Prüfung
6	Kennzeichnung (Standort des Gebäudes, Kennzeichnung der Räume, Beschreibung der Prüfanordnung)
7	Beschreibung der Gebäudekonstruktion
8	Volumina der geprüften Räume
9	Raumtyp, der verwendet wurde (die Bezugsnachhallzeit, falls sie von 0,5 s abweicht)
10	zutreffende Größe, die die akustischen Eigenschaften des Gebäudes beschreibt: • Standard-Schalldruckpegel $L_{XY,nT}$ von haustechnischen Anlagen • Norm-Schalldruckpegel $L_{XY,n}$ von haustechnischen Anlagen
11	für haustechnische Anlagen: • Beschreibung der relevanten Aspekte der haustechnischen Anlage und deren Betriebsbedingungen (quantitativ und qualitativ) • Lage der Eckposition • Anmerkung zur Prüfung des Fremdgeräusches, sofern erforderlich
12	für Wasserinstallationen: 1. verbindlich: • Position der Absperrhähne; • Beschreibung aller relevanten Aspekte der Wasserinstallation und deren Betriebsbedingungen; 2. optional: • Wasserdruck (Kalt- und Warmwassersysteme) • Durchfluss-/Nachfüllzeit der Wasserbehälter • Hersteller und Bestimmungsort der Armatur oder des Gerätes • Schallklasse und Durchfluss der nach EN ISO 3822 klassifizierten Armaturen oder Geräte • Durchfluss, statischer Druck und Fließdruck der Armaturen während der Prüfung • Volumen und Füllzeit des Spülkastens (sofern möglich).

13.5.8 Zusätzliche Anleitung

Im Anhang B der DIN EN ISO 10052 sind die Betriebsbedingungen und Betriebszyklen für die Messung des maximalen Schalldruckpegels und des äquivalenten kontinuierlichen Schalldruckpegels zur Durchführung der Messungen aufgeführt. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über den Inhalt des Anhang B.

Tabelle 13.5.8-1 Allgemeine Hinweise nach Anhang B

	1	2
1		Anleitung | Hinweise nach Norm
2	Allgemeines	• im Anhang B werden die gebräuchlichsten haustechnischen Anlagen aufgeführt • diese Grundlagen sind auch auf nicht in Anhang B aufgeführte haustechnische Anlagen übertragbar → gewählte Betriebsbedingungen und -zyklen im Prüfbericht einzeln dokumentieren
3	Maximaler Schalldruckpegel L_{max}	• Grundprinzip: automatischer oder manueller Betrieb der zu prüfenden haustechnischen Anlage innerhalb der Grenzwerte für den üblichen praktischen Gebrauch • haustechnische Anlagen mit konstantem Schallpegel: Messdauer von 30 s • haustechnische Anlagen mit zeitveränderlichen Schallpegel: Bestimmung des Schalldruckpegels bei typischen Betrieb → z.B. während der Dauer des Öffnens und Schließens einer Armatur
4	Äquivalenter kontinuierlicher Schalldruckpegel L_{eq}	• Grundprinzip: Integrationszeit = Dauer eines typischen Betriebszyklus → z.B. Armatur - Hahn in Position festgestellt, in der der höchste Schalldruckpegel erzeugt wird

Tabelle 13.5.8-2 Hinweise für **Wasserinstallationen** nach Anhang B

	1	2	3	4
1		Anleitung | Hinweise nach Norm		

2	Allgemeine Betriebsbedingungen	• Wasser während der Messung aus Waschbecken, Duschkabinen und Badewannen ablassen
		• alle Funktionen im Normalbetrieb:
		  • Wasserdruck
		  • Durchfluss, etc.
		• Absperrventile vollständig öffnen - falls nicht vollständig geöffnet → Angabe der Position im Prüfbericht
		• freigestellt: Messung und Angabe des Fließdruckes und Durchflusses der Armatur		

2			L_{max}	L_{eq}
3	Armaturen	a) Betriebsbedingungen		
4		allgemein	beweglicher Auslauf / bewegliches Ventil → in die der Mitte des Waschbeckens nächstgelegene Position bringen	

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.5.8-2 Hinweise für **Wasserinstallationen** nach Anhang B (Fortsetzung)

	1	2	3	4
1		Anleitung | Hinweise nach Norm		
2			L_{max}	L_{eq}
5	Armaturen	b) Betriebszyklus		
6		Armaturen mit einem Zulauf	• Armatur vollständig öffnen • einige Sekunden warten • Armatur schließen	• Armatur vollständig öffnen und bei der Position, bei der der höchste Schalldruckpegel erzeugt wird, feststellen • Integrationszeit: ca. 30 sec
7		Mischbatterien mit gleichartigen unabhängigen Bedienelementen für Kalt- und Warmwasser	• Warmwasserarmatur vollständig öffnen • Kaltwasserarmatur vollständig öffnen • Warmwasserarmatur schließen • Kaltwasserarmatur schließen	• Warm- und Kaltwasser-armatur vollständig öffnen und bei der Position, bei der der höchste Schalldruckpegel erzeugt wird, feststellen • Integrationszeit: ca. 30 sec
8		Mischbatterien mit Doppelfunktionsregelung für Durchfluss und Temperatur	• Bedienelement, bzw. Durchflussbedienelement bei mittlerer Temperatureinstellung vollständig öffnen • Temperatur auf Kleinstwert verringern • Temperatur auf Höchstwert einstellen • Warten auf Erreichen des Höchstwertes • Bedienelement schließen	• Armatur bei mittlerer Temperatureinstellung öffnen und bei der Position, bei der der höchste Schalldruckpegel erzeugt wird, feststellen • Für warme und kalte Temperatureinstellung wiederholen • Messergebnis: der höchste der drei Pegel • Integrationszeit: ca. 30 sec
9		Mischbatterien mit unabhängigen Bedienelementen für Durchfluss und Temperatur		
10		Thermostatmischbatterien		
11	Duschkabine	a) Betriebsbedingungen		
12		allgemein	• Duscharmatur auf höchster Stellung über dem Fußboden • Wasserstrahl auf den Boden der Kabine gerichtet	
13		b) Betriebszyklus		
14		• Messung wie bei "Armaturen" beschrieben (Zeile 6 bis 10) • Zur Unterscheidung zwischen Schalldruckpegel der durch die Benutzung der Armatur hervorgerufen wird und dem Schalldruckpegel, der durch Körperschallanregung des auf den Kabinenboden auftreffenden Wasserstrahls erzeugt wird → Wasserstrahl geräuschlos abführen (zusätzliche Messung notwendig)		

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.5.8-2 Hinweise für **Wasserinstallationen** nach Anhang B (Fortsetzung)

	1	2	3	4
1		Anleitung | Hinweise nach Norm		
2			L_{max}	L_{eq}
15	Badewanne	a) Betriebsbedingungen		
16		allgemein	• Badewannenarmatur = Wannenfüll- und Brausebatterie → beide Funktionen gesondert betrachten • keine Wandhalterung vorhanden → Duscharmatur in Höhe von 1,5 m über dem Wannenboden halten • offener Wannenablauf während der Messung • weitere Betriebsbedingungen s. Zeile 4	
17		b) Betriebszyklus		
18		• Wanne ohne Dusche: Messung wie bei "Armaturen" beschrieben (Zeile 6 -10) • Wanne mit Dusche: Messung wie bei "Duschkabine" beschrieben (Zeile 14) • Zur Unterscheidung zwischen Schalldruckpegel der durch die Benutzung der Armatur hervorgerufen wird und dem Schalldruckpegel, der durch Körperschallanregung des auf den Wannenboden auftreffenden Wasserstrahls erzeugt wird → Wasserstrahl geräuschlos abführen (zusätzliche Messung notwendig)		
19	Füllen und Entleeren von Waschbecken und Badewannen	a) Betriebsbedingungen		
20		allgemein	• Schalldruckpegel Füllen | Entleeren getrennt betrachten → Füllen: Abfluss verschließen und bis zur Hälfte der maximalen Höhe während der Messung füllen → Entleeren: Abfluss öffnen und während des Entleerens nerneute Messung durchführen • Warm- und Kaltwasser → bei vollständig geöffneten Armaturen im gleichen Verhältnis mischen • weitere Betriebsbedingungen s. Zeile 4	
21		b) Betriebszyklus		
22			• 1. Messung: während des Füllens • 2. Messung: während des Entleerens	• Integrationszeit: Zeit für das Füllen, bzw. Entleeren

(Fortsetzung nächste Seite)

Tabelle 13.5.8-2 Hinweise für **Wasserinstallationen** nach Anhang B (Fortsetzung)

	1	2	3	4
2			L_{max}	L_{eq}
23	Toiletten	a) Betriebsbedingungen		
24		allgemein	• Schalldruckpegel von Toiletten setzt sich zusammen aus Ausströmen des Wassers und Neuauffüllung des Spülkastens • Druckspüler und Spülkästen → bis zur Endstellung betreiben • Messung des Schalldruckpegels bei vollständig geöffneten Einlassventil bis zum Schließen des Ventils • weitere Betriebsbedingungen siehe Zeile 4	
25		b) Betriebszyklus		
26			• Messung: während eines vollen Spül-/Füllzyklus[1)]	• Integrationszeit: über vollen Spül-/Füllzyklus[2)]

1) Der ausschließlich durch den Spülvorgang der Toilette erzeugte maximale Schalldruckpegel kann durch erneutes Füllen der Toilette mit sieben Liter Wasser, die innerhalb von etwa 3 sec aus einem Eimer direkt in das Toilettenbecken gegossen werden, bestimmt werden.

2) Bei Toiletten sollte der äquivalente kontinuierliche Schalldruckpegel durch den gemessenen maximalen A-bewerteten Schalldruckpegel ergänzt werden

Tabelle 13.5.8-3 Anleitung **|** Hinweise für **Mechanische Lüftung** nach Anhang B

	1	2	3
1		L_{max}	L_{eq}

2	a) Betriebsbedingungen	• Für Wohnhäuser: Lüftungsanlage besteht aus:
		  • Öffnungen in Wohnräumen und Toiletten für Komfortlüftung
		  • Abzugshauben in Küchen
		• Manuell betätigte Anlagen → üblicherweise: maximale Geschwindigkeit und/oder vollständig geöffnete Lüftungsöffnung
		• Vor Messung: Prüfung, ob Anlage auf richtigen Luftstrom eingestellt ist	

3	b) Betriebszyklus	• Dauerbetrieb • Messzeit: ca. 30 sec	• Integrationszeit: 30 sec

Hinweis 1: In Bauvorschriften könnte angegeben sein, dass manuell betätigte Lüftungsanlagen für die Messung in dem Wohnhaus, zu dem die Anlage gehört, bei einer niedrigeren Einstellung als der maximalen gemessen werden sollten.

Hinweis 2: An eine das gesamte Gebäude versorgende zentrale Lüftungsanlage angeschlossene Abzugshauben können einen beträchtlichen Schall erzeugen, wenn die Öffnung vollständig geschlossen ist. Eine Messung der Abzugshaube bei dieser Betriebsbedingung könnte zweckmäßig sein.

Tabelle 13.5.8-4 Hinweise für **Haustechnische Heizungs- und Kühlanlagen** nach Anhang B

	1	2	3
1		L_{max}	L_{eq}

2	a) Betriebsbedingungen	• Für einzelne Heizungsanlagen Messung bei gleichzeitigem Betrieb von:
		  • Brenner bei Volllast
		  • Umwälzpumpe
		• Manuell betätigte Anlagen → üblicherweise: maximale Geschwindigkeit und/oder vollständig geöffnete Lüftungsöffnung
		• Vor Messung:
		Prüfung, ob Anlage auf richtigen Luftstrom eingestellt ist	

3	b) Betriebszyklus	<u>Heizungsanlagen:</u> • Inbetriebnahme aus kaltem Zustand • Betrieb bei Vollast • Langsames Öffnen und Schließen jedes Gerätes (Ventile, Regler, etc.) • Außerbetriebnahme jedes Gerätes <u>Kühlanlagen:</u> • Messzeit: ca. 30 s	• Integrationszeit: 30 s[1)]
4		<u>Radiatoren:</u> • Wasserdurchfluss in der Thermostatposition für die höchst mögliche Raumtemperatur stabilisieren • Thermostatposition für maximalen konstanten Schallpegel feststellen	

[1)] Bei Heizungsanlagen sollte der äquivalente kontinuierliche Schalldruckpegel durch den maximalen A-bewerteten Schalldruckpegel ergänzt werden, der beim Betrieb jedes Gerätes gemessen wird (Hähne bei Heizungselementen; Regler bei Luftgeräten).

Tabelle 13.5.8-5 Hinweise für **Fahrstühle** nach Anhang B

	1		
1		L_{max}	L_{eq}

2	a) Betriebsbedingungen	• Belastung mit 1 oder 2 Personen
		• Angabe im Prüfbericht:
		  • Anzahl der Personen
		  • Last der Personen	

3	b) Betriebszyklus	• Anfahrt vom untersten Stockwerk • Halt in jedem Zwischengeschoss → Türen öffnen und schließen • Bis zum Schachtende fahren → direkt ins unterste Stockwerk zurück fahren und Türen öffnen und schließen	

[1)] Für Messungen bei Fahrstühlen sollte der äquivalente kontinuierliche Schalldruckpegel vorzugsweise mindestens durch den maximalen A-bewerteten Schalldruckpegel ergänzt werden.

Tabelle 13.5.8-6 Hinweise für **Müllabwurfschächte** nach Anhang B

	1	2	3
1		L_{max}	L_{eq}
2	a) Betriebsbedingungen	• Schacht muss frei von Abfall sein	

3	b) Betriebszyklus	• gleichzeitiger Abwurf von zwei Gegenständen aus oberstem Stockwerk
		• Beschaffenheit Gegenstände:
		  • Rohr - offene Enden
		  • Länge: 100 mm
		  • weichmacherfreies PVC o.Ä.
		  • Nennaußendurchmesser: 50 mm
		  • Materialstärke: 3 mm
		  • Masse: 0,7 kg/lfm
			• keine Messung

Tabelle 13.5.8-7 Hinweise für **Kessel, Gebläse, Pumpen und andere haustechnische Nebenanlagen** nach Anhang B

	1	2	3
1		L_{max}	L_{eq}
2	a) Betriebsbedingungen	• Dauerbetrieb unter Normal(last)bedingungen	
3	b) Betriebszyklus	• manuell elektrisch gesteuerte Geräte: Zyklus: Start - Betrieb - Stop • automatisch gesteuerte Geräte: Zyklus: vollständig (einschl. Start/Stopp - sofern zutreffend) • Integrationszeit für L_{eq}: Dauer des Betriebszyklus	

Tabelle 13.5.8-8 Hinweise für **motorbetriebene Garagentore** nach Anhang B

	1	2	3
1		L_{max}	L_{eq}
2	a) Betriebsbedingungen	• Garagentor im Normalbetrieb	
3	b) Betriebszyklus	• Öffnen und Schließen des Tores	• Integrationszeit: vollständiger Öffnungs- und Schließvorgang des Tores

Tabelle 13.5.8-9 Hinweise für **sonstige Arten von haustechnischen Anlagen in Gebäuden** nach Anhang B

	1	2	3
1		L_{max}	L_{eq}
2	a) Betriebsbedingungen	• für die normale Anwendung	
3	b) Betriebszyklus	• für die normale Anwendung • Integrationszeit für L_{eq}: Dauer des Betriebszyklus	

14 Normen und Regelwerke

DIN 105-4 (01.2019)	Mauerziegel - Teil 4: Keramikklinker
DIN 105-5 (06.2013)	Mauerziegel - Teil 5: Leichtlanglochziegel und Leichtlangloch-Ziegelplatten
DIN 105-6 (06.2013)	Mauerziegel - Teil 6: Planziegel
DIN 105-41 (01.2019)	Mauerziegel - Teil 41: Konformitätsnachweis für Keramikklinker nach DIN 105-4
DIN 105-100 (01.2012)	Mauerziegel – Teil 100: Mauerziegel mit besonderen Eigenschaften (zurückgezogen, Nachfolgedokumente: DIN 105-4, DIN 105-41)
DIN 106 (E 06.2015)	(Entwurf) Kalksandsteine mit besonderen Eigenschaften
DIN 820-2 (09.2018)	Normungsarbeit – Teil 2: Gestaltung von Dokumenten
DIN 1045-2 (E 08.2008)	(Entwurf) Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206
DIN 1045-100 (09.2017)	Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 100: Ziegeldecken
DIN 1356-1 (02.1995)	Bauzeichnungen – Teil 1: Arten, Inhalte und Grundregeln der Darstellung
DIN 1946-4 (009.2018)	Raumlufttechnik – Teil 4: Raumlufttechnische Anlagen in Gebäuden und Räumen des Gesundheitswesens
DIN 1946-7 (07.2009)	Raumlufttechnik – Teil 7: Raumlufttechnische Anlagen in Laboratorien
DIN 1988 (08.2011)	Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen
DIN 4108-4 (04.2017)	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte
DIN 4108-10 (12.2015)	Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe - Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe
DIN 4109 Bbl. 1 (11.1989)	Schallschutz im Hochbau – Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren
DIN 4109 Bbl. 2 (11.1989)	Schallschutz im Hochbau – Hinweise für Planung und Ausführung, Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz, Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- oder Arbeitsbereich
DIN 4109-1 (01.2018)	Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020
W. M. Willems et al., *Schallschutz: Bauakustik*, Detailwissen Bauphysik, https://doi.org/10.1007/978-3-658-28454-1

DIN 4109-2 (01.2018)	Schallschutz im Hochbau – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen, einschließlich Änderung A1 vom Mai 2020 (Entwurf)
DIN 4109-4 (07.2016)	Schallschutz im Hochbau – Teil 4: Bauakustische Prüfungen
DIN 4109-5 (E 05.2019)	(Entwurf) Schallschutz im Hochbau - Teil 5: Erhöhte Anforderungen
DIN 4109-31 (07.2016)	Schallschutz im Hochbau – Teil 31: Eingangsdaten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) - Rahmendokument und Grundlagen
DIN 4109-32 (07.2016)	Schallschutz im Hochbau – Teil 32: Eingangsdaten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) - Massivbau
DIN 4109-33 (07.2016)	Schallschutz im Hochbau – Teil 33: Eingangsdaten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) - Holz-, Leicht- und Trockenbau, flankierende Bauteile
DIN 4109-34 (07.2016)	Schallschutz im Hochbau – Teil 34: Eingangsdaten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) - Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen, einschließlich Änderung A1 vom Dez. 2019
DIN 4109-35 (07.2016)	Schallschutz im Hochbau – Teil 35: Eingangsdaten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) - Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden, einschließlich Änderung A1 vom Dez. 2019
DIN 4109-36 (07.2016)	Schallschutz im Hochbau – Teil 36: Eingangsdaten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) - Gebäudetechnische Anlagen
DIN 4159 (05.2014)	Ziegel für Ziegeldecken und Vergusstafeln, statisch mitwirkend
DIN 4160 (04.2000)	Ziegel für Decken, statisch nicht mitwirkend (zurückgezogen, Nachfolgedokument: DIN EN 15037-3)
DIN 4166 (10.1997)	Porenbeton-Bauplatten und Porenbeton-Planbauplatten
DIN 4223-100 (12.2014)	Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton – Teil 100: Eigenschaften und Anforderungen an Baustoffe und Bauteile
DIN 8989 (08.2019)	Schallschutz in Gebäuden – Aufzüge
DIN 18005-1 (07.2002)	Schallschutz im Städtebau: Grundlagen und Hinweise für die Planung
DIN 18005-1 Bbl. 1 (05.1987)	Schallschutz im Städtebau: Berechnungsverfahren – Schalltechnische Orientierungswerte für die städtebauliche Planung

DIN 18148 (10.2000)	Hohlwandplatten aus Leichtbeton
DIN V 18151-100 (10.2005)	Hohlblöcke aus Leichtbeton, Teil 100: Hohlblocksteine mit besonderen Eigenschaften (zurückgezogen, Nachfolgedokument: DIN 20000-403)
DIN V 18152-100 (10.2005)	Vollsteine und Vollblöcke aus Leichtbeton – Teil 100: Vollsteine und Vollböcke mit besonderen Eigenschaften (zurückgezogen, Nachfolgedokument: DIN 20000-403)
DIN V 18153-100 (10.2005)	Mauersteine aus Beton (Normalbeton), Teil 100: Mauersteine mit besonderen Eigenschaften (zurückgezogen, Nachfolgedokument: DIN 20000-403)
DIN 18162 (10.2000)	Wandbauplatten aus Leichtbeton - unbewehrt
DIN 18180 (09.2014)	Gipsplatten - Arten und Anforderungen
DIN 18183-1 (05.2018)	Trennwände und Vorsatzschalen aus Gipsplatten mit Metallunterkonstruktionen – Teil 1: Beplankung mit Gipsplatten
DIN 18515-1 (08.2017)	Außenwandbekleidungen - Grundsätze für Planung und Ausführung - Teil 1: Angemörtelte Fliesen oder Platten
DIN 18516-1 (06.2010)	Außenwandbekleidungen, hinterlüftet – Teil 1: Anforderungen, Prüfungssätze
DIN 18560-1 (11.2015)	Estriche im Bauwesen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Prüfung und Ausführung
DIN 18560-2 (09.2009)	Estriche im Bauwesen - Teil 2: Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten, einschließlich Berichtigung 1
DIN 20000-401 (01.2017)	Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken – Teil 401: Regeln für die Verwendung von Mauerziegeln nach DIN EN 771-1
DIN 20000-402 (01.2017)	Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken – Teil 402: Regeln für die Verwendung von Kalksandsteinen nach DIN EN 771-2
DIN 20000-403 (11.2019)	Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken – Teil 403: Regeln für die Verwendung von Mauersteinen aus Beton (mit dichten und porigen Zuschlägen)nach DIN EN 771-3
DIN 20000-404 (04.2018)	Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken – Teil 404: Regeln für die Verwendung von Porenbetonsteinen nach DIN EN 771-4
DIN 45641 (06.1990)	Mittelung von Schallpegeln
DIN 45645-1 (07.1996)	Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen: Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft
DIN 45680 (E 09.2013)	Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschimmissionen

DIN 45684-1 (07.2013)	Akustik – Ermittlung von Fluggeräuschimmissionen an Landeplätzen – Teil 1: Berechnungsverfahren
DIN 45684-2 (12.2015)	Akustik – Ermittlung von Fluggeräuschimmissionen an Landeplätzen – Teil 2: Bestimmung akustischer und flugbetrieblicher Kenngrößen
DIN 45687 (05.2006)	Akustik – Software-Erzeugnisse zur Berechnung der Geräuschimmission im Freien – Qualitätsanforderungen und Prüfbestimmungen
DIN 52129 (11.2014)	Nackte Bitumenbahnen - Begriff, Bezeichnung, Anforderungen
DIN 52210-6 (07-2013)	Bauakustische Prüfungen – Luft- und Trittschalldämmung - Bestimmung der Schachtpegeldifferenz
DIN 68706-1 (02.2002)	Innentüren aus Holz und Holzwerkstoffen – Teil 1: Türblätter; Begriffe, Maße und Anforderungen
DIN EN 206 (01.2017)	Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
DIN EN 312 (12.2010)	Spanplatten - Anforderungen
DIN EN 520 (12.2009)	Gipsplatten - Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren
DIN EN 650 (12.2012)	Elastische Bodenbeläge – Bodenbeläge aus Polyvinylchlorid mit einem Rücken aus Jute oder Polyestervlies oder auf Polyestervlies mit einem Rücken aus Polyvinylchlorid – Spezifikation
DIN EN 651 (05.2011)	Elastische Bodenbeläge - Polyvinylchlorid-Bodenbeläge mit einer Schaumstoffschicht - Spezifikation
DIN EN 652 (06.2011)	Elastische Bodenbeläge - Polyvinylchlorid-Bodenbeläge mit einem Rücken auf Korkbasis - Spezifikation
DIN EN 687 (08.2019)	Elastische Bodenbeläge - Spezifikation für Linoleum mit und ohne Muster mit Korkmentrücken
DIN EN 771-1 (11.2015)	Festlegungen für Mauersteine - Teil 1: Mauerziegel
DIN EN 771-2 (11.2015)	Festlegungen für Mauersteine - Teil 2: Kalksandsteine
DIN EN 771-3 (11.2015)	Festlegungen für Mauersteine - Teil 3: Mauersteine aus Beton
DIN EN 771-4 (11.2015)	Festlegungen für Mauersteine - Teil 4: Porenbetonsteine
DIN EN 771-5 (11.2015)	Festlegungen für Mauersteine - Teil 5: Betonwerksteine
DIN EN 998-1 (02.2017)	Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau - Teil 1: Putzmörtel
DIN EN 1168 (12.2011)	Betonfertigteile - Hohlplatten
DIN EN 1279-5 (10.2018)	Glas im Bauwesen – Mehrscheiben-Isolierglas – Teil 5: Produktnorm

DIN EN 1520 (06.2011)	Vorgefertigte Bauteile aus haufwerksporigem Leichtbeton und mit statisch anrechenbarer oder nicht anrechenbarer Bewehrung
DIN EN 1873 (07.2016)	Vorgefertigte Zubehörteile für Dachdeckungen – Lichtkuppeln aus Kunststoff – Produktionsspezifikation und Prüfverfahren
DIN EN 1991-1-1 (12.2010)	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau
DIN EN 1996-1-1 (08.2014)	Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk; Änderung A2
DIN EN 1996-1-2 (12.2010)	Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall, einschließlich Anhang NA
DIN EN 10204 (01.2005)	Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen
DIN EN 12354-5 (10.2009)	Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 5: Installationsgeräusche, einschl. Berichtigung 1
DIN EN 12354-6 (04.2004)	Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 6: Schallabsorption in Räumen
DIN EN 12602 (12.2016)	Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton
DIN EN 12620 (07.2008)	Gesteinskörnungen für Beton
DIN EN 12758 (12.2019)	Glas im Bauwesen – Glas und Luftschalldämmung – Produktbeschreibungen, Bestimmung der Eigenschaften und Erweiterungsregeln
DIN EN 12859 (05.2011)	Gips-Wandbauplatten - Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren
DIN EN 13055 (11.2016)	Leichte Gesteinskörnungen
DIN EN 13162 (04.2015)	Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) – Spezifikation
DIN EN 13163 (02.2017)	Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Polystyrol (EPS) – Spezifikation
DIN EN 13164 (04.2015)	Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus extrudiertem Polystyrolschaum (XPS) – Spezifikation
DIN EN 13165 (09.2016)	Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Polyurethan-Hartschaum (PUR) – Spezifikation

DIN EN 13166 (09.2016)	Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Phenolharzschaum (PF) – Spezifikation
DIN EN 13167 (04.2015)	Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Schaumglas (CG) – Spezifikation
DIN EN 13168 (04.2015)	Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Holzwolle (WW) – Spezifikation
DIN EN 13169 (04.2015)	Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Blähperlit (EPB) – Spezifikation
DIN EN 13170 (04.2015)	Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Kork (ICB) – Spezifikation
DIN EN 13171 (04.2015)	Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Holzfasern (WF) – Spezifikation
DIN EN 13224 (01.2012)	Betonfertigteile – Deckenplatten mit Stegen
DIN EN 13279-1 (11.2008)	Gipsbinder und Gips-Trockenmörtel – Teil 1: Begriffe und Anforderungen
DIN EN 13707 (12.2013)	Abdichtungsbahnen - Bitumenbahnen mit Trägereinlage für Dachabdichtungen - Definitionen und Eigenschaften
DIN EN 13747 (08.2010)	Betonfertigteile - Deckenplatten mit Ortbetonergänzung
DIN EN 13830 (07.2015)	Vorhangfassaden - Produktnorm
DIN EN 13984 (05.2013)	Abdichtungsbahnen - Kunststoff- und Elastomer-Dampfsperrbahnen - Definitionen und Eigenschaften
DIN EN 14063-1 (11.2004)	Wärmedämmstoffe für Gebäude – An der Verwendungsstelle hergestellte Wärmedämmung aus Blähton-Leichtzuschlagsstoffen (LWA) – Teil 1: Spezifikation für die Schüttdämmstoffe vor dem Einbau
DIN EN 14064-1 (04.2019)	Wärmedämmstoffe für Gebäude – An der Verwendungsstelle hergestellte Wärmedämmung aus Mineralwolle (MW) – Teil 1: Spezifikation für die Schüttdämmstoffe vor dem Einbau
DIN EN 14315-1 (04.2013)	Wärmedämmstoffe für das Bauwesen – An der Verwendungsstelle hergestellter Wärmedämmstoff aus Polyurethan (PUR)- und Polyisocyanurat (PIR)-Spritzschaum – Teil 1: Spezifikation für das Schaumsystem vor dem Einbau
DIN EN 14316-1 (11.2004)	Wärmedämmstoffe für Gebäude – An der Verwendungsstelle hergestellte Wärmedämmung aus Produkten mit expandiertem Perlite (EP) – Teil 1: Spezifikation für gebundene und die Schüttdämmstoffe vor dem Einbau
DIN EN 14317-1 (11.2004)	Wärmedämmstoffe für Gebäude – An der Verwendungsstelle hergestellte Wärmedämmung mit Produkten aus expandiertem Vermiculite (EV) – Teil 1: Spezifikation für

	gebundene und die Schüttdämmstoffe vor dem Einbau
DIN EN 14318-1 (04.2013)	Wärmedämmstoffe für Gebäude – An der Verwendungsstelle hergestellter Wärmedämmstoff aus dispensiertem Polyurethan (PUR)- und Polyisocyanurat(PIR)-Hartschaum – Teil 1: Spezifikation für das Schaumsystem vor dem Einbau
DIN EN 14351-1 (12.2016)	Fenster und Türen – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 1: Fenster und Außentüren
DIN EN 14351-2 (01.2019)	Fenster und Türen – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 2: Innentüren
DIN EN 14509 (12.2013)	Selbsttragende Sandwich-Elemente mit beidseitigen Metalldeckschichten – Werkmäßig hergestellte Produkte – Spezifikationen
DIN EN 14963 (12.2006)	Dachdeckungen – Dachlichtbänder aus Kunststoff mit oder ohne Aufsetzkränzen – Klassifizierung, Anforderungen und Prüfverfahren, einschließlich Berichtigung 1 (06.2007)
DIN EN 15037-2 (07.2011)	Betonfertigteile – Balkendecken mit Zwischenbauteilen . Teil 2: Zwischenbauteile aus Beton
DIN EN 15283-2 (12.2009)	Faserverstärkte Gipsplatten - Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren - Teil 2: Gipsfaserplatten
DIN EN 16069 (04.2015)	Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Polyethylenschaum (PEF) – Spezifikation
DIN EN 29052-1 (08.1992)	Akustik - Bestimmung der dynamischen Steifigkeit - Teil 1: Materialien, die unter schwimmenden Estrichen in Wohngebäuden
DIN EN 60651 (05.1994)	Schallpegelmesser (zurückgezogen) neu: DIN EN 61672-1 (07.2014)
DIN EN 60804 (01.2002)	Integrierende mittelwertbildende Schallpegelmesser, zurückgezogen, Nachfolgedokumente DIN EN 61672
DIN EN 61260, Teile 1 bis 3	Elektroakustik - Bandfilter für Oktaven und Bruchteile von Oktaven
DIN EN 61672-1 (07.2014)	Elektroakustik - Schallpegelmesser - Teil 1: Anforderungen
DIN EN ISO 717-1 (06.2013)	Akustik: Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 1: Luftschalldämmung
DIN EN ISO 717-2 (06.2013)	Akustik: Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 2: Trittschalldämmung
DIN EN ISO 3382-2 (09.2008)	Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 2: Nachhallzeit in gewöhnlichen Räumen, einschließlich Berichtigung 1

DIN EN ISO 3822 (04.2018)	Akustik - Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation im Laboratorium, Teile 1 bis 4
DIN EN ISO 10052 (10.2010)	Akustik - Messung der Luftschalldämmung und Trittschalldämmung und des Schalls von haustechnischen Anlagen in Gebäuden - Kurzverfahren
DIN EN ISO 10140-1 (12.2016)	Akustik - Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand - Teil 1: Anwendungsregeln für bestimmte Produkte
DIN EN ISO 10140-2 (12.2010)	Akustik - Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand - Teil 2: Messung der Luftschalldämmung
DIN EN ISO 10140-3 (11.2015)	Akustik - Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand - Teil 3: Messung der Trittschalldämmung
DIN EN ISO 10456 (05.2010)	Baustoffe und Bauprodukte - Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften - Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- u. Bemessungswerte
DIN EN ISO 12354-1 (11.2017)	Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen
DIN EN ISO 12354-2 (11.2017)	Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen
DIN EN ISO 12354-3 (11.2017)	Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 3: Luftschalldämmung von Außenbauteilen gegen Außenlärm
DIN EN ISO 12354-4 (11.2017)	Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 4: Schallübertragung von Räumen ins Freie
DIN EN 12354-5 (10.2009)	Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 5: Installationsgeräusche, einschl. Berichtigung 1
DIN EN ISO 12999-1 (04.2019)	Akustik - Bestimmung und Anwendung der Messunsicherheiten in der Bauakustik - Teil 1: Schalldämmung
DIN EN ISO 12999-2 (08.2019)	Akustik - Bestimmung und Anwendung der Messunsicherheiten in der Bauakustik - Teil 2: Schalldämpfung
DIN EN ISO 13370 (03.2018)	Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Wärmeübertragung über das Erdreich – Berechnungsverfahren
DIN EN ISO 16032 (12.2004)	Akustik - Messung des Schalldruckpegels von haustechnischen Anlagen in Gebäuden - Standardverfahren
DIN EN ISO 16283-1 (04.2018)	Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen am Bau - Teil 1: Luftschalldämmung

DIN EN ISO 16283-2 (11.2018)	Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen am Bau - Teil 2: Trittschalldämmung
DIN EN ISO 16283-3 (09.2016)	Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen am Bau - Teil 3: Fassadenschalldämmung
DIN ISO 128-50 (05.2002)	Technische Zeichnungen, Allgemeine Grundlagen der Darstellung - Teil 50: Grundregeln für Flächen in Schnitten und Schnittansichten
DIN EN IEC 60942 (07.2018)	Elektroakustik - Schallkalibratoren
DIN ISO 2424 (01.1999)	Textile Bodenbeläge - Begriffe
DIN ISO 9613-2 (10.1999)	Akustik; Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien- Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren
DIN SPEC 91314 (01.2017)	Schallschutz im Hochbau – Anforderungen für einen erhöhten Schallschutz im Wohnungsbau
IEC 60942 (07.2018)	Elektroakustik - Schallkalibratoren
IEC 61183 (05.1994)	Elektroakustik - Kalibrierung von Schallpegelmessern in einem Schallfeld mit stochastischem Schalleinfall und im diffusen Schallfeld
IEC 61260, Teile 1 bis 3	Elektroakustik - Bandfilter für Oktaven und Bruchteile von Oktaven
IEC 61672-1 (09.2013)	Elektroakustik - Schallpegelmesser - Teil 1: Anforderungen
ISO 1765 (11.1986)	Maschinell gefertigte textile Fußbodenbeläge; Dickebestimmung
VDI 2062 Blatt 1 (05.2011)	Schwingungsisolierung - Begriffe und Methoden
VDI 2062 Blatt 2 (11.2007)	Schwingungsisolierung - Schwingungsisolierelemente
VDI 2081 Blatt 1 (03.2019)	Raumlufttechnik - Geräuscherzeugung und Lärmminderung
VDI 2566 Blatt 1 (04.2011)	Schallschutz bei Aufzugsanlagen mit Triebwerksraum (zurückgezogen)
VDI 2566 Blatt 2 (05.2004)	Schallschutz bei Aufzugsanlagen ohne Triebwerksraum (zurückgezogen)
VDI 2569 (02.2016)	Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro
VDI 2571 (08.1976)	Schallabstrahlung von Industriebauten (zurückgezogen), der Regelsetzer empfiehlt die Anwendung von DIN EN ISO 12354-4
VDI 2714 (01.1988)	Schallausbreitung im Freien (zurückgezogen)
VDI 2715 (11.2011)	Schallschutz an heiztechnischen Anlagen
VDI 2719 (08.1987)	Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen

VDI 2720 Blatt 1 (03.1997)	Schallschutz durch Abschirmung im Freien
VDI 3726 (01.1991)	Schallschutz bei Gaststätten und Kegelbahnen
VDI 3728 (03.2012)	Schalldämmung beweglicher Raumabschlüsse - Türen und Mobilwände
VDI 3760 (02.1996)	Berechnung und Messung der Schallausbreitung in Arbeitsräumen
VDI 3762 (01.2012)	Schalldämmung von Doppel- und Hohlböden
VDI 4100 (08.2007)	Schallschutz von Wohnungen - Kriterien für Planung und Beurteilung (zurückgezogen)
VDI 4100 (10.2012)	Schallschutz im Hochbau - Wohnungen - Beurteilung und Vorschläge für erhöhten Schallschutz
VDI 4640 Blatt 1 (06.2010)	Thermische Nutzung des Untergrunds - Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte, einschließlich Berichtigung 1

15 Literatur

[1] Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks: Fachregeln für Abdichtungen - Flachdachrichtlinie -, Ausgabe Dezember 2016, Rudolf Müller Verlag

[2] Jäger, F.; Reichert, J.; Terz, H.: Überprüfung eines Erdwärmespeichers, Forschungsbericht T81-200, Bonn, BMFT, 1981

[3] Henn, H., Sinambari, R., Fallen, M.: Ingenieurakustik – Physikalische Grundlagen und Anwendungsbeispiele, 5. Auflage, Vieweg + Teubner, GWV-Fachverlage, Wiesbaden 2014

[4] Häupl, P.: Bauphysik – Klima, Wärme, Feuchte, Schall, Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin 2008

[5] Krawietz, R., Heimke, W.: Physik im Bauwesen, Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, München 2008

[6] Probst, W.: Beurteilung und Minderung des Lärms an Bildschirmarbeitsplätzen im Büro und in der Produktion, 1. Auflage. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft GmbH 2003. (Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse: Forschungsergebnisse für die Praxis, 124)

[7] Moll, W., Moll, A.: Schallschutz im Wohnungsbau – Gütekriterien, Möglichkeiten, Konstruktionen, Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin 2011, Anhang 14

[8] Fasold, W., Veres, E.: Schallschutz und Raumakustik in der Praxis, Verlag für Bauwesen, Berlin, 2. Auflage 2003

[9] Safe and Sound - Ratgeber zur Gehörerhaltung in der Musik- und Entertainmentbranche, Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Wirtschaftsverlag NW – Verlag für neue Wissenschaft GmbH, 2. Auflage, Bremerhaven 2010

[10] Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen (Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung - LärmVibrationsArbSchV) vom 6. März 2007 (BGBl. I S. 261), geändert durch Artikel 5, Abs. 5 der Verordnung vom 18.10.2017 (BGBl. I S.3584)

[11] Möser, M., Kropp, W., (Cremer, L., Heckl, M.): Körperschall, Physikalische Grundlagen und technische Anwendungen, 3. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010

[12] Fasold, W., Sonntag, E., Winkler, H.: Bauphysikalische Entwurfslehre, Bau- und Raumakustik, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH, 1987

[13] Schmidt, H.: Schalltechnisches Taschenbuch, Schwingungskompendium, 5. Auflage, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1996

[14] https://www.walter-fendt.de/html5/phde/standingwavereflection_de.htm (abgerufen am: 31.03.2020)

[15] https://www.leifiphysik.de/mechanik/mechanische-wellen/downloads/stehende-welle-entstehung-animation (abgerufen am: 31.03.2020)

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020

W. M. Willems et al., *Schallschutz: Bauakustik*, Detailwissen Bauphysik, https://doi.org/10.1007/978-3-658-28454-1

[16] Gösele, K.; Schüle, W.: Schall, Wärme, Feuchte: Grundlagen, Erfahrungen und praktische Hinweise für den Hochbau, 10. Auflage, Wiesbaden, Bauverlag, 1997

[17] Sabine, W. C.: Collected papers on acoustics, M. A., Harvard U. P. Cambridge, 1927

[18] Fuchs, H.; Schallabsorber und Schalldämpfer, Springer Verlag, 3. Auflage 2010

[19] Becher, S.: Lärmstörungen im Alltag, Medizinische Grundlagen zur Einschätzung der Belästigung, Deutsche Wirtschaftswoche 46 - Heft 5, 1994

[20] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm) vom 26. August 1998 (GMBl Nr. 26/1998 S. 503), geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5)

[21] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) neugefasst durch Bek. vom 17.05.2013 (1274), zuletzt geändert durch Art. 3 G v. 18.07.2017 (2771)

[22] Achtzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes Sportanlagenlärmschutzverordnung (18. BlmSchV) vom 18. Juli 1991 (BGBl. I S. 1588), zuletzt geändert durch Art. 1 V v. 01.06.2017 (1468)

[23] Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV) vom 12. Juni 1990 (BGBl. I S. 1036), einschließlich Änderung vom 18.12.2014

[24] RLS-90 – Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen, Ausgabe 1990, Kapitel 4.0, bekanntgemacht im Verkehrsblatt, Amtsblatt des Bundesministers für Verkehr der Bundesrepublik Deutschland (VkBl.) Nr. 7 vom 14. April 1990 unter lfd. Nr. 79.

[25] RLS-19 – Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen, Ausgabe 2019

[26] GEStrO-92 – Verfahren zur Messung der Geräuschemission an Straßenoberflächen, ARS Nr. 16/1992 vom 16.03.1992, VkBl. 1991

[27] TP KoSD-19 – Technische Prüfvorschriften zur Korrekturwertbestimmung der Geräuschemmission von Straßendeckschichten, Ausgabe 2019

[28] Parkplatzlärmstudie, Untersuchung von Schallemissionen aus Parkplätzen, Autohöfen und Omnibusbahnhöfen sowie von Parkhäusern und Tiefgaragen, 4. Auflage. Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz.

[29] Schall 03 - Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen, Ausgabe 1990, bekanntgemacht im Amtsblatt der Deutschen Bundesbahn Nr. 14 vom 4. April 1990 unter lfd. Nr. 133 (Anlage 2 zu 16. BImSchVo)

[30] Fluglärmgesetz - Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FluLärmG) in der Neufassung der Bekanntmachung vom 31. Oktober 2007 (BGBl. I S.2550)

[31] Landeplatz-Fluglärmleitlinie, Leitlinie zur Ermittlung und Beurteilung der Fluglärmimmissionen in der Umgebung von Landeplätzen durch die Immissionsschutzbehörden der Länder (Landeplatz-Fluglärmleitlinie). Länderausschuss für Immissionsschutz, Stand 14. Mai 1997

[32] Erste Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutzgegen Fluglärm - Verordnung über die Datenerfassung und das Berechnungsverfahren für die Festsetzung von Lärmschutzbereichen (1. FlugLSV) vom 27.10.2008 (BGBl. I S. 2980), die zuletzt geändert durch Artikel 11 Absatz 9 des Gesetzes vom 18.07.2017 (BGBl. I S. 2745)

[33] Zweite Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutzgegen Fluglärm - Flugplatz-Schallschutzmaßnahmenverordnung (2.FlugLSV) vom 08.09.2009 (BGBl. I S. 2992)

[34] Dritte Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutzgegen Fluglärm - Fluglärm-Außenwohnbereichsentschädigungs-Verordnung (3. FlugLSV) vom 20.08.2013 (BGBl. I S. 3292)

[35] Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V.: DEGA-Empfehlung 103, Schallschutz im Wohnungsbau - Schallschutzausweis, Januar 2018

[36] Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V.: DEGA-Memorandum BR 0104 - Schallschutz im eigenen Wohnbereich, Fachausschuss Bau- und Raumakustik, Februar 2015

[37] Muster-Bauordnung (MBO) vom Nov. 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 22.02.2019

[38] Deutsches Institut für Bautechnik: DIBt Mitteilungen: Veröffentlichung der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) Ausgabe August 2017 mit Druckfehlerkorrektur vom 11. Dezember 2017

[39] Deutsches Institut für Baubestimmungen, Referat P 5, Technische Baubestimmungen, Bauforschung: Mitteilung des DIBt - Information, Stand der Umsetzung der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) in den Ländern, Stand: 15.08.2019

[40] Fischer, Jenisch, Stohrer, u.a.: Lehrbuch der Bauphysik - Schall, Wärme, Feuchte, Licht, Brand, Klima, 6. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, 2008

[41] Hohmann, R., Setzter, M.: Bauphysikalische Formeln und Tabellen. Wärmeschutz - Feuchteschutz - Schallschutz, 5. Auflage, Werner Verlag, 2014

[42] Willems, W., Schild, K., Dinter, S.: Handbuch Bauphysik, Teil 1 + 2, Vieweg & Sohn Verlag, 2006

[43] Baumgartner, H.; Kurz, R.: Mangelhafter Schallschutz von Gebäuden, Schadensfreies Bauen, Band 27, Fraunhofer IRB Verlag 2003

[44] Wittstock, V.; Scholl, W.: Schallschutz bei haustechnischen Anlagen, Bauphysik-Kalender 2009 - Schallschutz und Akustik, Ernst & Sohn Verlag

[45] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV), letzte Änderung: Oktober 2015

[46] http://www.messerschmid-energiesysteme.de/pdf/download17.pdf, PowerTherm®-BHKW, Die regelfähige, kompakte und anschlussfertige Kraft-Wärme-Kopplung, Technische Beschreibung und Daten (02.2007)

[47] http://www.vissmann.de

[48] http://www.messerschmid-energiesysteme.de/pdf/download12.pdf, Technische Daten - Dachs, (abgerufen am: 31.03.2020)

[49] http://www.vaillant.de/stepone2/data/downloads/27/47/00/Prospekt-renerVIT.pdf

[50] Eggenschwiler, K.: Lärm von Wärmepumpen - Emissionen - Immissionen, EMPA Dübendorf, ERFA-Seminar, 25.02.2002

[51] Bundesverband Wärmepumpen (bwp) e.V.: Leitfaden Schall, überarb. Auflage 2016

[52] Schulze, C.; Hübelt, J.; Ruhnau, M.; Krause, R.; Peusch, A.: Ermittlung der Geräuschemissionen und Möglichkeiten zur Lärmminderung bei Luft-Wasser-Wärmepumpen, Studie Umweltforschungsplan, Texte 71/2014, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Oktober 2014

[53] European federation of associations of insulation contractors: Eigenschaften von Baustoffen - Schalldämmung, Absorption, Dämpfung, FESI-Dokument A3, Juli 2013

[54] Gösele, K.; Schüle, W.: Schall, Wärme, Feuchte: Grundlagen, Erfahrungen und praktische Hinweise für den Hochbau, 10. Auflage, Wiesbaden, Bauverlag, 1997

[55] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.: Schallschutz von Haustrennwänden, Mitteilungsblatt Nr. 210, 3. Auflage 2002

[56] Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.: Schallschutz bei zweischaligen Haustrennwänden von Doppel- und Reihenhäusern, Mitteilungsblatt Nr. 255, März 2017

[57] Gösele, K.: Verringerung der Luftschalldämmung von Wänden durch Dickenresonanzen, Bauphysik 12, Heft 6, 1990

[58] Lang, J.: Wirtschaftliche Erfüllung des normgerechten Schallschutzes im Wohnungsbau, Band I und II, Fachverband der Stein- und Keramischen Industrie Österreichs, Wien, 1985

[59] Müller, E.: Güteschutz Estrich RAL - RG 818, Zweck, Ergebnisse, Schlussfolgerungen (Teil 3), Ursachen zu geringer Trittschalldämmung, aus: Estrichtechnik Heft IV, 1999

[60] Gösele, K.: Schwimmender Estrich mit Schallbrücken. Tl.1. Wirkung von Schallbrücken. Tl.2. Messtechnischer Nachweis von Schallbrücken. Abschlussbericht Bau- und Wohnforschung, Fraunhofer IRB Verlag 1993

[61] Baumgartner, H.; Kurz, R.: Mangelhafter Schallschutz von Gebäuden, Schadensfreies Bauen, Band 27, Fraunhofer IRB Verlag 2003

[62] Kurz, R.; Baumgartner, H.: Estriche auf Dämmschicht mit harten Gehbelägen, in: Bauschadensfälle Band 6, Fraunhofer IRB Verlag 2004

[63] Sälzer, E.; Freimuth, H.: Schallschutz mit Hohlraumböden, Teile 1 bis 3, in: Bauphysik 26 (2004)

[64] Fraunhofer-Institut für Bauphysik Stuttgart: Verbesserung des Trittschallschutzes von Massivtreppen durch elastische Lagerungen, IBP-Bericht BS 79/82, 28.01.1983

[65] Schöck Bauteile GmbH: Planungshandbuch Treppe - Trittschall vermindern mit System, 4. Auflage, Juni 2019

[66] H-Bau Technik: Prospekt Schallisolation - zur Schallentkopplung von Stahlbetontreppen und Podesten, Juni 2019

[67] Halfen: Produktinformation Technik - Schalldämmprodukte Beton, April 2018

[68] Niethammer, M.: Trittschallmessungen bei Terrassendächern, Kurzberichte aus der Bauforschung Nr. 4/79

[69] Fischer, H.-M., Schneider, M.,: Handbuch zur DIN 4109 – Schallschutz im Hochbau, Grundlagen, Anwendung, Kommentare; Hrsg.: DIN - Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, 1. Auflage 2019

[70] Industrieverband für Bausysteme im Stahlbau IFBS, Fachregeln des Metallleichtbaus - Bauphysik. IFBS - Schallschutz im Metallleichtbau, Dezember 2016

[71] Informationsdienst Holz: Erneuerung von Fachwerkbauten, Holzbau Handbuch; Reihe 7 / Teil 3 / Folge 1, 12/2004

[72] Informationsdienst Holz: Modernisierung von Altbauten, Holzbau Handbuch Reihe 1/ Teil 14 / Folge 1, 12/2001

[73] Informationsdienst Holz: Schallschutz im Holzbau - Grundlagen und Vorbemessung, Holzbau Handbuch, Reihe 3, Teil 3, Folge 1, 2019

[74] STEP Schalltechnisches Treppen-Entwicklungs- und Prüfinstitut GmbH: Schallschutz bei Wohnungstreppen - Handbuch über Trittschallschutz von Leichttreppen im Wohnungsbau -, 1. Auflage 2007

[75] Holtz, F.; Buschbacher, H.-P.; Hessinger, J.: Schallschutz von leichten Treppen, aus: bauen mit holz 7/2002

[76] Holtz, F.; Buschbacher, H.-P.; Hessinger, J.: Schallschutz von leichten Treppen im Holzbau, aus: mikado 9/2001

[77] STREGER® Massivholztreppen GmbH: Tragbolzentreppe, www.streger.de

[78] Fuchs-Treppen: Treppen Schalldämmung 4.0, www.fuchs-treppen.de

[79] Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Freie und Hansestadt Hamburg: Schalltechnisches Nachweisverfahren für teilgeöffnete Fenster, Dezember 2009

[80] Kötz, W.-D.: Zur Frage der effektiven Schalldämmung von geöffneten Fenstern, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 51 (2004), Nr. 1

Index

A

Abdichtstoffe, Kennwerte 39
A-Bewertung 61 f
abgehängte Decken 328 ff
Abschirmung 147 ff
Absorberschott 335, 341 f
Absorptionsgrad 102 ff
Abwasseranlagen 270 f
Addition von Schallpegeln 58
Altbau-Fachwerkdecken 411 f
Anforderung nach DEGA-Empfehlung 205 ff
Anforderungen gebäudetechnische Anlagen 180, 193, 199, 204
Anforderungen Schallabstrahlung ins Freie 156, 259 ff
Anforderungen Schallschutz gegen Außenlärm 107 ff, 161 ff, 196, 201
Anforderungen Schallschutz im Gebäude 169 ff, 181 ff
Äquivalente Schallabsorptionsfläche 102 ff
Armaturengeräusche 180, 193, 199, 204, 266 ff
Armaturengeräuschpegel 102
Armaturengruppen 177 f, 268, 274
Aufzugsanlagen 290 ff
Aufzugsanlagen, Körperschall 298 f, 301 ff
Aufzugsanlagen, Luftschall 297 f
Ausbildungsstätten, Anforderungen 174
Außenlärm nach DIN 4109, 161 ff
Außenlärm nach DIN EN ISO 12354-3, 224 ff
Außenlärm Nachweisverfahren 218 ff
Außenlärm, Kenngrößen 47 ff
Außenlärmbelastung 107 ff
Außenlärmpegel, maßgeblicher 163 ff
Außenwände in Holzbauweise 393 ff
Außenwände in Massivbauweise 321 ff
Außenwände in Stahlleichtbauweise 389 ff
Außenwände mit Wärmedämmverbundsystem 324 f

B

Bauakustik 68 ff
bauakustisch relevanter Frequenzbereich 52
bauakustische Messungen 447 ff
Bauanschlussfugen 446
Bauelement, Schalldämmung 93
Bauordnungdrecht 161 ff
Bauplatten, Kennwerte 27
Bau-Schalldämm-Maß 84 ff, 161, 200, 218 ff, 224, 234 f
Bauschraffuren 22 f
Bauteile, Schalldämmung 220
Bauteilschwingungen 68 ff
B-Bewertung 61
Beherbergungsstätten, Anforderungen 172, 184
Beherbergungsstätten, erhöhter Schallschutz 188 f
Bergersches Massegesetz 68 ff
besonders laute Räume 175 f
Betätigungsgeräusche 266
Beton-Bauteile, Kennwerte 25
Betonrohdichte 307
Betonsteine, Kennwerte 30 f
Betriebsgeräusche 266
Beurteilungspegel 114 f
Beurteilungspegel an Straßen 127 ff
Beurteilungspegel bei Schienenwegen 133 f
Bezugskurve (Luftschall) 88 f
Bezugskurve (Trittschall) 98 f
biegesteif 73
Biegesteifigkeit 70 f
biegeweich 73
biegeweiche Vorsatzkonstruktion 76, 312 ff, 327 f
Böden, Kennwerte 43
Bodenbeläge 330 f
Bodeneffekt 142 ff
Brettstapeldecken 409
Bürogebäude Anforderungen 169 ff, 181 ff
Bürogebäude nach VDI 2569, 212 f

C

C-Bewertung 61 f

D

Dachbahnen, Kennwerte 41
Dächer in Holz-Leichtbauweise 416 ff
Dächer in Stahlleichtbauweise 428 ff
Dächer, massiv 356 ff
Dämpfung des Schalls 135 ff
Dämpfungsarten 141 ff
Dämpfungskonstante der Luft 103
Dauerschallpegel 59 f, 107,166

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020
W. M. Willems et al., *Schallschutz: Bauakustik*, Detailwissen Bauphysik, https://doi.org/10.1007/978-3-658-28454-1

Decken in Holzbauweise 397 ff
Decken, massiv 326 ff
DEGA-Empfehlung 159, 205 ff
DEGA-Memorandum BR 0104, 209 ff
DIN 4109 Struktur 217
Direktschalldämmung, Fenster 431 ff
Direktschalldämmung, Holzdächer 416 ff
Direktschalldämmung, Leichtbau 366 ff
Direktschalldämmung, Massivbau 305 ff, 312 ff, 328 ff
Direktschalldämmung, Vorhangfassaden 378 ff
Dissipationsgrad 102
Doppelböden 340 ff
Doppelhäuser, Anforderungen 171, 183
Doppelhäuser, erhöhter Schallschutz 187
Druckknoten 77 ff
dynamische Steifigkeit 75 ff, 256 f, 306, 311 f, 330 f
dynamischer Elastizitätsmodul 72 ff, 313

E

Eigenfrequenz 74 ff, 304, 306, 325
Einfamilienhäuser, Anforderungen 171,183
Einfügungsdämm-Maß 102
Einheiten-Umrechnungstafeln 7 ff
einschalige Bauteile 70 ff, 308 ff
Eis, Kennwerte 45
elastische Lagerung 284, 302 f, 350 f
Elastizitätsmodul, dynamisches 72 ff
Emissionen aus dem Gebäude ins Freie 156, 259 ff
Emissionen außerhalb von Gebäuden 113 ff, 135 ff
Emissionen innerhalb von Gebäuden 279
entkoppelte Wandsysteme 310 ff
erhöhter Schallschutz 186 ff, 193
Erregerfrequenz 304
Estrich, Flankenschallpegeldifferenz 336
Estrich, Kennwerte 24, 326
Estrich, schwimmender 97 f, 248 ff, 329 ff

F

Fachwerkdecken 411 f
Fassadenschalldämmung 486 ff
Fassadenstruktur 230 ff
Federbügel 398
Feder-Masse-System 74 f, 305, 356
Federschiene 398
Federsteifigkeit 75
Fenster Direkschalldämmung 431 ff
Fenster Einbausituation 221 ff
Flächenberechnungen 14 ff
flächenbezogene Masse, Berechnung 307
Flanken-Schalldämm-Maß 87, 219 ff, 238 f
Flankenschallpegeldifferenz, biegeweiche Vorsatzschale 368
Flankenschallpegeldifferenz, Dachkonstruktionen 424 ff
Flankenschallpegeldifferenz, Doppel- und Hohlraumböden 341 ff
Flankenschallpegeldifferenz, Holzbalkendecken 410
Flankenschallpegeldifferenz, Holztafelwände 374 ff
Flankenschallpegeldifferenz, Metallständerwände 367 f
Flankenschallpegeldifferenz, schwimmender Estrich 336
Flankenschallpegeldifferenz, Unterdecken 332 ff
Flankenübertragung Trittschall 257 f
flankierende Bauteile 227
Fluglärm 116, 166 ff
Folien, Kennwerte 41
Formelzeichen 1 ff
Frequenz 48 ff, 68 ff
Frequenzbewertung 60, 98 f
Frequenzspektrum 50 ff
Fugen 445 f
Fußbodenbeläge, Kennwerte 39

G

Gase, Kennwerte 46
Gaststätten 157, 175 f, 209, 214
Gaststätten nach VDI 3726, 214, 265
gebäudetechnische Anlagen, Anforderungen 176 ff, 180 f, 193, 199, 267
gebäudetechnische Anlagen, Kenngrößen 101 ff
gebäudetechnische Anlagen, Nachweisverfahren 166 ff
Gebäudetrennwände Holztafelbauweise 372 f
Gebäudetrennwände massiv 242 ff, 295, 315 ff
Gehörschaden 66 f
Geometrieberechnungen 14
Geräusch 49
Geräusche aus gebäudetechnischen Anlagen 176 ff
Geräuschimmissionen 122 ff
Geräuschquellen 55 f, 89, 176 f
Gesamtstörschalldruckpegel 105
Gewerbelärm 166
Gipswandbauplatten 311

Glas, Kennwerte 43
Glasscheiben 431 ff
Grenzfrequenz für Baustoffe 73
Griechisches Alphabet 11
Grundrissanordnung Aufzüge 290, 302 f
Grundrissplanung 274
Gummi, Kennwerte 40
Gummiball als Trittschallquelle 472 ff

H

Hammerwerk als Trittschallquelle 472 ff
harmonische Welle 47
haus- und betriebstechnische Anlagen 176 ff
haustechnische Anlagen, Messung 502 ff, 514
Haustrennwände 242 ff, 295, 315 ff
Hintergrundgeräuschpegel 453 f
Hohlraumböden 340 ff
Hohlraumresonanz 75 f, 80
Holz- und Holzwerkstoffe, Kennwerte 32
Holzbalkendecken 397 ff
Holzleichtbauweise, Dächer 416 ff
Holztafelbauweise, Wände 369 ff, 393 ff
Hörbereich 52
horizontale Längsschalldämmung 383 f, 436 ff
Hörschwelle 52
Hotels, Anforderungen 172, 184

I

Immissionsort 108 ff
Immissionsrichtwerte 108 ff
Industrielärm 135, 166
Innenschalldruckpegel 229
Innenwände mit biegeweicher Vorsatzschale 312 ff
Innenwände, Leichtbauweise 365 ff
Innenwände, massiv 305 ff

K

Kegelbahnen 157, 214
Klang 49
Koinzidenzfrequenz 70 f
Koinzidenzgrenzfrequenz 72 f, 75
Körperschall 86, 94, 102, 157
Körperschall Aufzüge 290 ff
Körperschallbrücken 194, 272 ff
Körperschallentkopplung 209, 270 f, 279 f, 284
Körperschallübertragung 195
Korrekturbeiwert 226 f
Krankenhäuser, Anforderungen 172 f, 184 f
Krankenhäuser, erhöhter Schallschutz 188 f
Kreisfrequenz 48
Kunststoffe, Kennwerte 40

L

Labor-Schalldämm-Maß 84, 87
Längsschalldämmung 383 ff
Lärmeinwirkung 107
Lärmpegelbereich 262
Lärmquellen 163 f, 279
Lärm-Vibrations-ArbSchV 68
Lautsprecherpositionen 462 ff, 490 ff
Lautsprecher-Verfahren 491 ff
Lautstärkeempfinden 60 ff
Lehmbaustoffe, Kennwerte 42
Leichtbautreppen 414 ff
Lichtkuppeln 438
Linienschallquellen 64 f
Logarithmen 21
Lombard Effekt 106
lose Schüttungen, Kennwerte 44
Luftabsorption 141 f
Luftschalldämm-Maß 70, 74, 84 ff
Luftschalldämmung für Holz-, Leicht- und Trockenbau 240 f
Luftschalldämmung für Skelett- und Mischbauweisen 241 f
Luftschalldämmung von Außenbauteilen 161 ff
Luftschalldämmung von massiven Dächern 356 ff
Luftschallmessung 455 ff
Luftschallschutz erhöhte Anforderungen 181 ff
Luftschallschutz im Gebäude 169 ff
Luftschallschutz, besonders laute Räume 175 f
Luftschallschutz, Kenngrößen 81 ff
Luftschallschutz, Nachweisverfahren 234 ff
Luftschallverbesserungsmaß von Vorsatzschalen 237 ff
Lufttechnische Anlagen 284 ff
Lüftungsanlagen, Messung 513

M

Masse, flächenbezogene 70 ff, 239, 245 f, 254 ff, 296, 306 ff
Masse-Feder-System 74 f, 305, 356

Massegesetz 70 f, 245 f
Massivbauweise, Konstruktionen 305 ff
Massivdecken mit Systemböden 340 ff
massive Treppen 347 ff
Massivholzwände 377 ff
Massivrohdecken 326 ff
Massivwände außen 321 ff
Massivwände innen 305 ff
Massivwände mit Vorsatzschale 312 ff
Mauerwerk aus Betonsteinen, Kennwerte 30 f
Mauerwerk aus Kalksandsteinen, Kennwerte 29
Mauerwerk aus Klinkern und Ziegeln, Kennwerte 28
Mauerwerk aus Lochsteinen 321 f
Mauerwerk aus Porenbeton-Plansteinen, Kennwerte 29
Mauerwerk, homogen 321 ff
Mehrfamilienhäuser, Anforderungen 169 ff, 181 ff
Mehrfamilienhäuser, erhöhter Schallschutz 186, 191
mehrschalige Bauteile 74 ff
Mehrscheiben-Isolierglas 432 f
Messgeräte 448 f, 504
Messung Fassadenschalldämmung 486 ff
Messung haustechnische Anlagen 502 ff
Messung Luftschalldämmung 455 ff
Messung Trittschalldämmung 472 ff
Messungen 447 ff
Metalle, Kennwerte 45
Metallständerwände 365 ff
meterologische Korrektur 153 f
Mikrofonpositionen 450 f, 466 ff, 482 ff, 495 f
Mindestanforderungen bei besonders lauten Räumen 175
Mindestanforderungen in Gebäuden 169 ff
Mittelung von Schallpegeln 58 f
Mittelungspegel 59 f
Modale Hilfsverben 13
Mörtel, Kennwerte 24
Musterinstallationswände 275 ff
Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen 215
MVV TB 215

N

Nachhallmaß 505 ff
Nachhallzeit 104 f
Nachhallzeit, Messung 454, 504
Nachweis Luftschallschutz gegen Außenlärm 218 ff
Nachweis Luftschallschutz im Gebäude 234 ff
Nachweis Schallabstrahlung ins Freie 259 ff
Nachweisverfahren Außenlärm 218 ff
Nachweisverfahren nach DIN 4109, 218 ff, 233 ff, 243 ff
Nachweisverfahren nach DIN EN 12354, 224 ff, 253 ff
Nebenwege 242 f
Norm-Flankenpegeldifferenz 87, 384 f
Norm-Schalldruckpegel 101
Norm-Schallpegeldifferenz 82
Norm-Trittschallpegel 96 ff
Norm-Trittschallpegel, Bewertung 98 f
Norm-Trittschallpegel, Holzbalkendecken 399 ff
Norm-Trittschallpegel, Massivdecken 328
Norm-Trittschallpegel, Nachweis 254 ff
Norm-Trittschallpegel, Treppen 349
Nutzergeräusche 176 f, 200, 211, 266

O

Oktavband 51, 137 ff
Oktavbanddämpfung 141
Oktavmittenfrequenz 138

P

Planungshinweise Grundrissgestaltung 193, 211
Poissonsche Querkontraktionszahl 72
Potenzen, Rechenregeln 20
Prüfbericht 460 f, 477 f, 499 f, 509 f
Prüfoberfläche 494
Punktschallquellen 63
Putze, Kennwerte 24

Q

Quadratische Gleichung 21
Querkontraktionszahl 72

R

räumliche Zuordnung 247
Raumwinkelmaß 125 f, 140
Rechnen mit Schallpegeln 58 ff
rechtliche Rahmenbedingungen 158 ff
Reduzieranschluss 365
Reflexionsgrad 102
Resonanzfrequenz 76 ff
Richtwirkungskorrektur 139
RLT- Anlagen 284 ff

Rohdichteklassen 306
Rohdichten 305 ff
Rollladenkästen 438 f
Rundungsregeln 160

S

Sabinesche Gleichung 85
Saitenschwingung 77 f
Sanatorien, Anforderungen 172 f, 184 f
Sanatorien, erhöhter Schallschutz 188 f
Sandwichelemente 390 ff
Sanitärtechnik 268 ff
Schachtpegeldifferenz 83 f
Schallabsorptionsfläche, äquivalente 102 ff
Schallabstrahlung ins Freie 156, 259 ff
Schallausbreitung 135 ff, 155 ff
Schallbrücken 272 f, 336 ff, 349 f, 414 f
Schalldämm-Maß 68 ff
Schalldämm-Maß Direktübertragung 237
Schalldämm-Maß Massivdecken 326 ff
Schalldämm-Maß Massivwände 305 ff
Schalldämm-Maß, Bauteile in Holzbauweise 369 ff, 416 ff
Schalldämm-Maß, Bauteile in Stahlleichtbauweise 389 ff, 414 f, 428 ff
Schalldämm-Maß, Bewertung 87 ff
Schalldämm-Maß, Einzahlangabe 88 ff
Schalldämm-Maß, Fenster 93, 220 ff
Schalldämm-Maß, Metallständerwände 265 ff
Schalldämmung Bauelement 93
Schalldämmung von Türen 440 ff
Schalldämmung zusammengesetzter Bauteile 93
Schalldruck, effektiver 48
Schalldruckpegel 57 ff
Schalldruckpegelkorrektur 61 f
Schalleinfallswinkel 71
Schallemissionen 113 ff, 156 ff, 259 ff
Schallentkopplung Treppen 347 ff
Schallexposition 66 ff
Schallgeschwindigkeit 47, 53 ff
Schallintensität 54
Schall-Leistung 55 f
Schall-Leistungspegel 55 f, 263 f
Schall-Leistungsverhältnis 225
Schallpegel Addition 58
Schallpegel Subtraktion 58
Schallpegel, örtlich veränderliche 59
Schallpegel, zeitlich veränderliche 58
Schallpegeldifferenz 81 f
Schallpegelminderung 105
Schallquellen 63 f
Schallschnelle-Pegel 54
Schallschutz Anforderungen 158 ff
Schallschutz aus Gaststätten und Kegelbahnen 157 ff
Schallschutz gegen Außenlärm 218 ff, 224 ff
Schallschutzklassen 205 ff
Schallschutzstufen 196 ff
Schallschwingungen 47
Schalltransmissionsgrad 81
Schallübertragungswege (Aufzugsanlagen) 290
Schallübertragungswege (gebäudetechnische Anlagen) 266
Schallübertragungswege (Luftschall) 83
Schallübertragungswege (Trittschall) 94
Schallübertragungswege bei Türen 440
Schallwellenwiderstand 54
Schienenverkehr 119 f, 166
Schiffsverkehr 121, 165
Schraffuren 22 f
Schulen, Anforderungen 174
Schüttungen, Kennwerte 44
schwimmender Estrich 329 ff, 336 ff
Schwingungssystem 74
Segmentierung der Gebäudehülle 261 f
Sicherheitskonzept 160
SI-Einheiten 12
Spektrum-Anpassung (Luftschall) 88 ff
Spektrum-Anpassung (Trittschall) 100
Sportanlagenlärmschutzverordnung 110 ff
Sprachverständigung 66
Spuranpassung 71 ff
Stahlleichtbauweise, Fassaden 389 ff
Stahlleichtbauweise, Flachdächer 428 ff
Stahlleichtbauweise, Treppen 414 f
Standard-Schalldruckpegel 101
Standard-Schallpegeldifferenz 82
Standard-Trittschallpegel 96
stehende Wellen 77 ff
Steifigkeit, dynamische 75 ff

Steinrohdichte 305
Stoßstellendämm-Maße 86, 358 ff
Straßenverkehr 116 ff, 165, 493 ff
Straßenverkehrsverfahren 493 ff
Strömungswiderstand 277, 313
Subtraktion von Schallpegeln 58
Systemböden 340 ff

T

TA-Lärm 107 ff, 122 ff
Telefonie 287 f
Terrassenaufbauten Holztafelbauweise 422 f
Terrassenaufbauten massiv 356
Terzmittenfrequenz 51
Ton 49
Transmissionsgrad 102
Treppen Stahlleichtbauweise 414 ff
Treppen, massiv 347 ff
Trigonometrie 21
Trittschall Übertragungswege 244 ff
Trittschall, Kenngrößen 94 ff
Trittschallmessung 472 ff
Trittschallminderung 97, 256 f, 329 ff
Trittschallminderung Systemböden 343 ff
Trittschallminderung Terrassen 356
Trittschallminderung Treppen 355
Trittschallpegel 95
Trittschallquellenpositionen 482 ff
Trittschallschutz nach DIN EN ISO 12354-2, 253 ff
Trittschallschutz, erhöhte Anforderungen 181 ff
Trittschallschutz, Kennwerte 94 ff
Trittschallschutz, Leichtbauweise 248
Trittschallschutz, Massivbauweise 244 ff
Trittschallschutz, Nachweis 244 ff
Trittschallschutz, Treppen 251
Türdichtungen 442 f
Türen 440 ff

U

Übertragungswege Luftschall 235
Übertragungswege Trittschall 244
Unterdecken, Flankenschallpegeldifferenz 332 ff

V

VDI 4100, Anforderungen 196 ff
Ver- und Entsorgungsanlagen 268 ff
Verkehrslärmschutzverordnung 112, 127 ff
Verkehrsverfahren 497 f
vertikale Längsschalldämmung 385 ff
Vertraulichkeit 185, 206
Volumenberechnung 16 ff
Vorhaltemaß 160
Vorhangfassaden 378 ff
Vorsatzschalen 75 f, 237 ff, 246, 312 ff

W

Wahrnehmbarkeit von Geräuschen 179
Wandrohdichten 306
Wärmedämmstoffe, Kennwerte 33 ff
Wärmedämmverbundsystem 324 ff
Wärmepumpen 281 ff
Wärmeversorgungsanlagen 279 ff
Wasser, Kennwerte 45
Wasserinstallationen 269 ff
Wasserinstallationen, Messung 510 ff
Wasserverkehr 121, 165
Welle, stehende 77 ff
Wellenlänge 52
Wurzelberechnung 20

Z

Ziegelmauerwerk aus Lochsteinen 362 f
Zivilrechtliche Anforderungen 179 ff
zusammengesetzte Flächen, Schalldämmung 93
zweischalige Haustrennwände 242, 315 ff