

Schallschutz im Hochbau

Grundbegriffe, Anforderungen, Konstruktionen, Nachweise

Elmar Sälzer
Georg Eßer
Jürgen Maack
Thomas Möck
Markus Sahl

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Zur Situation	1
1.2	Zum Inhalt	3
2	Anforderungen	5
2.1	Geschichtliche Entwicklung	5
2.1.1	Vorgeschichte	5
2.1.2	Die Entwicklung der DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“	5
2.2	DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ 11/1989 [21]	8
2.3	E DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“, September 2013	16
2.3.1	Anforderungen in Mehrfamilienhäusern und gemischtgenutzten Gebäuden	16
2.3.2	Einfamilien-Reihenhäuser und Doppelhäuser	19
2.3.3	Hotels und Beherbergungsstätten	20
2.3.4	Krankenhäuser und Sanatorien	20
2.3.5	Schulen und vergleichbare Einrichtungen	24
2.3.6	Schallschutz gegenüber Außenlärm	24
2.3.7	Schallschutz zwischen besonders lauten und schutzbedürftigen Räumen	26
2.3.8	Geräusche haustechnischer Anlagen	28
2.4	VDI 4100 „Schallschutz im Hochbau – Wohnungen“	30
2.5	Sonstige Anforderungen	32
2.5.1	Verwaltungsgebäude	32
2.5.2	Hotels	34
2.6	Schalltechnische Anforderungen in Nachbarländern	36
3	Bauakustische Grundlagen	37
3.1	Luftschalldämmung	37
3.1.1	Begriffsbestimmungen	37
3.1.1.1	Schallpegeldifferenz	37
3.1.1.2	Schalldämmmaß	38
3.1.1.3	Standard-Schallpegeldifferenz	39
3.1.1.4	Flankenübertragung, Schalllängsdämmung	40
3.1.2	Einflüsse auf die Schalldämmung	41
3.1.2.1	Einschalige Bauteile	41
3.1.2.2	Zweischalige Bauteile	46
3.1.3	Drei- und mehrschalige Bauteile	52

3.1.4	Schalldämmung zusammengesetzter Bauteile	52
3.1.4.1	Anwendung	52
3.1.4.2	Zusammengesetzte Bauteile mit unterschiedlicher Dämmung und unterschiedlicher Bezugsfläche	52
3.1.4.3	Resultierendes Schalldämmmaß bei unterschiedlicher Dämmung, jedoch gleicher Bezugsfläche	54
3.1.4.4	Berechnung mit der Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$	55
3.1.5	Schalllängsdämmung	56
3.1.5.1	Monolithische Massivbauteile	56
3.1.5.2	Durchlaufende leichte Bauteile	57
3.2	Trittschalldämmung	58
3.2.1	Begriffsbestimmungen	58
3.2.1.1	Norm-Trittschallpegel	58
3.2.1.2	Standard-Trittschallpegel L^{\wedge}_t	59
3.2.1.3	Trittschallminderung	60
3.2.1.4	Flankenübertragung	61
3.2.2	Einflüsse auf die Trittschalldämmung	62
3.2.2.1	Rohdecke	62
3.2.2.2	Estrich und Bodenbelag	65
3.2.3	Große Distanzen bei der Trittschallübertragung	66
3.2.3.1	Horizontale große Distanzen	66
3.2.3.2	Vertikale große Distanzen	68
3.3	Körperschall	70
3.3.1	Körperschallentstehung	70
3.3.2	Körperschallausbreitung in Bauwerken	70
3.3.3	Körperschallabstrahlung	71
3.3.4	Körperschallschutz	71
3.3.4.1	Einsatz lärmarmen Anlagentechnik	71
3.3.4.2	Maßnahmen bei der Einleitung in die Baukonstruktion	72
3.3.4.3	Erhöhung der Ausbreitungsdämpfung	72
3.3.4.4	Verringerung der Körperschallabstrahlung	72
3.3.4.5	Baulicher Körperschallschutz und „lärmarme“ Anlagentechnik bei haustechnischen Anlagen	73
4	Konstruktionen	75
4.1	Decken	75
4.1.1	Massivdecken	75
4.1.1.1	Massive Rohdecken	75
4.1.1.2	Massivdecken mit konventionellem schwimmendem Estrich	77
4.1.1.3	Massivdecken <u>mit</u> Trockenestrichen	79
4.1.1.4	Massivdecken mit Estrichen auf Trennlage und gehweichten Belägen	80
4.1.1.5	Massivdecken mit Systemböden	81
4.1.1.6	Massivdecken mit abgehängten Unterdecken	81

4.1.1.7	Schalllängsdämmung von Massivdecken	81
4.1.1.8	Orientierende Werte der Trittschallminderung	81
4.1.2	Holzbalkendecken	83
4.1.2.1	Geschichtlicher Kontext und historische Holzbalkendecken	83
4.1.2.2	Trittschalldämmung	84
4.1.2.3	Luftschalldämmung	93
4.1.3	Holz-Beton-Verbunddecken	95
4.1.3.1	Allgemeines	95
4.1.3.2	Neubaudecken	95
4.1.3.3	Altbaudecken	96
4.2	Trittschallschutz von Treppenkonstruktionen	97
4.2.1	Unterscheidung nach Art der Treppenkonstruktion	97
4.2.1.1	Massivtreppen	97
4.2.1.2	Leichtbautreppen	97
4.2.2	Berechnung des zu erwartenden Norm-Trittschallpegels von Treppenkonstruktionen	98
4.2.2.1	Massivtreppen	98
4.2.2.2	Leichtbautreppen	100
4.2.3	Planung und Ausführung von Treppenkonstruktionen	101
4.2.3.1	Räumliche Lage	101
4.2.3.2	Luftschalldämmung der Treppenraumwand	102
4.2.3.3	Befestigungsvarianten Massivtreppen	102
4.2.3.4	Befestigungsvarianten Leichtbautreppen	105
4.2.4	Tieffrequente Geräuschübertragung bei Leichtbautreppen	107
4.3	Wände	108
4.3.1	Einschalige Wände	108
4.3.1.1	Schwere Massivwände	108
4.3.1.2	Leichte Massivwände mit Koinzidenzeinfluss	109
4.3.2	Zweischalige Wände	110
4.3.2.1	Biegesteife, schwere, zweischalige Wände	110
4.3.3	Zweischalige Leichtwände	117
4.3.3.1	Metallständerwände	117
4.3.3.2	Holzständerwände	128
4.3.3.3	Umsetzbare Montagewände	129
4.3.3.4	Mobilwände (offenbare Wände)	134
4.3.3.5	Fassadenanschlusschotten	136
4.3.3.6	Wände mit Vorsatzschalen	138
4.4	Dächer	145
4.4.1	Geneigte Dächer mit Zwischensparrendämmung	145
4.4.1.1	Allgemeines	145
4.4.1.2	Einfluss der Dämmstoffqualität	145
4.4.1.3	Einfluss der Dämmstoffdicke	147
4.4.1.4	Einfluss der raumseitigen Beplankung	148

4.4.1.5	Einfluss der Dacheindeckung und der Unterdeckung bei Dächern mit Unterdeckbahnen	149
4.4.1.6	Einfluss von Unterdeckungen aus Holzweichfaserplatten und geschlossenen Schalungen	150
4.4.1.7	Einfluss von Federschienen bei Dächern mit Unterdeckbahnen	151
4.4.1.8	Einfluss von Federschienen bei Dächern mit Unterdeckung aus Holzweichfaserplatten	152
4.4.1.9	Einfluss der Zwischensparrendämmung	154
4.4.1.10	Konstruktionen mit Zinkblech-Eindeckung	155
4.4.2	Geneigte Dächer mit Aufsparrendämmung	156
4.4.2.1	Vergleich der Schalldämmung von Dächern mit Aufsparrendämmung und Dächern mit Zwischensparrendämmung	156
4.4.2.2	Einfluss der Beschwerung für Dächer mit Aufsparrendämmung	157
4.4.2.3	Verschraubung der Traglattung am Sparren	158
4.4.2.4	Zur bauakustischen Qualität verschiedener Dämmstoffe	159
4.4.2.5	Zunahme der Schalldämmung mit zunehmender Dicke der Dämmschicht	161
4.4.2.6	Abschätzung der Schalldämmung von Dächern mit Aufsparrendämmung (Mineralfaser- und Holzweichfaserplatten)	162
4.4.3	Dächer mit Auf- und Zwischensparrendämmung	162
4.4.4	Geneigte Dächer mit raumseitig verputzter HWL-Platte („Altdach“-Varianten)	164
4.4.5	Geneigte Massivdächer	167
4.4.6	Dachflächenfenster	170
4.4.6.1	Einflussparameter auf die Schalldämmung von Dachflächenfenstern	170
4.4.6.2	Einfluss der Fenstergröße auf die Schalldämmung	171
4.4.6.3	Einfluss der Verglasung auf die Schalldämmung	171
4.4.7	Leichte Hallendächer und Industriedächer	172
4.4.7.1	Allgemeines	172
4.4.7.2	Stahlleichtdächer	173
4.4.7.3	Sonstige Leichtdächer	176
4.4.7.4	Besonderheiten bei leichten Dächern	179
4.4.8	Oberlichter, Glasdächer, Lichtkuppeln (Dachflächenfenster in geneigten Dächern siehe 4.4.6)	183
4.4.8.1	Allgemeines	183
4.4.8.2	Oberlichter, Glasdächer	183
4.4.8.3	Lichtkuppeln	184
4.4.8.4	RWA-Anlagen (Rauch-und Wärmeabzugsanlagen)	186
4.5	Innentüren	188
4.5.1	Allgemeines	188
4.5.2	Anforderungen	188
4.5.3	Schalldämmung im Labor	188
4.5.4	Einfluss der Komponenten auf den Schallschutz	191
4.5.4.1	Türblätter	191

4.5.4.2	Zargendichtungen, Rohbauanschluss	191
4.5.4.3	Zargen	193
4.5.4.4	Bodendichtung	194
4.5.4.5	Oberlichter, Seitenlichter	197
4.5.4.6	Große Türelemente	197
4.5.5	Schalldämmende Glastüren	198
4.5.6	Übersicht	199
4.5.7	Türen in Montagewandsystemen	200
4.6	Abgehängte Unterdecken	204
4.6.1	Allgemeines	204
4.6.2	Schalllängsdämmung	205
4.6.2.1	Bestimmung der Norm-Flankenpegeldifferenz D_{nf} im Prüfstand	205
4.6.2.2	Konstruktive Einflüsse auf die Schalllängsdämmung	206
4.6.3	Verbesserung des Schallschutzes durch abgehängte Unterdecken	211
4.6.3.1	Luftschalldämmung	211
4.6.3.2	Trittschalldämmung	211
4.6.4	Luftschalldämmung im einfachen Durchgang	212
4.7	Systemböden	216
4.7.1	Allgemeines	216
4.7.2	Doppelböden	217
4.7.2.1	Schalllängsdämmung	217
4.7.2.2	Norm-Flankentrittschallpegel	220
4.7.2.3	Vertikaler schalltechnischer Einfluss von Doppelböden	222
4.7.2.4	Schalldämmung von Doppelböden (im einfachen Durchgang)	225
4.7.2.5	Schallabsorption spezieller Doppelböden	225
4.7.2.6	Gehgeräusche auf Doppelböden	226
4.7.2.7	Schalltechnische Mängel bei Doppelbodenkonstruktionen	226
4.7.3	Hohlböden	228
4.7.3.1	Zur Messung im Labor	228
4.7.3.2	Norm-Flankenpegeldifferenz D_{nf}	228
4.7.3.3	Norm-Flankentrittschallpegel L_{nf}	229
4.7.3.4	Vertikale Einflüsse von Hohlböden	231
4.7.3.5	Akustische Mängel im Zusammenhang mit Hohlböden	233
4.8	Fertigbäder (Sanitärzellen)	237
4.8.1	Allgemeines	237
4.8.1.1	Beschreibung	237
4.8.1.2	Zum schalltechnischen Nachweis	237
4.8.2	Luftschalldämmung	239
4.8.2.1	Luftschalldämmung zwischen nebeneinander stehenden Zellen	239
4.8.2.2	Schalldämmung Fertigbad zum Flur sowie zum „eigenen“ Zimmer	240
4.8.2.3	Vertikale Luftschalldämmung	241
4.8.3	Trittschalldämmung	241
4.8.3.1	Trittschallminderung	241
4.8.3.2	Ausführungsmängel	243

4.8.3.3	Trittschallschutz kompletter Systeme	244
4.8.3.4	Geräusche haustechnischer Anlagen	245
4.9	Fenster und Fassaden	246
4.9.1	Einleitung	246
4.9.2	Einflüsse auf die Schalldämmung	246
4.9.2.1	Verglasung	246
4.9.2.2	Einbausituation	249
4.9.3	Konstruktionen..	250
4.9.3.1	Fenster	250
4.9.3.2	Fassaden	254
4.9.3.3	Sonderfassaden	259
4.9.3.4	Besonderheiten beim Schallschutz von Fenstern und Fassaden	261
4.9.4	Geschlossene Fassaden	264
4.9.4.1	WärmedämmVerbundsysteme (WDVS)	264
4.9.4.2	Vorgehängte Fassaden	266
5	Schalltechnische Messungen	271
5.1	Allgemeines	271
5.2	Nachweis der Güte der Ausführung („Güteprüfungen“)	271
5.2.1	Nach DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ [21]	271
5.2.2	Nach der neuen DIN 4109 [1]	271
5.3	Prüfstellen	271
5.4	Messgeräte	273
5.5	Mikrofone	274
5.6	Mikrofonstative	275
5.7	Lautsprecher	275
5.8	Norm-Hammerwerk	277
5.9	Luftschalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen	277
5.9.1	Erzeugung des Schallfeldes im Senderaum	278
5.9.2	Bestimmung des mittleren Schalldruckpegels	278
5.9.3	Mittelungszeit	279
5.9.4	Frequenzbereich	279
5.9.5	Messung der Nachhallzeit und Berechnung der äquivalenten Schallabsorptionsfläche	280
5.9.6	Schalldämmmaß	280
5.9.7	Fläche des Trennbauteils	281
5.9.8	Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes	282
5.9.9	Spektrum-Anpassungswerte	283
5.9.10	Darstellung der Ergebnisse	284

5.10	Trittschalldämmung von Decken, Treppen usw. in Gebäuden	284
5.10.1	Erzeugung des Schallfeldes im Senderaum	284
5.10.2	Bestimmung des Trittschallpegels	285
5.10.3	Norm-Trittschallpegel	285
5.10.4	Luftschallbeitrag des Norm-Hammerwerkes	285
5.10.5	Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels	286
5.10.6	Spektrum-Anpassungswert	287
5.10.7	Angabe der Ergebnisse	288
5.11	Haustechnische Anlagen	288
5.11.1	Allgemeines	288
5.11.2	DIN 52 219	288
5.11.2.1	Zustand der Anlage	288
5.11.2.2	Messung des Schallpegels	289
5.11.2.3	Berücksichtigung der Schallabsorption	289
5.11.2.4	Bestimmung des Installationsschallpegels	289
5.11.3	DIN EN ISO 10052 [76]	290
5.11.3.1	Allgemeines	290
5.11.3.2	Messung der Schalldruckpegel von haustechnischen Anlagen	290
5.11.3.3	Berücksichtigung der Schallabsorption	290
5.11.3.4	Betriebszyklen	291
5.12	Fehler bei der Bestimmung der Messergebnisse	291
5.12.1	Während der Messungen	291
5.12.2	Auswertung der Messergebnisse	292
5.13	Leckagen bei der Messung der Luftschalldämmung	292
5.13.1	Ortung	292
5.13.2	Typische Leckagen	293
5.14	Messverfahren nach Entwurf DIN EN ISO 16 283-1	293
5.14.1	Allgemeines	293
5.14.2	Personen in den zu untersuchenden Räumen	293
5.14.3	Ermittlung des Schalldämmmaßes pro Lautsprecherposition	293
5.14.4	Niederfrequenzmethode	293
5.15	Messverfahren nach Entwurf DIN EN ISO 16 283-2	294
6	Nachweise des Schallschutzes	295
6.1	Allgemeines, Geschichtliches	295
6.2	Luftschalldämmung	295
6.2.1	Direktschall und Flankenübertragung	295
6.2.2	Berechnungsprinzip nach E DIN 4109:2013 [1]	296
6.2.2.1	Berechnungsprinzip für den Massivbau	296
6.2.2.2	Berechnungsprinzip nach E DIN 4109:2013 für den Skelettbau	297
6.2.2.3	Berechnungsprinzip für leichte Massivfassaden	297

6.2.3	Beispielrechnungen nach alter Norm [22] und neuer Norm [1,2]	299
6.2.3.1	Luftschalldämmung im Skelettbau	299
6.2.3.2	Luftschalldämmung im Massivbau, schwere Massivbauteile	301
6.2.3.3	Luftschalldämmung mit leichten Massivfassaden	303
6.2.3.4	Zweischalige Massivwände	307
6.3	Trittschalldämmung	307
6.3.1	Trittschalldämmung im Massivbau	307
6.3.2	Trittschalldämmung im Holzbau	308
6.3.2.1	Trittschalldämmung von Holzdecken mit flankierenden Holzwänden....	308
6.3.2.2	Trittschalldämmung von Holzdecken mit flankierenden Massivwänden	309
6.3.3	Trittschalldämmung zwischen Gebäuden mit zweischaliger massiver Haustrennwand (Doppel- und Reihenhäuser)	309
6.3.4	Trittschalldämmung von Treppen	310
6.4	Schallschutz gegen Außenlärm	310
6.4.1	Allgemeines	310
6.4.2	Ermittlungen des maßgeblichen Außenlärmpegels	310
6.4.3	Ermittlung des erforderlichen resultierenden Schalldämmmaßes R'	311
6.4.4	Ermittlung der erforderlichen Schalldämmung der Einzelbauteile	312
6.5	Haustechnische Anlagen	313
6.6	Regelungen des Rechenverfahrens	313
6.6.1	Vorhaltemaß contra Prognosestreuung	313
6.6.2	Numerische Genauigkeit der Berechnung	313
6.6.3	Benennung von Rechen- und Anforderungswerten	313
6.6.4	Die Bedeutung von Bemessungstabellen	314
6.6.5	Kritik an dem neuen Rechenverfahren	314
6.7	Nachweis nach VDI4100	315
6.7.1	Nachweis nach der neuen DIN 4109 [1]	315
6.7.2	Nachweis nach der Methodik der DIN 4109 Beiblatt 1 [22]	315
6.7.2.1	Schallschutzstufe SSt II	315
6.7.2.2	Beispiel für ein Mehrparteienwohnhaus mit SSt III	316
6.8	Sonstige Nachweise	317
6.8.1	Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung (24. BImSchV) [113]	317
6.8.2	Schallschutzmaßnahmen gegen Fluglärm	320
Anhang 1	ABP-Prüfstellen	323
Anhang 2	VMPA-Prüfstellen	325
Literatur		337
Stichwortverzeichnis		347