

Peter Schulz

**Schallschutz · Wärmeschutz · Feuchteschutz ·
Brandschutz**

Handbuch für den Innenausbau

Deutsche Verlags-Anstalt
Stuttgart München

Inhalt

Vorworte	15
Teil I – Schallschutz im Innenausbau	
1 Notwendigkeit des Schallschutzes	17
1.1 Auswirkungen des Lärms auf die Gesundheit	17
1.2 Bekämpfung des Lärms	18
1.2.1 Bundesimmissionsschutzgesetz	18
1.2.2 Baunutzungsverordnung	19
1.2.3 Baulärmschutzgesetz	20
1.2.4 Gewerbeordnung	21
1.2.5 VDI-Richtlinien	21
1.2.6 Technische Normen	22
1.2.7 Landesbauordnungen	24
1.2.8 Empfehlungen der medizinischen Wissenschaft zur Lärmbekämpfung	24
1.2.9 Zivilrechtliche und strafrechtliche Bestimmungen	25
1.3 Möglichkeiten zur Verhinderung der Lärmausbreitung	26
1.3.1 Verwendung lärmarmen Maschinen	26
1.3.2 Kapselung der Lärmquelle	27
1.3.3 Einbau schalldämmender Bauteile	27
1.3.4 Anordnung schallschluckender Stoffe	27
1.3.5 Verwendung körperschalldämmender Elemente	27
1.3.6 Durchführung körperschalldämpfender Maßnahmen	28
2 Physikalische und schalltechnische Grundlagen und Begriffe	28
2.1 Schall	28
2.2 Ton und Geräusch	30
2.3 Lärm	30
2.4 Luftschall	31
2.5 Körperschall	31
2.6 Schallgeschwindigkeit c	31
2.7 Frequenz des Schalls	32
2.8 Wellenlänge	32
2.9 Schalldruck p (en: pressure)	33
2.10 Schallpegel L (en: Level) oder Schalldruckpegel L_p	33
2.11 Lautstärkepegel	34

2.12	A-bewerteter Schallpegel L_A oder A-Schalldruckpegel L_{pA}	34
2.13	Mittelungspegel L_{AFm} oder L_m	37
2.14	Äquivalenter Dauerschallpegel L_{eq}	38
2.15	Maximalpegel $L_{AF,max}$	38
2.16	Mittlerer Maximalpegel L (oder $\overline{L_{AF,max}}$)	38
2.17	Beurteilungspegel L_r (en: rating level)	38
2.18	Armaturengeräuschpegel L_{ap} , Installationsgeräuschpegel L_{in}	40
2.19	Schalldämmung	40
2.20	Luftschalldämmung	41
2.20.1	Schalldämm-Maß R (en: reduction)	41
2.20.2	Bewertetes Schalldämm-Maß R_w	43
2.20.3	Norm-Schallpegeldifferenz D_n	43
2.20.4	Bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$	44
2.20.5	Nebenwegübertragung	44
2.20.6	Schachtpegeldifferenz D_k	44
2.21	Trittschalldämmung	45
2.21.1	Norm-Trittschallpegel L_n	45
2.21.2	Bewerteter Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$	47
2.21.3	Äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel $L_{n,w,eq}$	47
2.21.4	Trittschallverbesserungsmaß ΔL_w	49
2.22	Kennzeichnung der Bauteile	49
2.23	Kennzeichnung der Schalldruckpegel aus haustechnischen Anlagen und aus Betrieben	50
3	Anforderungen an den Schallschutz	50
3.1	Anforderungen an den Schallschutz gegen Schallübertragung aus einem fremden Wohn- und Arbeitsbereich innerhalb eines Gebäudes sowie Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz	51
3.2	Empfehlungen für den Schallschutz gegen Schallübertragung im eigenen Wohn- oder Arbeitsbereich	65
3.3	Nachweis der Eignung der Bauteile	69
3.3.1	Vorhaltemaß	69
3.3.2	Eignungsnachweis	69
3.4	Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen gegen die Übertragung von Außenlärm	72
3.4.1	Anforderungen an Außenwände	72
3.4.2	Anforderungen an Decken und Dächer	72
3.4.3	Einfluss von Rollladenkästen und Lüftungseinrichtungen	73
3.4.4	Anforderungen nach der Fluglärmverordnung	74

3.5	Schallpegelrichtwerte für Arbeitslärm am Arbeitsplatz.	75
4	Schallschutz bei Wänden	75
4.1	Luftschallschutz bei einschaligen Wänden.	75
4.1.1	Wege des Luftschalls.	75
4.1.2	Luftschallverhalten und Luftschalldämmung einschaliger Wände	75
4.1.2.1	Flächenbezogene Masse	77
4.1.2.2	Biegesteifigkeit, Spuranpassung und Grenzfrequenz	77
4.1.2.3	Inhomogenität	81
4.1.2.4	Dichtheit	82
4.1.2.5	Flankenübertragung	82
4.1.3	Einschalige Wandkonstruktionen.	83
4.2	Luftschallschutz bei zweischaligen Wänden	86
4.2.1	Wege des Luftschalls.	86
4.2.2	Luftschallverhalten und Luftschalldämmung zweischaliger Wände	86
4.2.2.1	Schallbrücken.	86
4.2.2.2	Randeinspannung	87
4.2.2.3	Hohlraumdämpfung.	87
4.2.2.4	Resonanzfrequenz	90
4.2.2.5	Flankenübertragung.	92
4.2.3	Zweischalige Wandkonstruktionen	96
4.2.3.1	Wandkonstruktionen mit zwei schweren, biegesteifen Schalen.	96
4.2.3.2	Wandkonstruktionen mit biegeweicher Vorsatzschale	96
4.2.3.3	Wandkonstruktionen mit zwei biegeweichen Schalen	101
4.2.4	Konstruktion schalldämmender leichter Trennwände.	101
4.2.4.1	Begriffsbestimmung	101
4.2.4.2	Konstruktive Grundsätze	102
4.2.4.3	Konstruktionsbeispiele für leichte Trennwände.	104
5	Einfluss flankierender Bauteile auf die Schalldämmung von trennenden Bauteilen	113
5.1	Rechenverfahren	113
5.1.1	Ermittlung der Korrekturwerte $K_{L,1}$ und $K_{L,2}$ für trennende Bauteile bei Gebäuden in Massivbauart.	113

5.1.1.1	Ermittlung der mittleren flächenbezogenen Masse $m'_{L,Mittel}$ der flankierenden Bauteile, wenn das trennende Bauteil biegesteif ausgeführt ist (Rechenverfahren A)	114
5.1.1.2	Ermittlung der mittleren flächenbezogenen Masse $m'_{L,Mittel}$ der flankierenden Bauteile, wenn das trennende Bauteil aus biegeweichen Schalen oder als Holzbalkendecke ausgeführt ist (Rechenverfahren B)	116
5.1.1.3	Ermittlung des Korrekturwerts $K_{L,2}$ zur Berücksichtigung von Vorsatzschalen und biegeweichen, flankierenden Bauteilen.	118
5.1.2	Ermittlung des resultierenden Schalldämm-Maßes $R'_{w,R}$ für trennende Bauteile bei Gebäuden in Skelett- und Holzbauart	118
5.1.2.1	Vereinfachter Nachweis	119
5.1.2.2	Rechnerische Ermittlung des resultierenden Schalldämm-Maßes $R'_{w,R}$	119
6	Schallschutz bei Decken	120
6.1	Begriffsbestimmung	120
6.2	Luftschalldämmung bei Decken	120
6.2.1	Luftschalldämmung bei Massivdecken	120
6.2.2	Luftschalldämmung bei Holzbalkendecken	123
6.3	Trittschalldämmung bei Decken	124
6.3.1	Trittschalldämmung bei Massivdecken	124
6.3.2	Deckenauflagen	124
6.3.2.1	Schwimmende Estriche	126
6.3.2.2	Schwimmende Holzfußböden	130
6.3.2.3	Weichfedernde Bodenbeläge	130
6.3.3	Trittschalldämmung bei Holzbalkendecken	134
6.3.3.1	Berechnung des Trittschallschutzes einer Holzbalkendecke	140
7	Schallschutz bei Fenstern	148
7.1	Einfluss der Dämmwirkung des Fensters auf die Wand, in die es eingebaut ist.	148
7.2	Einflussgrößen beim Schallschutz am Fenster	150
7.2.1	Glasscheibendicke	150
7.2.2	Glasscheibenabstand	152
7.2.3	Schalleinfallswinkel	153

7.2.4	Schalldämmende Mehrscheiben-Isoliergläser	154
7.2.5	Randeinspannung	155
7.2.6	Randdämpfung	157
7.2.7	Wandanschluss	157
7.2.8	Fugendurchlässigkeit.	157
7.3	Schalldämmende Lüftungsfenster	159
7.4	Einfluss des Rollladens auf die Schalldämmung	161
7.5	Schallschutzklassen bei Fenstern	162
7.6	Ermittlung des Schallschutzes bei Fenstern	163
7.7	Konstruktionsbeispiele für schalldämmende Fenster	171
8	Schallschutz bei Türen	177
8.1	Schalldämm-Maße bei Türen	177
8.2	Einfluss der Dämmwirkung auf die umgebende Wand	178
8.3	Konstruktive Möglichkeiten für Türblätter.	178
8.3.1	Einschalige Türblätter	178
8.3.2	Türblätter mit Spanten	179
8.3.3	Türblätter in Sandwichbauart	179
8.3.4	Doppelschalige Türblätter	184
8.3.5	Stahlblechtüren	186
8.4	Dichtungen an der Tür	186
8.4.1	Abdichtung der Türfalze	187
8.4.2	Abdichtung der Bodenfuge	197
8.4.3	Abdichtung am Wandanschluss	197
9	Schallschutz durch Schallschluckung (Absorption)	198
9.1	Physikalische Vorgänge bei der Schallabsorption.	199
9.2	Arten von Schallabsorbern	200
9.2.1	Poröse Absorber	201
9.2.2	Resonanzabsorber.	204
	Absorber im Mitteltonbereich	204
9.3	Schallabsorptionsgrad.	204
9.4	Schallabsorbierende Konstruktionen	206
9.5	Hörsamkeit im Raum	207
Teil II – Wärmeschutz im Innenausbau		
1	Notwendigkeit des Wärmeschutzes	214
1.1	Auswirkungen des Wärmeschutzes auf die Gesundheit des Menschen	214
1.2	Wirtschaftliche Bedeutung des Wärmeschutzes	217

2	Physikalische und wärmeschutztechnische Grundlagen und Begriffe	218
2.1	Wärme	218
2.2	Temperatur	219
2.3	Wärmemenge	219
2.4	Spezifische Wärmekapazität	220
2.5	Wärmeübertragung	220
2.5.1	Wärmestrahlung	220
2.5.2	Wärmemitführung (Konvektion)	221
2.5.3	Wärmeleitung	221
2.6	Wärmeleitfähigkeit	222
2.7	Wärmedurchlasskoeffizient	223
2.8	Wärmedurchlasswiderstand	229
2.8.1	Wärmedurchlasswiderstand bei einschichtigen Bauteilen	229
2.8.2	Wärmedurchlasswiderstand bei mehrschichtigen Bauteilen	230
2.8.3	Wärmedurchlasswiderstände von Luftschichten	230
2.9	Wärmedurchlasswiderstände von Dachräumen	232
2.10	Wärmeübergangskoeffizient und Wärmeübergangswiderstand	233
2.11	Wärmedurchgangswiderstand	236
2.12	Wärmedurchgangskoeffizient	236
3	Anforderungen an den Wärmeschutz	237
3.1	Anforderungen an den Wärmeschutz im Winter	238
3.2	Anforderungen an nichttransparente Einzelbauteile nach DIN 4108	238
3.3	Energieeinsparverordnung (EnEV)	240
3.3.1	Anforderungen nach der Energieeinsparverordnung zur Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs für Wohngebäude mit normalen Innentemperaturen von $\geq 19^{\circ}\text{C}$	243
3.3.2	Verfahren zur Berechnung des Jahresheizwärme- und Energiebedarfs	243
3.3.3	Berechnungsmöglichkeiten	243
3.3.4	Bezugsgrößen zur Bestimmung des Jahres-Primärenergiebedarfs	246
3.3.4.1	Beheiztes Bauwerksvolumen	246
3.3.4.2	Gebäudenutzfläche	246
3.3.4.3	Hüllflächenfaktor (A/V_e -Verhältnis)	246
3.3.4.4	Wärmeübertragende Umfassungsfläche eines Gebäudes	247

3.3.4.5	Temperatur-Korrekturfaktor	248
3.3.4.6	Berücksichtigung von Wärmebrücken	248
3.3.4.7	Anforderungen an die Dichtheit von Gebäuden und Gebäudeteilen	249
3.3.4.8	Anforderungen an die Fugendurchlässigkeit bei Fenstern	251
3.3.4.9	Begrenzung des Transmissionswärmeverlusts bei Fenstern	252
3.3.4.10	Äußere Abschlüsse bei Fenstern	253
3.3.4.11	Solare Wärmergewinnung	257
3.3.4.12	Interne Wärmergewinne	258
3.3.4.13	Anlagenaufwandszahl	258
3.3.4.14	Gesamt-Endenergiebedarf	258
3.4	Wärmeschutz bei aneinandergereihten Gebäuden	260
3.5	Wärmeschutz für Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen	260
3.6	Anforderungen zur Begrenzung des Wärmedurchgangs bei erstmaligem Einbau, Ersatz oder Erneuerung von Außenbau- teilen bestehender Gebäude (vereinfachtes Nachweisverfahren)	261
3.6.1	Anforderungen an den U -Wert für einzelne Außen- bauteile bei kleinen Wohngebäuden (vereinfachtes Nachweisverfahren)	261
3.7	Anforderungen an den Wärmeschutz im Sommer	264
3.7.1	Allgemeine Anforderungen	264
3.7.2	Nachweis des Sonneneintragskennwertes nach DIN 4108-2	264
3.7.2.1	Bestimmung des raumbezogenen Sonnen- eintragskennwertes S	265
3.7.2.2	Bestimmung des Höchstwertes des raum- bezogenen Sonneneintragskennwertes S_{\max}	266
3.8	Wärmespeicherfähigkeit der raumumschließenden Bauteile	267
4	Berechnung und Bewertung des Wärmeschutzes	268
4.1	Berechnung des Wärmeschutzes bei Einzelbauteilen	268
4.2	Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs für ein Gebäude nach der Energieeinsparverordnung	286
4.3	Energie- und Wärmebedarfsausweis	291
4.4	Berechnung des Brennstoffbedarfs	294
4.5	Berechnung des sommerlichen Wärmeschutzes	296
4.5.1	Notwendigkeit des Nachweises	296
4.5.2	Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes	296

5	Wärmedämmende Maßnahmen und Konstruktionen	298
5.1	Wärmedämmung bei Wänden	298
5.2	Wärmedämmung bei Decken	302
5.3	Wärmedämmung bei Dächern	304
5.4	Wärmedämmung bei Wärmebrücken	306
5.5	Wärmedämmung bei Fenstern	306
5.5.1	Maßnahmen gegen Wärmeverluste durch Wärmeleitung ..	306
5.5.2	Maßnahmen gegen Wärmeverluste durch Strahlung und gegen Wärmeeinstrahlung von außen	310
5.5.3	Maßnahmen gegen Wärmeverluste durch Wärme- mitführung	313
6	Ökologisches Bauen	315
6.1	Baustandard eines Passivhauses	316

Teil III – Feuchteschutz im Innenausbau

1	Notwendigkeit des klimabedingten Feuchteschutzes	319
2	Physikalische und feuchteschutztechnische Grundlagen und Begriffe ..	320
2.1	Luft und Feuchtigkeit	320
2.2	Taupunkt	320
2.3	Wasserdampfdiffusion	320
2.4	Wasserdampf-Diffusionswiderstand	321
3	Tauwasserbildung auf Oberflächen von Bauteilen	325
3.1	Entstehung von Tauwasser auf Bauteiloberflächen	325
3.2	Verhinderung der Tauwasserbildung auf Bauteiloberflächen	326
4	Durchfeuchtung eines Bauteils mangels Abdichtung	328
5	Tauwasserbildung im Innern von Bauteilen	330
5.1	Entstehung von Tauwasser im Bauteilinnern	330
5.2	Anforderungen	330
5.3	Verhinderung der Tauwasserbildung im Bauteilinnern	333
5.4	Ermittlung des Tauwasserausfalls	341
5.4.1	Klimabedingungen	341
5.4.2	Rechenverfahren	342
5.4.2.1	Rechengang	342
5.4.2.2	Graphisches Verfahren	343
5.4.2.3	Berechnung der Tauwasser- und Verdunstungswassermenge	345

Teil IV – Brandschutz im Innenausbau

1	Notwendigkeit des Brandschutzes	360
2	Bauaufsichtliche Vorschriften für den Brandschutz	360
3	Brandschutztechnische Grundlagen und Begriffe	361
3.1	Brand	361
3.2	Zündtemperatur	361
3.3	Verbrennungstemperatur	361
3.4	Feuerwiderstandsdauer	361
3.5	Brandabschnitt	362
3.6	Raumabschließende Bauteile	362
3.7	Brandbelastung	362
3.8	Feuerausbreitungsgeschwindigkeit	362
3.9	Brandrisiko	362
4	Entstehung und Ablauf eines Brandes	363
5	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen	364
5.1	Brandverhalten von Baustoffen	364
5.1.1	Baustoffklassen	365
5.1.2	Nachweis der Baustoffklasse	366
5.1.3	Kennzeichnung von Baustoffen	366
5.2	Brandverhalten von Bauteilen	367
5.2.1	Feuerwiderstandsklassen für Bauteile	367
5.2.2	Prüfanforderungen an Bauteile	371
5.2.2.1	Wände, Decken, Stützen, Unterzüge	371
5.2.2.2	Brandwände	375
5.2.2.3	Nichttragende Außenwände, Brüstungen, Schürzen	375
5.2.2.4	Feuerschutzabschlüsse	375
5.2.2.5	Verglasungen	376
5.2.2.6	Lüftungsleitungen	376
5.2.2.7	Elektroinstallationen	376
5.2.3	Europäische Klassifizierung für das Brandverhalten von Bauteilen	377
6	Brandschutzanforderungen nach der Landesbauordnung	379
6.1	Bauregelliste	385
6.1.1	Geregelte Bauprodukte	385
6.1.2	Nicht geregelte Bauprodukte und Bauarten	385
6.1.3	Andere Bauprodukte	387
6.1.4	Übereinstimmungsnachweis und Bauprodukt- kennzeichnung	387

7	Vorbeugender Brandschutz durch Baumaßnahmen	394
7.1	Baustoffe für den Brandschutz	394
7.1.1	Plattenwerkstoffe	394
7.1.2	Dämmstoffe	394
7.1.3	Beschichtungsmaterialien für Oberflächen von Bauteilen.	399
7.1.3.1	Lacke	399
7.1.3.2	Dekorative Schichtpressstoffplatten und Kunststofffolien	401
7.1.4	Klebstoffe	402
7.1.5	Dichtstoffe	403
7.2	Brandschutz für Bauteile	403
7.2.1	Brandschutz für Bauteile aus Stahl.	404
7.2.2	Brandschutz für Bauteile aus Stahlbeton	405
7.2.3	Brandschutz für Bauteile aus Holz	405
7.2.3.1	Bauliche Holzschutzmaßnahmen	408
7.2.3.2	Chemische Holzschutzmaßnahmen	411
7.2.4	Brandschutz bei Türen.	412
7.2.4.1	Feuerschutztüren	412
7.2.4.2	Rauchschutztüren	416
7.2.5	Brandschutz bei Verglasungen.	418
8	Vorbeugender Brandschutz durch Einbau von Frühwarnanlagen und Bereitstellen von Löscheinrichtungen	420
8.1	Brandmeldeeinrichtungen.	420
8.2	Feuerlöscheinrichtungen.	420
8.2.1	Feuerlöschgeräte.	421
8.2.2	Selbsttätige Feuerlöschanlagen	421
8.3	Rauch- und Wärmeabzugsanlagen	422
 Anhang		
1	Übersicht über Größen und Einheiten	424
1.1	Schallschutztechnische Größen und Einheiten.	424
1.2	Wärmeschutztechnische Größen und Einheiten	425
1.3	Feuchteschutztechnische Größen und Einheiten	427
2	Verzeichnis über wichtige Normvorschriften, VDI-Richtlinien und Verordnungen	427
3	Literatur	433
	Sachwortverzeichnis	435