

Professor Dr.-Ing. habil. Karl Gösele
Professor Dr.-Ing. Walter Schüle
Dr.-Ing. Helmut Künzel

Schall · Wärme · Feuchte

Grundlagen, neue Erkenntnisse und Ausführungshinweise
für den Hochbau

10., völlig neubearbeitete Auflage

Bauverlag · Wiesbaden und Berlin

Inhaltsverzeichnis

Karl Gösele

A Schallschutz

1	Allgemeines	15
2	Einige Grundbegriffe	18
2.1	Schallpegel, Lautstärke, Frequenz	18
2.2	Luft- und Körperschallanregung.	19
2.3	Schallabsorption	20
3	Die Mindestanforderungen an den Schallschutz von Bauten	21
3.1	Schallschutz erfordernde Bauteile	21
3.1.1	In Mehrfamilienhäusern	21
3.1.2	In Einfamilienhäusern	22
3.1.3	In sonstigen Bauten	23
3.2	Zahlenmäßige Anforderungen an den Schallschutz	23
3.2.1	Trenndecken und Trennwände	23
3.2.2	Zwischenwände und Decken innerhalb von Wohnungen	23
3.2.3	Zwischenwände in Verwaltungsbauten u. ä.	23
3.2.4	Haustechnische Gemeinschaftsanlagen	27
3.2.5	Außenlärm	28
3.2.5.1	Außenbauteile.	28
3.2.5.2	Zulässiger Außenlärm.	28
3.3	Nachweis des geforderten Schallschutzes	29
4	Luftschallschutz	30
4.1	Kennzeichnung und Messung	31
4.2	Grundsätzliches Verhalten	33
4.2.1	Einschalige Wände und Decken	33
4.2.1.1	Einfluß von Undichtheiten	33
4.2.1.2	Einfluß der Masse und Biegesteife	35
4.2.1.3	Einfluß von Inhomogenitäten	39
4.2.1.4	Einfluß der Materialdämpfung	40
4.2.1.5	Einfluß von Dickenresonanzen	41
4.2.1.6	Dickenresonanzen bei Lochsteinen	42
4.2.1.7	Rechenwerte nach DIN 4109	43
4.2.1.8	R_w - und R'_w -Werte bei einschaligen Wänden	43
4.2.2	Zweischalige Wände.	44
4.2.2.1	Übertragung über die Luftschicht (Weg A)	44
4.2.2.2	Körperschallübertragung auf die Anschlußstellen (Weg B)	49
4.2.2.3	Der Abstrahleffekt	50
4.2.2.4	Übertragung über Verbindungen zwischen den Schalen (Weg C)	51
4.2.3	Schallängsleitung	52
4.2.3.1	Allgemeines	52
4.2.3.2	Definition	53
4.2.3.3	Gesetzmäßigkeiten	53
4.2.3.3.1	In Massivbauten	54
4.2.3.3.2	In Skelettbauten	55

4.2.3.4	Rechenverfahren	56
4.2.3.4.1	Massivbauten mit tragenden Wänden	56
4.2.3.4.2	Skelettbauten	59
4.3	Ausgeführte Trennwände	60
4.3.1	Einschalige Trennwände.	60
4.3.2	Zweischalige Wände.	60
4.3.2.1	Wände mit zwei biegeweichen Schalen	63
4.3.2.2	Wände aus zwei steifen Schalen	63
4.3.2.3	Schalldämmende Verkleidungen	64
4.3.2.4	Zweischalige Haustrennwände	66
4.3.2.4.1	Früheres Verhalten	66
4.3.2.4.2	Berechnung der Dämmung	67
4.3.2.4.3	Einfluß der Dämmschicht	69
4.3.2.4.4	Schallbrücken	70
4.3.2.4.5	Gemeinsames Fundament?	71
4.3.2.4.6	Dachanschluß	72
4.3.2.4.7	Wände mit Betonschalen	72
4.3.2.4.8	Beispiele.	72
4.3.2.4.9	Nichttragende Haustrennwände.	72
4.3.2.4.10	Einfach- oder doppelschalige Haustrennwand?	73
4.3.2.5	Unzweckmäßige Wandverkleidungen	74
4.4	Luftschallschutz ausgeführter Decken.	75
4.4.1	Decken ohne Fußboden	75
4.4.1.1	Einschalige Decken	77
4.4.1.2	Zweischalige Decken	78
4.4.2	Verbesserung der Luftschalldämmung durch Fußböden.	78
4.5	Fenster und Türen.	79
4.5.1	Fenster	79
4.5.2	Türen	85
4.6	Praktische Maßnahmen zur Verringerung der Längsdämmung bei Massivbauten	88
4.6.1	Bedeutung der Masse des Trennbauteils.	88
4.6.2	Zu leichte Trennbauteile	88
4.6.3	Der „stumpfe Stoß“	89
4.6.4	Schalldämmende Verkleidungen	89
4.6.5	Ungeeignete Verkleidungen	90
4.6.6	Resonanzen in Mauersteinen	90
4.6.7	Ständerwände mit biegeweichen Schalen	91
4.6.8	Horizontale Dämmschichten unter Wänden.	92
4.6.9	Vertikale Trennfugen	93
4.6.10	Fachwerkwände	93
4.6.11	Zukünftige Verbesserungsmöglichkeiten	93
5	Trittschallschutz	95
5.1	Kennzeichnung von Decken	95
5.2	Kennzeichnung der Trittschalldämmung von Fußböden.	99
5.3	Vorherberechnung des Trittschallschutzes.	102
5.4	Grundsätzliches Verhalten	102
5.4.1	Massivdecken	102
5.4.1.1	Einschalige, homogene Decken	102

5.4.1.2	Rippen- und Hohlkörperdecken	104
5.4.1.3	Unterseitige Deckenverkleidungen	104
5.4.2	Fußböden	105
5.4.2.1	Verhalten von Gehbelägen	105
5.4.2.2	Verhalten von schwimmenden Estrichen	105
5.5	Ausgeführte Massivdecken	107
5.5.1	Decken ohne Belag	107
5.5.2	Fußböden	108
5.5.2.1	Schwimmend verlegte Estriche	108
5.5.2.1.1	Bautechnische Ausführung	108
5.5.2.1.2	Verhalten verschiedener Dämmschichten	110
5.5.2.1.3	Einfluß des Estrich-Materials	112
5.5.2.1.4	Schallbrücken	113
5.5.2.2	Holzfußböden	118
5.5.2.3	Gehbeläge	119
5.5.3	Alterungsverhalten von Trittschall-Dämmschichten.	119
5.6	Trittschallübertragung von Treppen	120
6	Schallschutz bei Holzbalkendecken	122
6.1	Berechnung der Schalldämmung	122
6.1.1	Trittschalldämmung	122
6.1.2	Luftschalldämmung	123
6.2	Verbesserungsmaßnahmen	124
6.2.1	Unterseitige Verkleidungen	124
6.2.2	Fußbodenaufbau	125
6.3	Verhalten neuer Holzbalkendecken	130
6.3.1	Konstruktion mit sichtbaren Balken.	130
6.3.2	Konstruktion mit Unterdecken	130
6.4	Sanierung alter Holzbalkendecken	130
7	Stand des Schallschutzes in Wohnbauten	132
7.1	Trittschallschutz	132
7.2	Luftschallschutz von Wohnungstrenndecken	132
7.3	Luftschallschutz von Wohnungstrennwänden	133
7.4	Haustrennwände	134
8	Schallschutz in Skelettbauten mit leichtem Ausbau	135
8.1	Vorherberechnung der Luftschalldämmung	135
8.2	Verhalten verschiedener Bauteile	136
8.2.1	Durchgezogene Estriche.	136
8.2.2	Bedeutung von Deckenverkleidungen für den Schallschutz der Decken	137
8.2.3	Hohlraumböden	138
8.2.4	Durchgezogene Teppichböden	139
8.2.5	Durchgezogene Deckenverkleidungen	139
8.2.6	Ausbildung der Zwischenwände.	142
9	Installationsgeräusche	143
9.1	Vorschriften	143
9.2	Wege zur Geräuschkürzung.	143
9.3	Verringerung der Armaturengeräusche (Weg 1).	144

9.4	Dämmung gegenüber Installationswand (Weg 2)	146
9.5	Einfluß der Installationswand (Weg 3).	147
9.6	Dämmstreifen an Wandkante (Weg 4).	149
9.7	Verhalten von Ständerwänden.	149
10	Schutz gegen Verkehrslärm	151
11	Schallschutz durch schallschluckende Verkleidungen	154
12	Grundsätzliches zum Aufbau von Schalldämmstoffen	159
12.1	Schalldämmende Einlagen in zweischaligen Wand- und Deckenhohl- räumen (Fall II)	159
12.2	Dämmstoffe für Estriche, Wandverkleidungen u. ä. (Fall III)	160
12.3	Wärme- und Schalldämmplatten – ein Gegensatz?	164

Walter Schüle / Helmut Künzel

B Wärmeschutz

1	Grundlagen und Stoffkennwerte	167
1.1	Wärmetransport unter stationären Bedingungen	167
1.1.1	Wärmeleitung	167
1.1.1.1	Einflüsse auf die Wärmeleitung	168
1.1.1.2	Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit	170
1.1.2	Wärmeübergang.	179
1.1.3	Wärmeaustausch durch Strahlung.	180
1.1.4	Wärmedurchgang durch Bauteile	182
1.1.4.1	Homogene Bauteile	182
1.1.4.2	Zusammengesetzte Bauteile.	182
1.1.4.3	Luftschichten	183
1.1.5	Temperaturverhältnisse in Bauteilen beim Wärmedurchgang	186
1.1.6	Wärmebrücken (von Hans Werner)	187
1.2	Wärmetransport unter instationären Bedingungen	189
1.2.1	Stoffkenngrößen.	190
1.2.1.1	Spezifische Wärmekapazität.	190
1.2.1.2	Temperaturleitfähigkeit	190
1.2.1.3	Wärmeeindringkoeffizient.	191
1.2.2	Aufheizen und Auskühlen.	191
1.2.3	Sonneneinstrahlung und Außentemperaturschwankungen	192
1.2.3.1	Nichttransparente Bauteile	194
1.2.3.2	Transparente Bauteile	196
1.2.4	Fußwärme	199
1.3	Wärmetransport durch Luftströmung (Konvektion)	199
2	Praktischer Wärmeschutz	201
2.1	Allgemeine Anmerkungen	201
2.2	Anforderungen an den Wärmeschutz im Winter	203
2.3	Empfehlungen für den Wärmeschutz im Sommer	206
2.4	Normung und Zulassung	207
2.5	Wärmedurchlaßwiderstände von Decken	208
2.6	Wärmedurchgangskoeffizienten (<i>k</i> -Werte) von Fenstern und Fen- stertüren.	208

C Feuchteschutz

1	Grundlagen und Stoffkennwerte	211
1.1	Luftfeuchte	211
1.2	Stofffeuchte	215
1.2.1	Angabe des Feuchtegehalts	215
1.2.2	Wasserdampf-Sorption	216
1.2.3	Praktische Feuchte / Bezugsfeuchte	218
1.2.4	Wasseraufnahme (Sättigungsfeuchte)	220
1.3	Mechanismen des Feuchtetransports	220
1.3.1	Wasserdampf-Diffusion	220
1.3.1.1	Wasserdampfdurchgang ohne Tauwasserausfall (Transportgleichung)	220
1.3.1.2	Wasserdampfdurchgang mit Tauwasserausfall (Glaserverfahren)	221
1.3.1.3	Meßmethoden und Stoffkennwerte	223
1.3.2	Kapillarleitung	227
1.3.2.1	Kapillare Wasseraufnahme	228
1.3.2.2	Kapillartransportkoeffizienten	229
1.3.2.3	Numerische Berechnung	231
1.3.3	Wasserumlenkung	231
2	Praktischer Feuchteschutz	232
2.1	Anforderungen nach DIN 4108, Teil 3.	232
2.1.1	Oberflächentauwasser	232
2.1.2	Tauwasser in Bauteilen durch Diffusion	233
2.1.2.1	Rechenverfahren, Randbedingungen	233
2.1.2.2	Pauschalbewertung nach DIN 4108	235
2.1.3	Regenschutz	236
2.1.3.1	Beanspruchungsgruppen	236
	<i>Anforderungen an Außenwände</i>	<i>238</i>

1.1.3	Kerndämmung	248
1.1.4	Innendämmung	248
1.1.5	Holzfachwerk	249
1.1.6	Perimeterdämmung	250
1.1.7	Feuchte Erdgeschoßwände	250
1.2	Flachdächer	251
1.2.1	Konventionelle Flachdächer	251
1.2.2	Umkehrdach (UK-Dach)	252
1.3	Steildächer	253
2	Gebäude	257
2.1	Die Wärmeschutzverordnung 1995 (von Hans Werner)	257
2.1.1	Allgemeines	257
2.1.2	Die Wärmeschutzverordnung im Überblick	258
2.1.3	Ermittlung des Heizenergiebedarfs von Gebäuden nach DIN EN 832	260
2.2	Thermisches Raumklima	263
2.2.1	Temperatur und Strahlung	263
2.2.2	Luftzug	264
2.3	Feuchtehaushalt	264
2.3.1	Feuchteproduktion und Feuchtelast	264
2.3.2	Feuchteabfuhr und Feuchtespeicherung	266
2.3.2.1	Dampfabzug / Tauwasserbildung	266
2.3.2.2	Luftwechsel	267
2.3.2.3	Wasserdampf-Sorption	269
2.3.3	Wohnungslüftung	271
2.4	Klima in alten Gebäuden	272
2.4.1	Unbeheizte Gebäude	272
2.4.2	Beheizte Gebäude	274

Walter Schüle / Helmut Künzel

E Wärmeschutz- und feuchtetechnische Rechnungen

1	Wärmeschutztechnische Rechnungen	277
1.1	Wärmedurchlaßwiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient	277
1.1.1	Homogene Bauteile	277
1.1.2	Zusammengesetzte Bauteile	278
1.1.2.1	Bauteile mit hintereinanderliegenden Schichten	278
1.1.2.2	Bauteile mit nebeneinanderliegenden Bereichen	278
1.2	Temperaturverhältnisse	280
1.2.1	Ebene Bauteile ohne Wärmebrücken	280
1.2.2	Wärmebrücken (von Hans Werner)	281
1.3	Ermittlung des Heizenergiebedarfs nach der Wärmeschutzverordnung	282
2	Feuchtetechnische Rechnungen	285
2.1	Vermeidung von Tauwasserbildung	285
2.2	Dampfdurchlaßwiderstand (S_D -Wert) und Dampfdurchlaßkoeffizient	285

2.3	Dampfdurchgang ohne Tauwasserausfall	286
2.4	Dampfdurchgang mit Tauwasserausfall (Glaserverfahren)	287
2.4.1	Berechnung des Tauwasserausfalls	287
2.4.2	Berechnung der Verdunstung	288
2.4.3	Feuchtebilanz	288

F **Anhang**

1	Normen zum Schall-, Wärme- und Feuchteschutz im Bauwesen	289
1.1	Schalltechnische Normen	289
1.2	Wärme- und feuchteschutztechnische Normen	290
1.3	Stoff- und Ausführungsnormen	292
1.4	Sonstige Normen	294
2	Literaturverzeichnis	295
2.1	Literatur zum Teil A	295
2.2	Literatur zu den Teilen B bis E	299