

Veröffentlichung der
Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen
Stuttgart
Band 75

FBW

Schall · Wärme · Feuchte

Grundlagen, Erfahrungen und
praktische Hinweise für den Hochbau

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

7., neubearbeitete und erweiterte Auflage

Physikalische Bibliothek
Fachbereich 5
Technische Universität Darmstadt
Hochschulstraße 4
D-64209 Darmstadt

pb 1808

BAUVERLAG GMBH · WIESBADEN UND BERLIN

A	Schallschutz	
1	Allgemeines	13
2	Einige Grundbegriffe	16
2.1	Schallpegel, Lautstärke, Frequenz	16
2.2	Luft- und Körperschallanregung	17
2.3	Schallabsorption	18
3	Die Mindestanforderungen an den Schallschutz von Bauten	19
3.1	Schallschutz erfordernde Bauteile	19
3.1.1	In Mehrfamilienhäusern	19
3.1.2	In Einfamilienhäusern	20
3.1.3	In sonstigen Bauten	21
3.2	Zahlenmäßige Anforderungen an den Schallschutz	21
3.2.1	Trenndecken und Trennwände	21
3.2.2	Zwischenwände und Decken innerhalb von Wohnungen	30
3.2.3	Zwischenwände in Verwaltungsbauten u. ä.	31
3.2.4	Haustechnische Gemeinschaftsanlagen	31
3.2.5	Außenlärm	31
3.2.5.1	Außenbauteile	31
3.2.5.2	Zulässiger Außenlärm	32
3.3	Nachweis des geforderten Schallschutzes	33
4	Luftschallschutz	34
4.1	Kennzeichnung und Messung	34
4.2	Grundsätzliches Verhalten	37
4.2.1	Einschalige Wände und Decken	37
4.2.1.1	Einfluß von Undichtheiten	37
4.2.1.2	Einfluß der Masse und Biegesteife	40
4.2.1.3	Einfluß von Inhomogenitäten	43
4.2.1.4	Einfluß der Materialdämpfung	45
4.2.2	Zweischalige Wände	45
4.2.2.1	Übertragung über die Luftschicht	45
4.2.2.2	Übertragung über die Randeinspannung	49
4.2.2.3	Übertragung über Verbindungen zwischen den Schalen	52
4.2.3	Längsleitung	53
4.3	Ausgeführte Trennwände	56
4.3.1	Einschalige Trennwände	56
4.3.2	Zweischalige Wände	58
4.3.2.1	Wände mit zwei biegeweichen Schalen	59
4.3.2.2	Wände aus zwei steifen Schalen	59
4.3.2.3	Schalldämmende Verkleidungen	62
4.3.2.4	Zweischalige Haustrennwände	64
4.3.2.5	Unzweckmäßige Wandausführung	67
4.4	Luftschallschutz ausgeführter Decken	68
4.4.1	Decken ohne Fußboden	68
4.4.1.1	Einschalige Decken	68
4.4.1.2	Zweischalige Decken	71
4.4.2	Verbesserung der Luftschalldämmung durch Fußböden	71
4.5	Fenster und Türen	72
4.5.1	Fenster	72
4.5.2	Türen	76
4.6	Praktische Maßnahmen zur Verringerung der Längsleitung	78

4.6.1	Einfluß der flächenbezogenen Masse	78
4.6.2	Einfluß der Stoßstellen	79
4.6.3	Einfluß von Trennfugen	80
4.6.4	Beeinflußung der Längsleitung durch Dämmplatten	80
4.6.5	Maßnahmen zur Verringerung der Längsleitung	83
4.7	Lüftungskamine	85
5	Trittschallschutz	87
5.1	Kennzeichnung von Decken	87
5.2	Kennzeichnung der Trittschalldämmung von Fußböden	90
5.3	Künftige Änderung der Kennzeichnung des Trittschallschutzes	93
5.4	Vorherberechnung des Trittschallschutzes	93
5.5	Grundsätzliches Verhalten	94
5.5.1	Decken	94
5.5.2	Fußböden	96
5.5.2.1	Verhalten von Gehbelägen	96
5.5.2.2	Verhalten von schwimmenden Estrichen	97
5.6	Ausgeführte Massivdecken	98
5.6.1	Decken ohne Belag	99
5.6.2	Fußböden	100
5.6.2.1	Schwimmend verlegte Estriche	100
5.6.2.1.1	Bautechnische Ausführung	100
5.6.2.1.2	Verhalten verschiedener Dämmschichten	101
5.6.2.1.3	Einfluß des Estrich-Materials	105
5.6.1.4	Verlege-Einflüsse	105
5.6.2.2	Holzfußböden	109
5.6.2.3	Gehbeläge	109
5.6.2.3.1	Gehbeläge mit geringfügiger Trittschalldämmung	110
5.6.2.3.2	Gehbeläge mit mittlerer Trittschalldämmung	110
5.6.2.3.3	Gehbeläge mit hoher Trittschalldämmung	110
5.6.3	Alterungsverhalten von Trittschall-Dämmschichten	110
5.7	Trittschallübertragung von Treppen	111
6	Schallschutz bei Holzbalkendecken	113
6.1	Maßnahmen zur Verbesserung des Schallschutzes	113
7	Stand des Schallschutzes in Wohnbauten	119
7.1	Trittschallschutz	119
7.2	Luftschallschutz von Massivdecken	119
7.3	Luftschallschutz von Wohnungstrennwänden	120
7.4	Luftschallschutz von Haustrennwänden	120
8	Schallschutz in Skelettbauten mit leichtem Ausbau	121
8.1	Vorherberechnung der Luftschalldämmung	121
8.2	Verhalten verschiedener Bauteile	122
8.2.1	Durchgezogene Estriche	122
8.2.2	Bedeutung von Deckenverkleidungen für den Schallschutz	122
8.2.3	Durchgezogene Teppichböden	124
8.2.4	Durchgezogene Deckenverkleidungen	124
8.2.5	Ausbildung der Zwischenwände	127
9	Installationsgeräusche	129
10	Schutz gegen Verkehrslärm	133
11	Schallschutz durch schallschluckende Verkleidungen	136

B

Wärmeschutz

1	Grundlagen und physikalische Zusammenhänge	141
1.1	Die physikalischen Gesetzmäßigkeiten bei Wärmeaustauschvorgängen im Beharrungszustand	141
1.1.1	Wärmeleitung	141
1.1.1.1	Zahlenwerte der Wärmeleitfähigkeit von Bau- und Dämmstoffen	142
1.1.1.1.1	Temperatureinfluß	142
1.1.1.1.2	Einfluß des Feuchtegehaltes	143
1.1.1.2	Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit	144
1.1.2	Wärmeübergang	152
1.1.3	Wärmeaustausch durch Strahlung	153
1.1.4	Der Wärmedurchgang durch Bauteile und Luftschichten	155
1.1.4.1	Homogene Bauteile	155
1.1.4.2	Zusammengesetzte Bauteile	156
1.1.4.2.1	Bauteile mit hintereinander liegenden Schichten	156
1.1.4.2.2	Bauteile mit nebeneinander liegenden Bereichen	156
1.1.4.3	Luftschichten	157
1.1.5	Temperaturverhältnisse auf und in Bauteilen	160
1.1.5.1	Oberflächentemperaturen	160
1.1.5.2	Temperatur der Trennflächen	160
1.1.6	Durchführung wärmeschutztechnischer Rechnungen	161
1.1.6.1	Wärmedurchlaßwiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient	161
1.1.6.1.1	Homogene Bauteile	161
1.1.6.1.2	Zusammengesetzte Bauteile	162
1.1.6.1.2.1	Bauteil mit hintereinander liegenden Schichten	162
1.1.6.1.2.2	Bauteile mit nebeneinander liegenden Bereichen	163
1.1.6.2	Temperaturverhältnisse	164
1.2	Instationäre Verhältnisse	165
1.2.1	Stoffgrößen	166
1.2.1.1	Spezifische Wärmekapazität	166
1.2.1.2	Temperaturleitfähigkeit	166
1.2.1.3	Wärmeeindringkoeffizient	167
1.2.2	Aufheizen und Auskühlen	167
1.2.3	Außentemperaturschwankungen	168
1.2.4	Fußwärme	170
1.2.4.1	Unbekleideter Fuß	171
1.2.4.2	Bekleideter Fuß	172
1.3	Wärmeverluste durch luftdurchlässige Bauteile (Fenster und Türen)	174
2	Praktischer Wärmeschutz	176
2.1	Die wärmeschutztechnischen Anforderungen	176
2.1.1	Wärmeschutztechnische Anforderungen und Empfehlungen der DIN 4108	176
2.1.1.1	Geltungsbereich des Teils 2 der DIN 4108	177
2.1.1.2	Anforderungen an den Wärmeschutz im Winter	177
2.1.1.3	Empfehlungen für den Wärmeschutz im Sommer	179
2.1.2	Wärmeschutzverordnung	182
2.1.2.1	Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten in Abhängigkeit von F/V	182
2.1.2.2	Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten einzelner Außenbauteile	184
2.1.2.3	Anforderungen an Fenster und Fenstertüren	186
2.1.3	Bemerkungen zu den Wärmeschutztechnischen Anforderungen an Bauteile	186
2.1.3.1	Außenwände	186
2.1.3.2	Treppenraumwände und Trenndecken zu Gebäudeteilen mit wesentlich niedrigerer Innentemperatur	186

2.1.3.3	Fußböden	186
2.1.3.4	Wärmebrücken	187
2.1.3.5	Wärmespeicherung	187
2.2	Die Bauteile und ihre wärmeschutztechnischen Eigenschaften	188
2.2.1	Wände	188
2.2.2	Decken und Fußböden	193
2.2.2.1	Rohdecken	193
2.2.2.2	Fußböden	197
2.2.2.2.1	Wärmedämmung	197
2.2.2.2.2	Ausführung fußwarmer Böden	197
2.2.2.3	Der gesamte Deckenaufbau	197
2.2.3	Dächer	199
2.2.4	Fenster	200
2.2.4.1	Wärmedurchgang	200
2.2.4.2	Luftdurchgang	202
2.2.5	Türen	203

C Feuchteschutz

1	Grundlagen und physikalische Zusammenhänge	205
1.1	Luft und Feuchte	205
1.2	Baustoff und Feuchte	210
1.2.1	Feuchte der Baustoffe	210
1.2.2	Tauwasserbildung auf Bauteilen	212
1.2.2.1	Wärmedämmung von Bauteilen und Tauwasserbildung	212
1.2.2.2	Tauwasserbildung auf Bauteilen beim Anheizen der Räume	214
1.2.2.3	Tauwasserbildung bei hoher Raumluftfeuchte	214
1.2.3	Wasserdampfdiffusion durch Baustoffe und innere Kondensation	215
1.2.3.1	Grundgleichungen für die Dampfdiffusion durch Bauteile	215
1.2.3.2	Zahlenwerte	216
1.2.3.2.1	Diffusionswiderstandszahlen von Baustoffen	216
1.2.3.2.2	Wasserdampfdiffusionsübergangskoeffizienten	218
1.2.3.3	Durchführung feuchtetechnischer Rechnungen	219
1.2.3.3.1	Erforderliche Wärmedämmung zur Vermeidung von Tauwasserbildung	219
1.2.3.3.2	Wasserdampfdurchgang durch Bauteile	219
1.2.3.3.2.1	Dampfdurchlaßwiderstand und Dampfdurchgangskoeffizient	220
1.2.3.3.2.2	Dampfdurchgang	221
1.2.3.3.3	Kondensation im Innern von Bauteilen	221
1.2.3.3.3.1	Dampfdruckverteilung in Bauteilen	221
1.2.3.3.3.2	Sättigungsdampfdrücke	221
1.2.3.3.3.3	Dampfdruckverlauf im Bauteil	221
1.2.3.3.2.4	Das „Glaser-Diagramm“ zur Bestimmung von Kondensation und Austrocknung bei Bauteilen	224
1.2.3.3.4	Beurteilung des klimabedingten Feuchteschutzes von Bauteilen	227
1.2.3.3.4.1	Verfahren nach DIN 4108	227
1.2.3.3.4.1.1	Anforderungen	227
1.2.3.3.4.1.2	Klimabedingungen	227
1.2.3.3.4.2	Modifiziertes Rechenverfahren	231
2	Praktischer Feuchteschutz	232
2.1	Fundamente, Bodenfeuchte und Grundwasser	232
2.2	Außenwände	232
2.2.1	Schlagregen und Außenwände	232
2.2.1.1	Wasseraufnahme durch Schlagregen	232

2.2.1.2	Schlagregen – Beanspruchungsgruppen	234
2.2.1.3	Erfüllung des Schlagregenschutzes – Hinweise	234
2.2.1.3.1	Außenwände	234
2.2.1.3.2	Fugen und Anschlüsse	235
2.2.2	Tauwasserbildung auf Wandoberflächen	235
2.2.2.1	Wärmebrücken in Wänden	239
2.2.2.2	Fenster- und Türleibungen	239
2.2.2.3	Raumecken	241
2.2.2.4	Tauwasserbildung auf Wänden hinter Möbeln	242
2.2.3	Kondensation in Wänden	242
2.3	Decken	247
2.3.1	Tauwasserbildung an Wärmebrücken bei Decken	248
2.3.2	Innere Kondensation bei Decken	249
2.4	Dächer	250
2.4.1	Steildächer	250
2.4.2	Flachdächer	250
2.4.2.1	Das belüftete Flachdach	250
2.4.2.2	Nicht belüftetes Flachdach	252
2.4.2.3	Das umgekehrte Dach	255
2.4.2.4	Sperrbetondach	255
2.5	Die Räume der Wohnungen und die Raumluftfeuchte	256
2.5.1	Küchen	256
2.5.2	Bäder	258

D Zusammenfassung

1	Allgemeines	260
2	Vergleich der schall- und wärmetechnischen Anforderungen	260
2.1	Einschalige Außenwand	260
2.2	Außenwand mit innenseitiger Bekleidung	261
2.3	Außenwand mit außenseitiger Bekleidung	261
2.4	Zusammenfassung	262
3	Ausführungsbeispiele	263
3.1	Decken	263
3.1.1	Wohnungstrenndecken	263
3.1.2	Dachgeschoßdecken	264
3.1.3	Kellerdecken	264
3.1.4	Decken über offenen Durchfahrten u. ä.	265
3.2	Wände	267
3.2.1	Außenwände	267
3.2.2	Wohnungstrennwände und Treppenraumwände	267

Normen über den Schall-, Wärme- und Feuchteschutz im Bauwesen

1	Schalltechnische Normen	269
2	Wärme- und feuchteschutztechnische Normen	270
3	Stoffnormen	271
4	Sonstige Normen	273
	Stichwortverzeichnis	274