

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

8., neubearbeitete und erweiterte Auflage

BAUVERLAG GMBH · WIESBADEN UND BERLIN

Inhaltsverzeichnis

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	29
3.2.3	Zwischenwände in Verwaltungsbauten u. ä.	30
3.2.4	Haustechnische Gemeinschaftsanlagen	30
3.2.5	Außenlärm	30
3.2.5.1	Außenbauteile	30
3.2.5.2	Zulässiger Außenlärm	32
3.3	Nachweis des geforderten Schallschutzes	32
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
4.2.1.5	Rechenwerte nach DIN 4109 E	45
4.2.2	Zweischalige Wände	45
4.2.2.1	Übertragung über die Luftschicht	46
4.2.2.2	Übertragung über die Randeinspannung	50
4.2.2.3	Übertragung über Verbindungen zwischen den Schalen	52
4.2.3	Längsleitung	53
4.3	Ausgeführte Trennwände	58
4.3.1	Einschalige Trennwände	58
4.3.2	Zweischalige Wände	60
4.3.2.1	Wände mit zwei biegeweichen Schalen	61
4.3.2.2	Wände aus zwei steifen Schalen	61
4.3.2.3	Schalldämmende Verkleidungen	64
4.3.2.4	Zweischalige Haustrennwände	66
4.3.2.5	Unzweckmäßige Wandausführung	69
4.4	Luftschallschutz ausgeführter Decken	70
4.4.1	Decken ohne Fußboden	70
4.4.1.1	Einschalige Decken	70
4.4.1.2	Zweischalige Decken	73
4.4.2	Verbesserung der Luftschalldämmung durch Fußböden	73

4.5	Fenster und Türen	74
4.5.1	Fenster	74
4.5.2	Türen	78
4.6	Praktische Maßnahmen zur Verringerung der Längsleitung	80
4.6.1	Einfluß der flächenbezogenen Masse	80
4.6.2	Einfluß der Stoßstellen	81
4.6.3	Einfluß von Trennfugen	82
4.6.4	Beeinflussung der Längsleitung durch Dämmplatten	82
4.6.5	Maßnahmen zur Verringerung der Längsleitung	85
4.7	Lüftungskamine	87
5	Trittschallschutz	89
5.1	Kennzeichnung von Decken	89
5.2	Kennzeichnung der Trittschalldämmung von Fußböden	92
5.3	Künftige Änderung der Kennzeichnung des Trittschallschutzes	95
5.4	Vorherberechnung des Trittschallschutzes	95
5.5	Grundsätzliches Verhalten	96
5.5.1	Decken	96
5.5.2	Fußböden	98
5.5.2.1	Verhalten von Gehbelägen	98
5.5.2.2	Verhalten von schwimmenden Estrichen	99
5.6	Ausgeführte Massivdecken	100
5.6.1	Decken ohne Belag	101
5.6.2	Fußböden	102
5.6.2.1	Schwimmend verlegte Estriche	102
5.6.2.1.1	Bautechnische Ausführung	102
5.6.2.1.2	Verhalten verschiedener Dämmschichten	103
5.6.2.1.3	Einfluß des Estrich-Materials	107
5.6.2.1.4	Verlege-Einflüsse	107
5.6.2.2	Holzfußböden	111
5.6.2.3	Gehbeläge	111
5.6.2.3.1	Gehbeläge mit geringfügiger Trittschalldämmung	112
5.6.2.3.2	Gehbeläge mit mittlerer Trittschalldämmung	112
5.6.2.3.3	Gehbeläge mit hoher Trittschalldämmung	112
5.6.3	Alterungsverhalten von Trittschall-Dämmschichten	112
5.7	Trittschallübertragung von Treppen	113
6	Schallschutz bei Holzbalkendecken	115
6.1	Maßnahmen zur Verbesserung des Schallschutzes	115
7	Stand des Schallschutzes in Wohnbauten	121
7.1	Trittschallschutz	121
7.2	Luftschallschutz von Massivdecken	121
7.3	Luftschallschutz von Wohnungstrennwänden	122
7.4	Luftschallschutz von Haustrennwänden	122
8	Schallschutz in Skelettbauten mit leichtem Ausbau	123
8.1	Vorherberechnung der Luftschalldämmung	123
8.2	Verhalten verschiedener Bauteile	124
8.2.1	Durchgezogene Estriche	124
8.2.2	Bedeutung von Deckenverkleidungen für den Schallschutz	124
8.2.3	Durchgezogene Teppichböden	126
8.2.4	Durchgezogene Deckenverkleidungen	126
8.2.5	Ausbildung der Zwischenwände	129

9	Installationsgeräusche	131
10	Schutz gegen Verkehrslärm	135
11	Schallschutz durch schallschluckende Verkleidungen	138
B	Wärmeschutz	
1	Grundlagen und physikalische Zusammenhänge	143
1.1	Die physikalischen Gesetzmäßigkeiten bei Wärmeaustauschvorgängen im Beharrungszustand	143
1.1.1	Wärmeleitung	143
1.1.1.1	Zahlenwerte der Wärmeleitfähigkeit von Bau- und Dämmstoffen	144
1.1.1.1.1	Temperatureinfluß	144
1.1.1.1.2	Einfluß des Feuchtegehaltes	145
1.1.1.2	Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit	146
1.1.2	Wärmeübergang	154
1.1.3	Wärmeaustausch durch Strahlung	155
1.1.4	Der Wärmedurchgang durch Bauteile und Luftschichten	157
1.1.4.1	Homogene Bauteile	157
1.1.4.2	Zusammengesetzte Bauteile	158
1.1.4.2.1	Bauteile mit hintereinander liegenden Schichten	158
1.1.4.2.2	Bauteile mit nebeneinander liegenden Bereichen	158
1.1.4.3	Luftschichten	159
1.1.5	Temperaturverhältnisse auf und in Bauteilen	162
1.1.5.1	Oberflächentemperaturen	162
1.1.5.2	Temperatur der Trennflächen	162
1.1.6	Durchführung wärmeschutztechnischer Rechnungen	163
1.1.6.1	Wärmedurchlaßwiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient	163
1.1.6.1.1	Homogene Bauteile	163
1.1.6.1.2	Zusammengesetzte Bauteile	164
1.1.6.1.2.1	Bauteil mit hintereinander liegenden Schichten	164
1.1.6.1.2.2	Bauteile mit nebeneinander liegenden Bereichen	165
1.1.6.2	Temperaturverhältnisse	166
1.2	Instationäre Verhältnisse	167
1.2.1	Stoffgrößen	168
1.2.1.1	Spezifische Wärmekapazität	168
1.2.1.2	Temperaturleitfähigkeit	168
1.2.1.3	Wärmeeindringkoeffizient	169
1.2.2	Aufheizen und Auskühlen	169
1.2.3	Außentemperaturschwankungen	170
1.2.4	Fußwärme	172
1.2.4.1	Unbekleideter Fuß	173
1.2.4.2	Bekleideter Fuß	174
1.3	Wärmeverluste durch luftdurchlässige Bauteile (Fenster und Türen)	176
2	Praktischer Wärmeschutz	178
2.1	Die wärmeschutztechnischen Anforderungen	178
2.1.1	Wärmeschutztechnische Anforderungen und Empfehlungen der DIN 4108	178
2.1.1.1	Geltungsbereich des Teils 2 der DIN 4108	179
2.1.1.2	Anforderungen an den Wärmeschutz im Winter	179
2.1.1.3	Empfehlungen für den Wärmeschutz im Sommer	181

2.1.2	Wärmeschutzverordnung	184
2.1.2.1	Gebäude mit normalen Innentemperaturen	185
2.1.2.2	Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen	189
2.1.2.3	Gebäude für Sport- und Versammlungszwecke	189
2.1.3	Berechnungsbeispiel	190
2.1.3.1	Bemessung der Bauteile nach DIN 4108	190
2.1.3.2	Beurteilung und Bemessung der Bauteile nach der Wärmeschutzverordnung	191
2.1.3.2.1	Anforderungen nach dem K_m -Verfahren	191
2.1.3.2.2	Verbesserung des Wärmeschutzes der Bauteile	192
2.1.3.2.3	Bemessung der Bauteile nach dem „Bauteilverfahren“	193
2.1.4	Bemerkungen zu den Wärmeschutztechnischen Anforderungen an Bauteile	194
2.1.4.1	Außenwände	194
2.1.4.2	Treppenraumwände und Trenndecken zu Gebäudeteilen mit wesentlich niedrigerer Innentemperatur	194
2.1.4.3	Fußböden	194
2.1.4.4	Wärmebrücken	195
2.1.4.5	Wärmespeicherung	195
2.2	Die Bauteile und ihre wärmeschutztechnischen Eigenschaften	196
2.2.1	Wände	196
2.2.2	Decken und Fußböden	201
2.2.2.1	Rohdecken	201
2.2.2.2	Fußböden	205
2.2.2.2.1	Wärmedämmung	205
2.2.2.2.2	Ausführung fußwarmer Böden	205
2.2.2.3	Der gesamte Deckenaufbau	205
2.2.3	Dächer	207
2.2.4	Fenster	208
2.2.4.1	Wärmedurchgang	208
2.2.4.2	Luftdurchgang	210
2.2.5	Türen	211

C Feuchteschutz

1	Grundlagen und physikalische Zusammenhänge	213
1.1	Luft und Feuchte	213
1.2	Baustoff und Feuchte	218
1.2.1	Feuchte der Baustoffe	218
1.2.2	Tauwasserbildung auf Bauteilen	220
1.2.2.1	Wärmedämmung von Bauteilen und Tauwasserbildung	220
1.2.2.2	Tauwasserbildung auf Bauteilen beim Anheizen der Räume	222
1.2.2.3	Tauwasserbildung bei hoher Raumluftheuchte	222
1.2.3	Wasserdampfdiffusion durch Baustoffe und innere Kondensation	223
1.2.3.1	Grundgleichungen für die Dampfdiffusion durch Bauteile	223
1.2.3.2	Zahlenwerte	224
1.2.3.2.1	Diffusionswiderstandszahlen von Baustoffen	224
1.2.3.2.2	Wasserdampfdiffusionsübergangskoeffizienten	226
1.2.3.3	Durchführung feuchtetechnischer Rechnungen	227
1.2.3.3.1	Erforderliche Wärmedämmung zur Vermeidung von Tauwasserbildung	227

1.2.3.3.2	Wasserdampfdurchgang durch Bauteile	227
1.2.3.3.2.1	Dampfdurchlaßwiderstand und Dampfdurchgangskoeffizient	228
1.2.3.3.2.2	Dampfdurchgang	229
1.2.3.3.3	Kondensation im Innern von Bauteilen	229
1.2.3.3.3.1	Dampfdruckverteilung in Bauteilen	229
1.2.3.3.3.2	Sättigungsdampfdrücke	229
1.2.3.3.3.3	Dampfdruckverlauf im Bauteil	229
1.2.3.3.3.4	Das „Glaser-Diagramm“ zur Bestimmung von Kondensation und Austrocknung bei Bauteilen	232
1.2.3.3.4	Beurteilung des klimabedingten Feuchteschutzes von Bauteilen	235
1.2.3.3.4.1	Verfahren nach DIN 4108	235
1.2.3.3.4.1.1	Anforderungen	235
1.2.3.3.4.1.2	Klimabedingungen	235
1.2.3.3.4.2	Modifiziertes Rechenverfahren	239
2	Praktischer Feuchteschutz	240
2.1	Fundamente, Bodenfeuchte und Grundwasser	240
2.2	Außenwände	240
2.2.1	Schlagregen und Außenwände	240
2.2.1.1	Wasseraufnahme durch Schlagregen	240
2.2.1.2	Schlagregen – Beanspruchungsgruppen	242
2.2.1.3	Erfüllung des Schlagregenschutzes – Hinweise	242
2.2.1.3.1	Außenwände	242
2.2.1.3.2	Fugen und Anschlüsse	243
2.2.2	Tauwasserbildung auf Wandoberflächen	243
2.2.2.1	Wärmebrücken in Wänden	247
2.2.2.2	Fenster- und Türleibungen	247
2.2.2.3	Raumecken	249
2.2.2.4	Tauwasserbildung auf Wänden hinter Möbeln	250
2.2.3	Kondensation in Wänden	250
2.3	Decken	255
2.3.1	Tauwasserbildung an Wärmebrücken bei Decken	256
2.3.2	Innere Kondensation bei Decken	257
2.4	Dächer	258
2.4.1	Steildächer	258
2.4.2	Flachdächer	258
2.4.2.1	Das belüftete Flachdach	258
2.4.2.2	Nicht belüftetes Flachdach	260
2.4.2.3	Das umgekehrte Dach	263
2.4.2.4	Sperrbetondach	263
2.5	Die Räume der Wohnungen und die Raumluftfeuchte	264
2.5.1	Küchen	264
2.5.2	Bäder	266

D	Zusammenfassung	
1	Allgemeines	268
2	Vergleich der schall- und wärmetechnischen Anforderungen	268
2.1	Einschalige Außenwand	268
2.2	Außenwand mit innenseitiger Bekleidung	269
2.3	Außenwand mit außenseitiger Bekleidung	269
2.4	Zusammenfassung	270
3	Ausführungsbeispiele	271
3.1	Decken	271
3.1.1	Wohnungstrenndecken	271
3.1.2	Dachgeschoßdecken	272
3.1.3	Kellerdecken	272
3.1.4	Decken über offenen Durchfahrten u. ä.	273
3.2	Wände	275
3.2.1	Außenwände	275
3.2.2	Wohnungstrennwände und Treppenraumwände	275

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

1	Schalltechnische Normen	277
2	Wärme- und feuchteschutztechnische Normen	278
3	Stoffnormen	280
4	Sonstige Normen	281
	Stichwortverzeichnis	282