

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

9., neubearbeitete 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	25
3.2.3	Zwischenwände in Verwaltungsbauten u. ä.	25
3.2.4	Haustechnische Gemeinschaftsanlagen	27
3.2.5	Außenlärm	27
3.2.5.1	Außenbauteile	27
3.2.5.2	Zulässiger Außenlärm	28
3.3	Nachweis des geforderten Schallschutzes	29
4	Luftschallschutz	30
4.1	Kennzeichnung und Messung	30
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	38
4.2.1.4	Einfluß der Materialdämpfung	39
4.2.1.5	Einfluß von Dickenresonanzen	41
4.2.1.6	Rechenwerte nach DIN 4109	41
4.2.2	Zweischalige Wände	42
4.2.2.1	Übertragung über die Luftschicht	42
4.2.2.2	Übertragung über die Randeinspannung	47
4.2.2.3	Übertragung über Verbindungen zwischen den Schalen	49
4.2.3	Schall-Längsleitung	50
4.2.3.1	Allgemeines	50
4.2.3.2	Definition	50
4.2.3.3	Gesetzmäßigkeiten	51
4.2.3.3.1	In Massivbauten	51
4.2.3.3.2	In Skelettbauten	53
4.2.3.4	Rechenverfahren	54
4.2.3.4.1	Massivbauten mit tragenden Wänden	54
4.2.3.4.2	Skelettbauten	57
4.3	Ausgeführte Trennwände	58
4.3.1	Einschalige Trennwände	58
4.3.2	Zweischalige Wände	59
4.3.2.1	Wände mit zwei biegeweichen Schalen	59

4.3.2.2	Wände aus zwei steifen Schalen	60
4.3.2.3	Schalldämmende Verkleidungen	62
4.3.2.4	Zweischalige Haustrennwände	64
4.3.2.5	Unzweckmäßige Wandverkleidungen	67
4.4	Luftschallschutz ausgeführter Decken	67
4.4.1	Decken ohne Fußboden	67
4.4.1.1	Einschalige Decken	68
4.4.1.2	Zweischalige Decken	70
4.4.2	Verbesserung der Luftschalldämmung durch Fußböden	71
4.5	Fenster und Türen	71
4.5.1	Fenster	71
4.5.2	Türen	75
4.6	Praktische Maßnahmen zur Verringerung der Längsleitung	77
4.6.1	Einfluß der flächenbezogenen Masse	77
4.6.2	Einfluß der Stoßstellen	78
4.6.3	Einfluß von Trennfugen	79
4.6.4	Beeinflussung der Längsleitung durch Dämmplatten	79
4.6.5	Maßnahmen zur Verringerung der Längsleitung	82
5	Trittschallschutz	85
5.1	Kennzeichnung von Decken	85
5.2	Kennzeichnung der Trittschalldämmung von Fußböden	88
5.3	Vorherberechnung des Trittschallschutzes	91
5.4	Grundsätzliches Verhalten	92
5.4.1	Decken	92
5.4.2	Fußböden	94
5.4.2.1	Verhalten von Gehbelägen	94
5.4.2.2	Verhalten von schwimmenden Estrichen	94
5.5	Ausgeführte Massivdecken	96
5.5.1	Decken ohne Belag	96
5.5.2	Fußböden	97
5.5.2.1	Schwimmend verlegte Estriche	97
5.5.2.1.1	Bautechnische Ausführung	97
5.5.2.1.2	Verhalten verschiedener Dämmschichten	98
5.5.2.1.3	Einfluß des Estrich-Materials	102
5.5.2.1.4	Verlege-Einflüsse	102
5.5.2.2	Holzfußböden	107
5.5.2.3	Gehbeläge	107
5.5.2.3.1	Gehbeläge mit geringfügiger Trittschalldämmung	107
5.5.2.3.2	Gehbeläge mit mittlerer Trittschalldämmung	107
5.5.2.3.3	Gehbeläge mit hoher Trittschalldämmung	107
5.5.3	Alterungsverhalten von Trittschall-Dämmschichten	108
5.6	Trittschallübertragung von Treppen	108
6	Schallschutz bei Holzbalkendecken	110
6.1	Maßnahmen zur Verbesserung des Schallschutzes	110
7	Stand des Schallschutzes in Wohnbauten	116
7.1	Trittschallschutz	116
7.2	Luftschallschutz von Wohnungstrenndecken	116
7.3	Luftschallschutz von Wohnungstrennwänden	118
7.4	Haustrennwände	118
8	Schallschutz in Skelettbauten mit leichtem Ausbau	119
8.1	Vorherberechnung der Luftschalldämmung	119

8.2	Verhalten verschiedener Bauteile	120
8.2.1	Durchgezogene Estriche	120
8.2.2	Bedeutung von Deckenverkleidungen für den Schallschutz der Decken	120
8.2.3	Hohlraumböden	121
8.2.4	Durchgezogene Teppichböden	122
8.2.5	Durchgezogene Deckenverkleidungen	123
8.2.6	Ausbildung der Zwischenwände	125
9	Installationsgeräusche	127
9.1	Armaturengeräusche	127
9.2	Aufprall- und Abwassergeräusche	130
10	Schutz gegen Verkehrslärm	131
11	Schallschutz durch schallschluckende Verkleidungen	134
B	Wärmeschutz	
1	Grundlagen und physikalische Zusammenhänge	139
1.1	Die physikalischen Gesetzmäßigkeiten bei Wärmeaustauschvorgängen im Beharrungszustand	139
1.1.1	Wärmeleitung	139
1.1.1.1	Zahlenwerte der Wärmeleitfähigkeit von Bau- und Dämmstoffen	140
1.1.1.1.1	Temperatureinfluß	140
1.1.1.1.2	Einfluß des Feuchtegehaltes	141
1.1.1.2	Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit	142
1.1.2	Wärmeübergang	150
1.1.3	Wärmeaustausch durch Strahlung	151
1.1.4	Der Wärmedurchgang durch Bauteile und Luftschichten	153
1.1.4.1	Homogene Bauteile	153
1.1.4.2	Zusammengesetzte Bauteile	154
1.1.4.2.1	Bauteile mit hintereinander liegenden Schichten	154
1.1.4.2.2	Bauteile mit nebeneinander liegenden Bereichen	154
1.1.4.3	Luftschichten	155
1.1.5	Temperaturverhältnisse auf und in Bauteilen	158
1.1.5.1	Oberflächentemperaturen	158
1.1.5.2	Temperaturen der Trennflächen	158
1.1.6	Durchführung wärmeschutztechnischer Rechnungen	159
1.1.6.1	Wärmedurchlaßwiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient	159
1.1.6.1.1	Homogene Bauteile	159
1.1.6.1.2	Zusammengesetzte Bauteile	160
1.1.6.1.2.1	Bauteil mit hintereinander liegenden Schichten	160
1.1.6.1.2.2	Bauteil mit nebeneinander liegenden Bereichen	161
1.1.6.2	Temperaturverhältnisse	162
1.2	Instationäre Verhältnisse	163
1.2.1	Stoffgrößen	164
1.2.1.1	Spezifische Wärmekapazität	164
1.2.1.2	Temperaturleitfähigkeit	164
1.2.1.3	Wärmeindringkoeffizient	165
1.2.2	Aufheizen und Auskühlen	165
1.2.3	Außentemperaturschwankungen	166
1.2.4	Fußwärme	168
1.2.4.1	Unbekleideter Fuß	169
1.2.4.2	Bekleideter Fuß	170
1.3	Wärmeverluste durch luftdurchlässige Bauteile (Fenster und Türen)	172

2	Praktischer Wärmeschutz	174
2.1	Die wärmeschutztechnischen Anforderungen	174
2.1.1	Wärmeschutztechnische Anforderungen und Empfehlungen der DIN 4108	174
2.1.1.1	Geltungsbereich des Teils 2 der DIN 4108	175
2.1.1.2	Anforderungen an den Wärmeschutz im Winter	175
2.1.1.3	Empfehlungen für den Wärmeschutz im Sommer	177
2.1.2	Wärmeschutzverordnung	180
2.1.2.1	Gebäude mit normalen Innentemperaturen	181
2.1.2.2	Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen	185
2.1.2.3	Gebäude für Sport- und Versammlungszwecke	185
2.1.3	Berechnungsbeispiel	186
2.1.3.1	Bemessung der Bauteile nach DIN 4108	186
2.1.3.2	Beurteilung und Bemessung der Bauteile nach der Wärmeschutzverordnung	187
2.1.3.2.1	Anforderungen nach dem k_m -Verfahren	187
2.1.3.2.2	Verbesserung des Wärmeschutzes der Bauteile	188
2.1.3.2.3	Bemessung der Bauteile nach dem „Bauteilverfahren“	189
2.1.4	Bemerkungen zu den Wärmeschutztechnischen Anforderungen an Bauteile	190
2.1.4.1	Außenwände	190
2.1.4.2	Treppenraumwände und Trenndecken zu Gebäudeteilen mit wesentlich niedrigerer Innentemperatur	190
2.1.4.3	Fußböden	190
2.1.4.4	Wärmebrücken	191
2.1.4.5	Wärmespeicherung	191
2.2	Die Bauteile und ihre wärmeschutztechnischen Eigenschaften	192
2.2.1	Wände	192
2.2.2	Decken und Fußböden	197
2.2.2.1	Rohdecken	197
2.2.2.2	Fußböden	201
2.2.2.2.1	Wärmedämmung	201
2.2.2.2.2	Ausführung fußwarmer Böden	201
2.2.2.3	Der gesamte Deckenaufbau	201
2.2.3	Dächer	203
2.2.4	Fenster	204
2.2.4.1	Wärmedurchgang	204
2.2.4.2	Luftdurchgang	206
2.2.5	Türen	207
2.3	Wärmeschutz und wirtschaftliche Gesichtspunkte	208
2.3.1	Wirtschaftlich optimaler Wärmeschutz	208
2.3.2	Extremer Wärmeschutz	210

C Feuchteschutz

1	Grundlagen und physikalische Zusammenhänge	211
1.1	Luft und Feuchte	211
1.2	Baustoff und Feuchte	216
1.2.1	Feuchte der Baustoffe	216
1.2.2	Tauwasserbildung auf Bauteilen	218
1.2.2.1	Wärmedämmung von Bauteilen und Tauwasserbildung	218
1.2.2.2	Tauwasserbildung auf Bauteilen beim Anheizen der Räume	220
1.2.2.3	Tauwasserbildung bei hoher Raumluftfeuchte	220
1.2.3	Wasserdampfdiffusion durch Baustoffe und innere Kondensation	221
1.2.3.1	Grundgleichungen für die Dampfdiffusion durch Bauteile	221
1.2.3.2	Zahlenwerte	222

1.2.3.2.1	Diffusionswiderstandszahlen von Baustoffen	222
1.2.3.2.2	Wasserdampfdiffusionsübergangskoeffizienten	224
1.2.3.3	Durchführung feuchtetechnischer Rechnungen	225
1.2.3.3.1	Erforderliche Wärmedämmung zur Vermeidung von Tauwasserbildung	225
1.2.3.3.2	Wasserdampfdurchgang durch Bauteile	225
1.2.3.3.2.1	Dampfdurchlaßwiderstand und Dampfdurchgangskoeffizient	226
1.2.3.3.2.2	Dampfdurchgang	227
1.2.3.3.3	Kondensation im Innern von Bauteilen	227
1.2.3.3.3.1	Dampfdruckverteilung in Bauteilen	227
1.2.3.3.3.2	Sättigungsdampfdrücke	227
1.2.3.3.3.3	Dampfdruckverlauf im Bauteil	227
1.2.3.3.3.4	Das „Glaser-Diagramm“ zur Bestimmung von Kondensation und Austrocknung bei Bauteilen	230
1.2.3.3.4	Beurteilung des klimabedingten Feuchteschutzes von Bauteilen	233
1.2.3.3.4.1	Verfahren nach DIN 4108	233
1.2.3.3.4.1.1	Anforderungen	233
1.2.3.3.4.1.2	Klimabedingungen	233
1.2.3.3.4.2	Modifiziertes Rechenverfahren	237
2	Praktischer Feuchteschutz	238
2.1	Fundamente, Bodenfeuchte und Grundwasser	238
2.2	Außenwände	238
2.2.1	Schlagregen und Außenwände	238
2.2.1.1	Wasseraufnahme durch Schlagregen	238
2.2.1.2	Schlagregen – Beanspruchungsgruppen	240
2.2.1.3	Erfüllung des Schlagregenschutzes – Hinweise	240
2.2.1.3.1	Außenwände	240
2.2.1.3.2	Fugen und Anschlüsse	241
2.2.2	Tauwasserbildung auf Wandoberflächen	241
2.2.2.1	Wärmebrücken in Wänden	245
2.2.2.2	Fenster- und Türleibungen	245
2.2.2.3	Raumecken	247
2.2.2.4	Tauwasserbildung auf Wänden hinter Möbeln	248
2.2.3	Kondensation in Wänden	248
2.3	Decken	253
2.3.1	Tauwasserbildung an Wärmebrücken bei Decken	254
2.3.2	Innere Kondensation bei Decken	255
2.4	Dächer	256
2.4.1	Steildächer	256
2.4.2	Flachdächer	256
2.4.2.1	Das belüftete Flachdach	256
2.4.2.2	Nicht belüftetes Flachdach	258
2.4.2.3	Das umgekehrte Dach	261
2.4.2.4	Sperrbetondach	261
2.5	Die Räume der Wohnungen und die Raumluftheuchte	262
2.5.1	Küchen	262
2.5.2	Bäder	264

D	Zusammenfassung	
1	Allgemeines	266
2	Vergleich der schall- und wärmetechnischen Anforderungen	266
2.1	Einschalige Außenwand	266
2.2	Außenwand mit innenseitiger Bekleidung	267
2.3	Außenwand mit außenseitiger Bekleidung	267
2.4	Zusammenfassung	268
3	Ausführungsbeispiele	269
3.1	Decken	269
3.1.1	Wohnungstrenndecken	269
3.1.2	Dachgeschoßdecken	270
3.1.3	Kellerdecken	270
3.1.4	Decken über offenen Durchfahrten u. ä.	271
3.2	Wände	273
3.2.1	Außenwände	273
3.2.2	Wohnungstrennwände und Treppenraumwände	273

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

1	Schalltechnische Normen	275
2	Wärme- und feuchteschutztechnische Normen	276
3	Stoffnormen	278
4	Sonstige Normen	279
	Stichwortverzeichnis	280