

# Inhaltsverzeichnis

<b>Verzeichnis der Formelzeichen</b> . . . . .	<b>14</b>
<b>1 Grundlagen der Bauphysik</b> . . . . .	<b>17</b>
<b>1.1 Wärmedämmung</b> . . . . .	<b>17</b>
1.1.1 Die drei Arten des Wärmetransportes . . . . .	18
1.1.1.1 Wärmeaustausch durch Strahlung . . . . .	18
1.1.1.2 Wärmeübertragung durch Konvektion . . . . .	22
1.1.1.3 Wärmetransport durch Wärmeleitung . . . . .	23
1.1.2 Die Wärmeleitfähigkeit . . . . .	24
1.1.3 Der Wärmetransport durch Bauteile . . . . .	25
1.1.4 Der Wärmedurchlaßwiderstand . . . . .	27
1.1.4.1 Wärmedurchlaßwiderstand von Luftschichten . . . . .	28
1.1.5 Der Wärmedurchgangskoeffizient . . . . .	30
1.1.6 Der Wärmedurchlaßwiderstand von zusammengesetzten Bauteilen . . . . .	34
1.1.7 Temperaturverlauf an und in einem Bauteil . . . . .	36
1.1.8 Oberflächentemperaturen von Bauteilen bei Sonnenbestrahlung . . . . .	40
1.1.9 Wärmespeichervermögen von Bauteilen . . . . .	41
1.1.9.1 Wärmeeindringkoeffizient . . . . .	44
1.1.9.2 Temperaturleitfähigkeit . . . . .	45
1.1.9.3 Temperaturwellen in einem Bauteil . . . . .	46
<b>1.2 Wasserdampfdiffusion</b> . . . . .	<b>49</b>
1.2.1 Wasserdampfgehalt der Luft . . . . .	49
1.2.1.1 Die relative Luftfeuchte . . . . .	52
1.2.2 Der Partialdruck des Wasserdampfes . . . . .	55
1.2.2.1 Partialdruckausgleich durch eine Wand . . . . .	56
1.2.3 Wasserdampfdiffusion durch ein Bauteil . . . . .	57
1.2.3.1 Wasserdampfdiffusion durch eine homogene Wand . . . . .	58
1.2.3.2 Wasserdampfdiffusion durch eine mehrschichtige Wand . . . . .	59
1.2.4 Dampfsperren und Dampfbremsen . . . . .	61
1.2.5 Tauwasserbildung auf der Oberfläche von Bauteilen . . . . .	63
1.2.5.1 Tauwasserbildung beim Anheizen von Räumen . . . . .	65
1.2.5.2 Einbaumöbel an einer Außenwand . . . . .	66
1.2.5.3 Räume mit hoher relativer Luftfeuchte . . . . .	67

1.2.6	Diffusionstechnische Berechnungen . . . . .	69
1.2.6.1	Tauwasserausfall in einer Ebene eines Bauteils . .	72
1.2.6.2	Tauwasserausfall in zwei Ebenen eines Bauteils . .	72
1.2.6.3	Tauwasserausfall in einem Bereich im Innern eines Bauteils . . . . .	74
1.2.6.4	Verdunstung von Tauwasser aus einem Bauteil . . . .	75
<b>1.3</b>	<b>Bauakustik . . . . .</b>	<b>78</b>
1.3.1	Grundsätzliches zur Schallausbreitung . . . . .	78
1.3.2	Schallreflexion und Schallschluckung . . . . .	82
1.3.2.1	Resonanzschlucker (Tieftonschlucker) . . . . .	83
1.3.2.2	Poröse Schallschlucker (Hochtonschlucker) . . . . .	84
1.3.2.3	Mitteltonschlucker . . . . .	85
1.3.2.4	Schallschluckgrad . . . . .	87
1.3.2.5	Helmholtz-Resonator . . . . .	87
1.3.2.6	Schallschluckung - Schalldämmung . . . . .	89
1.3.3	Äquivalente Schallschluckfläche und Nachhallzeit .	89
1.3.3.1	Schallpegelminderung durch Schallschluckung . . . .	91
1.3.4	Schalldämmung von Wänden und Decken . . . . .	91
1.3.4.1	Das Schalldämm-Maß R . . . . .	93
1.3.4.2	Kennzeichnung des Schallschutzes von Bauteilen . .	94
1.3.4.3	Messung des Schalldämm-Maßes R . . . . .	95
1.3.4.4	Schalldämmung zusammengesetzter Flächen . . . . .	96
1.3.4.5	Flankenübertragung . . . . .	97
1.3.5	Trittschalldämmung von Decken . . . . .	99
<b>1.4</b>	<b>Brandschutz . . . . .</b>	<b>102</b>
1.4.1	Brandverlauf . . . . .	103
1.4.2	Brand-, Wärme-, Schallschutz . . . . .	104
<b>2</b>	<b>Bauphysikalische Eigenschaften der Baustoffe . . . .</b>	<b>105</b>
<b>2.1</b>	<b>Wärmeleitfähigkeit . . . . .</b>	<b>105</b>
2.1.1	Einfluß der Dichte . . . . .	105
2.1.2	Einfluß der Kristallstruktur . . . . .	106
2.1.3	Einfluß der Temperatur und des Feuchtegehalts . . .	106
2.1.4	Wärmedämmstoffe . . . . .	108
2.1.5	Ermittlung der Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit .	110
<b>2.2</b>	<b>Spezifische Wärmekapazität, Wärmespeicherfähigkeit, Wärmeeindringkoeffizient . . . . .</b>	<b>111</b>

2.3	Diffusionswiderstand . . . . .	113
2.3.1	Diffusion von Wasserdampf . . . . .	113
2.3.2	Diffusion von Kohlendioxid . . . . .	114
2.4	Praktischer Feuchtegehalt . . . . .	116
2.5	Schallabsorptionsgrad . . . . .	117
2.6	Brandverhalten . . . . .	117
2.6.1	Nichtbrennbare Baustoffe . . . . .	119
2.6.2	Brennbare Baustoffe . . . . .	119
2.6.2.1	Schwerentflammbare Baustoffe . . . . .	119
2.6.2.2	Normalentflammbare Baustoffe . . . . .	120
2.6.2.3	Leichtentflammbare Baustoffe . . . . .	120
<b>3</b>	<b>Bauphysikalische Eigenschaften der Bauteile . . . . .</b>	<b>121</b>
3.1	Bauphysikalische Anforderungen an die Bauteile . . . . .	121
3.1.1	Anforderungen an die Wärmedämmung . . . . .	121
3.1.2	Anforderungen an den Feuchteschutz . . . . .	121
3.1.3	Anforderungen an den Schallschutz . . . . .	124
3.1.3.1	Innenbauteile . . . . .	124
3.1.3.2	Außenbauteile . . . . .	127
3.1.4	Anforderungen an den Brandschutz . . . . .	129
3.2	Wände . . . . .	134
3.2.1	Außenwände . . . . .	134
3.2.1.1	Einschalige Wand . . . . .	135
3.2.1.2	Wand mit Außendämmung . . . . .	135
3.2.1.3	Wand mit Innendämmung . . . . .	136
3.2.1.4	Wand mit Kerndämmung . . . . .	136
3.2.1.5	Wand mit beidseitiger Wärmedämmung . . . . .	137
3.2.1.6	Zweischaliges Mauerwerk mit Luftschicht . . . . .	137
3.2.1.7	Wand mit hinterlüfteter Fassade . . . . .	137
3.2.1.8	Wand in Leichtbauweise . . . . .	138
3.2.2	Einfluß der Wärmedämmung auf den Schallschutz von Wänden . . . . .	138
3.2.3	Schalldämmung von Wänden . . . . .	142
3.2.3.1	Einschalige Wände . . . . .	142
3.2.3.1.1	Einfluß der Wandelastizität auf die Luftschall- dämmung . . . . .	142
3.2.3.1.2	Koinzidenzeffekt . . . . .	143

3.2.3.2	Zweischalige Wände . . . . .	146
3.2.3.2.1	Zwei biegeweiche Schalen . . . . .	147
3.2.3.2.2	Zwei biegesteife Schalen . . . . .	149
3.2.3.2.3	Biegeweiche und biegesteife Schale kombiniert . . . . .	150
3.2.4	Innenwände . . . . .	151
3.2.4.1	Leichte Innenwände . . . . .	151
3.2.4.2	Schalldämmung von Fugen demontabler Wände . . . . .	152
<b>3.3</b>	<b>Decken . . . . .</b>	<b>154</b>
3.3.1	Wärme- und Schalldämmung von Decken . . . . .	154
3.3.1.1	Geschoßdecke . . . . .	154
3.3.1.2	Kellerdecke . . . . .	154
3.3.1.3	Fußboden auf Erdreich . . . . .	155
3.3.1.4	Decke über offener Durchfahrt . . . . .	155
3.3.1.5	Decke unter nicht ausgebautem Dachgeschoß . . . . .	155
3.3.2	Verbesserung der Trittschalldämmung von Decken . . . . .	156
3.3.2.1	Trittschalldämmende Bodenbeläge . . . . .	157
3.3.2.2	Schwimmende Böden (schwimmender Estrich) . . . . .	157
3.3.2.3	Trittschalldämmung von Holzbalkendecken . . . . .	158
3.3.3	Schall-Längsleitung durch schwimmenden Estrich . . . . .	159
3.3.4	Schall-Längsdämmung von untergehängten Decken . . . . .	160
<b>3.4</b>	<b>Dächer . . . . .</b>	<b>163</b>
3.4.1	Wärme- und Schalldämmung von Dächern . . . . .	163
3.4.1.1	Geneigtes Dach . . . . .	163
3.4.1.2	Schweres einschaliges Flachdach (Warmdach) . . . . .	163
3.4.1.3	Umkehrdach . . . . .	165
3.4.1.4	Leichtes einschaliges Flachdach . . . . .	166
3.4.1.5	Zweischaliges Flachdach (Kaltdach) . . . . .	166
3.4.1.5.1	Schweres zweischaliges Flachdach . . . . .	167
3.4.1.5.2	Leichtes zweischaliges Flachdach . . . . .	167
3.4.1.6	Geneigtes Flachdach . . . . .	168
<b>3.5</b>	<b>Bauphysikalische Werte verschiedener Wände, Decken und Dächer . . . . .</b>	<b>168</b>
3.5.1	Zweischalige Wand mit Luftschicht nach DIN 1053 . . . . .	170
3.5.2	Wand mit Außendämmung . . . . .	172
3.5.3	Wand mit Innendämmung . . . . .	174
3.5.4	Wand mit Kerndämmung . . . . .	176
3.5.5	Wand mit beidseitiger Wärmedämmung . . . . .	178
3.5.6	Wand mit hinterlüfteter Fassade . . . . .	180
3.5.7	Wand in Leichtbauweise . . . . .	182
3.5.8	Kellerdecke . . . . .	184
3.5.9	Fußboden auf Erdreich . . . . .	186

3.5.10	Decke über offener Durchfahrt . . . . .	188
3.5.11	Decke unter nicht ausgebautem Dachgeschoß . . . . .	190
3.5.12	Geneigtes Dach . . . . .	192
3.5.13	Schweres Flachdach (Warmdach) . . . . .	194
3.5.14	Umkehrdach . . . . .	196
3.5.15	Leichtes einschaliges Flachdach . . . . .	198
3.5.16	Schweres zweischaliges Flachdach . . . . .	200
3.5.17	Leichtes zweischaliges Flachdach . . . . .	202
3.5.18	Geneigtes Flachdach . . . . .	204
<b>3.6</b>	<b>Fenster und Türen . . . . .</b>	<b>206</b>
3.6.1	Die Wärmedämmung von Fenstern . . . . .	206
3.6.1.1	Transmissionswärmeverluste . . . . .	206
3.6.1.2	Lüftungswärmeverluste . . . . .	210
3.6.1.3	Gesamtenergiedurchlaßgrad von Fenstern . . . . .	211
3.6.1.4	Verbesserung der Wärmedämmung im Bereich der Fenster . . . . .	212
3.6.2	Die Schalldämmung von Fenstern . . . . .	215
3.6.2.1	Luftschleusen im Fensterbereich . . . . .	218
3.6.2.2	Schalldämmung durch heruntergelassenen Rolläden . .	219
3.6.3	Schalldämmung von Innentüren . . . . .	220
<b>3.7</b>	<b>Wärmebrücken . . . . .</b>	<b>221</b>
3.7.1	Wärmedämmung im Bereich einer Außenecke . . . . .	221
3.7.2	Stahlanker in zweischaligen Wänden . . . . .	225
3.7.3	Stahlbetonstütze in einer Außenwand . . . . .	226
3.7.4	Wärmedämmung im Bereich der Attika eines Flach- daches . . . . .	227
3.7.5	Wärmebrücken bei dünnen Wandelementen . . . . .	227
3.7.6	Stirnflächen von Stahlbetondecken . . . . .	228
3.7.7	Balkonplatten . . . . .	229
<b>3.8</b>	<b>Brandschutztechnische Ausbildung von Bauteilen . .</b>	<b>230</b>
3.8.1	Raumabschließende Wände . . . . .	230
3.8.2	Bedachungen . . . . .	234
3.8.3	Anschluß Decke - Brüstung . . . . .	234
3.8.4	Temperaturverhalten von Bauteilen bei Brandbean- spruchung . . . . .	234
3.8.5	Wärmedämmstoffe in Bauteilen . . . . .	236
<b>3.9</b>	<b>Formänderungen von Bauteilen . . . . .</b>	<b>236</b>
3.9.1	Die verschiedenen Arten der Formänderungen . . . . .	236
3.9.2	Dehnungsdifferenzen zwischen zwei Bauteilen . . . . .	240

3.9.3	Einfluß der Dehnung auf vertikale Bauteile . . . . .	241
3.9.4	Zulässige maximale Dehnungsdifferenzen . . . . .	242
<b>3.10</b>	<b>Schutz gegen Regen . . . . .</b>	<b>243</b>
3.10.1	Wasserhemmende Schichten . . . . .	244
3.10.2	Abdichten von Außenwandfugen . . . . .	245
3.10.2.1	Konstruktiv gedichtete Fugen . . . . .	246
3.10.2.2	Fugen mit Druckausgleich . . . . .	247
3.10.2.3	Mit Dichtungsmasse geschlossene Fugen . . . . .	248
<b>4</b>	<b>Bauphysikalische Einflüsse auf ein Gebäude . . . . .</b>	<b>250</b>
4.1	Behaglichkeit . . . . .	250
4.2	Der Wärmeschutz eines Gebäudes . . . . .	256
4.2.1	Gesetzliche Verordnungen bezüglich der Wärme- dämmung von Gebäuden . . . . .	256
4.2.1.1	DIN 4108 "Wärmeschutz im Hochbau" . . . . .	257
4.2.1.2	Verordnung über den energieeinsparenden Wärme- schutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung) . . . . .	257
4.2.1.2.1	Methode 1: Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient eines Gebäudes . . . . .	258
4.2.1.2.2	Methode 2: Wärmedurchgangskoeffizient für einzelne Außenbauteile . . . . .	259
4.2.2	Der gesamte Wärmeverlust eines Gebäudes . . . . .	260
4.2.3	Der Wärmeverlust eines Einfamilienhauses . . . . .	261
4.2.4	Der sommerliche Wärmeschutz . . . . .	265
4.2.4.1	Einfluß der Außenwand . . . . .	265
4.2.4.2	Einfluß der Fenster . . . . .	266
4.3	Der Schallschutz eines Gebäudes . . . . .	269
4.3.1	Schallminderung durch die Entfernung . . . . .	270
4.3.2	Schalleinwirkung durch den Verkehr . . . . .	272
4.3.2.1	Zusammenwirkung mehrerer Schallquellen . . . . .	273
4.3.3	Schallausbreitung in einem Raum . . . . .	274
4.4	Schutz eines Gebäudes gegen aufsteigende Feuchtig- keit . . . . .	276
4.4.1	Abdichtungsmaßnahmen an einem Neubau. . . . .	277
4.4.2	Sanierungsmaßnahmen an Bauwerken . . . . .	280
4.4.2.1	Einziehen einer Dichtungsschicht . . . . .	280
4.4.2.2	Das Bohrlochverfahren (Injektage) . . . . .	281

4.4.2.3	Trockenlegung durch Elektroosmose . . . . .	282
4.4.2.4	Lüftungsröhrchen . . . . .	283
4.4.2.5	Weitere Verfahren zur Sanierung von feuchten Wänden . . . . .	284
4.5	<b>Der Brandschutz von Gebäuden . . . . .</b>	<b>286</b>
4.5.1	Anforderungen an Wände und Decken . . . . .	286
4.5.2	Hochhäuser . . . . .	288
4.5.3	Gebäudeabstände . . . . .	289
	<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>290</b>
	<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>300</b>