

**Prof. Dr.-Ing. Klaus W. Liersch
Dr.-Ing. Normen Langner**

Bauphysik kompakt Wärme - Feuchte - Schall

2., erweiterte und aktualisierte Auflage

/Bauwerk

Inhaltsverzeichnis

1	Einheiten, Formelzeichen, Begriffe.....	15
1.1	Internationales Einheitensystem (SI).....	15
1.2	Dezimale Vielfache und Teile von Einheiten.....	15
1.3	Altgriechische Buchstaben.....	15
1.4	Allgemeine Größen und Einheiten (Auszug).....	16
1.5	Begriffe, Formelzeichen und Einheiten des baulichen Wärmeschutzes (Auszug).....	16
1.6	Begriffe, Formelzeichen und Einheiten des baulichen Feuchteschutzes (Auszug).....	17
1.7	Begriffe des baulichen Wärme- und Feuchteschutzes (deutsch/englisch).....	19
1.8	Begriffe, Formelzeichen und Einheiten des baulichen Schallschutzes (Auszug).....	21
1.9	Begriffe des baulichen Schallschutzes (deutsch/englisch).....	22
2	Zweck des Wärme- und Feuchteschutzes.....	24
3	Physiologische Grundlagen und Behaglichkeit.....	25
3.1	Energieumsätze des Menschen.....	25
3.2	Thermische Behaglichkeit.....	27
3.3	Ermittlung des PMV und des PPD.....	29
4	Wärmeübertragungsvorgänge — Übersicht.....	32
4.1	Wärmestrahlung.....	33
4.1.1	Wellenlänge.....	33
4.1.2	Strahlungsabsorption,-reflexion und-durchlässigkeit.....	36
4.2	Konvektion.....	37
4.2.1	Eigenschaften der Luft.....	38
4.2.2	Konvektiver Wärmestrom.....	39
4.2.3	Wärmeübergang infolge Konvektion.....	40
4.3	Wärmeleitung.....	42
5	Wärmeübergang.....	45
5.1	Bemessungswerte und-verfahren.....	45
5.2	Berechnung des Wärmeübergangswiderstandes nach DIN EN ISO 6946.....	47
5.2.1	Ebene Oberflächen.....	47
5.2.2	Nicht ebene Oberflächen.....	49

Inhaltsverzeichnis

6	Wärmedurchgang durch ebene opake Bauteile.....	51
6.1 ^	Wärmestromdichte.....	51
6.2	Wärmedurchgangskoeffizient U	51
6.3	Wärmedurchlasswiderstand einer Schicht.....	52
6.4	Temperaturverlauf durch ein ebenes Bauteil.....	52
6.5	Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient.....	53
6.5.1	Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient U eines Bauteils aus homogenen Schichten.....	53
6.5.2	Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient U eines Bauteils aus homogenen und inhomogenen Schichten.....	54
7	Wärmedurchgang - Luftschichten.....	56
7.1	Ruhende und belüftete Luftschichten.....	56
7.2	Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes unbelüfteter Lufträume nach DIN EN ISO 6946.....	58
7.2.1	Unbelüftete Lufträume mit einer Länge von mehr als dem 10fachen der Dicke.....	58
7.2.2	Kleine oder unterteilte unbelüftete Lufträume (Luftspalte).....	60
8	Wärmedurchgang - Fenster und weitere transparente Bauteile.....	61
8.1	Wärmedurchgangskoeffizient.....	61
8.2	Äquivalenter Wärmedurchgangskoeffizient.....	61
8.3	Energiedurchlassgrad.....	62
8.4	Passive Sonnenenergienutzung.....	63
9	Wärmedurchgang - Sonderfälle.....	66
9.1	Rohrleitungen.....?	66
9.2	Von der Ebenföächigkeit abweichende Bauteile.....	68
10	Mindestwärmeschutz.....	70
11	Wärmebrücken.....	72
11.1	Konstruktive und stoffbedingte Wärmebrücken.....	73
11.2	Geometrische Wärmebrücken, Winkel und Ecken.....	77
11.3	Zusätzliche Wärmeverluste durch Wärmebrücken.....	79
12	Wärmeübertragung erdberöührender Bauteile.....	81
12.1	Bodenplatte auf Erdreich, ungedämmt oder mit vollflöächiger Dämmung nach DIN EN ISO 13 370.....	82
12.2	Bodenplatte auf Erdreich mit Randdämmung.....	85
12.2.1	Waagerechte Randdämmung.....	85
12.2.2	Senkrechte Randdämmung.....	86

12.3	Wärmestrom an das Erdreich.....	87
<i>h</i>	Luftdichtheit.....	90
14	Raumlüftung.....	94
15	Wärmespeicherung und instationärer Wärmetransport.....	97
15.1	Wärmespeicherfähigkeit.....	97
15.2	Abkühlung eines Behälters.....	98
15.3	TAV-Wert und Phasenverschiebung.....	100
15.4	Kontakttemperatur.....	101
16	Sommerlicher Wärmeschutz.....	103
16.1	Oberflächentemperatur infolge Sonnenstrahlung.....	103
16.2	Modifizierte Sonnenlufttemperatur.....	104
16.3	Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2.....	104
17	Wärmebilanzen.....	110
17.1	Begriff.....	110
17.2	Wärmeübertragung bei Mischung (Mischtemperatur).....	110
17.3	Lufttemperatur eines unbeheizten Raumes.....	111
17.4	Temperatur im Belüftungsraum.....	112
18	Energiesparender Wärmeschutz.....	115
18.1	Berechnung des Heizenergiebedarfs von Wohngebäuden nach DIN EN 832, DIN 4108-6, DIN 4701-10 und DIN EN 12 831.....	117
18.2	Jahres-Heizenergiebedarf $Q_{h,y}$	119
18.3	Jahres-Primärenergiebedarf $Q_{p,y}$	119
18.4	Jahres-Heizwärmebedarf $Q_{h,i}$ nach dem vereinfachten Periodenbilanzverfahren.....	122
19	Feuchteschutz - Übersicht.....	131
19.1	Feuchtebeanspruchung eines Bauwerks.....	131
19.2	Eigenschaften des Wassers.....	132
20	Feuchte in Baustoffen.....	135
21	Luftfeuchte und Raumklima.....	140
21.1	Luftfeuchte.....	140
21.2	Taupunkt.....	143
21.3	Raumklima.....	146
21.4	Rohbaufeuchte.....	147
21.5	Außenluft.....	147

Inhaltsverzeichnis

22	Tauwasser an Oberflächen - Schimmelpilzbildung.....	148
22M	Oberflächentemperatur.....	148
22.2	Relative Raumlufffeuchte als Funktion der zu- und abgehenden Feuchteströme.....	150
23	Feuchtetransport - Übersicht.....	153
24	Wassertransport in Feststoffen (Diffusion).....	154
24.1	Wasserdampfdiffusion.....	154
24.2	Wasserdampfübergangskoeffizient.....	157
24.3	Mittlerer s_d - Wert.....	158
25	Tauwasserbildung und Verdunstung im Bauteilinneren.....	159
25.1	Methodik nach DIN 4108-3 (Glaserverfahren).....	159
25.2	Klimatische Annahmen.....	160
25.3	Regelfälle nach DIN 4108-3.....	161
26	Wasserdampftransport in belüfteten Hohlräumen.....	164
26.1	Feuchteschutztechnische Funktionssicherheit.....	164
26.2	Belüftungsstromgeschwindigkeit infolge thermischen Auftriebs.....	166
26.3	Belüftungsstromgeschwindigkeit infolge thermischen Auftriebs und Windeinwirkung.....	168
27	Tauwasserschutz - Außenwände und Dächer.....	169
27.1	Diffusionsdiagramme von Außenwänden.....	169
27.2	Außenwände mit ausreichendem Wärmeschutz nach DIN 4108-2, für die kein rechnerischer*Nachweis des Tauwasserausfalls infolge Dampfdiffusion unter den Klimabedingungen nach DIN 4108-3 ¹ erforderlich ist.....	170
27.3	Belüftete und unbelüftete Flachdächer.....	171
27.4	Dächer mit ausreichendem Wärmeschutz nach DIN 4108-2, für die kein rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls infolge Dampfdiffusion unter Norm-Klimabedingungen erforderlich ist.....	172
27.5	Wärmedämmung in Dachschrägen ohne Tauwasserbildung.....	176
28	Regenschutz - Außenwände.....	178
29	Zweck des baulichen Schallschutzes.....	183
30	Grundbegriffe.....	184
30.1	Schall.....	184
30.2	Schallausbreitung und Schallgeschwindigkeit.....	185

30.2.1	Schallgeschwindigkeit in Festkörpern.....	185
30.2.2	Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten.....	187
30.2.3	Schallgeschwindigkeit in Gasen.....	187
30.3	Frequenz und Schwingungsdauer.....	189
30.4	Wellenlänge.....	191
30.5	Schallschnelle.....	192
30.6	Amplitude.....	193
30.7	Ton, Klang, Geräusch.....	193
30.8	Schalldruck.....	194
30.8.1	Schallpegel.....	195
30.8.2	Addition mehrerer Schallpegel.....	196
30.9	Lautstärke.....	198
31	Schallabsorption und Nachhallzeit.....	201
31.1	Schallabsorptionsgrad.....	201
31.2	Nachhallzeit.....	204
32	Schallschutz und Schalldämmung.....	207
32.1	Schallpegeldifferenz und Schalldämmmaß.....	208
32.1.1	Schallpegeldifferenz.....	208
32.1.2	Norm-Schallpegeldifferenz.....	209
32.2	Anforderungen an den Luft- und Trittschall im Inneren von Gebäuden.....	210
32.2.1	Nachweis des Luft- und Trittschallschutzes mit bauakustischen Messungen.....	211
32.2.2	Rechnerischer Nachweis des Luft- und Trittschallschutzes.....	212
32.2.3	Mindestanforderungen an den Luft- und Trittschall- schutz nach DIN 4109.....	212
32.3	Luftschallschutz.....	220
32.3.1	Grenzfrequenz, biegefeste Bauteile und biegeweiche Schalen.....	220
32.3.2	Nachweis der Luftschalldämmung mit bauakustischen Messungen.....	224
32.3.3	Rechnerischer Nachweis der Luftschalldämmung einschaliger Bauteile.....	229
32.3.4	Luftschalldämmung zweischaliger Bauteile.....	232
32.3.5	Resonanzfrequenz zweischaliger Bauteile.....	240
32.3.6	Berücksichtigung des Einflusses flankierender Bauteile.....	244
32.3.7	Einfluss der Schalllängsleitung in Skelett- und Holzbauten.....	249
32.3.8	Zusammenwirken von Flächenanteilen unterschiedlicher Schalldämmung.....	251
32.4	Trittschallschutz.....	254

Inhaltsverzeichnis

32.4.1	Norm-Trittschallpegel L_n	255
32.4.2	Rechenwert des bewerteten Norm-Trittschallpegels.....	258
32.5	Berücksichtigung des Schallpegelspektrums nach DIN EN ISO 717.....	262
32.5.1	Bestimmung des Spektrum-Anpassungswertes für die Luftschalldämmung.....	263
32.5.2	Bestimmung des Spektrum-Anpassungswertes für die Trittschalldämmung.....	265
33	Anforderungen an den Schallschutz gegen Außenlärm.....	268
33.1	Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen.....	274
33.2	Schallschutz gegen Fluglärm.....	275
34	Anforderungen an Armaturen und sonstige haustechnische Anlagen.....	276
34.1	Schallpegel in schutzbedürftigen Räumen.....	278
34.2	Luft- und Trittschallschutz zwischen „besonders lauten" und schutzbedürftigen Räumen.....	279
34.3	Maßnahmen zur Minderung der Geräuschausbreitung.....	282
35	Literatur.....	286
36	Stichwortverzeichnis.....	292