

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.....	26
3.2	Thermische Behaglichkeit.....	28
3.3	Ermittlung des PMV und des PPD	29
4	Wärmeübertragungsvorgänge	35
4.1	Wärmestrahlung.....	36
4.1.1	Wellenlänge.....	36
4.1.2	Strahlungsabsorption, -reflexion und -durchlässigkeit	39
4.2	Konvektion	40
4.2.1	Eigenschaften der Luft	41
4.2.2	Konvektiver Wärmestrom.....	42
4.2.3	Wärmeübergang infolge Konvektion	43
4.3	Wärmeleitung	45
5	Wärmeübergang	49
5.1	Bemessungswerte und -verfahren	49
5.2	Berechnung des Wärmeübergangswiderstandes nach DIN EN ISO 6946.....	51
5.2.1	Ebene Oberflächen	51
5.2.2	Nicht ebene Oberflächen.....	54

6	Wärmedurchgang durch ebene opake Bauteile.....	55
6.1	Wärmestromdichte.....	55
6.2	Wärmedurchgangskoeffizient U	55
6.3	Wärmedurchlasswiderstand einer Schicht	56
6.4	Temperaturverlauf durch ein ebenes Bauteil.....	56
6.5	Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient	59
6.5.1	Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient U eines Bauteils aus homogenen Schichten.....	59
6.5.2	Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient U eines Bauteils aus homogenen und inhomogenen Schichten.....	59
7	Wärmedurchgang – Luftschichten.....	62
7.1	Ruhende und belüftete Luftschichten.....	62
7.2	Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes unbelüfteter Lufträume nach DIN EN ISO 6946.....	64
7.2.1	Unbelüftete Lufträume mit einer Länge von mehr als dem 10-Fachen der Dicke.....	64
7.2.2	Kleine oder unterteilte unbelüftete Lufträume (Luftspalte).....	66
8	Wärmedurchgang – Fenster und weitere transparente Bauteile...	67
8.1	Wärmedurchgangskoeffizient von Fenstern	67
8.1.1	Wärmedurchgangskoeffizient von Zweischeiben- und Dreischeibenverglasungen	68
8.1.2	Wärmedurchgangskoeffizient von Rahmen	69
8.1.3	Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient des Glas-Rahmen-Verbindungsereiches	71
8.2	Äquivalenter Wärmedurchgangskoeffizient.....	73
8.3	Energiedurchlassgrad	74
8.4	Passive Sonnenenergienutzung.....	75
9	Wärmedurchgang – Sonderfälle.....	78
9.1	Rohrleitungen.....	78
9.2	Von der Ebenföächigkeit abweichende Bauteile.....	80
9.3	Korrekturen des Wärmedurchgangskoeffizienten	82
10	Mindestwärmeschutz	89
11	Wärmebrücken.....	92
11.1	Konstruktive und stoffbedingte Wärmebrücken.....	93
11.2	Geometrische Wärmebrücken, Winkel und Ecken	97
11.3	Zusätzliche Wärmeverluste durch Wärmebrücken	99

12	Wärmeübertragung erdberührender Bauteile.....	101
12.1	Bodenplatte auf Erdreich, ungedämmt oder mit vollflächiger Dämmung nach DIN EN ISO 13370	102
12.2	Bodenplatte auf Erdreich mit Randdämmung.....	105
12.2.1	Waagerechte Randdämmung.....	105
12.2.2	Senkrechte Randdämmung.....	106
12.3	Wärmestrom an das Erdreich	107
13	Luftdichtheit.....	110
14	Lüftung von Gebäuden	115
14.1	Fensterlüftung.....	116
14.2	Lüftung von Wohngebäuden.....	118
14.3	Lüftung von Nicht-Wohngebäuden	123
15	Wärmespeicherung und instationärer Wärmetransport.....	125
15.1	Wärmespeicherfähigkeit.....	125
15.2	Abkühlung eines Behälters.....	127
15.3	TAV-Wert und Phasenverschiebung.....	128
15.4	Kontakttemperatur.....	130
16	Sommerlicher Wärmeschutz.....	131
16.1	Oberflächentemperatur infolge Sonnenstrahlung.....	131
16.2	Modifizierte Sonnenlufttemperatur	132
16.3	Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2.....	132
16.4	Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes mittels thermischer Simulation nach DIN 4108-2	140
17	Wärmebilanz.....	143
17.1	Wärmeübertragung bei Mischung (Mischtemperatur).....	143
17.2	Lufttemperatur eines unbeheizten Raumes.....	144
17.3	Temperatur im Belüftungsraum	145
18	Energiesparender Wärmeschutz.....	148
18.1	Von der Wärmeschutzverordnung zur Energieeinsparverordnung	151
18.2	Gesamtenergetische Bewertung von Gebäuden mit der Energieeinsparverordnung 2014 (EnEV 2014).....	153
18.3	Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2014.....	157
18.3.1	Bezugsgrößen	157
18.3.2	Referenzgebäudeverfahren.....	159
18.4	Jahresheizenergiebedarf Q	171

Inhaltsverzeichnis

18.5	Jahres-Primärenergiebedarf Q_p	171
18.6	Jahres-Heizwärmebedarf Q_h nach dem Monatsbilanzverfahren.....	172
18.7	Ermittlung der Anlagen-Aufwandszahl nach DIN V 4701-10.....	185
18.8	Energetische Bewertung von Nicht-Wohngebäuden nach der Energieeinsparverordnung 2014.....	195
19	Feuchteschutz – Übersicht.....	200
19.1	Feuchtebeanspruchung eines Bauwerkes.....	200
19.2	Eigenschaften des Wassers.....	201
20	Feuchte in Baustoffen.....	204
21	Luftfeuchte und Raumklima.....	209
21.1	Luftfeuchte.....	209
21.2	Taupunkt.....	212
21.3	Raumklima.....	215
21.4	Rohbaufeuchte.....	216
21.5	Außenluft.....	216
22	Tauwasser an Oberflächen – Schimmelpilzbildung.....	217
22.1	Oberflächentemperatur.....	217
22.2	Relative Raumlufffeuchte als Funktion der zu- und abgehenden Feuchteströme.....	219
23	Feuchtetransport – Übersicht.....	222
24	Wassertransport in Feststoffen (Diffusion).....	223
24.1	Wasserdampfdiffusion.....	223
24.2	Wasserdampfübergangskoeffizient.....	226
24.3	Mittlerer s_d -Wert.....	227
25	Tauwasserbildung und Verdunstung im Bauteilinneren.....	228
25.1	Methodik nach DIN 4108-3 (Glaserverfahren).....	228
25.2	Klimatische Annahmen.....	229
25.3	Regelfälle nach DIN 4108-3.....	230
26	Wasserdampftransport in belüfteten Hohlräumen.....	235
26.1	Feuchteschutztechnische Funktionssicherheit.....	235
26.2	Belüftungsstromgeschwindigkeit infolge thermischen Auftriebs.....	237
26.3	Belüftungsstromgeschwindigkeit infolge thermischen Auftriebs und Windeinwirkung.....	239
27	Tauwasserschutz – Außenwände und Dächer.....	240

27.1	Diffusionsdiagramme von Außenwänden	240
27.2	Außenwände, für die kein rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls infolge Dampfdiffusion unter den Klimabedingungen nach DIN 4108-3 erforderlich ist.....	241
27.3	Belüftete und unbelüftete Flachdächer.....	242
27.4	Dächer, für die kein rechnerischer Nachweis des Tauwasseraus- falls infolge Dampfdiffusion unter Norm-Klimabedingungen erforderlich ist.....	243
27.5	Wärmedämmung in Dachschrägen ohne Tauwasserbildung	247
28	Regenschutz – Außenwände.....	249
29	Zweck des baulichen Schallschutzes.....	254
30	Grundbegriffe des Schallschutzes	255
30.1	Schall.....	255
30.2	Schallausbreitung und Schallgeschwindigkeit.....	256
30.2.1	Schallgeschwindigkeit in Festkörpern	256
30.2.2	Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten	258
30.2.3	Schallgeschwindigkeit in Gasen.....	258
30.3	Frequenz und Schwingungsdauer.....	260
30.4	Wellenlänge.....	262
30.5	Schallschnelle.....	263
30.6	Amplitude.....	264
30.7	Ton, Klang, Geräusch	264
30.8	Schalldruck.....	265
30.8.1	Schalldruckpegel	266
30.8.2	Addition mehrerer Schalldruckpegel	267
30.9	Lautstärke.....	269
31	Schallabsorption und Nachhallzeit	272
31.1	Schallabsorptionsgrad	272
31.2	Nachhallzeit.....	275
32	Schallschutz und Schalldämmung.....	278
32.1	Schallpegeldifferenz und Schalldämmmaß.....	279
32.1.1	Schallpegeldifferenz.....	279
32.1.2	Norm-Schallpegeldifferenz.....	280
32.2	Anforderungen an den Luft- und Trittschall im Inneren von Gebäuden	281
32.2.1	Nachweis des Luft- und Trittschallschutzes mit bauakustischen Messungen.....	282

32.2.2	Rechnerischer Nachweis des Luft- und Trittschallschutzes.....	283
32.2.3	Mindestanforderungen an den Luft- und Trittschallschutz nach DIN 4109.....	283
32.2.4	Vorschläge eines erhöhten Luft- und Trittschallschutzes nach DIN 4109 Beiblatt 2	291
32.2.5	Vorschläge eines Schallschutzes gegen Schallübertragung im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich nach DIN 4109 Beiblatt 2	296
32.3	Luftschalldämmung.....	298
32.3.1	Grenzfrequenz, biege feste Bauteile und biege weiche Schalen.....	298
32.3.2	Nachweis der Luftschalldämmung mit bauakustischen Messungen.....	302
32.3.3	Rechnerischer Nachweis der Luftschalldämmung einschaliger Bauteile	306
32.3.4	Luftschalldämmung zweischaliger Bauteile.....	309
32.3.5	Resonanzfrequenz zweischaliger Bauteile.....	318
32.3.6	Berücksichtigung des Einflusses flankierender Bauteile.....	322
32.3.7	Einfluss der Schalllängsleitung in Skelett- und Holzbauten.....	326
32.3.8	Zusammenwirken von Flächenanteilen unterschiedlicher Schalldämmung.....	329
32.4	Trittschallschutz	332
32.4.1	Norm-Trittschallpegel.....	332
32.4.2	Rechenwert des bewerteten Norm-Trittschallpegels.....	335
32.5	Berücksichtigung des Schallpegelspektrums nach DIN EN ISO 717.....	339
32.5.1	Bestimmung des Spektrum-Anpassungswertes für die Luftschalldämmung.....	340
32.5.2	Bestimmung des Spektrum-Anpassungswertes für die Trittschalldämmung.....	343
33	Anforderungen an den Schallschutz gegen Außenlärm.....	346
33.1	Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen	351
33.2	Schallschutz gegen Fluglärm	353
34	Schutz vor Körperschall aus haustechnischen Anlagen	354
34.1	Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen	356
34.2	Luft- und Trittschallschutz zwischen „besonders lauten“ und schutzbedürftigen Räumen	357
34.3	Maßnahmen zur Minderung der Geräuschausbreitung	360
35	Literatur	364
36	Stichwortverzeichnis	372