

Inhaltsverzeichnis

1	Einheiten, Formelzeichen, Begriffe.....	17
1.1	Internationales Einheitensystem (SI)	17
1.2	Dezimale Vielfache und Teile von Einheiten	17
1.3	Altgriechische Buchstaben.....	17
1.4	Allgemeine Größen und Einheiten (Auszug)	18
1.5	Begriffe, Formelzeichen und Einheiten des baulichen Wärmeschutzes (Auszug).....	18
1.6	Begriffe, Formelzeichen und Einheiten des baulichen Feuchteschutzes (Auszug).....	19
1.7	Begriffe des baulichen Wärme- und Feuchteschutzes (deutsch/englisch).....	21
1.8	Begriffe, Formelzeichen und Einheiten des baulichen Schallschutzes (Auszug).....	23
1.9	Begriffe des baulichen Schallschutzes (deutsch/englisch).....	24
2	Zweck des Wärme- und Feuchteschutzes.....	26
3	Physiologische Grundlagen und Behaglichkeit.....	27
3.1	Energieumsätze des Menschen.....	28
3.2	Thermische Behaglichkeit.....	30
3.3	Ermittlung des PMV und des PPD	31
4	Wärmeübertragungsvorgänge	37
4.1	Wärmestrahlung.....	38
4.1.1	Wellenlänge.....	38
4.1.2	Strahlungsabsorption, -reflexion und -durchlässigkeit	41
4.2	Konvektion	42
4.2.1	Eigenschaften der Luft	43
4.2.2	Konvektiver Wärmestrom	44
4.2.3	Wärmeübergang infolge Konvektion	45
4.3	Wärmeleitung	47
5	Wärmeübergang	51
5.1	Bemessungswerte und -verfahren	51
5.2	Berechnung des Wärmeübergangswiderstandes nach DIN EN ISO 6946.....	53
5.2.1	Ebene Oberflächen	53
5.2.2	Nicht ebene Oberflächen	56

6	Wärmedurchgang durch ebene opake Bauteile.....	57
6.1	Wärmestromdichte.....	57
6.2	Wärmedurchgangskoeffizient U	57
6.3	Wärmedurchlasswiderstand einer Schicht	58
6.4	Temperaturverlauf durch ein ebenes Bauteil.....	58
6.5	Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient	61
6.5.1	Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient U eines Bauteils aus homogenen Schichten.....	61
6.5.2	Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient U eines Bauteils aus homogenen und inhomogenen Schichten	61
7	Wärmedurchgang – Luftschichten.....	64
7.1	Ruhende und belüftete Luftschichten.....	64
7.2	Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes unbelüfteter Lufträume nach DIN EN ISO 6946.....	66
7.2.1	Unbelüftete Lufträume mit einer Länge von mehr als dem 10fachen der Dicke	66
7.2.2	Kleine oder unterteilte unbelüftete Lufträume (Luftspalte)	68
8	Wärmedurchgang – Fenster und weitere transparente Bauteile...	69
8.1	Wärmedurchgangskoeffizient von Fenstern	69
8.1.1	Wärmedurchgangskoeffizient von Zweischeiben- und Dreischeibenverglasungen	70
8.1.2	Wärmedurchgangskoeffizient von Rahmen	71
8.1.3	Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient des Glas-Rahmen-Verbindungsgebietes	73
8.2	Äquivalenter Wärmedurchgangskoeffizient.....	75
8.3	Energiedurchlassgrad	76
8.4	Passive Sonnenenergienutzung.....	77
9	Wärmedurchgang – Sonderfälle.....	80
9.1	Rohrleitungen.....	80
9.2	Von der Ebenflächigkeit abweichende Bauteile.....	82
9.3	Korrekturen des Wärmedurchgangskoeffizienten	84
10	Mindestwärmeschutz	90
11	Wärmebrücken.....	93
11.1	Konstruktive und stoffbedingte Wärmebrücken.....	94
11.2	Geometrische Wärmebrücken, Winkel und Ecken	98
11.3	Zusätzliche Wärmeverluste durch Wärmebrücken	100

12	Wärmeübertragung erdberührender Bauteile.....	102
12.1	Bodenplatte auf Erdreich, ungedämmt oder mit vollflächiger Dämmung nach DIN EN ISO 13370	103
12.2	Bodenplatte auf Erdreich mit Randdämmung.....	106
12.2.1	Waagerechte Randdämmung.....	106
12.2.2	Senkrechte Randdämmung.....	107
12.3	Wärmestrom an das Erdreich	108
13	Luftdichtheit.....	110
14	Lüftung von Gebäuden	115
14.1	Fensterlüftung.....	116
14.2	Lüftung von Wohngebäuden.....	118
14.3	Lüftung von Nichtwohngebäuden.....	124
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.....	129
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 zum Gebäudeenergiegesetz (GEG)	151
18.2	Gesamtenergetische Bewertung von Gebäuden mit dem Gebäudeenergiegesetz (GEG).....	153
18.3	Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes.....	158
18.3.1	Bezugsgrößen	159
18.3.2	Referenzgebäudeverfahren.....	160
18.4	Jahres-Heizenergiebedarf Q	175

18.5	Jahres-Primärenergiebedarf Q_p	175
18.6	Jahres-Heizwärmebedarf Q_h nach dem Monatsbilanzverfahren.....	176
18.7	Ermittlung der Anlagen-Aufwandszahl nach DIN V 4701-10	189
18.8	Energetische Bewertung von Nichtwohngebäuden nach dem Gebäudeenergiegesetz	199
19	Feuchteschutz – Übersicht.....	204
19.1	Feuchtebeanspruchung eines Bauwerkes	204
19.2	Eigenschaften des Wassers.....	205
20	Feuchte in Baustoffen.....	208
21	Luftfeuchte und Raumklima	213
21.1	Luftfeuchte	213
21.2	Taupunkt.....	216
21.3	Raumklima.....	219
21.4	Rohbaufeuchte.....	220
21.5	Außenluft.....	220
22	Tauwasser an Oberflächen – Schimmelpilzbildung.....	221
22.1	Oberflächentemperatur.....	221
22.2	Relative Raumluftfeuchte als Funktion der zu- und abgehenden Feuchteströme	223
23	Feuchtetransport – Übersicht.....	226
24	Wassertransport in Feststoffen (Diffusion).....	227
24.1	Wasserdampfdiffusion.....	227
24.2	Wasserdampfübergangskoeffizient	230
24.3	Mittlerer s_d -Wert.....	231
25	Tauwasserbildung und Verdunstung im Bauteilinneren.....	232
25.1	Methodik nach DIN 4108-3 (Glaserverfahren).....	232
25.2	Klimatische Annahmen.....	233
25.3	Regelfälle nach DIN 4108-3.....	234
26	Wasserdampftransport in belüfteten Hohlräumen.....	239
26.1	Feuchteschutztechnische Funktionssicherheit.....	239
26.2	Belüftungsstromgeschwindigkeit infolge thermischen Auftriebs	242
26.3	Belüftungsstromgeschwindigkeit infolge thermischen Auftriebs und Windeinwirkung.....	243

27	Tauwasserschutz – Außenwände und Dächer	244
27.1	Diffusionsdiagramme von Außenwänden	244
27.2	Außenwände, für die kein rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls infolge Dampfdiffusion unter den Klimabedingungen nach DIN 4108-3 erforderlich ist.....	245
27.3	Belüftete und unbelüftete Flachdächer.....	248
27.4	Dächer, für die kein rechnerischer Nachweis des Tauwasseraus- falls infolge Dampfdiffusion unter Norm-Klimabedingungen erforderlich ist.....	249
27.4.1	Blelüftete Dachkonstruktionen	249
27.4.2	Nicht blelüftete Dachkonstruktionen	250
27.5	Wärmedämmung in Dachschrägen ohne Tauwasserbildung	256
28	Regenschutz – Außenwände.....	258
29	Zweck des baulichen Schallschutzes.....	263
30	Grundbegriffe des Schallschutzes	264
30.1	Schall.....	264
30.2	Schallausbreitung und Schallgeschwindigkeit	265
30.2.1	Schallgeschwindigkeit in Festkörpern	265
30.2.2	Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten	267
30.2.3	Schallgeschwindigkeit in Gasen.....	268
30.3	Frequenz und Schwingungsdauer.....	269
30.4	Wellenlänge.....	271
30.5	Schallschnelle.....	272
30.6	Amplitude.....	273
30.7	Ton, Klang, Geräusch	273
30.8	Schalldruck.....	274
30.8.1	Schalldruckpegel	275
30.8.2	Addition mehrerer Schalldruckpegel	276
30.9	Lautstärke	278
31	Raumakustik	281
31.1	Schallabsorptionsgrad	281
31.2	Nachhallzeit.....	284
31.3	Raumakustik für unterschiedliche Raumnutzungen	287
31.3.1	Räume der Gruppe A	287
31.3.2	Räume der Gruppe B	291
32	Schallschutz und Schalldämmung.....	295
32.1	Schallpegeldifferenz und Schalldämmmaß	296

Inhaltsverzeichnis

32.1.1	Schallpegeldifferenz.....	296
32.1.2	Norm-Schallpegeldifferenz	297
32.2	Anforderungen an den Luft- und Trittschall im Inneren von Gebäuden	298
32.2.1	Nachweis des Luft- und Trittschallschutzes mit bauakustischen Messungen.....	299
32.2.2	Rechnerischer Nachweis des Luft- und Trittschallschutzes.....	300
32.2.3	Mindestanforderungen an den Luft- und Trittschall- schutz nach DIN 4109-1.....	300
32.2.4	Vorschläge eines erhöhten Luft- und Trittschall- schutzes nach DIN 4109-5	310
32.2.5	Vorschläge eines Schallschutzes gegen Schallübertragung im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich nach DIN 4109 Beiblatt 2	315
32.3	Luftschalldämmung.....	317
32.3.1	Grenzfrequenz, biege feste Bauteile und biege weiche Schalen.....	317
32.3.2	Nachweis der Luftschalldämmung mit bauakustischen Messungen.....	321
32.3.3	Rechnerischer Nachweis der Luftschalldämmung massiver Bauteile	325
32.3.4	Berücksichtigung einschaliger entkoppelter Wandsysteme.....	339
32.3.5	Luftschalldämmung zweischaliger Bauteile	340
32.3.6	Luftschalldämmung im Holz-, Leicht- und Trockenbau	344
32.3.7	Zusammenwirken von Flächenanteilen unterschiedlicher Schalldämmung.....	366
32.4	Trittschallschutz	369
32.4.1	Norm-Trittschallpegel	369
32.4.2	Rechnerischer Nachweis des bewerteten Norm-Trittschallpegels.....	372
32.5	Berücksichtigung des Schallpegelspektrums nach DIN EN ISO 717.....	379
32.5.1	Bestimmung des Spektrum-Anpassungswertes für die Luftschalldämmung.....	380
32.5.2	Bestimmung des Spektrum-Anpassungswertes für die Trittschalldämmung.....	382
33	Anforderungen an den Schallschutz gegen Außenlärm.....	385
33.1	Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen	391
33.2	Schallschutz gegen Fluglärm	395

34	Schutz vor Körperschall aus haustechnischen Anlagen	397
34.1	Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen	399
34.2	Luft- und Trittschalldämmung zwischen „besonders lauten“ und schutzbedürftigen Räumen	401
34.3	Maßnahmen zur Minderung der Geräuschausbreitung	404
35	Literatur	409
36	Stichwortverzeichnis	418