

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einheiten, Formelzeichen, Begriffe.....</b>	<b>15</b>
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
<b>2</b>	<b>Zweck des Wärme- und Feuchteschutzes.....</b>	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>Physiologische Grundlagen und Behaglichkeit.....</b>	<b>25</b>
3.1	Energieumsätze des Menschen.....	26
3.2	Thermische Behaglichkeit.....	28
3.3	Ermittlung des PMV und des PPD .....	29
<b>4</b>	<b>Wärmeübertragungsvorgänge .....</b>	<b>35</b>
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
<b>5</b>	<b>Wärmeübergang .....</b>	<b>49</b>
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

<b>6</b>	<b>Wärmedurchgang durch ebene opake Bauteile.....</b>	<b>55</b>
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
<b>7</b>	<b>Wärmedurchgang – Luftsichten.....</b>	<b>62</b>
7.1	Ruhende und belüftete Luftsichten.....	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
<b>8</b>	<b>Wärmedurchgang – Fenster und weitere transparente Bauteile...</b>	<b>67</b>
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-Verbindungsbereiches .....	71
8.2	Äquivalenter Wärmedurchgangskoeffizient.....	73
8.3	Energiedurchlassgrad .....	74
8.4	Passive Sonnenenergienutzung.....	75
<b>9</b>	<b>Wärmedurchgang – Sonderfälle.....</b>	<b>78</b>
9.1	Rohrleitungen .....	78
9.2	Von der Ebenflächigkeit abweichende Bauteile.....	80
9.3	Korrekturen des Wärmedurchgangskoeffizienten .....	82
<b>10</b>	<b>Mindestwärmeschutz .....</b>	<b>89</b>
<b>11</b>	<b>Wärmebrücken.....</b>	<b>92</b>
11.1	Konstruktive und stoffbedingte Wärmebrücken.....	93
11.2	Geometrische Wärmebrücken, Winkel und Ecken .....	97
11.3	Zusätzliche Wärmeverluste durch Wärmebrücken .....	99

<b>12</b>	<b>Wärmeübertragung erdberührender Bauteile.....</b>	<b>101</b>
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
<b>13</b>	<b>Luftdichtheit.....</b>	<b>110</b>
<b>14</b>	<b>Lüftung von Gebäuden .....</b>	<b>115</b>
14.1	Fensterlüftung.....	116
14.2	Lüftung von Wohngebäuden.....	118
14.3	Lüftung von Nicht-Wohngebäuden .....	123
<b>15</b>	<b>Wärmespeicherung und instationärer Wärmetransport.....</b>	<b>125</b>
15.1	Wärmespeicherfähigkeit.....	125
15.2	Abkühlung eines Behälters.....	127
15.3	TAV-Wert und Phasenverschiebung.....	128
15.4	Kontakttemperatur.....	130
<b>16</b>	<b>Sommerlicher Wärmeschutz.....</b>	<b>131</b>
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
<b>17</b>	<b>Wärmebilanz.....</b>	<b>143</b>
17.1	Wärmeübertragung bei Mischung (Mischtemperatur).....	143
17.2	Lufttemperatur eines unbeheizten Raumes.....	144
17.3	Temperatur im Belüftungsraum .....	145
<b>18</b>	<b>Energiesparender Wärmeschutz.....</b>	<b>148</b>
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
<b>19</b>	<b>Feuchteschutz – Übersicht.....</b>	<b>200</b>
19.1	Feuchtebeanspruchung eines Bauwerkes .....	200
19.2	Eigenschaften des Wassers.....	201
<b>20</b>	<b>Feuchte in Baustoffen.....</b>	<b>204</b>
<b>21</b>	<b>Luftfeuchte und Raumklima .....</b>	<b>209</b>
21.1	Luftfeuchte .....	209
21.2	Taupunkt.....	212
21.3	Raumklima.....	215
21.4	Rohbaufeuchte.....	216
21.5	Außenluft.....	216
<b>22</b>	<b>Tauwasser an Oberflächen – Schimmelpilzbildung.....</b>	<b>217</b>
22.1	Oberflächentemperatur.....	217
22.2	Relative Raumluftfeuchte als Funktion der zu- und abgehenden Feuchteströme .....	219
<b>23</b>	<b>Feuchtetransport – Übersicht.....</b>	<b>222</b>
<b>24</b>	<b>Wassertransport in Feststoffen (Diffusion).....</b>	<b>223</b>
24.1	Wasserdampfdiffusion.....	223
24.2	Wasserdampfübergangskoeffizient .....	226
24.3	Mittlerer $s_d$ -Wert.....	227
<b>25</b>	<b>Tauwasserbildung und Verdunstung im Bauteilinneren.....</b>	<b>228</b>
25.1	Methodik nach DIN 4108-3 (Gläserverfahren).....	228
25.2	Klimatische Annahmen.....	229
25.3	Regelfälle nach DIN 4108-3.....	230
<b>26</b>	<b>Wasserdampftransport in belüfteten Hohlräumen.....</b>	<b>235</b>
26.1	Feuchteschutztechnische Funktionssicherheit.....	235
26.2	Belüftungsstromgeschwindigkeit infolge thermischen Auftriebs .....	237
26.3	Belüftungsstromgeschwindigkeit infolge thermischen Auftriebs und Windeinwirkung.....	239
<b>27</b>	<b>Tauwasserschutz – Außenwände und Dächer .....</b>	<b>240</b>

---

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 Tauwasserausfalls infolge Dampfdiffusion unter Norm-Klimabedingungen erforderlich ist.....	243
27.5	Wärmedämmung in Dachschrägen ohne Tauwasserbildung .....	247
<b>28</b>	<b>Regenschutz – Außenwände.....</b>	<b>249</b>
<b>29</b>	<b>Zweck des baulichen Schallschutzes.....</b>	<b>254</b>
<b>30</b>	<b>Grundbegriffe des Schallschutzes .....</b>	<b>255</b>
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
<b>31</b>	<b>Schallabsorption und Nachhallzeit.....</b>	<b>272</b>
31.1	Schallabsorptionsgrad .....	272
31.2	Nachhallzeit.....	275
<b>32</b>	<b>Schallschutz und Schalldämmung.....</b>	<b>278</b>
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

# Inhaltsverzeichnis

---

32.2.2	Rechnerischer Nachweis des Luft- und Trittschallschutzes.....	283
32.2.3	Mindestanforderungen an den Luft- und Trittschall- schutz nach DIN 4109.....	283
32.2.4	Vorschläge eines erhöhten Luft- und Tritt- schallschutzes 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, biegefeste Bauteile und biegeweiche 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	<b>Anforderungen an den Schallschutz gegen Außenlärm.....</b>	346
33.1	Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen .....	351
33.2	Schallschutz gegen Fluglärm .....	353
34	<b>Schutz vor Körperschall aus haustechnischen Anlagen .....</b>	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	<b>Literatur .....</b>	364
36	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	372