

# Inhaltsverzeichnis

## 1 Berechnungshilfen

<b>1.1</b>	<b>Mathematische Grundlagen .....</b>	<b>1</b>
1.1.1	Geometrie .....	1
	Flächenberechnung .....	1
	Volumenberechnung .....	4
1.1.2	Rechenregeln .....	8
	Potenzen .....	8
	Wurzeln .....	8
	Logarithmen .....	9
	Quadratische Gleichung .....	9
	Trigonometrie .....	9
1.1.3	Vielfache und Teile der SI-Einheiten .....	10
<b>1.2</b>	<b>Griechisches Alphabet .....</b>	<b>11</b>
<b>1.3</b>	<b>Einheiten-Umrechnungstabeln .....</b>	<b>12</b>
1.3.1	Länge .....	12
1.3.2	Fläche .....	12
1.3.3	Volumen .....	12
1.3.4	Masse .....	13
1.3.5	Zeit .....	13
1.3.6	Kraft .....	13
1.3.7	Spannung .....	14
1.3.8	Druck .....	14
1.3.9	Arbeit .....	14
1.3.10	Leistung .....	15
1.3.11	Wärmeleitfähigkeit .....	15
1.3.12	Spezifische Wärmekapazität .....	15
1.3.13	Wärmedurchgangskoeffizient .....	16
1.3.14	Wärmestromdichte .....	16
<b>1.4</b>	<b>Bauschraffuren .....</b>	<b>17</b>
<b>1.5</b>	<b>Wärme- und feuchtetechnische Kennwerte .....</b>	<b>19</b>
1.5.1	Putze, Mörtel und Estriche .....	19
1.5.2	Beton .....	20
1.5.3	Bauplatten .....	22
1.5.4	Mauerwerk aus Klinkern und Ziegeln .....	23
1.5.5	Mauerwerk aus Kalksandsteinen, Hüttensteinen und Porenbeton- Plansteinen .....	24
1.5.6	Mauerwerk aus Betonsteinen .....	25
1.5.7	Holz und Holzwerkstoffe .....	27
1.5.8	Wärmedämmstoffe .....	28
1.5.9	Fußbodenbeläge, Abdichtstoffe .....	32
1.5.10	Gummi, massive Kunststoffe .....	33
1.5.11	Dachbahnen, Folien .....	34

1.5.12	Glas, Gesteine und Lehmbaustoffe .....	35
1.5.13	Böden .....	36
1.5.14	Dachziegelsteine und Platten .....	36
1.5.15	Lose Schüttungen .....	37
1.5.16	Metalle .....	37
1.5.17	Wasser, Eis, Schnee .....	38
1.5.18	Gase .....	38

## 2 Wärmeschutz

2.1	<b>Wärmeschutztechnische Begriffe .....</b>	<b>39</b>
2.1.1	Temperatur .....	39
2.1.2	Rohdichte .....	39
2.1.3	Wärmemenge, Spezifische Wärmekapazität .....	39
2.1.4	Wärmeleitfähigkeit .....	39
2.1.5	Temperaturleitzahl .....	40
2.1.6	Wärmeeindringkoeffizient .....	40
2.1.7	Wärmestrom .....	41
2.1.8	Wärmestromdichte .....	41
2.1.9	Wärmeübergangskoeffizient .....	42
	<i>Wärmeübergang infolge Konvektion .....</i>	<i>42</i>
	<i>Wärmeübergang infolge Strahlung .....</i>	<i>42</i>
2.1.10	Wärmeübergangswiderstand .....	44
	<i>Bauteile mit nicht ebenen Oberflächen .....</i>	<i>45</i>
2.1.11	Wärmedurchlasswiderstand .....	45
	<i>Wärmedurchlasswiderstand für eine Baustoffschicht .....</i>	<i>45</i>
	<i>Wärmedurchlasswiderstand von Luftschichten .....</i>	<i>46</i>
	<i>Wärmedurchlasswiderstand von Lufträumen .....</i>	<i>49</i>
	<i>Kleine oder unterteilte unbelüftete Lufträume (Luftspalte) .....</i>	<i>50</i>
	<i>Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume .....</i>	<i>50</i>
2.1.12	Wärmedurchgangswiderstand .....	52
	<i>Einschichtige homogene Bauteile .....</i>	<i>52</i>
	<i>Mehrschichtige homogene Bauteile .....</i>	<i>52</i>
	<i>Mehrschichtige inhomogene Bauteile .....</i>	<i>52</i>
	<i>Wärmedurchlasswiderstände von Decken .....</i>	<i>54</i>
2.1.13	Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) für opake Bauteile .....	56
	<i>Korrektur des U-Wertes bei Luftspalten im Bauteil .....</i>	<i>57</i>
	<i>Korrektur des U-Wertes bei Durchdringung der Dämmschicht durch Befestigungselemente .....</i>	<i>58</i>
	<i>Korrektur des U-Wertes durch Niederschlag auf Umkehrdächern .....</i>	<i>59</i>
	<i>Berechnung des U-Wertes für Bauteile mit keilförmigen Schichten .....</i>	<i>60</i>
	<i>Berechnung des U-Wertes für zweischalige Dach- und Wandaufbauten im Stahlleichtbau .....</i>	<i>61</i>
	<i>Berechnung des U-Wertes für Sandwichelemente .....</i>	<i>61</i>
	<i>Berechnung des U-Wertes für Beton-Sandwichelemente .....</i>	<i>61</i>

	<i>Wärmedurchgangskoeffizient erdberührter Bauteile</i> .....	61
2.1.14	Wärmedurchgangskoeffizient für Fenster .....	62
	<i>Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung</i> .....	62
	<i>Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens</i> .....	63
	<i>Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters</i> .....	63
	<i>Lichtkuppeln und Dachlichtbänder aus Kunststoffmaterialien</i> .....	69
2.1.15	Wärmedurchgangskoeffizient von Rollladenkästen .....	71
2.1.16	Wärmedurchgangskoeffizient von Rollläden, Fensterläden etc. ....	72
2.1.17	Wärmedurchgangskoeffizient von Türen .....	74
	<i>Vollverglaste Türen</i> .....	74
	<i>Türen mit Verglasungen und opaken Füllungen</i> .....	74
	<i>Türen ohne Verglasungen</i> .....	75
2.1.18	Wärmedurchgangskoeffizient für Tore .....	75
2.1.19	Wärmedurchgangskoeffizient von Vorhangfassaden - Einzelbeurteilungsmethode nach DIN EN ISO 12631 .....	76
	<i>Vorgehensweise mit <math>U_{TJ}</math></i> .....	76
	<i>Vorgehensweise mit <math>\Psi_{TJ}</math></i> .....	77
2.2	<b>Temperaturverteilungen in Bauteilen</b> .....	78
2.2.1	Eindimensional, stationäre Randbedingungen .....	78
	<i>Rechnerisches Verfahren</i> .....	78
	<i>Graphisches Verfahren</i> .....	78
2.2.2	Eindimensional, instationäre Randbedingungen - Binder/Schmidt .....	80
2.3	<b>Wärmebrücken</b> .....	83
2.3.1	Definition und Formen des Auftretens .....	83
	<i>Definition nach DIN EN ISO 10211</i> .....	83
	<i>Konstruktiv bedingte Wärmebrücken / stoffbedingte Wärmebrücken</i> ...	83
	<i>Geometrisch bedingte Wärmebrücken / formbedingte Wärmebrücke</i> ..	83
	<i>Mischformen</i> .....	83
	<i>Lüftungs- und umgebungsbedingte „Wärmebrücken“</i> .....	84
2.3.2	Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient .....	84
2.3.3	Wärmebrückenkataloge .....	86
2.3.4	Berücksichtigung von Wärmebrücken beim Nachweis nach EnEV .....	87
2.4	<b>Anforderungen an den Wärmeschutz im Winter</b> .....	89
2.4.1	Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 .....	89
	<i>Bautechnische Maßnahmen für eine energiesparende Bauweise</i> .....	89
	<i>Anforderungen an opake Massivbauteile</i> .....	90
	<i>Bauteile mit Abdichtung</i> .....	90
	<i>Anforderungen an leichte opake Außenbauteile, Rahmen- und Skelettbauarten sowie Fenster und Fenstertüren</i> .....	91
	<i>Allgemeine Anforderungen im Bereich von Wärmebrücken</i> .....	93
	<i>Anforderungen für Kanten bzw. linienförmige Wärmebrücken</i> .....	94
	<i>Anforderungen für Ecken bzw. punktförmige Wärmebrücken</i> .....	94
	<i>Anforderungen an die Luftdichtheit von Außenbauteilen</i> .....	95
2.5	<b>Energiesparender Wärmeschutz - EnEV 2014</b> .....	96

2.5.1	Anwendungsbereich der EnEV .....	96
2.5.2	Bezugsgrößen und Anforderungen für Neubauten .....	97
	<i>Anforderungen an Wohngebäude nach EnEV 2014</i> .....	97
	<i>Anforderungen an Nichtwohngebäude nach EnEV 2014</i> .....	100
2.5.3	Bezugsgrößen und Anforderungen für Änderungen an bestehenden Gebäuden und Anlagen sowie für kleine Gebäude mit einer Nutzfläche $\leq 50 \text{ m}^2$ .....	107
	<i>Änderungen und kleine Gebäude</i> .....	107
	<i>Erweiterung und Ausbau</i> .....	107
2.5.4	Nachweismethodik .....	111
	<i>Nichtwohngebäude</i> .....	111
	<i>Wohngebäude</i> .....	114
2.5.5	Ermittlung der Eingangsgrößen .....	116
	<i>Wärmeübertragende Umfassungsfläche</i> .....	116
	<i>Bruttovolumen</i> .....	117
	<i>Wärmedurchgangskoeffizienten</i> .....	117
	<i>Bezugsfläche, Nutzfläche</i> .....	117
2.5.6	Tabellen zur Ermittlung der Wärmeverluste und -gewinne im Monatsbilanzverfahren gemäß DIN V 4108-6 .....	117
	<i>Transmissionswärmeverlust</i> .....	117
	<i>Lüftungswärmeverlust</i> .....	117
	<i>Solare Wärmegewinne</i> .....	117
	<i>Interne Wärmegewinne</i> .....	117
2.5.7	Ermittlung des Ausnutzungsgrades der solaren und internen Gewinne .....	127
2.5.8	Ermittlung der Anlagenaufwandszahl gemäß DIN V 4701-10 .....	127
	<i>Diagrammverfahren</i> .....	128
	<i>Tabellenverfahren</i> .....	129
	<i>Formulare zur Anlagenbewertung</i> .....	129
2.6	<b>Wärmeübertragung über das Erdreich</b> .....	133
2.6.1	Einführung .....	133
	<i>Wärmebrücken am Wand-Bodenplatten-Anschluss</i> .....	135
2.6.2	Wärmeverluste über erdberührte Bodenplatten (nicht unterkellert) .....	136
2.6.3	Wärmeverluste über aufgeständerte Bodenplatten (Kriechkeller) .....	137
2.6.4	Wärmeverluste bei beheiztem Keller .....	138
2.6.5	Wärmeverluste bei unbeheiztem oder teilweise beheiztem Keller .....	139
2.6.6	Wärmetechnische Bemessung von Gebäudegründungen zur Vermeidung von Frosthebung gemäß DIN EN ISO 13793 .....	140
	<i>Einführung</i> .....	140
	<i>Frostindex</i> .....	140
	<i>Bemessungswert des Frostindex</i> .....	140
	<i>Gründungstiefe</i> .....	142
	<i>Frosteindringtiefe in ungestörtem Erdreich</i> .....	142
	<i>Bemessung für Bodenplatten auf Erdreich bei beheizten Gebäuden</i> ..	142

<b>2.7</b>	<b>Sommerlicher Wärmeschutz</b> .....	146
2.7.1	Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2 .....	146
	<i>Allgemeines</i> .....	146
2.7.2	Sonneneintragskennwert .....	147
2.7.3	Zulässiger Sonneneintragskennwert .....	150
2.7.4	Wärmespeicherfähigkeit der raumumschließenden Bauteile .....	154
<b>2.8</b>	<b>Luftdichtheit</b> .....	156
2.8.1	Einführung .....	156
2.8.2	Anforderungen und Planungsempfehlungen gemäß DIN 4108-7 .....	156
	<i>Anforderungen</i> .....	157
	<i>Materialien</i> .....	157
	<i>Planungsgrundsätze einer luftdichten Gebäudehülle</i> .....	158
	<i>Planungsempfehlungen</i> .....	158
<b>3</b>	<b>Feuchteschutz</b>	
<b>3.1</b>	<b>Feuchteschutztechnische Begriffe</b> .....	167
3.1.1	Wasserdampf .....	167
3.1.2	Wasserdampfpartialdruck .....	167
3.1.3	Wasserdampfsättigungsdruck .....	168
3.1.4	Norm-Atmosphäre .....	170
3.1.5	Relative Luftfeuchte .....	170
3.1.6	Konzentration der trockenen Luft .....	170
3.1.7	Wasserdampfkonzentration .....	171
3.1.8	Wasserdampfsättigungskonzentration .....	171
3.1.9	Taupunkttemperatur .....	173
3.1.10	Wasserdampf-Diffusionsübergangswiderstand .....	174
3.1.11	Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizient ruhender Luft .....	175
3.1.12	Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl .....	176
	<i>Wahl des <math>\mu</math>-Wertes für poröse Baustoffe bei stationären</i> <i>Diffusionsberechnungen</i> .....	177
3.1.13	Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand .....	178
3.1.14	Wasserdampf-Diffusionsdurchgangskoeffizient .....	178
3.1.15	Wasserdampf-Diffusionsstromdichte .....	179
3.1.16	Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke .....	180
	<i>Für Baustoffschichten</i> .....	180
	<i>Für Luftschichten (Grenzschichten)</i> .....	180
3.1.17	Sorptionsisotherme .....	181
3.1.18	Massebezogener Feuchtegehalt .....	182
3.1.19	Volumenbezogener Feuchtegehalt .....	182
3.1.20	Gleichgewichtsfeuchtegehalt .....	182
3.1.21	Praktischer Feuchtegehalt .....	182
3.1.22	Kritischer Feuchtegehalt .....	183
3.1.23	Maximaler Feuchtegehalt.....	183

<b>3.2</b>	<b>Bestimmung des Wasserdampfpartialdruckverlaufes .....</b>	<b>183</b>
3.2.1	Rechnerisches Verfahren .....	183
3.2.2	Graphisches Verfahren .....	184
<b>3.3</b>	<b>Schlagregenschutz .....</b>	<b>187</b>
3.3.1	Schlagregenbeanspruchungsgruppen .....	187
3.3.2	Klassifizierung für Putze und Beschichtungen .....	189
3.3.3	Einordnung von Wandbauarten .....	191
3.3.4	Fugen und Anschlüsse .....	192
3.3.5	Bestimmungen für weitere Bauteilgruppen .....	193
3.3.6	Innendämmungen .....	193
3.3.7	Fachwerkfassaden .....	194
<b>3.4</b>	<b>Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN 4108-3 .....</b>	<b>196</b>
3.4.1	Tauwasserbildung und Schimmelpilzbildung auf Bauteiloberflächen ..	196
	<i>Bauteiloberflächentemperatur .....</i>	<i>196</i>
	<i>Mindestwärmeschutz .....</i>	<i>197</i>
3.4.2	Tauwasserbildung im Innern von Bauteilen .....	197
	<i>Nachweisfreie Bauteilkonstruktionen nach DIN 4108-3 .....</i>	<i>198</i>
3.4.3	Ablauf der Nachweisführung im Glaser-Verfahren .....	198
	1. Schritt - Zusammenstellung der klimatischen Randbedingungen ....	198
	2. Schritt - Berechnung der Wasserdampfsättigungsdrücke .....	200
	3. Schritt - Darstellung des $p_s$ -Verlaufes .....	200
	4. Schritt - Darstellung des $p_D$ -Verlaufes bei tauwasserfreiem	
	Querschnitt .....	201
	5. Schritt - Darstellung des Verlaufes bei Tauwasserausfall im	
	Querschnitt .....	202
	6. Schritt - Berechnung der Tauwassermenge .....	203
	<i>Nachweis zur Vermeidung extremer Feuchteansammlung .....</i>	<i>206</i>
	7. Schritt - Berechnung der Verdunstungswassermenge .....	206
3.4.4	Bemessung einer erforderlichen Dampfbremse .....	211
	<i>Rechnerisch .....</i>	<i>211</i>
	<i>Graphisch .....</i>	<i>211</i>
<b>3.5</b>	<b>Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN EN ISO 13788 .....</b>	<b>212</b>
3.5.1	Außenseitige klimatische Randbedingungen .....	213
	<i>Lufttemperatur und relative Feuchte .....</i>	<i>213</i>
	<i>Wasserdampfpartialdruck .....</i>	<i>217</i>
3.5.2	Raumseitige klimatische Randbedingungen .....	217
	<i>Lufttemperatur und relative Feuchte .....</i>	<i>217</i>
	<i>Außenseitiger Wasserdampfpartialdruck .....</i>	<i>220</i>
3.5.3	Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer	
	Oberflächenfeuchte .....	221
	<i>Struktur des Nachweisverfahren bei schwerer Bauweise .....</i>	<i>221</i>
	<i>Struktur des Nachweisverfahren für Fenster und bei</i>	
	<i>leichter Bauweise .....</i>	<i>224</i>
3.5.4	Tauwasserbildung im Bauteilinnern .....	225

<i>Nachweis gemäß DIN 13788 (Monatsbilanz)</i> .....	225
<i>Klimarandbedingungen</i> .....	225
<i>Struktur des Berechnungsverfahrens</i> .....	226
<i>Schritt 1 - Ermittlung des Anfangsmonats</i> .....	226
<i>Schritt 2 - Erstellung der Diffusionsdiagramme</i> .....	227
<i>Schritt 3 - Berechnung der Tauwasser- und Verdunstungsmengen</i> ....	232
<i>Schritt 4 - Ergebnis der Jahresbilanzberechnung</i> .....	234

## 4 Schallausbreitung

<b>4.1 Physikalische Grundlagen der Schallausbreitung</b> .....	237
4.1.1 Schallschwingung .....	237
<i>effektiver Schalldruck</i> .....	237
<i>Frequenz</i> .....	238
<i>Wellenlänge</i> .....	239
<i>Frequenzspektrum</i> .....	239
4.1.2 Schallgeschwindigkeiten .....	241
4.1.3 Definition unterschiedlicher Schallpegel .....	241
<i>Schalldruckpegel</i> .....	241
<i>Addition und Subtraktion von Schallpegeln</i> .....	242
<i>Mittelung zeitlich veränderlicher Schallpegel</i> .....	243
<i>Mittelung örtlicher veränderlicher Schallpegel</i> .....	244
4.1.4 Lautstärkeempfinden und Frequenzbewertung.....	244
4.1.5 Schallausbreitung.....	247
<i>Punktschallquellen</i> .....	247
<i>Linienschallquellen</i> .....	248
<b>4.2 Immissionsgrenzwerte bei Schallausbreitung im Freien</b> .....	249
4.2.1 Anforderungen und Orientierungswerten .....	249
<i>Anforderungen nach TA Lärm</i> .....	249
<i>Anforderungen nach Sportanlagenlärmschutzverordnung</i> .....	252
<i>Anforderungen nach der Verkehrslärmschutzverordnung</i> .....	253
<i>Orientierungswerte nach DIN 18005-1 Bbl. 1</i> .....	254
<b>4.3 Ermittlung von Schallimmissionen nach TA Lärm</b> .....	255
4.3.1 Allgemeines.....	255
4.3.2 Ermittlung der Geräuschimmissionen aus Vorbelastung <i>durch Messung</i> .....	256
4.3.3 Ermittlung der Geräuschimmissionen aus Zusatzbelastung <i>mit der überschlägigen Prognose</i> .....	258
<b>4.4 Ermittlung von Schallimmissionen nach DIN ISO 9613-2</b> .....	261
4.4.1 Anwendungsbereich .....	261
4.4.2 Randbedingungen .....	262
4.4.3 Rechenvorgaben .....	264
<i>Äquivalenter Oktavband-Dauerschalldruckpegel bei Mitwind</i> .....	264
<i>Äquivalenter A-bewerteter Dauerschalldruckpegel bei Mitwind</i> .....	265
<i>Äquivalenter A-bewerteter Langzeit-Mittelungspegel</i> .....	265

<i>Richtwirkungskorrektur</i> .....	265
<i>Dämpfung - Oktavbanddämpfung</i> .....	268
<i>Dämpfung - Geometrische Ausbreitung</i> .....	268
<i>Dämpfung - Luftabsorption</i> .....	268
<i>Dämpfung - Bodeneffekt</i> .....	269
<i>Dämpfung - Vereinfachtes Verfahren für den Bodeneffekt</i> .....	272
<i>Dämpfung - Abschirmung</i> .....	274
<i>Dämpfung - Zusätzliche Dämpfungsarten</i> .....	278
<i>Bewuchs</i> .....	279
<i>Industriegelände</i> .....	280
<i>Bebauung</i> .....	281
<i>Meteorologische Korrektur</i> .....	281

## 5 Bauakustik

<b>5.1 Grundlagen des Luftschallschutzes</b> .....	283
5.1.1 Schalltransmissionsgrad .....	283
5.1.2 Schallpegeldifferenz .....	283
5.1.3 Norm-Schallpegeldifferenz .....	284
5.1.4 Standard-Schallpegeldifferenz .....	284
5.1.5 Schalldämm-Maß .....	285
5.1.6 Schachtpegeldifferenz .....	287
5.1.7 Schallübertragungswege .....	287
5.1.8 Bewertung des Schalldämm-Maßes .....	288
5.1.9 Spektrum-Anpassung .....	290
5.1.10 Schalldämmung zusammengesetzter Flächen .....	294
5.1.11 Schalldämmung eines Bauelements .....	295
5.1.12 BERGERSches Gesetz .....	295
5.1.13 Einschalige Bauteile .....	297
<i>Koinzidenzfrequenz</i> .....	297
<i>Koinzidenzgrenzfrequenz</i> .....	298
<i>Eigenfrequenz</i> .....	300
5.1.14 Mehrschalige Bauteile .....	300
<i>Dynamische Steifigkeit</i> .....	301
<i>Resonanzfrequenz</i> .....	302
<i>Stehende Wellen</i> .....	302
<b>5.2 Grundlagen des Trittschallschutzes</b> .....	303
5.2.1 Schallübertragungswege .....	303
5.2.2 Trittschallpegel .....	304
5.2.3 Norm-Trittschallpegel .....	304
5.2.4 Standard-Trittschallpegel .....	304
5.2.5 Bewerteter Norm-Trittschallpegel .....	305
5.2.6 Trittschallminderung durch Deckenauflagen .....	305
5.2.7 Bewertung des Norm-Trittschallpegels .....	306
5.2.8 Spektrum-Anpassung .....	308

<b>5.3</b>	<b>Anforderungen an den Schallschutz</b>	309
5.3.1	Allgemeines	309
5.3.2	Anforderungen nach DIN 4109 (11.1989)	311
	<i>Schallschutz gegen Außenlärm</i>	311
	<i>Luft- und Trittschalldämmung zum Schutz gegen Schallübertragung aus fremden Wohn- und Arbeitsbereich</i>	312
	<i>Anforderungen bei „besonders lauten“ Räumen</i>	320
	<i>Schallschutz vor Geräuschen aus haustechnischen Anlagen und Gewerbebetrieben</i>	321
5.3.3	Empfehlungen nach Beiblatt 2 der DIN 4109 (11.1989)	323
	<i>Schallübertragung aus fremden Wohn- und Arbeitsbereich</i>	323
	<i>Schallübertragung aus eigenem Wohn- und Arbeitsbereich</i>	327
5.3.4	Anforderungen nach DIN 4109-1 -Entwurf- (06.2013)	329
	<i>Schallschutz gegen Außenlärm</i>	329
	<i>Luft- und Trittschalldämmung zum Schutz gegen Schallübertragung aus fremden Wohn- oder Arbeitsbereich</i>	330
	<i>Anforderungen bei „besonders lauten“ Räumen</i>	337
	<i>Schallschutz vor Geräuschen aus haustechnischen Anlagen</i>	338
5.3.5	Anforderungen für Wohnungen nach VDI 4100 (08.2007)	341
	<i>Schallschutzstufen</i>	341
	<i>Schallschutz gegen Außenlärm</i>	342
	<i>Luftschallschutz</i>	343
	<i>Trittschallschutz</i>	344
	<i>Schallschutz vor Geräuschen aus haustechnischen Anlagen</i>	345
5.3.6	Anforderungen für Wohnungen nach VDI 4100 (10.2012)	346
	<i>Schallschutz gegen Außenlärm</i>	347
	<i>Luftschallschutz</i>	348
	<i>Trittschallschutz</i>	349
	<i>Schallschutz vor Geräuschen aus haustechnischen Anlagen</i>	350
5.3.7	DEGA-Empfehlungen 103	351
5.3.8	Empfehlungen und Anforderungen bei Büros nach VDI 2569	355
5.3.9	Anforderungen bei Gaststätten und Kegelbahnen nach VDI 3726	358
<b>5.4</b>	<b>Nachweisverfahren im Schallschutz</b>	359
5.4.1	Außenlärm nach Bbl. 1 zu DIN 4109 (1989)	359
	<i>Ermittlung des maßgeblichen Außenlärmpegels</i>	359
	<i>Straßenverkehr</i>	359
	<i>Nachweisführung</i>	359
	<i>Ermittlung des resultierenden bewerteten Luftschalldämm-Maßes</i>	361
5.4.2	Luftschallschutz im Gebäude nach Bbl. 1 zu DIN 4109 (1989) - für Gebäude in Massivbauweise	362
	<i>Flankierende Bauteile - vorausgesetzte Randbedingungen</i>	362
	<i>Flankierende Bauteile - Korrekturwert bei biegesteifen trennenden Bauteilen</i>	362
	<i>Flankierende Bauteile - Korrekturwert bei biegeweichen trennenden Bauteilen</i>	363

	<i>Flankierende Bauteile - Korrekturwert bei Vorsatzschalen und biegeweichen trennenden Bauteilen</i> .....	364
	<i>Nachweisführung</i> .....	365
5.4.3	Luftschallschutz im Gebäude nach Bbl. 1 zu DIN 4109 (1989) - für Gebäude in Skelett- oder Holzbauweise.....	365
	<i>Voraussetzungen</i> .....	365
	<i>Ermittlung der Rechenwerte - Trennendes Bauteil</i> .....	365
	<i>Ermittlung der Rechenwerte - Flankierende Bauteile</i> .....	366
	<i>Vereinfachte Nachweisführung</i> .....	367
	<i>Genauere Nachweisführung</i> .....	367
5.4.4	Nachweisverfahren nach DIN EN 12354-1 .....	367
	<i>Ermittlung des bewerteten Bauschalldämm-Maßes</i> .....	368
	<i>Ermittlung des bewerteten Schalldämm-Maßes für die Direktübertragung</i> .....	369
	<i>Ermittlung der bewerteten Flankendämm-Maße</i> .....	370
	<i>Zusammenstellung zentraler Eingangswerte</i> .....	372
	<i>Stoßstellendämm-Maße</i> .....	378
5.4.5	Trittschallschutz im Gebäude nach Bbl. 1 zu DIN 4109 (1989) - für Gebäude in Massivbauweise .....	383
	<i>Voraussetzungen</i> .....	383
	<i>Anordnung der Räume</i> .....	383
	<i>Ermittlung der Rechenwerte für Massivdecken</i> .....	383
	<i>Ermittlung der Rechenwerte für Holzbalkendecken</i> .....	383
	<i>Nachweis</i> .....	383
5.4.6	Trittschallschutz im Gebäude nach Bbl. 1 zu DIN 4109 (1989) - für Gebäude in Skelett- oder Holzbauweise.....	385
	<i>Ermittlung der Rechenwerte</i> .....	385
	<i>Nachweis</i> .....	385
5.4.7	Trittschallschutz im Gebäude nach DIN EN 12354-2.....	385
	<i>Nachweis des bewerteten Normtrittschallpegels</i> .....	386
	<i>Ermittlung des vorhandenen bewerteten Norm-Trittschallpegels</i> .....	386
5.4.8	Luftschallschutz durch Emissionen aus dem Gebäude ins Freie.....	389
	<i>Bemessungsverfahren nach DIN EN 12354-4</i> .....	389
	<i>Gaststätten und Kegelbahnen nach VDI 3726</i> .....	394
5.5	<b>Kennwerte für den Luft- und Trittschallschutz</b> .....	395
5.5.1	Bewertetes Luftschalldämm-Maß massiver Bauteile .....	395
	<i>Rechenwerte der Rohdichten nach DIN 4109 Bbl. 1</i> .....	395
	<i>Einschalige, biegesteife Wand</i> .....	395
	<i>Zweischalige Haustrennwände</i> .....	397
	<i>Mehrschalige massive Wände mit biegeweicher Vorsatzschale</i> .....	401
	<i>Außenwände mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS)</i> .....	403
5.5.2	Schalldämm-Maß von Fenstern, Türen und Rollladenkästen .....	403
5.5.3	Bewerteter Normtrittschallpegel massiver Bauteile.....	409
	<i>Massive Trenndecken</i> .....	409
	<i>Massive Treppen (Läufe und Podeste)</i> .....	411
5.5.4	Schalldämm-Maß und Normtrittschallpegel von Holzbalkendecken ....	413

## 6      **Räumakustik**

<b>6.1</b>	<b>Grundlagen der Raumakustik .....</b>	<b>419</b>
6.1.1	Ziele der Raumakustik .....	419
6.1.2	Hörsamkeit .....	419
6.1.3	Verständlichkeit .....	419
6.1.4	Gesamtstörschallpegel .....	420
6.1.5	Reflexions-, Transmissions- und Absorptionsgrad .....	421
6.1.6	Äquivalente Schallabsorptionsfläche .....	421
6.1.7	Nachhallzeit .....	422
<b>6.2</b>	<b>Schallpegelminderung .....</b>	<b>423</b>
<b>6.3</b>	<b>Technische Absorber .....</b>	<b>424</b>
6.3.1	Differenzierungen .....	424
6.3.2	Poröse Absorber .....	424
6.3.3	Plattenresonatoren .....	426
	<i>Eigenfrequenz .....</i>	<i>426</i>
	<i>Stehende Wellen .....</i>	<i>427</i>
6.3.4	Helmholtz-Resonator .....	427
6.3.5	Mikroperforierte Absorber .....	428
<b>6.4</b>	<b>Anforderungen an die Hörsamkeit .....</b>	<b>429</b>
6.4.1	Volumenkennzahl .....	429
6.4.2	Störgeräusche .....	429
6.4.3	Nachhallzeit .....	430
6.4.4	Geometrische Gestaltung der Räume .....	432
<b>6.5</b>	<b>Schallreflexionen .....</b>	<b>433</b>
6.5.1	Allgemeines .....	433
6.5.2	Spiegelnde Reflexion .....	433
6.5.3	Diffuse Reflexion .....	436
6.5.4	Anordnung schallabsorbierender Flächen .....	437
	<i>Kleine Räume .....</i>	<i>437</i>
	<i>Mittelgroße Räume und kleine Hallen .....</i>	<i>439</i>
<b>6.6</b>	<b>Zusammenstellung Schallabsorptionsgrade .....</b>	<b>441</b>

## 7      **Brandschutz**

<b>7.1</b>	<b>Anforderungen an den Brandschutz .....</b>	<b>451</b>
<b>7.2</b>	<b>Brandverhalten .....</b>	<b>452</b>
<b>7.3</b>	<b>Brandverlauf .....</b>	<b>452</b>
<b>7.4</b>	<b>Deutsches Klassifizierungssystem .....</b>	<b>455</b>
7.4.1	DIN 4102-1 .....	455
7.4.2	DIN 4102-2 .....	456
<b>7.5</b>	<b>Europäisches Klassifizierungssystem .....</b>	<b>458</b>
7.5.1	DIN EN 13501-1: Benennung des Brandverhaltens von Bauprodukten .....	458

7.5.2	Europäische Klassen und bauaufsichtliche Anforderungen .....	461
7.5.3	DIN EN 13501-2: Benennung des Feuerwiderstandes .....	462
	<i>Einheits-Temperaturzeitkurve</i>	
	<i>(Brandphase nach dem Brandüberschlag)</i> .....	462
	<i>Klassifizierungskriterien</i> .....	462
	<i>Feuerwiderstandsklassen von Bauteilen</i> .....	464
7.5.4	Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe und Bauteile nach Eurocode .....	464
	<i>Betonbauweise (DIN EN 1992 – Eurocode 2)</i> .....	464
	<i>Stahlbauweise (DIN EN 1993 – Eurocode 3)</i> .....	468
	<i>Mauerwerkbauweise (DIN EN 1996 – Eurocode 6)</i> .....	472
	<i>Holzbauweise (DIN EN 1995 – Eurocode 5)</i> .....	475
7.6	<b>Inhalt von Brandschutzkonzepten</b> .....	478
7.7	<b>Baulicher Brandschutz</b> .....	479
7.7.1	Allgemeines .....	479
7.7.2	Geltungsbereich .....	480
7.7.3	Begriffe .....	481
7.7.4	Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (M IndBauRL) .....	483
7.7.5	DIN 18230 - Baulicher Brandschutz im Industriebau .....	485
7.8	<b>Rauch- und Wärmefreihaltung</b> .....	486
8	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	489
8.1	Normen und Richtlinien .....	489
8.2	Verordnungen und Veröffentlichungen .....	502
	<b>Index</b> .....	507