

1 Wärmeschutz

1.1 Grundlagen des Wärmeschutzes.....	12	1.6.5 Höchstwerte des Jahres-Primärenergiebedarfs nach dem GEG 2020 ... 56	
1.1.1 Gründe für den Wärmeschutz	12	1.6.6 Höchstwerte des Transmissionswärmeverlustwert für bestehende Wohngebäude nach dem GEG 56	
1.1.2 Energieträger.....	12	1.6.7 Technische Ausführung eines Wohngebäude-Referenzgebäudes nach GEG 57	
1.1.3 Einflussgrößen des Wärmeschutzes	13	1.6.8 Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten von Außenbauteilen bei Änderung an bestehenden Gebäuden nach GEG..... 58	
1.1.4 Wärmeübertragung.....	14	1.6.9 Vereinfachtes Verfahren für ein zu errichtendes Wohngebäude 61	
1.2 Physikalische Grundlagen.....	15	1.7 Nachweis des Wärmeschutzes nach DIN 4108	65
1.2.1 Grundbegriffe im Wärmeschutz.....	15	1.7.1 Wärmeschutznachweis nach DIN 4108 65	
1.2.2 Behaglichkeitsgefühl in einem Raum.....	18	1.8 Geothermie	68
1.2.3 Einflussmöglichkeiten zur Energie-Einsparung.....	20	1.9 Heizanlagen-Systeme (DIN 4701-10)	70
1.3 Dämmstoffe: Herstellung – Eigenschaften – Verwendung	21	1.9.1 Bauarten von Wärmeerzeugern 70	
1.3.1 Dämmstoffe im Erdreich, in der Fassade und am Dach	26	1.9.2 Tabellen der Heizanlagen-Systeme (DIN 4701-10) 72	
1.3.2 Wärmedämmverbundsysteme (WDVS)	27	1.10 Meteorologische Daten für 15 Klimaregionen in Deutschland nach DIN V 18599.....	87
1.3.3 Aufdoppelung der Dämmschicht an Wärmedämmverbundsystemen (WDVS)	29	1.10.1 Ausgewählte Referenzzorte für Strahlungsintensitäten 90	
1.4 Entwicklung des U'-Wertes in Abhängigkeit von der Dämmstoffdicke.....	32	1.11 Wärmeschutznachweis – Beispieldberechnungen.....	98
1.5 Nachweis nach dem Gebäude-Energie-Gesetz (GEG)	33	1.11.1 Monolithische Bauteile 99	
1.5.1 Das Gebäude-Energie-Gesetz in Beziehung zu den nationalen Normen.....	33	1.11.2 Bauteil mehrschalig mit Dämmung 100	
1.5.2 Erneuerungen des Gebäude-Energie-Gesetz (GEG)	34	1.11.3 Mittlerer U-Wert/R-Wert 106	
1.5.3 Geltungsbereich des Gebäude-Energie-Gesetz (GEG).....	35	1.11.4 U-Wert von thermisch homogenen und inhomogenen Schichten nach DIN EN ISO 6946 109	
1.5.4 Berechnungsgrundlagen nach dem Gebäude-Energie-Gesetz (GEG)	36	1.11.5 Wärmeschutznachweis nach GEG für Bestandgebäude Monatsbilanzierung nach DIN 4108..... 115	
1.5.5 Begriffserläuterungen des Nachweisverfahrens des GEG.....	37	1.11.6 Neu zu errichtende Wohngebäude..... 166	
1.5.6 Gebäudemaße und ihre Verwendung in dem GEG	41	1.11.7 Vereinfachtes Nachweisverfahren nach GEG (Tabellenverfahren) 193	
1.5.7 Von der Endenergie Q_E zur Primärenergie Q_P	42	1.12 Glas	202
1.5.8 Interne Wärmegewinne	43	1.12.1 Besondere Gläser 203	
1.5.9 Solare Wärmegewinne	44	1.12.2 Fenster im sommerlichen Wärmeschutz und Wärmedämmverglasung 204	
1.5.10 Luftdichtheit/Luftdichtheitsprüfung	45	1.12.3 Lüftung unter dem Blickwinkel der Energieeinsparung 206	
1.5.11 Lüftungswärmeverluste.....	46	1.12.4 Das Fenster als vermeintliche Schwachstelle in der Gebäudehülle 208	
1.5.12 Wärmespeicherung	47	1.12.5 Prüfung einer Verglasung im eingebauten Zustand über die Lage einer Beschichtung.... 209	
1.5.13 Energieausweis (Energiepass).....	47	1.12.6 Temperaturleitzahl a (a -Wert) und Wärmeeindringkoeffizient b (b -Wert) 212	
1.5.14 Anforderungen für neue zu errichtende Gebäude nach den jeweiligen Vorschriften der Wärme-Schutz-Verordnung (WSchVO) bzw. Energie-Einspar-Verordnung (EnEV) und GEG	50	1.13 Sommerlicher Wärmeschutz.....	214
1.6 Nachweisverfahren nach dem Gebäude-Energie-Gesetz (GEG).....	51	1.13.1 Abminderungsfaktoren F_C 215	
1.6.1 Monats-Bilanz-Verfahren (MB-Verfahren).....	51	1.13.2 Sonneneintragskennwerte 216	
1.6.2 Sanierung von Gebäuden im Bestand (Altbau-sanierung)	53	1.13.3 Temperatur-Amplituden-Verhältnis (TAV) und Temperatur-Amplituden-Dämpfung (TAD).... 221	
1.6.3 Struktogramm zur Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs in Reihenfolg 1 bis 10	54	1.13.4 Vergleich sommerlicher winterlicher Wärmeschutz einzelner opaker Baustoffe 223	
1.6.4 Energiebilanz	55		

1.14 Längenänderung von Bauteilen infolge von Temperatureinflüssen	224	2.17 Maßnahmen zur Tauwasservermeidung ..	268
1.14.1 Berechnungsbeispiele von Flachdächern	226	2.18 Mögliche Fälle der Tauwassersituation....	269
1.14.2 Arten von Flachdächern	230	2.18.1 Kein Tauwasserausfall.....	269
1.14.3 Berechnungsbeispiele verschiedener Bauteile.....	233	2.18.2 Tauwasser in einer Ebene.....	269
2. Feuchte – Feuchteschutz		2.18.3 Tauwasserausfall in zwei Ebenen.....	269
2.1 Arten der Feuchte.....	234	2.18.4 Tauwasserausfall in einem Bereich	270
2.2 Aggregatzustände.....	235	2.19 Feuchtetechnische Untersuchung verschiedener Konstruktionen	271
2.3 Arten der Wässer.....	236	2.20 Der Temperaturfaktor f_{Rsi}	321
2.4 Kreislauf des Wassers.....	236	2.21 Feuchtetechnische Untersuchung nach DIN EN ISO 13 788.....	323
2.5 Wasser in seiner Bedeutung.....	237	2.21.1 Nachweisverfahren nach DIN EN ISO 13 788. 324	
2.6 Kapillarität.....	237	2.22 Energetische Schwachstellen und ihre Folgen.....	337
2.7 Sperrung	239	2.22.1 Wärmebrückenarten	337
2.7.1 Sperrung gegen Wasser	239	2.22.2 Wärmebrücken: Berechnungsbeispiele	339
2.7.2 Sperrung gegen Wasserdampf	243	2.22.3 Einelnachweis von Wärmebrücken gemäß DIN 4108 Beiblatt 2	340
2.8 Luftfeuchte	244	2.22.4 Eine Wärmebrücke der besonderen Art, der frei auskragende Balkon.....	343
2.8.1 Absolute Luftfeuchte	244	2.22.5 Schimmelpilzbildung	345
2.8.2 Relative Luftfeuchte.....	244	2.22.6 Vermeidung von Schimmel hinter Schrankwänden und Einbauschranken nach DIN 4108-8.....	347
2.9 Tauwasserbildung – Taupunkttemperatur	244	2.22.7 Aufgaben zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung	352
2.10 Wasserdicht – wasserdampfdicht – Dampfbremse – Dampfsperre	250	2.22.8 Außenwände unter verschiedener feuchtechnischer Betrachtung	360
2.10.1 Wasserdampfdiffusionswiderstandsfaktor (μ -Wert)	250	2.23 Algenbildung auf Außenwänden mit Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS)	362
2.11 Erklärung des Wärmestromprinzips	251	2.24 Auswirkung der Globalstrahlung auf Fenster und Verglasungen.....	365
2.12 Erklärung des Prinzips der Sperrung gegen Feuchte.....	251	2.25 Schlagregen	367
2.13 Vergleich Wärmeschutz – Feuchteschutz .252		2.26 Kapillaraktive Dämmstoffe.....	369
2.13.1 Baukonstruktive Grundsätze.....	253	2.26.1 Feuchte adaptive Dampfbremse	371
2.14 Dampfdruck.....	254	2.26.2 Innendämmung mit Calciumsilicatplatten.....	372
2.15 Feuchteschutz infolge von Wasserdampfdiffusion	255	2.27 Das Steildach als besonderes Bauteil.....	374
2.15.1 Bedingungen im Feuchteschutz nach DIN 4108	255	2.27.1 Temperaturwanderung in verschiedenen Dämmstoffen	377
2.15.2 Vermeidung von Tauwasser an der Bauteiloberfläche	255		
2.15.3 Vermeidung von Tauwasser im Innern von Bauteilen.....	256		
2.15.4 Nachweisverfahren: Perioden-Bilanz-Verfahren und Monats-Bilanz-Verfahren	257		
2.15.5 Arten des Feuchtetransportes.....	258		
2.15.6 Formeln für die Nachweisverfahren im Bereich des Feuchteschutzes	259		
2.16 Aufbau des Glaser-Diagrammes nach DIN 4108-3	264		
2.16.1 Aufbau des Diagrammes der Tauperiode.....	264		
2.16.1 Tauperiode	264		
2.16.2 Erklärung des Diagrammaufbaus der Tauperiode	265		
2.16.3 Erklärung des Diagrammaufbaus der Verdunstungsperiode.....	266		
2.16.4 Aufbau des Diagrammes der Verdunstungsperiode.....	267		
3 Schall – Schallschutz			
3.1 Bedeutung des Schallschutzes	378		
3.2 Schall	379		
3.2.1 Frequenz	380		
3.2.2 Amplitude	380		
3.2.3 Schallbezeichnungen	380		
3.3 Grundbegriffe	381		
3.4 Hörschwelle – Schmerzgrenze	389		
3.5 Zusammenhang Phon – Dezibel	390		
3.6 Lautstärkeskala	391		
3.7 Schallarten	392		
3.8 Akustik	393		
3.8.1 Nachhallzeit T	393		
3.8.2 Grenzfrequenz	395		

3.9 Wege des Schalls.....	396	3.18 Treppen	449
3.9.1 Schallabsorption.....	396	3.19 Installationsgeräusche.....	451
3.9.2 Schallabsorptionsgrad α_s verschiedener Verkleidungen	397	3.19.1 Trinkwasserleitungen.....	451
3.9.3 Schallabsorber.....	398	3.19.2 Abwasserleitungen.....	451
3.9.4 Schallreflektoren	399	3.19.3 Sanitärgegenstände.....	451
3.10 Schalldämmung von Bauteilen.....	400	3.19.4 Heizungs- und klimatechnische Anlagen	451
3.10.1 Luftschalldämmung	400	3.19.5 Mindestanforderungen an den Schallschutz nach DIN 4109.....	452
3.10.2 Rechnerische Methode zur Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes nach dem Beispiel	402	3.20 Ermittlung des Gesamtschallpegels.....	457
3.10.3 Grafische Methode zur Ermittlung des Schalldämmmaßes	402	3.20.1 Mehrere gleiche Schallquellen	457
3.10.4 Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes bei Oktavbreiten (Oktav-Intervallen).....	403	3.20.2 Mehrere verschiedene Schallquellen	458
3.10.5 Grafische Methode zur Ermittlung des Schalldämmmaßes	403	3.21 Entfernung von der Schallquelle	459
3.11 Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes vor Erstellung des Bauwerkes	404	3.22 Schallschutzmepfehlung der DEGA vom Februar 2017	461
3.11.1 Grafische Methode	404		
3.11.2 Rechnerische Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes	406		
3.12 Zweischalige Bauteile.....	418		
3.12.1 Resonanzfrequenz f_R (Eigenfrequenz).....	419		
3.12.2 Resonanzfrequenz f_R zweischaliger Bauteile mit lose eingelegter, weich-federnder Dämmsschicht	420		
3.12.3 Vollflächige Verbindung der Dämmsschicht mit beiden Schalen	421		
3.12.4 Rechnerische Ermittlung des Schalldämmmaßes zweischaliger Wände	424		
3.12.5 Wandkonstruktionen mit zwei biegeweichen Schalen	426		
3.12.6 Luftsallverbesserungsmaß von Vorsatzschalen	427		
3.13 Trittschall.....	429		
3.13.1 Ermittlung des Norm-Trittschallpegels.....	429		
3.13.2 Bewertete Norm-Trittschallpegel $L_{n,W}'$ nach DIN EN 12354	431		
3.13.3 Dynamische Steifigkeit	432		
3.13.4 Korrekturfaktor für die Flankenübertragung im Trittschall	433		
3.13.5 Trittschallminderung ΔL nach DIN EN 12354 von Estrichplatten	435		
3.14 Estrich	437		
3.14.1 Estricharten	437		
3.14.2 Schallbrücken	439		
3.15 Berechnung von Decken	440		
3.15.1 Unterkonstruktion von Massivdecken.....	440		
3.15.2 Holzbalkendecken	441		
3.15.3 Äquivalentes bewertetes Trittschalldämmmaß $L_{n,W,\text{eq}}$ und Luftschalldämmmaß R_W' von Holzbalkendecken	442		
3.16 Fenster	444		
3.16.1 Verglasung im Schallschutz	446		
3.17 Türen.....	448		
4 Brandschutz			
4.1 Brand – Brandsicherheit.....	466		
4.2 Baustoffklassen.....	466		
4.2.1 Nicht brennbare Baustoffe.....	466		
4.2.2 Brennbare Baustoffe.....	467		
4.3 Einzelbaustoffe	467		
4.4 Bauteile	470		
4.5 Brandverhalten von Bauteilen.....	470		
4.5.1 Feuerwiderstandsklassen.....	471		
4.6 Sonderbauteile	475		
4.6.1 Brandwände	475		
4.6.2 Feuerschutzabschlüsse	475		
4.6.3 Verglasungen.....	475		
4.6.4 Lüftungsleitungen, Rohrleitungen.....	477		
4.6.5 Treppen.....	477		
4.6.6 Treppenraum	477		
4.6.7 Flure.....	477		
4.6.8 Brandabschnitte	477		
4.7 Ausgesuchte Beispiele von Bauteilen und ihre Feuerwiderstandsklassen nach DIN 4102 Teil 4	478		
4.8 Brandschutzklassen nach Euro-Norm	483		
4.9 Klassifizierung des Brandverhaltens von Baustoffen nach Euro-Norm DIN EN 13501 und Vergleich mit DIN 4102 sowie die dazugehörigen Anforderungen	485		
5 Bauphysikalische Stoffkenngrößen			
5.1 Stoffkenngrößen je nach bauphysikalischem Bereich.....	486		
5.2 Stoffkennwerte.....	487		
5.2.1 Wärmedurchlasswiderstand von Luftsichten	491		
5.3 Kennwerte von Baustoffen und Bauteilen sowie deren bauphysikalische Bedeutung	492		

6 Bauchemie

6.1	Aufgabe der Bauchemie	498
6.2	Gase.....	499
6.2.1	Schadensfaktor Gase.....	499
6.3	Säuren	500
6.4	Laugen.....	501
6.5	Salze	501
6.6	pH-Wert.....	504
6.7	Bindemittel.....	506
6.8	Kreislauf des Kalkes.....	506
6.9	Korrosion	507
6.9.1	Elektrochemische Spannungsreihe nach Galvani.....	508
6.10	Nicht-Eisenmetalle (NE-Metalle)	509
6.11	Schadensfaktor Wasser	509
6.11.1	Wasser als Lösungsmittel	509
6.11.2	Wasser als Partner von chemischen Reaktionen	510
6.11.3	Wasser als Transportmittel.....	510
6.11.4	Wasser als Sprengfaktor.....	510
6.11.5	Wasser als Beeinträchtigungsfaktor.....	510
6.11.6	Wasser als Förderfaktor.....	511
6.12	Säuren als Schadensursache	511
6.12.1	Herkunft der Säuren.....	511
6.13	Schadensfaktor Laugen	512
6.13.1	Herkunft der Laugen.....	513
6.14	Schadensfaktor Salze	514
6.15	Schadensfaktor Organismen	516
6.16	Regeln zur Vermeidung von Bauschäden .	516

Sachwortverzeichnis

519

Bildquellenverzeichnis

524