

1 Wärmeschutz

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

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

3.9	Wege des Schalls.....	396
3.9.1	Schallabsorption.....	396
3.9.2	Schallabsorptionsgrad α_s verschiedener Verkleidungen	397
3.9.3	Schallabsorber.....	398
3.9.4	Schallreflektoren	399
3.10	Schalldämmung von Bauteilen	400
3.10.1	Luftschalldämmung	400
3.10.2	Rechnerische Methode zur Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes nach dem Beispiel	402
3.10.3	Grafische Methode zur Ermittlung des Schalldämmmaßes	402
3.10.4	Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes bei Oktavbreiten (Oktav-Intervallen).....	403
3.10.5	Grafische Methode zur Ermittlung des Schalldämmmaßes	403
3.11	Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes vor Erstellung des Bauwerkes	404
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 Dämmschicht	420
3.12.3	Vollflächige Verbindung der Dämmschicht 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	Luftschallverbesserungsmaß 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 $L'_{n,W,eq}$ und Luftschalldämmmaß R'_W von Holzbalkendecken	442
3.16	Fenster	444
3.16.1	Verglasung im Schallschutz	446
3.17	Türen.....	448

3.18	Treppen	449
3.19	Installationsgeräusche	451
3.19.1	Trinkwasserleitungen.....	451
3.19.2	Abwasserleitungen	451
3.19.3	Sanitärgegenstände	451
3.19.4	Heizungs- und klimatechnische Anlagen	451
3.19.5	Mindestanforderungen an den Schallschutz nach DIN 4109.....	452
3.20	Ermittlung des Gesamtschallpegels.....	457
3.20.1	Mehrere gleiche Schallquellen	457
3.20.2	Mehrere verschiedene Schallquellen	458
3.21	Entfernung von der Schallquelle	459
3.22	Schallschutzempfehlung der DEGA vom Februar 2017	461

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 Luftschichten	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