

Inhaltsverzeichnis

1	Wärmeschutz	9		
1.1	Grundlagen des Wärmeschutzes	9		
1.1.1	Gründe für den Wärmeschutz	9		
1.1.2	Wärmequellen	9		
1.1.3	Geothermie	10		
1.1.4	Einflussgrößen des Wärmeschutzes	12		
1.1.5	Wärmeübertragung	13		
1.2	Physikalische Grundlagen	14		
1.2.1	Grundbegriffe im Wärmeschutz	14		
1.2.2	Behaglichkeitsgefühl in einem Raum	17		
1.2.3	Einflussmöglichkeiten zur Energie-Einsparung	19		
1.3	Nachweis des Wärmeschutzes	20		
1.3.1	Wärmeschutz-Nachweis nach DIN 4108	20		
1.3.2	Mittlerer U -Wert/ R -Wert	23		
1.3.3	Gesamtenergiedurchlassgrad	26		
1.4	Nachweis nach der Energie-Einspar-Verordnung	27		
1.4.1	Die Energie-Einspar-Verordnung in Beziehung zu den nationalen Normen	27		
1.4.2	Geltungsbereich der Energie-Einspar-Verordnung	28		
1.4.3	Berechnungsgrundlagen nach der Energie-Einspar-Verordnung	29		
1.4.4	Begriffserläuterungen der EnEV	30		
1.4.5	Gebäudemasse und ihre Verwendung in der EnEV	34		
1.4.6	Von der Endenergie zur Primärenergie	35		
1.4.7	Interne Warmegewinne	36		
1.4.8	Solare Warmegewinne	37		
1.4.9	Luftdichtheit/Luftdichtheitsprüfung	38		
1.4.10	Lüftungswärmeverluste	39		
1.4.11	Wärmespeicherung	40		
1.5	Nachweisverfahren nach der Energie-Einspar-Verordnung (EnEV 2009)	41		
1.5.1	Monatsbilanz-Verfahren (MB-V)	41		
1.5.2	Bauteil-Verfahren (BT-V)	41		
1.5.3	Sanierung von Gebäuden im Bestand (Altbausanierung)	43		
1.5.4	Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs	44		
1.5.5	Maximalwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten U nach der EnEV	46		
1.5.6	Nachweisverfahren bei bestehenden Gebäuden	48		
1.6	Stoffkennwerte	49		
1.7	Berechnungsbeispiele zum Wärmeschutz	53		
1.7.1	Beispiel 1: Außenwand mit beidseitigem Putz	53		
	Beispiel 2: Wand mit Außendämmung	54		
	Beispiel 3: Wand mit Innendämmung	55		
	Beispiel 4: Zweischalige Wand mit Kerndämmung	56		
	Beispiel 5: Zweischaliges Mauerwerk mit Außendämmung und hinterlüfteter Vorsatzschale	57		
	Beispiel 6: Zweischalige Wand mit Fassadenplatte	58		
	Beispiel 7: Wand mit Nische	59		
	Beispiel 8: Rolladenkasten	60		
	Beispiel 9: Decke mit Fußbodenheizung	60		
	Beispiel 10: Bestandsgebäude: Nachweis nach der EnEV eines nicht unterkellerten Hauses mit Flachdach	61		
	Beispiel 11: EnEV-Nachweis (BT-V) eines Bestandsgebäudes mit bisher nicht ausgebautem KG und DG	64		
	Beispiel 12: Sanierung eines Wohngebäudes mit ausgebautem DG und nicht ausgebautem KG	76		
	Beispiel 13: Bestandsgebäude: Nachweis nach einem Referenzgebäude	86		
1.8	Energiebilanz	91		
1.9	Sommerlicher Wärmeschutz	92		
1.9.1	Fenster im sommerlichen Wärmeschutz und Wärmedämmverglasung	96		
1.9.2	Vergleich sommerlicher und winterlicher Wärmeschutz einzelner Baustoffe	99		
1.10	Nachweisverfahren bei zu errichtenden Gebäuden	100		
1.11	Heizanlagen-Systeme	103		
1.12	Referenzwerte der Strahlungsintensitäten und der Außentemperaturen für das Referenzklima Deutschland	115		
1.12.1	Ausgewählte Referenzorte für Strahlungsintensitäten	119		
1.13	Neu zu errichtende Wohngebäude	125		

Beispiel 1: Gebäude mit ausgebautem KG und DG für die Referenzstandorte Freiburg und Hof	125	2.13	Erklärung des Prinzips der Sperrung gegen Feuchte	169
Beispiel 2: Freistehendes zu errichtendes Zweifamilienhaus mit beheiztem KG und DG für den Referenzstandort Potsdam	136	2.14	Dampfdruck	170
1.14 Längenänderung von Bauteilen infolge von Temperatureinflüssen	143	2.15	Feuchteschutz infolge Wasserdampfdiffusion	171
1.14.1 Berechnungsbeispiele von Flachdächern	145	2.15.1	Bedingungen im Feuchteschutz nach DIN 4108	171
Beispiel 1: Längenänderung eines Flachdaches mit Außendämmung	145	2.15.2	Vermeidung von Tauwasser an der Bauteiloberfläche	171
Beispiel 2: Längenänderung eines Flachdaches mit Innendämmung	146	2.15.3	Vermeidung von Tauwasser im Innern von Bauteilen	172
Beispiel 3: Längenänderung eines Flachdaches ohne Dämmung	147	2.15.4	Randbedingungen nach DIN 4108	172
1.14.2 Arten von Flachdächern	148	2.16	Glaser-Diagramm	173
1.14.3 Berechnungsbeispiele verschiedener Bauteile	151	2.16.1	Tauperiode	173
Beispiel 1: intensiv begrüntes Flachdach	151	2.16.2	Erklärung des Diagrammaufbaues	174
Beispiel 2: Stützmauer	152	2.16.3	Verdunstungsperiode	175
Beispiel 3: Estrich	152	2.17	Maßnahmen zur Tauwasser- vermeidung	177
Beispiel 4: Heizstrich	152	2.18	Mögliche Fälle der Tauwasser- situation nach dem Glaser- Diagramm	178
2 Feuchte – Feuchteschutz	153	2.18.1	Kein Tauwasserausfall	178
2.1 Arten der Feuchte	153	2.18.2	Tauwasserausfall in einer Ebene	178
2.2 Aggregatzustände	154	2.18.3	Tauwasserausfall in zwei Ebenen	178
2.3 Arten der Wässer	155	2.18.4	Tauwasserausfall in einem Bereich	179
2.4 Kreislauf des Wassers	155	2.19	Feuchtetechnische Untersuchung verschiedener Konstruktionen	179
2.5 Wasser in seiner Bedeutung	156	Beispiel 1: Betonwand mit innenliegender Dämmung und beidseitigem Putz	179	
2.6 Kapillarität	156	Beispiel 2: Betonwand mit außenliegender Dämmung und beidseitigem Putz	185	
2.7 Sperrung	158	Beispiel 3: Wärmedämmung innen und außen (Manteldämmung, Mantelbauweise)	186	
2.7.1 Sperrung gegen Wasser	158	Beispiel 4: Wärmedämmung dazwischenliegend \Rightarrow Kerndämmung	192	
2.7.1.1 Sperrung gegen nichtdrückendes Wasser	159	Beispiel 5: Betonwand, beidseits verputzt, ohne Wärmedämmung	198	
2.7.1.2 Sperrung gegen drückendes Wasser (Grundwasser)	159	Beispiel 6: Betonwand mit Manteldämmung unterschiedlicher Dicke	203	
2.7.1.3 Fugen – Fugenbänder	160	Beispiel 7: Betonwand mit Manteldämmung unterschiedlicher Dicke (dickere Dämmschicht innen)	203	
2.7.2 Sperrung gegen Wasserdampf	162	Beispiel 8: Kellerwand mit Kunstharzputz	206	
2.8 Luftfeuchte	163	Beispiel 9: Kellermauerwerk aus Sandstein mit Kunstharzputz	207	
2.8.1 Absolute Luftfeuchte	163			
2.8.2 Relative Luftfeuchte	163			
2.9 Tauwasserbildung – Taupunkttemperatur	163			
2.10 Dampfbremse – Dampfsperre	167			
2.10.1 Wasserdampf-Diffusionswiderstandsfaktor (μ -Wert)	167			
2.11 Vergleich: Wärmeschutz – Feuchteschutz	168			
2.12 Erklärung des Wärmestromprinzips	169			

Beispiel 10:	Wand aus porosierten Leichthochlochziegeln mit Leichtmörtel LM 36	209
Beispiel 11:	Wand aus Porenbeton-Plansteinen in Dünnbett	210
Beispiel 12:	Zweischaliges Mauerwerk ohne Hinterlüftung mit Kerndämmung	212
Beispiel 13:	Zweischaliges Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dämmung und hinterlüfteter Bekleidung	212
Beispiel 14:	Zweischaliges Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dämmung und hinterlüfteter Vorsatzschale	213
Beispiel 15:	Wand aus Porenbeton-Plansteinen; Innendämmung aus EPS	214
Beispiel 16:	Aufbau wie nach Beispiel 15, jedoch mit einer größeren Dämmschichtdicke	215
Beispiel 17:	Wand aus Porenbeton-Plansteinen Dämmung: Mineralwolle	217
Beispiel 18, 19, 20:	Wände aus Hochlochziegeln mit 8 cm Innendämmung, gleichem λ -Wert aus MW, EPS, XPS	219
Beispiel 21:	Außenwand in Leichtbauweise; Dämmung MW	220
Beispiel 22:	Außenwand in Leichtbauweise Konstruktion wie Beispiel 21, jedoch mit Dämmung PS-Hartschaum WLGr040	222
2.20	Energetische Schwachstellen und ihre Folgen	224
2.20.1	Wärmebrückenarten	224
2.20.2	Wärmebrücken; Berechnungsbeispiele	225
2.20.3	Einzelnachweis von Wärmebrücken nach DIN 4108 Bbl. 2	229
2.21	Schimmelpilzbildung	232
2.21.1	Aufgaben zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung	235
2.21.2	Außenwände unter verschiedener feuchtetechnischer Betrachtung	243
2.21.3	Algenbildung auf Außenwänden mit Wärme-Dämm-Verbund-Systemen (WDVS)	245
2.22	Schlagregen	248
2.23	Kapillaraktive Dämmstoffe	249
2.24	Feuchte adaptive Dampfbremse	251
2.25	Das Dach, das besondere Bauteil	252

3 Schall – Schallschutz 253

3.1	Bedeutung des Schallschutzes	253
3.2	Schall	254
3.2.1	Frequenz	255
3.2.2	Amplitude	255
3.2.3	Schallbezeichnungen	255
3.3	Grundbegriffe	256
3.4	Hörschwelle – Schmerzgrenze	260
3.5	Zusammenhang Phon – Dezibel	261
3.6	Lautstärkeskala	262
3.7	Schallarten	263
3.8	Akustik	264
3.8.1	Nachhallzeit T	264
3.8.2	Grenzfrequenz	266
3.9	Wege des Schalles	267
3.9.1	Schallabsorption	267
3.9.2	Schallabsorptionsgrad verschiedener Verkleidungen	268
3.9.3	Schallabsorber	269
3.9.4	Schallreflektoren	270
3.10	Schalldämmung von Bauteilen	271
3.10.1	Luftschalldämmung	271
3.10.2	Rechnerische Methode zur Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes	273
3.10.3	Grafische Methode zur Ermittlung des Schalldämmmaßes	273
3.10.4	Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes bei Oktavbreiten	274
3.10.5	Grafische Methode zur Ermittlung des Schalldämmmaßes	274
3.11	Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes vor Erstellung des Bauwerkes	275
3.11.1	Grafische Methode	275
3.11.2	Rechnerische Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes	277
3.11.2.1	Einschalige Wände ohne Öffnungen, wie Türen und Fenster	277
3.11.2.2	Einschalige Wände mit Öffnungen, wie Türen und Fenster	279
3.11.2.3	Grafische Methode zur Ermittlung des Gesamtschalldämmmaßes zusammengesetzter Bauteile	279
3.11.2.4	Rechnerische Methode zur Bestimmung des Gesamtschalldämmmaßes R_{ges}	280
3.11.2.5	Kurzform zur Berechnung des Schalldämmmaßes zusammengesetzter Bauteile	281
3.11.2.6	Gesamtschalldämm-Maß mit zwei verschiedenen Öffnungen	282
3.11.2.7	Korrekturwerte des bewerteten Schalldämmmaßes für flankierende Bauteile	284
3.12	Zweischalige Bauteile	286
3.12.1	Resonanzfrequenz f_R	287

3.12.2	Resonanzfrequenz f_R zweischaliger Bauteile mit lose eingelegter, weichfedernder Dämmschicht ...	288
3.12.3	Vollflächige Verbindung der Dämmschicht mit beiden Schalen	289
3.12.4	Rechnerische Ermittlung des Schalldämmmaßes zweischaliger Bauteile	292
3.12.5	Wandkonstruktionen mit zwei biegeweichen Schalen	294
3.12.6	Luftschall-Verbesserungsmaß von Vorsatzschalen	295
3.13	Trittschall	297
3.13.1	Ermittlung des Norm-Trittschallpegels	297
3.13.2	Deckenaufbauten	299
3.13.3	Vorherbestimmung des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,W,R}$	299
3.13.4	Korrekturfaktor für die Flankenübertragungen im Trittschall	300
3.13.5	Trittschall-Minderung ΔL von Estrichplatten	301
3.14	Estrich	303
3.14.1	Estricharten	303
3.14.2	Schallbrücken	305
3.15	Berechnung von Decken	306
3.15.1	Unterkonstruktion von Massivdecken	306
3.15.2	Holzbalkendecken	307
3.15.3	Äquivalentes bewertetes Trittschalldämmmaß $L'_{n,W,eq}$ und Luftschalldämmmaß R'_W von Holzbalkendecken	308
3.16	Fenster	310
3.16.1	Verglasung im Schallschutz	312
3.17	Türen	314
3.18	Treppen	315
3.19	Installationsgeräusche	317
3.19.1	Trinkwasserleitungen	317
3.19.2	Abwasserleitungen	317
3.19.3	Sanitärgegenstände	317
3.19.4	Heizungs- und klimatechnische Anlagen	317
3.19.5	Mindestanforderungen an den Schallschutz nach DIN 4109	318
3.20	Ermittlung des Gesamtschallpegels	323
3.20.1	Mehrere gleiche Schallquellen	323
3.20.2	Mehrere verschiedene Schallquellen	324
3.21	Schallschutz im Städtebau	325
3.21.1	Lärmarten	325
3.21.2	Arten der Schallquellen	325
3.21.3	Lärmschutzwände	327
3.22	Entfernung von der Schallquelle	333

4.2.2	Brennbare Baustoffe	336
4.3	Einzelbaustoffe	336
4.4	Bauteile	338
4.5	Brandverhalten von Bauteilen ...	338
4.5.1	Feuerwiderstandsklassen	339
4.6	Sonderbauteile	343
4.6.1	Brandwände	343
4.6.2	Feuerschutzabschlüsse	343
4.6.3	Verglasungen	343
4.6.4	Lüftungsleitungen, Rohrleitungen	345
4.6.5	Treppen	345
4.6.6	Treppenraum	345
4.6.7	Flure	345
4.6.8	Brandabschnitte	345
4.7	Ausgesuchte Beispiele von Bauteilen und ihre Feuerwiderstandsklassen nach DIN 4102 Teil 4	346
4.8	Brandschutzklassen nach Euro-Norm	351
4.9	Klassifizierung des Brandverhaltens von Baustoffen: Vergleich DIN EN 13 501 und DIN 4102	353
4.10	Kennwerte von Baustoffen und Bauteilen in den verschiedenen Bereichen der Bauphysik	354

5 Bauchemie

5.1	Aufgabe der Bauchemie	355
5.2	Gase	356
5.2.1	Schadensfaktor Gase	356
5.3	Säuren	356
5.4	Laugen	357
5.5	pH-Wert	358
5.6	Salze	358
5.7	Kreislauf des Kalkes	360
5.8	Korrosion	361
5.8.1	Elektrochemische Spannungsreihe nach Galvani	362
5.9	Nicht-Eisenmetalle (NE-Metalle)	363
5.10	Schadensfaktor Wasser	363
5.10.1	Wasser als Lösungsmittel	363
5.10.2	Wasser als Partner von chemischen Reaktionen	364
5.10.3	Wasser als Transportmittel	364
5.10.4	Wasser als Sprengfaktor	364
5.10.5	Wasser als Beeinträchtigungsfaktor	364
5.10.6	Wasser als Förderfaktor	365
5.11	Säuren als Schadensursache ...	365
5.11.1	Herkunft der Säuren	365
5.12	Schadensfaktor Laugen	366
5.12.1	Herkunft der Laugen	367
5.13	Schadensfaktor Salze	368
5.14	Schadensfaktor Organismen	370
5.15	Regeln zur Vermeidung von Bauschäden	370
Sachwortverzeichnis		373

4 Brandschutz

4.1	Brand – Brandsicherheit	335
4.2	Baustoffklassen	335
4.2.1	Nichtbrennbare Baustoffe	335