

Inhaltsverzeichnis

1	Physikalische Grundlagen	1
1.1	Allgemeines	2
1.2	Physikalische Größen und Einheiten	3
1.3	Länge l	5
1.4	Zeit t	6
1.4.1	Geschwindigkeit v	7
1.4.2	Beschleunigung a	9
1.5	Masse m	13
1.5.1	Kraft F	14
1.5.2	Arbeit W	18
1.5.3	Leistung P	22
1.5.4	Druck p	24
1.6	Stoffmenge n	28
1.7	Stromstärke I	29
1.7.1	Elektrische Spannung	30
1.7.2	Elektrischer Widerstand	31
1.7.3	Elektrische Arbeit	31
1.7.4	Elektrische Leistung	32
1.8	Lichtstärke I	32
1.8.1	Lichtstrom ϕ	34
1.8.2	Lichtausbeute	34
1.8.3	Leuchtdichte L	35
1.8.4	Beleuchtungsstärke E	36
1.9	Temperatur θ oder T	39
1.9.1	Wärmewirkungen	41
1.9.2	Wärmemenge Q	45
1.9.3	Heizwert H	45
1.9.4	Spezifische Wärmekapazität C (Stoffwärme, Artwärme)	47
1.9.5	Wärmeinhalt Q_i	47
1.9.6	Spezifische Schmelzwärme q	49
1.9.7	Wärmeleitfähigkeit λ	50
1.9.8	Wärmedurchlasswiderstand R	51
1.9.9	Wärmeübergangskoeffizient h	52
1.9.10	Wärmedurchgang U	54
1.9.11	Wärmestromdichte q	55
2	Wärmeschutz	57
2.1	Zweck des Wärmeschutzes	58
2.1.1	Gesundes Leben	58
2.1.2	Behaglichkeit und Raumklima	59
2.1.2.1	Behaglichkeit	59
2.1.2.2	Raumklima	61
2.1.3	Geringer Energieverbrauch	66

2.1.4	Wärmeverluste verschiedener Hausformen	68
2.1.5	Wärmedämmstoffe	70
2.2	Wärmeschutztechnische Größen	73
2.3	Zielsetzung der Energie-Einsparverordnung (EnEV)	74
2.3.1	Energie-Einspargesetz (EnEG)	74
2.3.2	Einführung EnEV	75
2.3.3	Zielsetzungen für den Neubau	78
2.3.4	Zielsetzungen für den Altbau	78
2.4	Neuerungen der Energie-Einsparverordnung EnEV	79
2.4.1	Erweiterung der Energiebilanz	79
2.4.2	Neue Systematik der Anforderung zur Energieeinsparung	80
2.4.3	Ganzheitliche Betrachtung bei der energetischen Gebäudeplanung	80
2.4.4	Beschreibung der energetischen Effizienz mit Aufwandszahlen	81
2.4.5	Dokumentierung des Energiebedarfs	81
2.4.6	Anwendungsbereiche und flankierende Normen	82
2.4.7	Normen in der Energieeinsparverordnung	85
2.4.8	Begriffe der Energie-Einsparverordnung EnEV	86
2.4.9	Inhalte der Energie-Einsparverordnung 2007	88
2.5	Anforderungen an neu zu errichtende Gebäude	90
2.5.1	Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs	91
2.5.1.1	Definition der Bezugsgrößen	95
2.5.1.2	Begrenzung des spezifischen Transmissionswärmeverlust H_T	98
2.5.1.3	Methodik des EnEV-Nachweises (2007)	99
2.5.1.4	Ausnahmeregelungen bei Wohngebäuden	99
2.5.2	Anforderungen an Nichtwohngebäude	102
2.5.3	Anforderungen an kleine Gebäude	107
2.5.4	Mindestanforderungen an den Wärmeschutz	108
2.5.5	Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz	121
2.5.6	Luftdichtigkeit von Gebäuden	128
2.5.7	Abhängigkeit der Anforderungen von der Gebäudekenngröße A/V_e	130
2.5.8	Zonierung bei Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden	130
2.5.9	Systemgrenzen für die Anforderungen an den Wärmeschutz	133
2.5.9.1	Systemgrenzen bei Steildächern	135
2.5.9.2	Systemgrenzen bei Flachdächern	136
2.5.9.3	Systemgrenze Außenwand	137
2.5.9.4	Systemgrenze Abseitenwände	138
2.5.9.5	Systemgrenze unterer Gebäudeabschluss	139
2.5.9.6	Systemgrenze Fenster, Fenstertüren und Außentüren	141
2.5.10	Aneinander gereichte Gebäude	141
2.5.11	Energieausweis	142
2.6	Anforderungen an bestehende Gebäude	159
2.6.1	Anforderungen bei Änderung von Außenbauteilen	160
2.6.2	Nachrüstverpflichtungen bei Anlagen und Gebäuden	167
2.6.3	Energetische Inspektion von Klimaanlagen	171
2.7	Berechnungsverfahren nach der Energie-Einsparverordnung	172
2.7.1	Berechnung des Heizwärmebedarfs für Wohngebäude als Neubauten (Q_h)	172
2.7.2	Heizperiodenbilanzverfahren (Vereinfachtes Verfahren)	174
2.7.2.1	Transmissionswärmeverluste H_T im Heizperiodenbilanzverfahren	177
2.7.2.2	Transmissionswärmeverluste der Wärmebrücken (H_{WB})	177

2.7.2.3	Wärmedurchgangskoeffizient U	179
2.7.2.4	Berechnungsbeispiele.....	184
2.7.2.5	Transmissionswärmeverluste der Fenster und Fenstertüren U_W ...	193
2.7.2.6	Lüftungswärmeverluste H_V	201
2.7.2.7	Interne Wärmegewinne Q_i	205
2.7.2.8	Solare Wärmegewinne Q_S	205
2.7.2.9	Jahres-Warmwasserwärmebedarf.....	207
2.7.3	Monatsbilanzverfahren.....	208
2.7.3.1	Prüfung und Festlegung der Randdaten.....	209
2.7.3.2	Ermittlung der gebäudespezifischen Daten und der Höchstwerte für Q_p “ und H_T'	210
2.7.3.3	Ermittlung der vorhandenen Werte für: Q_h , e_p , Q_p “ und H_T'	210
2.7.3.4	Ermittlung der Wärmeverluste im Monatsbilanzverfahren	211
2.7.3.5	Ermittlung der spezifischen Transmissionswärmeverluste H_T im Monatsbilanzverfahren.....	212
2.7.3.6	Ermittlung der spezifischen Lüftungswärmeverluste H_V im Monatsbilanzverfahren	216
2.7.3.7	Ermittlung der monatlichen Wärmeverluste.....	219
2.7.3.8	Ermittlung der Wärmegewinne im Monatsbilanzverfahren	221
2.7.3.9	Ermittlung der internen Wärmegewinne	221
2.7.3.10	Solare Wärmegewinne.....	222
2.7.3.11	Ausnutzungsgrad und wirksame Wärmespeicherfähigkeit.....	223
2.7.3.12	Berücksichtigung von Heizunterbrechungen.....	224
2.7.3.13	Ermittlung des bezogenen Jahres-Heizwärmebedarfs Q_h bei Wohngebäuden	230
2.7.3.14	Ermittlung der primärenergiebezogenen Anlagenaufwands- zahl e_p	231
2.7.3.15	Ermittlung des Jahres- Heizwärmebedarfs im Monats- bilanzverfahren.....	232
2.7.3.16	Ermittlung des vorhandenen spezifischen, auf die wärme- übertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissions- wärmeverlustes H_T'	232
2.7.3.17	Ausstellen des Energieausweises.....	232
2.8	Berechnung des End- und Primärenergiebedarfs.....	233
2.8.1	Berechnungssystematik des End- und Primärenergiebedarfs.....	240
2.8.2	Energetische Bewertung der Anlagentechnik mit dem Diagramm- verfahren.....	243
2.8.3	Energetische Bewertung der Anlagentechnik mit dem Tabellenverfahren	246
2.8.4	Energetische Bewertung der Anlagentechnik mit dem detaillierten Verfahren.....	248
2.8.5	Energetische Bewertung elektrischer Speicherheizungen	248
2.9	Berechnungen für den Nachweis der EnEV	249
2.9.1	Beispiel: Nachweis für ein Einfamilienhaus mit dem Heizperioden- bilanzverfahren.....	249
2.9.1.1	Berechnungsschritte des Vereinfachten Verfahrens für Wohngebäude.....	254
2.9.1.2	Prüfung der Anwendbarkeit des Berechnungsverfahrens bei Wohngebäuden.....	254
2.9.1.3	Ermittlung der gebäudespezifischen Daten	255
2.9.1.4	Ermittlung der vorhandenen Werte für Q_h , e_p , Q_p und H_T'	259
2.9.1.5	Ermittlung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes H_T	259

2.9.1.6	Ermittlung der U - Werte und Berechnung der Wärmebrücken.....	260
2.9.1.7	Ermittlung der Lüftungswärmeverluste H_V	263
2.9.1.8	Ermittlung der solaren Wärmegewinne Q_S	264
2.9.1.9	Ermittlung der internen Wärmegewinne Q_i	265
2.9.1.10	Bilanzierung.....	266
2.9.1.11	Berechnung des vorhandenen Jahresheizwärmebedarfs Q_h	266
2.9.1.12	Berechnung des bezogenen Jahresheizwärmebedarfs $Q_{h,rel}$	266
2.9.1.13	Berechnung des vorhandenen Transmissionswärmeverlustes H_T'	266
2.9.1.14	Berechnung des zulässigen Transmissionswärmeverlustes H_T	266
2.9.1.15	Berechnung des Jahres-Trinkwasserbedarfs Q_W	266
2.9.1.16	Berechnung des Jahres- Primärenergiebedarf Q_P	267
2.9.1.17	Maximale Anlagenaufwandzahl e_p	267
2.9.1.18	Wahl der Heizungsanlage.....	268
2.9.1.19	Zusammenfassung der Ergebnisse mit alternativen Ansätzen.....	276
2.9.1.20	Nachweis des Endenergiebedarfs	283
2.9.1.21	Zusammenfassung des vereinfachten Verfahrens mittels Tabellenformularen.....	284
2.9.2	Beispiel 2 für ein Einfamilienhaus: Nachweis mit dem Monats- Bilanzverfahren	286
2.9.2.1	Prüfung und Festlegung der Randdaten.....	286
2.9.2.2	Ermittlung der gebäudespezifischen-Daten und der Höchstwerte für Q_P " und H_T'	286
2.9.2.3	Ermittlung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes H_T und des monatlichen Transmissionswärmeverlustes Q_{TM}	287
2.9.2.4	Ermittlung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes H_V	288
2.9.2.5	Ermittlung der solaren Wärmegewinne Q_S	289
2.9.2.6	Ermittlung der internen Wärmegewinne.....	291
2.9.2.7	Ermittlung der wirksamen Wärmespeicherfähigkeit $C_{wirk,\eta}$	291
2.9.2.8	Ermittlung der Heizunterbrechung	291
2.9.2.9	Ermittlung des Verhältnisses Wärmegewinne/Wärmeverlust γ des Gebäudes.....	299
2.9.2.10	Ermittlung des monatlichen Heizwärmebedarfs $Q_{h,M}$ und des vorhandenen Jahres-Heizwärmebedarfs Q_h	301
2.9.2.11	Bericht zu den zugrunde gelegten Randbedingungen.....	302
2.9.2.12	Ermittlung des bezogenen Jahres-Heizwärmebedarfs q_h	303
2.9.2.13	Ermittlung der primärenergiebezogenen Anlagenaufwands- zahl e_p	303
2.9.2.14	Ermittlung des vorhandenen bezogenen Jahres-Primär-Ener- giebedarfs Q_P " und des Transmissionswärmeverlustes H_T'	306
2.9.2.15	Zusammenfassung der Ergebnisse mit alternativen Ansätze.....	306
3	Feuchteschutz	310
3.1	Zweck des Feuchteschutzes	310
3.2	Wassergehalt (Feuchtegehalt).....	311
3.2.1	Sättigungsgehalt der Luft.....	312
3.2.2	Relative Luftfeuchte ϕ	313
3.2.3	Tauwasserbildung.....	313
3.2.4	Tautemperatur.....	314
3.2.5	Wasserdampfdruck	316
3.2.6	Wassergehalt von Baustoffen.....	317
3.3	Wassertransport (Feuchtetransport).....	319

3.3.1	Wassertransport durch Diffusion.....	320
3.3.2	Wassertransport durch kapillare Wasserwanderung	321
3.3.3	Wasserverdunstung	322
3.3.4	Wassertransport durch Luftströmung.....	323
3.3.5	Wassertransport durch laminare Strömung	323
3.3.6	Wassertransport durch elektrokinetische Einflüsse (Osmose)	324
3.4	Rechenwerte der Wasserdampfdiffusion	324
3.4.1	Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl	324
3.4.2	Wasserdampf-diffusionsäquivalente Luftschichtdicken.....	325
3.4.3	Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand	326
3.4.4	Wasserdampf-Diffusionsstromdichte	327
3.5	Schutz gegen Tauwasser	328
3.5.1	Tauwasserbildung auf Oberflächen von Bauteilen.....	328
3.5.2	Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen	328
3.5.3	Maßnahmen gegen schädliche Auswirkungen der Tauwasserbildung.....	332
3.5.3.1	Absenkung der relativen Luftfeuchte im Raum.....	332
3.5.3.2	Veränderung der Schichtenfolge	333
3.5.3.3	Hinterlüftung einzelner Bauteilschichten	333
3.5.3.4	Wahl der Baustoffe.....	333
3.5.3.5	Einbau von Dampfbremsen oder Dampfsperren	333
3.5.3.6	Einbau von Spannungsschichten oder Entlüftern	334
3.6	Diffusionstechnische Berechnungen.....	334
3.6.1	Berechnung zur Tauwasserbildung auf Oberflächen von Bauteilen	334
3.6.2	Berechnung zur Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen.....	337
3.6.3	Berechnungsgleichungen für die Tauperiode (Winter).....	341
3.6.4	Berechnungsgleichungen für die Verdunstungsperiode (Sommer).....	344
3.6.5	Berechnungsbeispiele.....	346
3.7	Schutz gegen Schlagregen	351
3.7.1	Wasseraufnahme	351
3.7.2	Beanspruchungsgruppen	352
3.7.3	Erfüllung des Schlagregenschutzes	353
3.7.3.1	Außenwände.....	353
3.7.3.2	Wandbekleidungen.....	354
3.7.3.3	Fugen und Anschlüsse.....	358
3.7.3.4	Fenster	359
3.8	Schutz gegen Bodenfeuchte.....	360
3.8.1	Stoffe für Abdichtungen gegen Bodenfeuchte	363
3.8.2	Abdichtungen nichtunterkellelter Gebäude.....	367
3.8.3	Abdichtungen unterkellelter Gebäude.....	369
3.8.4	Möglichkeiten nachträglicher Abdichtungen bei alten Bauwerken.....	372
3.9	Schutz gegen nichtdrückendes Wasser	373
3.9.1	Stoffe für Abdichtungen gegen nichtdrückendes Wasser	374
3.9.2	Abdichtungen mit bituminösen Stoffen und Kunststoff-Dichtungsbahnen.....	376
3.9.2.1	Abdichtungen für hohe Beanspruchungen	377
3.9.2.2	Abdichtungen für mäßige Beanspruchungen	379
3.9.2.3	Bewegungsfugen	381
3.9.2.4	Durchdringungen.....	382
3.9.2.5	Abschlüsse.....	384
3.9.2.6	Schutzschichten	384
3.9.3	Abdichtungen mit wasserundurchlässigem Beton.....	385
3.9.4	Schutz durch Dränung.....	388

3.10	Abdichtungen gegen aufstauendes Sickerwasser.....	391
3.11	Abdichtungen gegen drückendes Wasser	393
3.11.1	Stoffe für Abdichtungen gegen drückendes Wasser.....	394
3.11.2	Abdichtungen mit bituminösen Stoffen und Kunststoff-Dichtungsbahnen.....	394
3.11.2.1	Bewegungsfugen	397
3.11.2.2	Abdichtung von Bewegungsfugen Typ I.....	398
3.11.2.3	Abdichtung von Bewegungsfugen Typ II.....	398
3.11.2.4	Durchdringungen.....	398
3.11.2.5	Anschlüsse.....	399
3.11.2.6	Abschlüsse.....	399
3.11.3	Abdichtungen mit wasserundurchlässigem Beton (Weiße Wannen)	401
3.11.3.1	Kapillarität, Diffusion und Tauwasserbildung.....	401
3.11.3.2	Form der Bauwerke für geringe Zwangbeanspruchung	407
3.11.3.3	Abmessungen der Bauabschnitte für geringe Zwangbeanspruchung.....	408
3.11.3.4	Bewegungsfugen (Dehnfugen).....	411
3.11.3.5	Arbeitsfugen (Betonierfugen).....	412
3.11.3.6	Durchdringungen.....	415
3.11.3.7	Anwendungsgrenzen	416
3.11.3.8	Zusammenfassende Beurteilung.....	417
4	Schallschutz	418
4.1	Schall als Schwingung und Wellenbewegung	419
4.1.1	Schallwelle	419
4.1.2	Arten des Schalls	419
4.1.3	Schallgeschwindigkeit c	420
4.1.4	Frequenz f	421
4.1.5	Wellenlänge λ	422
4.2	Schall als Hörempfinden.....	423
4.2.1	Schalldruck p	423
4.2.2	Schallpegel L	424
4.2.3	Hörfläche	427
4.2.4	Hörempfinden.....	428
4.2.5	Bewerteter Schallpegel L_A	430
4.3	Schall als Außenlärm	432
4.3.1	Berechnungsverfahren für die Schallemission	433
4.3.2	Straßenverkehr.....	436
4.3.3	Schienenverkehr	440
4.3.4	Wasserverkehr	442
4.3.5	Luftverkehr	443
4.3.6	Gewerbe- und Industrieanlagen.....	444
4.3.7	Sport- und Freizeitanlagen.....	445
4.3.8	Mehrere Schallquellen.....	447
4.3.9	Immissionsrichtwerte und ausreichende Abstände von den Schallquellen	448
4.4	Schutz gegen Außenlärm	450
4.4.1	Lärmpegelbereiche	450
4.4.2	Schutz durch großen Abstand.....	451
4.4.3	Schutz durch Abschirmung	452
4.4.4	Luftschalldämmung.....	456
4.4.5	Bewertetes Schalldämm-Maß R_W	457
4.4.6	Anforderungen an Außenbauteile.....	458

4.4.7	Anforderungen an Decken und Dächer	463
4.4.8	Anforderungen bei Fluglärm	463
4.4.9	Eignung von Außenbauteilen	464
4.4.9.1	Einschalige massive Außenwände.....	464
4.4.9.2	Zweischalige Außenwände.....	468
4.4.9.3	Massive Dächer	471
4.4.9.4	Leichte Dächer.....	471
4.4.9.5	Fenster und Glasbaustein-Wände	474
4.4.9.6	Rollladenkästen	476
4.4.9.7	Bauteile bei Fluglärm	477
4.5	Luftschall in Gebäuden.....	478
4.5.1	Luftschalldämmung in Gebäuden.....	478
4.5.2	Luftschalldämmung einschaliger Bauteile	481
4.5.3	Luftschalldämmung zweischaliger Bauteile.....	482
4.5.4	Flankenübertragung bei Luftschallanregung.....	483
4.6	Trittschall in Gebäuden.....	485
4.6.1	Trittschall.....	485
4.6.2	Trittschalldämmung.....	486
4.6.3	Flankenübertragung bei Trittschallanregung.....	488
4.7	Schall durch haustechnische Anlagen und Betrieben	488
4.8	Schutz gegen Schall in Gebäuden.....	490
4.8.1	Kennzeichnende Größen für die Schalldämmung der Bauteile.....	491
4.8.2	Anforderungen an den Schutz gegen Luft- und Trittschall	492
4.8.2.1	Anforderungen der Schallschutzstufe I (SSt I).....	493
4.8.2.2	Anforderungen der Schallschutzstufe II (SSt II)	499
4.8.2.3	Anforderungen der Schallschutzstufe III (SSt III)	501
4.8.2.4	Anforderungen an den Schallschutz im eigenen Wohnbereich (EW).....	502
4.8.3	Nachweis der Eignung mit bauakustischen Messungen.....	503
4.8.4	Nachweis der Eignung ohne bauakustische Messungen	503
4.8.5	Luftschalldämmung in Gebäuden in Massivbauart	503
4.8.5.1	Trennende Bauteile.....	504
4.8.5.2	Einschalige, biegesteife Trennwände	504
4.8.5.3	Zweischalige Wände aus zwei schweren, biegesteifen Schalen.....	504
4.8.5.4	Einschalige, biegesteife Wände mit biegeweicher Vorsatzschale ..	506
4.8.5.5	Zweischalige Wände aus zwei biegeweichen Schalen	508
4.8.5.6	Geschossdecken.....	511
4.8.5.7	Einfluss flankierender Bauteile	514
4.8.6	Trittschalldämmung in Gebäuden in Massivbauart.....	515
4.8.6.1	Massivdecken	516
4.8.6.2	Holzbalkendecken	521
4.8.6.3	Massive Treppenläufe und Treppenpodeste	523
4.8.7	Luftschalldämmung in Gebäuden in Skelett- und Holzbauart	526
4.8.7.1	Horizontale Schallübertragung.....	526
4.8.7.2	Vertikale Schallübertragung.....	539
4.8.8	Trittschalldämmung in Gebäuden in Skelett- und Holzbauart	540
4.8.9	Anforderungen an den Schallschutz bei haustechnischen Anlagen und Gewerbebetrieben	543
4.8.9.1	Bauteile zwischen „besonders lauten“ und schutzbedürftigen Räumen.....	544
4.8.9.2	Armaturen und Geräte der Wasserinstallation.....	547

4.8.9.3	Lüftungsschächte und -kanäle	550
4.9	Maßnahmen zur Minderung der Belastung durch Lärm	552
4.9.1	Maßnahmen zum Schutz vor Außenlärm	552
4.9.2	Maßnahmen zum Schutz vor Lärm im Gebäude	553
4.9.3	Maßnahmen zum Schutz vor Lärm aus „besonders lauten“ Räumen	554
4.10	Raumakustik	554
4.10.1	Schallreflexion	555
4.10.2	Schallabsorption	555
4.10.3	Nachhall	557
4.10.4	Bemessung absorbierender Flächen	559
5	Tageslicht	562
5.1	Sonnenstrahlung	563
5.2	Tageslichtquotient <i>D</i>	565
5.3	Lichtklima	566
5.3.1	Leuchtdichtevertelung	566
5.3.2	Beleuchtungsstärke	567
5.3.3	Blendung	568
5.3.4	Lichtrichtung, Lichtstreuung	569
5.3.5	Lichtfarbe und Farbwiedergabe	569
5.3.6	Tageslicht	570
5.4	Forderungen an Fenster	571
5.4.1	Wohnräume	572
5.4.2	Arbeitsräume	573
5.4.3	Unterrichtsräume	573
5.4.4	Krankenzimmer	575
5.4.5	Kindergärten	575
5.4.6	Hallen	576
5.5	Mindest-Fenstergröße	581
6	Brandschutz	586
6.1	Bau- und Brandschutzvorschriften	587
6.1.1	Bauvorschriften	588
6.1.2	Brandschutzvorschriften/Europäische Normung	590
6.2	Baustoffe – Eigenschaften und Bezeichnung	594
6.2.1	Eigenschaften der Baustoffe	594
6.2.1.1	Beton	594
6.2.1.2	Mauerwerk	594
6.2.1.3	Holz	596
6.2.1.4	Stahl	596
6.2.2	Einteilung der Baustoffe	598
6.2.3	Baustoffklassen	599
6.2.4	Klassifizierte Baustoffe	600
6.3	Bauteile – Einteilung und Benennung	604
6.3.1	Einheits-Temperaturzeitkurve	606
6.3.2	Feuerwiderstandsklassen	606
6.3.3	Benennung der Bauteile	611
6.3.4	Bauteile mit Sonderanforderungen	612
6.3.5	Feuerhemmende und feuerbeständige Bauteile	615
6.4	Brandschutz-Anforderungen	615
6.4.1	Anforderungen durch die Landesbauordnung	615

6.4.2	Brandschutzklassen im Industriebau	618
6.4.3	Bauartklassen der Feuerversicherer.....	620
6.4.4	Anforderungen an den Brandschutz nach Eurocode	621
6.5	Klassifizierte Bauteile/Nachweis des Brandschutzes.....	625
6.5.1	Klassifizierte Betonbauteile (DIN 4102-4; 3.1)	626
6.5.1.1	Kritische Temperatur ϑ_{crit} des Betonstahls (DIN 4102-4; 3.1.3) ..	626
6.5.1.2	Achsabstand der Bewehrung (DIN 4102-4; 3.1.4).....	628
6.5.1.3	Betondeckung der Bewehrung (DIN 4102-4; 3.1.5)	629
6.5.1.4	Schutzbewehrung bei $c > 50$ mm (DIN 4102-4; 3.1.5)	629
6.5.1.5	Putzbekleidungen (DIN 4102-4; 3.1.6)	629
6.5.1.6	Feuchtegehalt und Abplatzverhalten (DIN 4102-4; 3.1.7)	630
6.5.2	Klassifiziertes Mauerwerk (DIN 4102-4; 4).....	630
6.5.2.1	Wandarten und Wandfunktionen (DIN 4102-4; 4.1.1)	631
6.5.2.2	Nichttragende Wände (DIN 4102-4; 4.1.12).....	631
6.5.2.3	Tragende und aussteifende Wände (DIN 4102-4; 4.1.1.3).....	631
6.5.2.4	Nichttraumabschließende, tragende Wände und Pfeiler (DIN 4102-4; 4.1.1.5).....	631
6.5.2.5	Zweischalige Außenwände (DIN 4102-4; 4.1.1.6).....	632
6.5.2.6	Zweischalige Haustrennwände (DIN 4102-4; 4.1.1.7).....	632
6.5.2.7	Stürze, Balken, Unterzüge (DIN 4102-4; 4.1.1.8).....	632
6.5.3	Klassifizierte Holzbauteile (DIN 4102-4; 5)	632
6.5.4	Klassifizierte Stahlbauteile (DIN 4102-4; 6).....	633
6.5.4.1	Kritische Stahltemperatur ϑ_{crit} und Stahlsorte (DIN 4102-4; 6.1.1).....	633
6.5.4.2	Temperaturabhängige Streckgrenze des Stahls	633
6.5.4.3	Erforderliche Bekleidungen für Stahlbauteile	634
6.5.5	Klassifizierte Verbundbauteile (DIN 4102-4; 7).....	635
6.6	Klassifizierte Wände und Pfeiler (DIN 4102-4; 4.1).....	637
6.6.1	Wände aus Mauerwerk und Wandbauplatten (DIN 4102-4; 4.5).....	638
6.6.2	Wände aus Beton und Stahlbeton (Normalbeton) (DIN 4102-4; 4.2).....	648
6.6.3	Wände aus Leichtbeton (DIN 4102-4; 4.4 u. 4.6).....	649
6.6.3.1	Wände aus Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge (DIN 4102-4; 4.4).....	649
6.6.3.2	Wände aus Leichtbeton mit haufwerkporigem Gefüge (DIN 4102-4; 4.6).....	652
6.6.4	Wände aus Porenbeton (DIN 4102-4; 4.7).....	653
6.6.5	Wände aus Holzwohle-Leichtbauplatten (DIN 4102-4; 4.9)	654
6.6.6	Wände aus Gipskarton-Bauplatten (DIN 4102-4; 4.10).....	654
6.6.7	Fachwerkwände (DIN 4102-4; 4.11).....	658
6.6.8	Holztafelwände (DIN 4102-4; 4.12)	659
6.6.9	Brandwände (DIN 4102-4, 4.8).....	668
6.7	Klassifizierte Stützen	675
6.7.1	Stützen aus Stahlbeton (DIN 4102-4,3.13).....	675
6.7.2	Stützen aus Holz (DIN 4102-4, 5.6).....	678
6.7.2.1	Unbekleidete Holzstützen.....	679
6.7.2.2	Bekleidete Holzstützen.....	681
6.7.3	Stützen aus Stahl (DIN 4102-4,6.3)	686
6.7.4	Verbundstützen (DIN 4102-4, 7.3).....	689
6.8	Klassifizierte Zugglieder.....	694
6.8.1	Zugglieder aus Stahlbeton und Spannbeton (DIN 4102-4, Abschn. 3.14).....	694
6.8.2	Zugglieder aus Holz (DIN 4102-4, Abschn. 5.7).....	696

6.8.3	Zugglieder aus Stahl (DIN 4102-4, Abschn. 6.4).....	697
6.9	Klassifizierte Decken.....	697
6.9.1	Klassifizierte Decken aus Stahlbeton und Spannbeton	697
6.9.1.1	Decken aus Stahlbeton- und Spannbetonplatten aus Normalbeton (DIN 4102-4,3.4)	697
6.9.1.2	Decken aus Stahlbeton- und Spannbetonplatten aus Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge (DIN 4102-4, 3.4.6)	701
6.9.1.3	Decken aus Stahlbetonhohldielen und Porenbetonplatten (DIN 4102-4, 3.5).....	703
6.9.1.4	Stahlbeton- und Spannbetondecken aus Fertigteilen (DIN 4102-4, 3.6).....	706
6.9.1.5	Stahlbeton- und Spannbeton-Rippendecken <i>ohne</i> Zwischenbauteile sowie Plattenbalkendecken (DIN 4102-4, 3.7 und 3.8).....	708
6.9.1.6	Stahlbeton- und Spannbeton-Balkendecken sowie -Rippendecken mit Zwischenbauteilen (DIN 4102-4, 3.10).....	708
6.9.1.7	Stahlsteindecken (DIN 4102-4, 3.9).....	712
6.9.1.8	Stahlbetondecken mit eingebetteten Stahlträgern sowie Kappendecken (DIN 4102-4,3.11)	714
6.9.2	Klassifizierte Holzdecken.....	715
6.9.2.1	Decken in Holztafelbauart (DIN 4102-4, 5.2).....	715
6.9.2.2	Holzbalkendecken (DIN 4102-4, 5.3)	720
6.9.3	Klassifizierte Decken mit Unterdecken (DIN 4102-4, 6.5).....	724
6.10	Klassifizierte Träger und Balken	725
6.10.1	Balken aus Stahlbeton und Spannbeton (DIN 4102-4, 3.2 und 3.3)	725
6.10.2	Holzbalken (DIN 4102-4, 5.5).....	731
6.10.2.1	Unbekleidete Holzbalken.....	731
6.10.2.2	Bekleidete Holzbalken.....	731
6.10.3	Stahlträger (DIN 4102-4, 6.2)	732
6.10.4	Verbundträger (DIN 4102-4, 7.2).....	736
6.11	Klassifizierte Dächer.....	736
6.11.1	Stahlbetondächer aus Normalbeton und Leichtbeton (DIN 4102-4, Abschn. 3.12).....	736
6.11.2	Holzdächer (DIN 4102-4, Abschn. 5.4)	738
6.11.2.1	Dächer mit Sparren (DIN 4102-4, Abschn. 5.4.2).....	738
6.11.2.2	Dächer mit Dachträgern oder Dachbindern (DIN 4102-4, Abschn. 5.4.3).....	739
6.11.2.3	Dächer mit vollständig freiliegenden Sparren (DIN 4102-4, Abschn. 5.4.4).....	740
6.11.2.4	Dächer mit teilweise freiliegenden Sparren (DIN 4102-4, Abschn. 5.4.5).....	742
6.11.3	Bedachungen (DIN 4102-4, Abschn. 8.7)	742
7	Bauphysikalische Zusammenfassung.....	746
7.1	Standardbetrachtungen.....	747
7.2	Fußböden über dem Erdreich.....	748
7.3	Kelleraußenwände.....	748
7.4	Kellerdecken	748
7.5	Außenwände	749
7.6	Haustrennwände.....	749
7.7	Wohnungstrennwände	750
7.8	Treppenraumwände.....	750

7.9	Treppen	750
7.10	Wohnungstrenndecken	750
7.11	Auskragende Decken, Balkone und Attiken	751
7.12	Decken über Durchfahrten	751
7.13	Dächer	751
7.14	Türen	752
7.15	Fenster	752
7.16	Bäder und Toiletten	753
7.17	Laute Räume	753
8	Anhang	754
8.1	Einheiten und ihre Bedeutung	754
8.1.1	Basiseinheiten (Grundeinheiten)	754
8.1.2	Vorsätze für Einheiten	754
8.1.3	Andere Einheiten	754
8.1.4	Abgeleitete Einheiten	755
8.1.5	Umrechnungswerte für Einheiten	756
8.2	Formelzeichen und ihre Bedeutung	758
8.3	Formelsammlung	760
8.3.1	Physikalische Grundlagen	760
8.3.2	Wärmeschutz	761
8.3.3	Feuchteschutz	764
8.3.4	Schallschutz	765
8.3.5	Tageslicht in Wohnräumen	767
8.3.6	Brandschutz	767
8.4	Wärmeschutz- und feuchteschutztechnische Kennwerte	768
8.5	Normen und Vorschriften	793
8.5.1	Physikalische Grundlagen	793
8.5.2	Wärmeschutz	793
8.5.3	Feuchteschutz	795
8.5.4	Schallschutz	797
8.5.5	Tageslicht	798
8.5.6	Brandschutz	799
8.6	Literatur	801
8.6.1	Physikalische Grundlagen	801
8.6.2	Wärmeschutz	801
8.6.3	Feuchteschutz	802
8.6.4	Schallschutz	802
8.6.5	Tageslicht	803
8.6.6	Brandschutz	803
	Sachwortverzeichnis	804