

---

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	V
<b>1 Physikalische Grundlagen .....</b>	<b>1</b>
1.1 Allgemeines .....	2
1.2 Physikalische Größen und Einheiten .....	4
1.3 Länge $l$ .....	6
1.3.1 Fläche .....	7
1.3.2 Volumen .....	8
1.4 Zeit $t$ .....	9
1.4.1 Geschwindigkeit $v$ .....	10
1.4.2 Beschleunigung $a$ .....	13
1.5 Masse $m$ .....	17
1.5.1 Kraft $F$ .....	19
1.5.2 Arbeit $W$ .....	23
1.5.3 Leistung $P$ .....	28
1.5.4 Druck $p$ .....	31
1.6 Stoffmenge $n$ .....	36
1.7 Stromstärke $I$ .....	37
1.7.1 Elektrische Spannung .....	38
1.7.2 Elektrischer Widerstand .....	39
1.7.3 Elektrische Arbeit .....	40
1.7.4 Elektrische Leistung .....	40
1.8 Lichtstärke $I$ .....	41
1.8.1 Lichtstrom $\varphi$ .....	43
1.8.2 Lichtausbeute .....	44
1.8.3 Leuchtdichte $L$ .....	45
1.8.4 Beleuchtungsstärke $E$ .....	46
1.9 Temperatur $\vartheta$ oder $T$ .....	50
1.9.1 Wärmewirkungen .....	53
1.9.2 Wärmemenge $Q$ .....	58

1.9.3	Heizwert $H$ .....	59
1.9.4	Spezifische Wärmekapazität $C$ (Stoffwärme, Artwärme) .....	60
1.9.5	Wärmeinhalt $Q_i$ .....	61
1.9.6	Spezifische Schmelzwärme $q$ .....	63
1.9.7	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ .....	65
1.9.8	Wärmedurchlasswiderstand $R$ .....	66
1.9.9	Wärmeübergangskoeffizient $h$ .....	68
1.9.10	Wärmedurchgang $U$ .....	69
1.9.11	Wärmestromdichte $q$ .....	71
<b>2</b>	<b>Wärmeschutz</b> .....	<b>73</b>
2.1	Zweck des Wärmeschutzes .....	75
2.1.1	Gesundes Leben .....	75
2.1.2	Behaglichkeit und Raumklima .....	75
2.1.2.1	Behaglichkeit .....	75
2.1.2.2	Raumklima .....	78
2.1.3	Geringer Energieverbrauch .....	85
2.1.4	Wärmeverluste verschiedener Hausformen .....	86
2.2	Wärmedämmstoffe .....	88
2.3	Wärmeschutz im Hochbau .....	92
2.3.1	Physikalische Größen für den Wärmeschutz .....	92
2.3.1.1	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ .....	97
2.3.1.2	Wärmedurchlasswiderstand $R$ .....	97
2.3.1.3	Wärmeübergangswiderstände $R_{si}$ und $R_{se}$ .....	97
2.3.1.4	Wärmedurchgangswiderstand $R_T$ .....	97
2.3.1.5	Wärmedurchgangskoeffizient $U$ .....	98
2.3.2	Anforderungen für den Wärmeschutz nach DIN 4108 .....	98
2.3.2.1	Anforderungen an Bauteile für den Wärmeschutz im Winter .....	99
2.3.2.2	Gebäude mit normaler Beheizung für Temperaturen $\geq 19$ °C .....	99
2.3.2.3	Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen .....	102
2.3.2.4	Berücksichtigung von Luftschichten .....	102
2.3.2.5	Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume .....	103
2.3.2.6	Bauteile mit inhomogenen Schichten .....	103
2.3.2.7	Bauteile mit keilförmigen Schichten .....	104
2.3.2.8	Perimeterdämmungen .....	104
2.3.2.9	Umkehrdächer .....	105
2.3.2.10	Temperatur-Korrekturfaktoren $F_{xi}$ .....	105
2.3.3	Berechnungsbeispiele zur Ermittlung des Wärmedurchgangs .....	106

2.3.4	Wärmeverluste $U_W$ durch Fenster und Fenstertüren .....	117
2.3.4.1	Berechnung des $U$ -Wertes für Fenster nach DIN EN 10077-1 .....	117
2.3.4.2	Berechnung des $U$ -Wertes für Fenster nach DIN V 4108-4 .....	121
2.3.5	Mindestanforderungen an Bauteile im Bereich von Wärmebrücken .....	125
2.3.5.1	Schimmelpilzbildung .....	129
2.3.5.2	Beispiele zum Nachweis der Schimmelpilzfreiheit .....	131
2.3.5.3	Detailausbildungen zum Vermeiden schädlicher Wärmebrücken .....	135
2.3.6	Anforderungen an die Luftdichtheit von Außenbauteilen .....	148
2.3.7	Mindestanforderungen an Bauteile für den Wärmeschutz im Sommer .....	148
2.3.7.1	Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes .....	150
2.3.7.2	Bestimmung des Wärmeeintrags durch Sonne .....	153
2.3.7.3	Beispiel zum Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes .....	156
2.4	Energie-Einsparverordnung EnEV .....	157
2.4.1	Gesetze zur Energie-Einsparung und zu erneuerbaren Energien ....	157
2.4.1.1	Energie-Einsparungsgesetz EnEG 2009 .....	157
2.4.1.2	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG 2009 .....	158
2.4.2	Inhalt der Energie-Einsparverordnung EnEV .....	159
2.4.3	Normen in der Energie-Einsparverordnung EnEV .....	161
2.4.4	Bedeutung der Energie-Einsparverordnung EnEV.....	162
2.4.5	Änderungen der EnEV 2009 im Überblick .....	166
2.4.6	Anwendungsbereich der Energie-Einsparverordnung EnEV .....	167
2.4.7	Begriffe für den Bereich der Energie-Einsparung .....	169
2.4.7.1	Begriffe nach DIN 4108 .....	169
2.4.7.2	Begriffe in der Energie-Einsparverordnung EnEV .....	170
2.4.7.3	Berechnungssystematik zur Ermittlung des Primärenergiebedarfs .....	173
2.4.8	Zonierung bei Gebäuden .....	177
2.4.9	Systemgrenzen für die Anforderungen an den Wärmeschutz .....	179
2.4.9.1	Systemgrenze bei Steildächern .....	182
2.4.9.2	Systemgrenze bei Flachdächern .....	183
2.4.9.3	Systemgrenze bei Außenwänden .....	183
2.4.9.4	Systemgrenze bei Abseitenwänden .....	184
2.4.9.5	Systemgrenzen beim unteren Gebäudeabschluss .....	186
2.4.9.6	Systemgrenze bei Fenstern, Fenstertüren und Außentüren .....	188

2.5	Anforderungen an neu zu errichtende Gebäude .....	189
2.5.1	Höchstwerte des Jahres-Primärenergiebedarfs (EnEV Anlage 1, Abschnitt 1.1) .....	189
2.5.2	Höchstwerte des Transmissionswärmeverlustes (EnEV Anlage 1, Abschnitt 1.2) .....	191
2.5.3	Bestimmung der geometrischen Bezugsgrößen .....	192
2.5.4	Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs (EnEV Anlage 1, Abschnitt 2.1) .....	192
2.5.5	Berücksichtigung der Warmwasserbereitung (EnEV Anlage 1, Abschnitt 2.2) .....	193
2.5.6	Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes .....	194
2.5.7	Beheiztes Luftvolumen .....	194
2.5.8	Ermittlung der solaren Wärmegewinne .....	194
2.5.9	Aneinander gereihete Bebauung .....	194
2.5.10	Anrechnung mechanisch betriebener Lüftungsanlagen .....	195
2.5.11	Anforderungen an die Dichtheit und den Mindestluftwechsel .....	195
2.5.12	Energiebedarf der Kühlung .....	200
2.5.13	Sommerlicher Wärmeschutz .....	200
2.6	Anforderungen an zu errichtende Nichtwohngebäude .....	201
2.6.1	Höchstwerte des Jahres-Primärenergiebedarfs (EnEV Anlage 2, Abschnitt 1.1) .....	201
2.6.2	Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten .....	207
2.6.3	Berechnungsverfahren für Nichtwohngebäude .....	208
2.6.3.1	Berechnungsverfahren für Nichtwohngebäude (EnEV Anlage 2, Abschnitt 2) .....	209
2.6.3.2	Vereinfachtes Berechnungsverfahren für Nichtwohngebäude (EnEV Anlage 2, Abschnitt 3) .....	210
2.6.4	Sommerlicher Wärmeschutz .....	212
2.7	Anforderungen an kleine Gebäude und Gebäude aus Raumzellen .....	212
2.8	Anforderungen an bestehende Gebäude und Anlagen .....	215
2.8.1	Änderung, Erweiterung und Ausbau von Gebäuden (EnEV § 9) ....	215
2.8.2	Randbedingungen (EnEV Anlage 3 Abschnitt 8) .....	218
2.8.3	Nachrüstung bei Anlagen und Gebäuden (EnEV § 10) .....	219
2.8.4	Außerbetriebnahme von elektrischen Speicherheizsystemen (EnEV § 10a) .....	219
2.8.5	Aufrechterhaltung der energetischen Qualität (EnEV § 11) .....	220
2.8.6	Energetische Inspektion von Klimaanlage (EnEV § 12) .....	221
2.9	Nachweis für einen optimierten Energieverbrauch .....	222
2.10	Beispiel für das Monatsbilanzverfahren beim Zweifamilienhaus .....	225
2.10.1	Prüfung und Festlegung der Gebäudekenndaten .....	225
2.10.2	Prüfung der Anwendbarkeit des Berechnungsverfahrens .....	229

2.10.3	Ermittlung des Energiebedarfs .....	229
2.10.3.1	Ermittlung der gebäudespezifischen Daten und der Höchstwerte für den Jahres-Primärenergiebedarfs $Q'_p$ und des Transmissionswärmeverlustes $H'_T$ .....	229
2.10.3.2	Ermittlung des Heizwärmebedarfs $Q_h$ .....	233
2.10.3.3	Ermittlung des spezifischen Transmissions- wärmeverlustes $H'_T$ .....	233
2.10.3.4	Ermittlung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes $H_V$ .....	237
2.10.3.5	Ermittlung des Wärmeverlustes $H$ .....	238
2.10.3.6	Ermittlung der solaren Wärmegewinne $\Phi_{S,M}$ .....	239
2.10.3.7	Ermittlung der internen Wärmegewinne .....	241
2.10.3.8	Ermittlung der wirksamen Wärmespeicherfähigkeit $C_{\text{wirk},\eta}$ .....	241
2.10.3.9	Ermittlung der Heizunterbrechung – Nachtabsenkung (Abgesenkter Heizbetrieb während der Nachtstunden nach DIN V 4108-6, Anhang C) .....	242
2.10.3.10	Ermittlung des Ausnutzungsgrades $\eta$ und des Wärmegewinn-/Verlustverhältnisses $\gamma$ .....	248
2.10.3.11	Ermittlung der Zeitkonstante $\tau$ .....	250
2.10.3.12	Ermittlung des Ausnutzungsgrades $\eta$ .....	250
2.10.3.13	Ermittlung des monatlichen Heizwärmebedarfs $Q_{h,M}$ .....	251
2.10.3.14	Bericht zu den zugrunde gelegten Randbedingungen zur Ermittlung des Jahres-Heizwärmebedarfs nach Monatsbilanzverfahren .....	253
2.10.3.15	Ermittlung der primärenergiebezogenen Anlagenauf- wandszahl $e_p$ und des Jahresprimärenergiebedarfs $Q_p$ ....	254
2.10.3.16	Ermittlung des vorhandenen bezogenen Jahres-Primär- energiebedarfs $Q''_p$ und des vorhandenen spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes $H'_T$ .....	257
2.10.4	Zusammenfassung der Ergebnisse mit alternativen Ansätzen .....	258
2.11	Weitere Beispiele zur Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs .....	261
2.11.1	Beispiel für den Jahres-Primärenergiebedarf $Q'_p$ einer Doppelhaushälfte .....	261
2.11.2	Beispiel für den Jahres-Primärenergiebedarfs $Q''_p$ eines freistehenden Ein-Familienhauses .....	263
2.11.3	Beispiel zur Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs $Q''_p$ eines Mehrfamilien-Wohnhauses .....	265
2.12	Änderungen/Neuerungen in der EnEV 2012 .....	268
2.12.1	Änderungen für Neubau Wohngebäude .....	268
2.12.2	Änderungen für Neubau Nichtwohngebäude .....	268
2.12.3	Änderungen für den Gebäudebestand .....	268

2.13	Energieausweis .....	269
2.13.1	Ausstellung und Verwendung von Energieausweisen .....	269
2.13.2	Empfehlungen für die Verbesserung der Energieeffizienz (EnEV § 20) .....	270
2.13.3	Muster für den Energieausweis (EnEV Anlagen 6 bis 10) .....	270
<b>3</b>	<b>Feuchteschutz</b> .....	<b>275</b>
3.1	Zweck des Feuchteschutzes .....	276
3.2	Wassergehalt (Feuchtegehalt) .....	277
3.2.1	Sättigungsgehalt der Luft .....	278
3.2.2	Relative Luftfeuchte $\varphi$ .....	279
3.2.3	Tauwasserbildung .....	280
3.2.4	Tautemperatur .....	281
3.2.5	Wasserdampfdruck .....	283
3.2.6	Wassergehalt von Baustoffen .....	285
3.3	Wassertransport (Feuchtetransport) .....	288
3.3.1	Wassertransport durch Diffusion .....	289
3.3.2	Wassertransport durch kapillare Wasserwanderung .....	290
3.3.3	Wasserverdunstung .....	291
3.3.4	Wassertransport durch Luftströmung .....	292
3.3.5	Wassertransport durch laminare Strömung .....	294
3.3.6	Wassertransport durch elektrokinetische Einflüsse (Osmose) .....	294
3.4	Rechenwerte der Wasserdampfdiffusion .....	294
3.4.1	Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl .....	295
3.4.2	Wasserdampf-diffusionsäquivalente Luftschichtdicken .....	296
3.4.3	Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand .....	297
3.4.4	Wasserdampf-Diffusionsstromdichte .....	298
3.5	Schutz gegen Tauwasser .....	299
3.5.1	Tauwasserbildung auf Oberflächen von Bauteilen .....	300
3.5.2	Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen .....	300
3.5.3	Maßnahmen gegen schädliche Auswirkungen der Tauwasserbildung .....	301
3.5.3.1	Absenkung der relativen Luftfeuchte im Raum .....	304
3.5.3.2	Veränderung der Schichtenfolge .....	304
3.5.3.3	Hinterlüftung einzelner Bauteilschichten .....	305
3.5.3.4	Wahl der Baustoffe .....	305
3.5.3.5	Einbau von Dampfbremsen oder Dampfsperren .....	306
3.5.3.6	Einbau von Entspannungsschichten oder Entlüftern .....	306
3.5.3.7	Vermeidung von Wärmebrücken .....	306
3.5.3.8	Richtiges Nutzerverhalten .....	307
3.6	Diffusionstechnische Berechnungen .....	309
3.6.1	Berechnung zur Tauwasserbildung auf Oberflächen von Bauteilen .....	309

3.6.2	Berechnung zur Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen .....	312
3.6.3	Berechnungsgleichungen für die Tauperiode (Winter) .....	317
3.6.4	Berechnungsgleichungen für die Verdunstungsperiode (Sommer) .....	320
3.6.5	Berechnungsbeispiele .....	324
3.7	Schutz gegen Schlagregen .....	329
3.7.1	Wasseraufnahme .....	330
3.7.2	Beanspruchungsgruppen .....	330
3.7.3	Erfüllung des Schlagregenschutzes .....	332
3.7.3.1	Außenwände .....	332
3.7.3.2	Wandbekleidungen .....	332
3.7.3.3	Fugen und Anschlüsse .....	337
3.7.3.4	Fenster .....	339
3.8	Schutz gegen Bodenfeuchte .....	339
3.8.1	Stoffe für Abdichtungen gegen Bodenfeuchte .....	343
3.8.2	Abdichtungen nichtunterkellelter Gebäude .....	347
3.8.3	Abdichtungen unterkellelter Gebäude .....	350
3.8.4	Möglichkeiten nachträglicher Abdichtungen bei alten Bauwerken .....	353
3.9	Schutz gegen nichtdrückendes Wasser .....	354
3.9.1	Stoffe für Abdichtungen gegen nichtdrückendes Wasser .....	355
3.9.2	Abdichtungen mit bituminösen Stoffen und Kunststoff-Dichtungsbahnen .....	358
3.9.2.1	Abdichtungen für hohe Beanspruchungen .....	359
3.9.2.2	Abdichtungen für mäßige Beanspruchungen .....	361
3.9.2.3	Bewegungsfugen .....	363
3.9.2.4	Durchdringungen .....	364
3.9.2.5	Abschlüsse .....	366
3.9.2.6	Schutzschichten .....	366
3.9.3	Abdichtungen mit wasserundurchlässigem Beton .....	367
3.9.4	Schutz durch Dränung .....	370
3.10	Abdichtungen gegen aufstauendes Sickerwasser .....	374
3.11	Abdichtungen gegen drückendes Wasser .....	377
3.11.1	Stoffe für Abdichtungen gegen drückendes Wasser .....	378
3.11.2	Abdichtungen mit bituminösen Stoffen und Kunststoff- Dichtungsbahnen .....	379
3.11.2.1	Bewegungsfugen .....	382
3.11.2.2	Abdichtung von Bewegungsfugen Typ I .....	383
3.11.2.3	Abdichtung von Bewegungsfugen Typ II .....	383
3.11.2.4	Durchdringungen .....	383
3.11.2.5	Anschlüsse .....	384
3.11.2.6	Abschlüsse .....	384

3.11.3	Abdichtungen mit Beton (Weiße Wannen) .....	386
3.11.3.1	Kapillarität, Diffusion und Tauwasserbildung .....	387
3.11.3.2	Form der Bauwerke für geringe Zwangbeanspruchung ....	394
3.11.3.3	Abmessungen der Bauabschnitte für geringe Zwangbeanspruchung .....	395
3.11.3.4	Bewegungsfugen (Dehnfugen) .....	399
3.11.3.5	Arbeitsfugen (Betonierfugen) .....	400
3.11.3.6	Durchdringungen .....	403
3.11.3.7	Anwendungsgrenzen .....	404
3.11.3.8	Zusammenfassende Beurteilung .....	405
3.11.4	Möglichkeiten nachträglicher Abdichtungen bei alten Bauwerken .	406
<b>4</b>	<b>Schallschutz</b> .....	<b>409</b>
4.1	Schall als Schwingung und Wellenbewegung .....	411
4.1.1	Schallwelle .....	412
4.1.2	Arten des Schalls .....	412
4.1.3	Schallgeschwindigkeit $c$ .....	413
4.1.4	Frequenz $f$ .....	415
4.1.5	Wellenlänge $\lambda$ .....	416
4.2	Schall als Hörempfinden .....	417
4.2.1	Schalldruck $p$ .....	417
4.2.2	Schallpegel $L$ .....	418
4.2.3	Hörfläche .....	421
4.2.4	Hörempfinden .....	423
4.2.5	Bewerteter Schallpegel $L_A$ .....	426
4.3	Schall als Außenlärm.....	429
4.3.1	Berechnungsverfahren für die Schallemission .....	430
4.3.1.1	Schallschutz .....	431
4.3.2	Straßenverkehr .....	433
4.3.3	Schienenverkehr .....	437
4.3.4	Wasserverkehr .....	439
4.3.5	Luftverkehr .....	440
4.3.6	Sport- und Freizeitanlagen .....	441
4.3.7	Gewerbe- und Industrieanlagen .....	442
4.3.8	Mehrere Schallquellen .....	444
4.3.9	Immissionsrichtwerte und ausreichende Abstände von den Schallquellen .....	446
4.4	Luftschall in Gebäuden .....	448
4.4.1	Luftschallübertragung in Gebäuden .....	449
4.4.2	Luftschallübertragung einschaliger Bauteile .....	452
4.4.3	Luftschallübertragung zweischaliger Bauteile .....	454
4.4.4	Flankenübertragung bei Luftschallanregung .....	455

4.5	Trittschall in Gebäuden .....	457
4.5.1	Trittschall .....	457
4.5.2	Trittschallübertragung .....	459
4.5.3	Flankenübertragung bei Trittschallanregung .....	461
4.6	Schallübertragung durch haustechnische Anlagen und Betrieben .....	461
4.7	Schutz gegen Außenlärm .....	463
4.7.1	Lärmpegelbereiche .....	464
4.7.2	Schutz durch großen Abstand .....	465
4.7.3	Schutz durch Abschirmung .....	467
4.7.4	Luftschalldämmung .....	471
4.7.5	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R_w$ .....	473
4.7.6	Anforderungen an Außenbauteile .....	475
4.7.7	Anforderungen an Decken und Dächer .....	480
4.7.8	Anforderungen bei Fluglärm .....	480
4.7.9	Eignung von Außenbauteilen .....	481
4.7.9.1	Einschalige massive Außenwände .....	481
4.7.9.2	Zweischalige Außenwände .....	486
4.7.9.3	Massive Dächer .....	489
4.7.9.4	Leichte Dächer .....	489
4.7.9.5	Fenster und Glasbaustein-Wände .....	492
4.7.9.6	Rollladenkästen .....	494
4.7.9.7	Bauteile bei Fluglärm .....	496
4.8	Schutz gegen Schall in Gebäuden .....	497
4.8.1	Mindest-Anforderungen an den Schallschutz .....	499
4.8.2	Erhöhte Anforderungen mit Schallschutzstufen .....	506
4.8.2.1	Schallschutzstufe SSt I .....	509
4.8.2.2	Schallschutzstufe SSt II .....	510
4.8.2.3	Schallschutzstufe SSt III .....	511
4.8.2.4	Schallschutz im eigenen Wohnbereich (EW) .....	511
4.8.3	Erhöhte Anforderungen mit Schallschutzklassen .....	512
4.8.3.1	Kennzeichnung der Schallschutzklassen .....	512
4.8.3.2	Grenzwerte für erhöhten Schallschutz .....	514
4.8.3.3	Erstellen eines Schallschutzausweises .....	516
4.8.4	Nachweis der Eignung mit und ohne bauakustischer Messung .....	516
4.8.4.1	Nachweis der Eignung mit bauakustischer Messung .....	516
4.8.4.2	Nachweis der Eignung ohne bauakustischer Messung .....	517
4.8.5	Luftschalldämmung in Gebäuden der Massivbauart .....	517
4.8.5.1	Trennende Bauteile .....	517
4.8.5.2	Einschalige, biegesteife Trennwände .....	517
4.8.5.3	Zweischalige Wände aus zwei schweren, biegesteifen Schalen .....	517

4.8.5.4	Einschalige, biegesteife Wände mit biegeweicher Vorsatzschale .....	520
4.8.5.5	Zweischalige Wände aus zwei biegeweichen Schalen .....	522
4.8.5.6	Geschossdecken .....	526
4.8.5.7	Einfluss flankierender Bauteile .....	529
4.8.6	Trittschalldämmung in Gebäuden in Massivbauart .....	530
4.8.6.1	Massivdecken .....	531
4.8.6.2	Holzbalkendecken .....	538
4.8.6.3	Massive Treppenläufe und Treppenpodeste .....	540
4.8.7	Luftschalldämmung in Gebäuden in Skelett- und Holzbauart .....	542
4.8.7.1	Horizontale Schallübertragung .....	544
4.8.7.2	Vertikale Schallübertragung .....	560
4.8.8	Trittschalldämmung in Gebäuden in Skelett- und Holzbauart .....	560
4.8.9	Anforderungen an den Schallschutz bei haustechnischen Anlagen und Gewerbebetrieben .....	563
4.8.9.1	Bauteile zwischen „besonders lauten“ und schutzbedürftigen Räumen .....	565
4.8.9.2	Armaturen und Geräte der Wasserinstallation .....	568
4.8.9.3	Lüftungsschächte und -kanäle .....	572
4.9	Maßnahmen zur Minderung der Belastung durch Lärm .....	573
4.9.1	Maßnahmen zum Schutz vor Außenlärm .....	574
4.9.2	Besondere Maßnahmen zum Schutz vor Lärm im Gebäude .....	575
4.9.3	Maßnahmen zum Schutz vor Lärm aus „besonders lauten“ Räumen .....	576
4.10	Raumakustik .....	577
4.10.1	Schallreflexion .....	577
4.10.2	Schallabsorption .....	578
4.10.3	Nachhall .....	580
4.10.4	Bemessung absorbierender Flächen .....	582
<b>5</b>	<b>Tageslicht .....</b>	<b>587</b>
5.1	Sonnenstrahlung .....	589
5.2	Tageslichtquotient $D$ .....	591
5.3	Lichtklima .....	592
5.3.1	Leuchtdichtevertelung .....	593
5.3.2	Beleuchtungsstärke .....	593
5.3.3	Blendung .....	595
5.3.4	Lichtrichtung, Lichtstreuung .....	595
5.3.5	Lichtfarbe und Farbwiedergabe .....	596
5.3.6	Tageslicht .....	597
5.4	Forderungen an Fenster .....	599
5.4.1	Wohnräume .....	600

5.4.2	Arbeitsräume .....	601
5.4.3	Unterrichtsräume .....	601
5.4.4	Krankenzimmer .....	603
5.4.5	Kindergärten .....	603
5.4.6	Hallen .....	604
5.5	Mindest-Fenstergröße .....	610
<b>6</b>	<b>Brandschutz .....</b>	<b>615</b>
6.1	Allgemeines zum Brandschutz .....	615
6.1.1	Arten des Brandschutzes .....	616
6.1.2	Rechtsbereiche des Brandschutzes .....	617
6.1.3	Bauordnungsrecht .....	618
6.1.4	Vorschriften zum Brandschutz .....	620
6.1.5	Landesbauordnungen LBO .....	620
6.1.5.1	Bauliche Anlagen .....	621
6.1.5.2	Gebäude .....	621
6.1.5.3	Sonderbauten .....	623
6.1.5.4	Baulicher Brandschutz der LBO .....	624
6.1.6	Eingeführte Technische Baubestimmungen .....	625
6.1.7	Begriffe im Bereich des Brandschutzes .....	627
6.1.8	Bauproduktengesetz .....	629
6.2	Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten .....	631
6.2.1	Leistungskriterien des Feuerwiderstandes .....	631
6.2.2	Klassifizierung des Feuerwiderstandsverhaltens .....	635
6.2.3	Klassifizierung der Baustoffe .....	636
6.2.4	Beispiele für die Klassifizierung von Bauprodukten .....	637
6.2.5	Brandschutzklassen .....	639
6.2.6	Bauartklassen .....	641
6.3	Bemessung und Nachweis des Brandschutzes .....	641
6.3.1	Sicherheitstechnische Anforderungen .....	642
6.3.2	Bemessungsverfahren .....	643
6.3.3	Planungshilfen .....	645
6.4	Nachweise für Betonbauten .....	645
6.4.1	Wände aus Stahlbeton .....	648
6.4.1.1	Nichttragende, raumabschließende Betonwände .....	648
6.4.1.2	Tragende Betonwände .....	648
6.4.1.3	Brandwände aus Beton .....	649
6.4.2	Stützen aus Beton .....	650
6.4.3	Balken aus Stahlbeton oder Spannbeton .....	652
6.4.3.1	Statisch bestimmt gelagerte Balken .....	653
6.4.3.2	Statisch unbestimmt gelagerte Balken .....	654
6.4.4	Zugglieder aus Stahlbeton oder Spannbeton .....	656

6.4.5	Platten aus Stahlbeton oder Spannbeton .....	656
6.4.5.1	Statisch bestimmt gelagerte Platten .....	657
6.4.5.2	Statisch unbestimmt gelagerte Platten .....	658
6.4.5.3	Flachdecken .....	659
6.4.5.4	Rippendecken .....	660
6.4.6	Bauteile aus hochfestem Beton .....	661
6.4.6.1	Festigkeitsminderung bei hohen Temperaturen .....	662
6.4.6.2	Betonabplatzungen bei hohen Temperaturen .....	662
6.4.7	Brandschutznachweis für spezielle Hochbauten und Industriebauten .....	663
6.5	Nachweise für Stahlbauten .....	663
6.5.1	Abminderungsfaktoren für den Brandfall .....	663
6.5.2	Kritische Stahltemperatur $\vartheta_{a,cr}$ .....	664
6.5.3	Ungeschützte Stahlbauteile .....	665
6.5.4	Geschützte Stahlbauteile .....	666
6.5.5	Planungshilfen durch klassifizierte Stahlbauteile .....	668
6.5.6	Stützen aus Stahl .....	668
6.5.7	Zugglieder aus Stahl .....	672
6.5.8	Träger aus Stahl .....	672
6.6	Nachweise für Verbundbauten aus Stahl und Beton .....	677
6.6.1	Brandschutznachweis für Bauteile der Verbundbauweise .....	677
6.6.2	Verbundstützen .....	678
6.6.3	Verbundträger .....	680
6.6.4	Verbunddecken .....	682
6.7	Nachweise für Holzbauten .....	683
6.7.1	Planungshilfen durch klassifizierte Holzbauteile .....	684
6.7.2	Ungeschützte Holzbauteile .....	684
6.7.3	Geschützte Holzbauteile .....	685
6.7.4	Stützen aus Holz (DIN 4102-4; 5.6) .....	685
6.7.4.1	Unbekleidete Holzstützen .....	685
6.7.4.2	Bekleidete Holzstützen .....	688
6.7.5	Zugglieder aus Holz (DIN 4102-4; 5.7) .....	693
6.7.6	Balken (Träger) aus Holz (DIN 4102-4; 5.5) .....	693
6.7.6.1	Unbekleidete Holzbalken .....	694
6.7.6.2	Bekleidete Holzbalken .....	695
6.7.7	Decken aus Holz .....	695
6.7.7.1	Decken in Holztafelbauart (DIN 4102-4; 5.2) .....	696
6.7.7.2	Holzbalkendecken (DIN 4102-4; 5.3) .....	700
6.7.8	Dächer aus Holz (DIN 4102-4; 5.4) .....	705
6.7.8.1	Dächer mit Sparren (DIN 4102-4; 5.4.2) .....	705
6.7.8.2	Dächer mit Dachträgern oder Dachbindern (DIN 4102-4; 5.4.3) .....	707

6.7.8.3	Dächer mit vollständig freiliegenden Sparren (DIN 4102-4; 5.4.4) .....	709
6.7.8.4	Dächer mit teilweise freiliegenden Sparren (DIN 4102-4; 5.4.5) .....	709
6.7.9	Bedachungen (DIN 4102-4; 8.7) .....	709
6.8	Nachweise für Mauerwerksbauten .....	714
6.8.1	Ziegelmauerwerk .....	716
6.8.2	Kalksandstein-Mauerwerk .....	722
6.8.3	Betonstein-Mauerwerk .....	725
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>729</b>
7.1	Standardbetrachtungen .....	731
7.2	Fußböden über dem Erdreich .....	731
7.3	Kelleraußenwände .....	732
7.4	Kellerdecken .....	733
7.5	Außenwände .....	733
7.6	Haustrennwände .....	734
7.7	Wohnungstrennwände .....	734
7.8	Treppenraumwände .....	734
7.9	Treppen .....	735
7.10	Wohnungstrenndecken .....	735
7.11	Ausragende Decken, Balkone und Attiken .....	735
7.12	Decken über Durchfahrten .....	736
7.13	Dächer .....	736
7.14	Türen .....	737
7.15	Fenster .....	738
7.16	Bäder und Toiletten .....	738
7.17	Laute Räume .....	738
<b>8</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>741</b>
8.1	Einheiten und ihre Bedeutung .....	741
8.1.1	Basiseinheiten (Grundeinheiten) .....	741
8.1.2	Vorsätze für Einheiten .....	741
8.1.3	Andere Einheiten .....	741
8.1.4	Abgeleitete Einheiten .....	742
8.1.5	Umrechnungswerte für Einheiten .....	743
8.2	Formelzeichen und ihre Bedeutung .....	746
8.3	Formelsammlung .....	749
8.3.1	Physikalische Grundlagen .....	749
8.3.2	Wärmeschutz .....	750
8.3.3	Feuchteschutz .....	751
8.3.4	Schallschutz .....	752

---

8.3.5	Tageslicht in Wohnräumen .....	754
8.3.6	Brandschutz .....	754
8.4	Wärmeschutz- und feuchteschutztechnische Kennwerte .....	756
8.5	Normen und Vorschriften .....	786
8.5.1	Physikalische und bautechnische Grundlagen .....	786
8.5.2	Wärmeschutz .....	787
8.5.3	Feuchteschutz .....	789
8.5.4	Schallschutz .....	791
8.5.5	Tageslicht .....	792
8.5.6	Brandschutz .....	793
8.6	Literatur .....	795
8.6.1	Physikalische Grundlagen .....	795
8.6.2	Wärmeschutz .....	795
8.6.3	Feuchteschutz .....	796
8.6.4	Schallschutz .....	797
8.6.5	Tageslicht .....	797
8.6.6	Brandschutz .....	797
	<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>799</b>