

**Gottfried C.O. Lohmeyer,  
Heinz Bergmann, Matthias Post**

# **Praktische Bauphysik**

**Eine Einführung mit  
Berechnungsbeispielen**

5., vollständig überarbeitete Auflage 2005



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Physikalische Grundlagen</b> .....	1
1.1	Allgemeines .....	2
1.2	Physikalische Größen und Einheiten .....	3
1.3	Länge $l$ .....	6
1.4	Zeit $t$ .....	6
1.4.1	Geschwindigkeit $v$ .....	7
1.4.2	Beschleunigung $a$ .....	9
1.5	Masse $m$ .....	12
1.5.1	Kraft $F$ .....	13
1.5.2	Arbeit $W$ .....	17
1.5.3	Leistung $P$ .....	20
1.5.4	Druck $p$ .....	21
1.6	Stoffmenge $\nu$ .....	25
1.7	Stromstärke $I$ .....	25
1.8	Lichtstärke $I$ .....	26
1.8.1	Lichtstrom $f$ .....	28
1.8.2	Lichtausbeute.....	28
1.8.3	Leuchtdichte $L$ .....	29
1.8.4	Beleuchtungsstärke $E$ .....	30
1.9	Temperatur.....	33
1.9.1	Wärmewirkungen .....	35
1.9.2	Wärmemenge $Q$ .....	39
1.9.3	Heizwert $H$ .....	39
1.9.4	Spezifische Wärmekapazität $c$ (Stoffwärme, Artwärme).....	41
1.9.5	Wärmeinhalt $Q_i$ .....	41
1.9.6	Spezifische Schmelzwärme $q$ .....	43
1.9.7	Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ .....	44
1.9.8	Wärmedurchlasswiderstand $R$ .....	45
1.9.9	Wärmeübergangskoeffizient $h$ .....	46
1.9.10	Wärmedurchgang $U$ .....	48
1.9.11	Wärmestromdichte $q$ .....	49
<b>2</b>	<b>Wärmeschutz</b> .....	51
2.1	Zweck des Wärmeschutzes .....	52
2.1.1	Gesundes Leben .....	52
2.1.2	Behaglichkeit.....	52
2.1.3	Geringer Energieverbrauch .....	56
2.1.4	Wärmeverluste verschiedener Hausformen.....	58
2.2	Wärmeschutztechnische Größen.....	59
2.3	Zielsetzung der Energie-Einsparverordnung (EnEV).....	60
2.3.1	Energie-Einspargesetz (EnEG).....	60
2.3.2	Einführung EnEV .....	61
2.3.3	Zielsetzungen für den Neubau.....	63

2.3.4	Zielsetzungen für den Altbau .....	63
2.4	Neuerungen der Energie-Einsparverordnung EnEV .....	64
2.4.1	Erweiterung der Energiebilanz .....	64
2.4.2	Neue Systematik der Anforderung zur Energieeinsparung .....	65
2.4.3	Ganzheitliche Betrachtung bei der energetischen Gebäudeplanung.....	65
2.4.4	Beschreibung der energetischen Effizienz mit Aufwandszahlen.....	66
2.4.5	Dokumentierung des Energiebedarfs.....	66
2.4.6	Anwendungsbereiche und flankierende Normen.....	67
2.4.7	Normen in der Energieeinsparverordnung .....	70
2.4.8	Begriffe der Energie-Einsparverordnung EnEV.....	71
2.4.9	Inhalte der Energie-Einsparverordnung.....	73
2.5	Anforderungen an neu zu errichtende Gebäude.....	75
2.5.1	Anforderungen an Gebäude mit normalen Innentemperaturen .....	78
2.5.1.1	Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs .....	78
2.5.1.2	Begrenzung des spezifischen Transmissionswärmeverlust $H_T$ .....	87
2.5.1.3	Methodik des EnEV-Nachweises .....	89
2.5.1.4	Ausnahmeregelungen bei Gebäuden mit normalen Innentemperaturen .....	90
2.5.2	Anforderungen an Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen .....	91
2.5.3	Anforderungen an Gebäude mit geringem Volumen.....	93
2.5.4	Mindestanforderungen an den Wärmeschutz .....	95
2.5.5	Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz.....	107
2.5.6	Luftdichtigkeit von Gebäuden .....	113
2.5.7	Abhängigkeit der Anforderungen von der Gebäudekenngröße $A/V_e$ .....	115
2.5.8	Zonierung des Gebäudes .....	116
2.5.9	Systemgrenzen für die Anforderungen an den Wärmeschutz .....	118
2.5.9.1	Systemgrenzen bei Steildächern .....	120
2.5.9.2	Systemgrenzen bei Flachdächern.....	121
2.5.9.3	Systemgrenze Außenwand.....	122
2.5.9.4	Systemgrenze Abseitenwände .....	123
2.5.9.5	Systemgrenze unterer Gebäudeabschluss .....	124
2.5.9.6	Systemgrenze Fenster, Fenstertüren und Außentüren .....	126
2.5.10	Aneinander gereichte Gebäude .....	126
2.5.11	Energiebedarfsausweis .....	128
2.5.12	Umsetzung und Genehmigungsverfahren.....	130
2.6	Anforderungen an bestehende Gebäude .....	135
2.6.1	Anforderungen bei Änderung von Außenbauteilen.....	136
2.6.2	Nachrüstverpflichtungen bei Anlagen und Gebäuden .....	143
2.7	Berechnungsverfahren nach der Energie-Einsparverordnung .....	146
2.7.1	Berechnung des Heizwärmebedarfs ( $Q_h$ ) .....	146
2.7.2	Heizperiodenbilanzverfahren (Vereinfachtes Verfahren).....	147
2.7.2.1	Transmissionswärmeverluste $H_T$ im Heizperiodenbilanzverfahren.....	151
2.7.2.2	Transmissionswärmeverluste der Wärmebrücken ( $H_{WB}$ ) .....	152
2.7.2.3	Wärmedurchgangskoeffizient $U$ .....	154
2.7.2.4	Berechnungsbeispiele .....	159
2.7.2.5	Transmissionswärmeverluste der Fenster und Fenstertüren $U_W$ ....	168
2.7.2.6	Lüftungswärmeverluste $H_V$ .....	176
2.7.2.7	Interne Wärmegewinne $Q_i$ .....	180
2.7.2.8	Solare Wärmegewinne $Q_s$ .....	180
2.7.2.9	Jahres-Warmwasserwärmebedarf .....	182

2.7.3	Monatsbilanzverfahren .....	183
2.7.3.1	Prüfung und Festlegung der Randdaten .....	184
2.7.3.2	Ermittlung der gebäudespezifischen Daten und der Höchstwerte für $Q_p^*$ und $H_T^*$ .....	185
2.7.3.3	Ermittlung der vorhandenen Werte für: $Q_h$ , $e_p$ , $Q_p^*$ und $H_T^*$ .....	185
2.7.3.4	Ermittlung der Wärmeverluste im Monatsbilanzverfahren .....	186
2.7.3.5	Ermittlung der spezifischen Transmissionswärmeverluste $H_T$ im Monatsbilanzverfahren .....	187
2.7.3.6	Ermittlung der spezifischen Lüftungswärmeverluste $H_V$ im Monatsbilanzverfahren .....	192
2.7.3.7	Ermittlung der monatlichen Wärmeverluste .....	194
2.7.3.8	Ermittlung der Wärmegewinne im Monatsbilanzverfahren .....	196
2.7.3.9	Ermittlung der internen Wärmegewinne .....	196
2.7.3.10	Solare Wärmegewinne .....	197
2.7.3.11	Ausnutzungsgrad und wirksame Wärmespeicherfähigkeit .....	198
2.7.3.12	Berücksichtigung von Heizunterbrechungen .....	199
2.7.3.13	Ermittlung des bezogenen Jahres-Heizwärmebedarfs $Q_h$ bei Wohngebäuden .....	205
2.7.3.14	Ermittlung der primärenergiebezogenen Anlagenaufwandszahl $e_p$ .....	205
2.7.3.15	Ermittlung des Jahres- Heizwärmebedarfs im Monatsbilanzverfahren .....	206
2.7.3.16	Ermittlung des vorhandenen spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes $H_T^*$ .....	207
2.7.3.17	Ausstellen des Energiebedarfsausweises .....	207
2.8	Berechnung des End- und Primärenergiebedarfs .....	208
2.8.1	Berechnungssystematik des End- und Primärenergiebedarfs .....	212
2.8.2	Energetische Bewertung der Anlagentechnik mit dem Diagrammverfahren ..	215
2.8.3	Energetische Bewertung der Anlagentechnik mit dem Tabellenverfahren .....	219
2.8.4	Energetische Bewertung der Anlagentechnik mit dem detaillierten Verfahren .....	220
2.8.5	Energetische Bewertung elektrischer Speicherheizungen .....	220
2.9	Berechnungen für den Nachweis der EnEV .....	221
2.9.1	Beispiel: Nachweis für ein Einfamilienhaus mit dem Heizperiodenbilanzverfahren .....	221
2.9.1.1	Berechnungsschritte des Vereinfachten Verfahrens für Wohngebäude .....	226
2.9.1.2	Prüfung der Anwendbarkeit des Berechnungsverfahrens .....	227
2.9.1.3	Ermittlung der gebäudespezifischen Daten .....	227
2.9.1.4	Ermittlung der vorhandenen Werte für $Q_h$ , $q_h$ , $e_p$ , und $H_T^*$ .....	231
2.9.1.5	Ermittlung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes $H_T$ .....	231
2.9.1.6	Ermittlung der U- Werte und Berechnung der Wärmebrücken .....	232
2.9.1.7	Ermittlung der Lüftungswärmeverluste $H_V$ .....	235
2.9.1.8	Ermittlung der solaren Wärmegewinne $Q_S$ .....	236
2.9.1.9	Ermittlung der internen Wärmegewinne $Q_i$ .....	237
2.9.1.10	Bilanzierung .....	238
2.9.1.11	Berechnung des vorhandenen Jahresheizwärmebedarfs $Q_h$ .....	238
2.9.1.12	Berechnung des bezogenen Jahresheizwärmebedarfs $q_h$ .....	238
2.9.1.13	Berechnung des vorhandenen Transmissionswärmeverlustes $H_T^*$ ..	238
2.9.1.14	Berechnung des zulässigen Transmissionswärmeverlustes .....	238

2.9.1.15	Berechnung des Jahres-Trinkwasserbedarfs $Q_W$ .....	238
2.9.1.16	Berechnung des Jahres- Primärenergiebedarf $Q_P$ .....	239
2.9.1.17	Maximale Anlagenaufwandzahl $e_p$ .....	239
2.9.1.18	Wahl der Heizungsanlage .....	240
2.9.1.19	Zusammenfassung der Ergebnisse mit alternativen Ansätzen .....	247
2.9.1.20	Nachweis des Endenergiebedarfs .....	250
2.9.1.21	Zusammenfassung des vereinfachten Verfahrens mittels Tabellenformulare .....	250
2.9.2	Nachweis für ein Einfamilienhaus mit dem Monatsbilanzverfahren .....	253
2.9.2.1	Prüfung und Festlegung der Randdaten .....	253
2.9.2.2	Ermittlung der gebäudespezifischen Daten und der Höchstwerte für und $Q''$ und $H'_T$ .....	253
2.9.2.3	Ermittlung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes $H_T$ und des monatlichen Transmissionswärmeverlustes $Q_{TM}$ .....	254
2.9.2.4	Ermittlung des spezifischen Lüftungswärmeverlustes $H_V$ .....	255
2.9.2.5	Ermittlung der solaren Wärmegewinne $Q_S$ .....	256
2.9.2.6	Ermittlung der internen Wärmegewinne .....	258
2.9.2.7	Ermittlung der wirksamen Wärmespeicherfähigkeit $C_{\text{wirk}}, \eta$ .....	258
2.9.2.8	Ermittlung der Heizunterbrechung .....	258
2.9.2.9	Ermittlung des Wärmegewinn-/Verlustverhältnisses $\gamma$ des Gebäudes .....	266
2.9.2.10	Ermittlung des monatlichen Heizwärmebedarfs $Q_{h,M}$ und des vorhandenen Jahres-Heizwärmebedarfs $Q_h$ .....	268
2.9.2.11	Bericht zu den zugrunde gelegten Randbedingungen zur Ermittlung des Jahres-Heizwärmebedarfs nach Monatsbilanzverfahren .....	268
2.9.2.12	Ermittlung des bezogenen Jahres-Heizwärmebedarfs $q_h$ für das Einfamilienhaus .....	269
2.9.2.13	Ermittlung der primärenergiebezogenen Anlagenaufwandzahl $e_p$ .....	269
2.9.2.14	Ermittlung des vorhandenen bezogenen Jahres-Primär- energiebedarfs $Q'_P$ und des Transmissionswärmeverlustes $H'_T$ .....	273
2.9.2.15	Zusammenfassung der Ergebnisse mit alternativen Ansätze .....	273
<b>3</b>	<b>Feuchteschutz</b> .....	<b>277</b>
3.1	Zweck des Feuchteschutzes .....	277
3.2	Wassergehalt (Feuchtegehalt) .....	278
3.2.1	Sättigungsgehalt der Luft .....	279
3.2.2	Relative Luftfeuchte $\phi$ .....	280
3.2.3	Tauwasserbildung .....	280
3.2.4	Tautemperatur .....	281
3.2.5	Wasserdampfdruck .....	283
3.2.6	Wassergehalt von Baustoffen .....	284
3.3	Wassertransport (Feuchtetransport) .....	286
3.3.1	Wassertransport durch Diffusion .....	287
3.3.2	Wassertransport durch kapillare Wasserwanderung .....	288
3.3.3	Wasserverdunstung .....	289
3.3.4	Wassertransport durch Luftströmung .....	290
3.3.5	Wassertransport durch laminare Strömung .....	290
3.3.6	Wassertransport durch elektrokinetische Einflüsse (Osmose) .....	291
3.4	Rechenwerte der Wasserdampfdiffusion .....	291

3.4.1	Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl .....	291
3.4.2	Wasserdampf-diffusionsäquivalente Luftschichtdicken.....	292
3.4.3	Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand .....	293
3.4.4	Wasserdampf-Diffusionsstromdichte .....	294
3.5	Schutz gegen Tauwasser .....	295
3.5.1	Tauwasserbildung auf Oberflächen von Bauteilen.....	295
3.5.2	Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen .....	295
3.5.3	Maßnahmen gegen schädliche Auswirkungen der Tauwasserbildung.....	299
3.5.3.1	Absenkung der relativen Luftfeuchte im Raum.....	299
3.5.3.2	Veränderung der Schichtenfolge .....	300
3.5.3.3	Hinterlüftung einzelner Bauteilschichten .....	300
3.5.3.4	Wahl der Baustoffe.....	300
3.5.3.5	Einbau von Dampfbremsen oder Dampfsperren .....	300
3.5.3.6	Einbau von Entspannungsschichten oder Entlüftern .....	301
3.6	Diffusionstechnische Berechnungen.....	301
3.6.1	Berechnung zur Tauwasserbildung auf Oberflächen von Bauteilen .....	301
3.6.2	Berechnung zur Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen.....	304
3.6.3	Berechnungsgleichungen für die Tauperiode (Winter) .....	308
3.6.4	Berechnungsgleichungen für die Verdunstungsperiode (Sommer).....	311
3.6.5	Berechnungsbeispiele .....	313
3.7	Schutz gegen Schlagregen .....	318
3.7.1	Wasseraufnahme .....	318
3.7.2	Beanspruchungsgruppen .....	319
3.7.3	Erfüllung des Schlagregenschutzes .....	320
3.7.3.1	Außenwände.....	320
3.7.3.2	Wandbekleidungen .....	321
3.7.3.3	Fugen und Anschlüsse.....	325
3.7.3.4	Fenster .....	326
3.8	Schutz gegen Bodenfeuchte.....	327
3.8.1	Stoffe für Abdichtungen gegen Bodenfeuchte .....	330
3.8.2	Abdichtungen nichtunterkellerten Gebäude.....	334
3.8.3	Abdichtungen unterkellerten Gebäude.....	336
3.8.4	Möglichkeiten nachträglicher Abdichtungen bei alten Bauwerken.....	339
3.9	Schutz gegen nichtdrückendes Wasser.....	340
3.9.1	Stoffe für Abdichtungen gegen nichtdrückendes Wasser .....	341
3.9.2	Abdichtungen mit bituminösen Stoffen und Kunststoff-Dichtungsbahnen....	343
3.9.2.1	Abdichtungen für hohe Beanspruchungen .....	344
3.9.2.2	Abdichtungen für mäßige Beanspruchungen.....	346
3.9.2.3	Bewegungsfugen .....	348
3.9.2.4	Durchdringungen.....	349
3.9.2.5	Abschlüsse.....	350
3.9.2.6	Schutzschichten .....	351
3.9.3	Abdichtungen mit wasserundurchlässigem Beton.....	351
3.9.4	Schutz durch Dränung.....	354
3.10	Abdichtungen gegen aufstauendes Sickerwasser.....	357
3.11	Abdichtungen gegen drückendes Wasser .....	360
3.11.1	Stoffe für Abdichtungen gegen drückendes Wasser .....	360
3.11.2	Abdichtungen mit bituminösen Stoffen und Kunststoff-Dichtungsbahnen....	361
3.11.2.1	Bewegungsfugen .....	363
3.11.2.2	Abdichtung von Bewegungsfugen Typ I.....	364
3.11.2.3	Abdichtung von Bewegungsfugen Typ II .....	364

3.11.2.4	Durchdringungen .....	365
3.11.2.5	Anschlüsse .....	365
3.11.2.6	Abschlüsse .....	365
3.11.3	Abdichtungen mit wasserundurchlässigem Beton (Weiße Wannen) .....	367
3.11.3.1	Kapillarität, Diffusion und Tauwasserbildung .....	367
3.11.3.2	Form der Bauwerke für geringe Zwangbeanspruchung .....	373
3.11.3.3	Abmessungen der Bauabschnitte für geringe Zwangbeanspruchung .....	374
3.11.3.4	Bewegungsfugen (Dehnfugen) .....	377
3.11.3.5	Arbeitsfugen (Betonierfugen) .....	378
3.11.3.6	Durchdringungen .....	381
3.11.3.7	Anwendungsgrenzen .....	382
3.11.3.8	Zusammenfassende Beurteilung .....	383
<b>4</b>	<b>Schallschutz</b> .....	<b>384</b>
4.1	Schall als Schwingung und Wellenbewegung .....	385
4.1.1	Schallwelle .....	385
4.1.2	Arten des Schalls .....	385
4.1.3	Schallgeschwindigkeit $c$ .....	386
4.1.4	Frequenz $f$ .....	387
4.1.5	Wellenlänge $l$ .....	388
4.2	Schall als Hörempfinden .....	389
4.2.1	Schalldruck $p$ .....	389
4.2.2	Schallpegel $L$ .....	390
4.2.3	Hörfläche .....	392
4.2.4	Hörempfinden .....	393
4.2.5	Bewerteter Schallpegel $L_A$ .....	396
4.3	Schall als Außenlärm .....	398
4.3.1	Berechnungsverfahren für die Schallemission .....	399
4.3.2	Straßenverkehr .....	400
4.3.2	Straßenverkehr .....	402
4.3.3	Schienenverkehr .....	406
4.3.4	Wasserverkehr .....	408
4.3.5	Luftverkehr .....	409
4.3.6	Gewerbe- und Industrieanlagen .....	410
4.3.7	Sport- und Freizeitanlagen .....	411
4.3.8	Mehrere Schallquellen .....	413
4.3.9	Immissionsrichtwerte und ausreichende Abstände von den Schallquellen .....	414
4.4	Schutz gegen Außenlärm .....	416
4.4.1	Lärmpegelbereiche .....	416
4.4.2	Schutz durch großen Abstand .....	417
4.4.3	Schutz durch Abschirmung .....	418
4.4.4	Luftschalldämmung .....	422
4.4.5	Bewertetes Schalldämm-Maß $R_w$ .....	423
4.4.6	Anforderungen an Außenbauteile .....	424
4.4.7	Anforderungen an Decken und Dächer .....	429
4.4.8	Anforderungen bei Fluglärm .....	429
4.4.9	Eignung von Außenbauteilen .....	430
4.4.9.1	Einschalige massive Außenwände .....	430
4.4.9.2	Zweischalige Außenwände .....	434
4.4.9.3	Massive Dächer .....	436

	4.4.9.4	Leichte Dächer.....	437
	4.4.9.5	Fenster und Glasbaustein-Wände .....	440
	4.4.9.6	Rollladenkästen .....	442
	4.4.9.7	Bauteile bei Fluglärm .....	443
4.5		Luftschall in Gebäuden.....	444
	4.5.1	Luftschalldämmung in Gebäuden.....	444
	4.5.2	Luftschalldämmung einschaliger Bauteile .....	447
	4.5.3	Luftschalldämmung zweischaliger Bauteile.....	448
	4.5.4	Flankenübertragung bei Luftschallanregung.....	449
4.6		Trittschall in Gebäuden.....	451
	4.6.1	Trittschall.....	451
	4.6.2	Trittschalldämmung.....	452
	4.6.3	Flankenübertragung bei Trittschallanregung.....	454
4.7		Schall durch haustechnische Anlagen und Betrieben .....	454
4.8		Schutz gegen Schall in Gebäuden.....	456
	4.8.1	Kennzeichnende Größen für die Schalldämmung der Bauteile.....	457
	4.8.2	Anforderungen an den Schutz gegen Luft- und Trittschall .....	458
	4.8.2.1	Anforderungen der Schallschutzstufe I (SSt I).....	459
	4.8.2.2	Anforderungen der Schallschutzstufe II (SSt II) .....	466
	4.8.2.3	Anforderungen der Schallschutzstufe III (SSt III) .....	467
	4.8.2.4	Anforderungen an den Schallschutz im eigenen Wohnbereich (EW).....	469
	4.8.3	Nachweis der Eignung mit bauakustischen Messungen.....	470
	4.8.4	Nachweis der Eignung ohne bauakustische Messungen .....	470
	4.8.5	Luftschalldämmung in Gebäuden in Massivbauart .....	470
	4.8.5.1	Trennende Bauteile.....	470
	4.8.5.2	Einschalige, biegesteife Trennwände .....	470
	4.8.5.3	Zweischalige Wände aus zwei schweren, biegesteifen Schalen.....	470
	4.8.5.4	Einschalige, biegesteife Wände mit biegeweicher Vorsatzschale ..	473
	4.8.5.5	Zweischalige Wände aus zwei biegeweichen Schalen .....	475
	4.8.5.6	Geschossdecken.....	478
	4.8.5.7	Einfluss flankierender Bauteile.....	481
	4.8.6	Trittschalldämmung in Gebäuden in Massivbauart.....	482
	4.8.6.1	Massivdecken .....	483
	4.8.6.2	Holzbalkendecken .....	488
	4.8.6.3	Massive Treppenläufe und Treppenpodeste .....	490
	4.8.7	Luftschalldämmung in Gebäuden in Skelett- und Holzbauart .....	493
	4.8.7.1	Horizontale Schallübertragung.....	493
	4.8.7.2	Vertikale Schallübertragung .....	506
	4.8.8	Trittschalldämmung in Gebäuden in Skelett- und Holzbauart .....	507
	4.8.9	Anforderungen an den Schallschutz bei haustechnischen Anlagen und Gewerbebetrieben.....	510
	4.8.9.1	Bauteile zwischen „besonders lauten“ und schutzbedürftigen Räumen.....	511
	4.8.9.2	Armaturen und Geräte der Wasserinstallation.....	514
	4.8.9.3	Lüftungsschächte und -kanäle .....	517
4.9		Maßnahmen zur Minderung der Belastung durch Lärm.....	519
	4.9.1	Maßnahmen zum Schutz vor Außenlärm .....	519
	4.9.2	Maßnahmen zum Schutz vor Lärm im Gebäude .....	520
	4.9.3	Maßnahmen zum Schutz vor Lärm aus „besonders lauten“ Räumen.....	521

<b>5</b>	<b>Tageslicht</b> .....	522
5.1	Sonnenstrahlung .....	523
5.2	Tageslichtquotient $D$ .....	524
5.3	Gleichmäßigkeit der Beleuchtung .....	525
5.4	Blendungsfreiheit .....	526
5.5	Schattigkeit .....	526
5.6	Forderungen an Fenster .....	526
5.6.1	Wohnräume .....	527
5.6.2	Arbeitsräume .....	527
5.6.3	Unterrichtsräume .....	527
5.6.4	Krankenzimmer .....	529
5.6.5	Kindergärten .....	529
5.6.6	Hallen .....	529
5.7	Mindest-Fenstergröße .....	535
<b>6</b>	<b>Brandschutz</b> .....	539
6.1	Bau- und Brandschutzvorschriften .....	540
6.1.1	Bauvorschriften .....	541
6.1.2	Brandschutzvorschriften .....	542
6.2	Baustoffe – Eigenschaften und Bezeichnung .....	544
6.2.1	Eigenschaften der Baustoffe .....	544
6.2.1.1	Beton .....	545
6.2.1.2	Mauerwerk .....	546
6.2.1.3	Holz .....	547
6.2.1.4	Stahl .....	548
6.2.2	Einteilung der Baustoffe .....	549
6.2.3	Baustoffklassen .....	550
6.2.4	Klassifizierte Baustoffe .....	550
6.3	Bauteile – Einteilung und Benennung .....	551
6.3.1	Einheits-Temperaturzeitkurve .....	551
6.3.2	Feuerwiderstandsklassen .....	552
6.3.3	Benennung der Bauteile .....	552
6.3.4	Bauteile mit Sonderanforderungen .....	552
6.3.5	Feuerhemmende und feuerbeständige Bauteile .....	554
6.4	Brandschutz-Anforderungen .....	554
6.4.1	Anforderungen durch die Landesbauordnung .....	555
6.4.2	Brandschutzklassen im Industriebau .....	557
6.4.3	Bauartklassen der Feuerversicherer .....	558
6.5	Klassifizierte Bauteile (DIN 4102-4; 3 bis 7) .....	559
6.5.1	Klassifizierte Betonbauteile (DIN 4102-4; 3.1) .....	561
6.5.1.1	Kritische Temperatur $c_{rit}$ $Q$ des Betonstahls (DIN 4102-4; 3.1.3) .....	561
6.5.1.2	Achsabstand der Bewehrung (DIN 4102-4; 3.1.4) .....	562
6.5.1.3	Betondeckung der Bewehrung (DIN 4102-4; 3.1.5) .....	563
6.5.1.4	Schutzbewehrung bei $c > 50$ mm (DIN 4102-4; 3.1.5) .....	563
6.5.1.5	Putzbekleidungen (DIN 4102-4; 3.1.6) .....	563
6.5.1.6	Feuchtegehalt und Abplatzverhalten (DIN 4102-4; 3.1.7) .....	564
6.5.2	Klassifiziertes Mauerwerk (DIN 4102-4; 4) .....	564
6.5.2.1	Wandarten und Wandfunktionen (DIN 4102-4; 4.1.1) .....	565
6.5.2.2	Nichttragende Wände (DIN 4102-4; 4.1.12) .....	565
6.5.2.3	Tragende und aussteifende Wände (DIN 4102-4; 4.1.1.3) .....	565

	6.5.2.4	Nichttraumabschließende, tragende Wände und Pfeiler (DIN 4102-4; 4.1.1.5).....	566
	6.5.2.5	Zweischalige Außenwände (DIN 4102-4; 4.1.1.6).....	566
	6.5.2.6	Zweischalige Haustrennwände (DIN 4102-4; 4.1.1.7).....	566
	6.5.2.7	Stürze, Balken, Unterzüge (DIN 4102-4; 4.1.1.8).....	566
	6.5.3	Klassifizierte Holzbauteile (DIN 4102-4; 5).....	566
	6.5.4	Klassifizierte Stahlbauteile (DIN 4102-4; 6).....	567
	6.5.4.1	Kritische Stahltemperatur $c_{rit} Q$ und Stahlsorte (DIN 4102-4; 6.1.1).....	567
	6.5.5	Klassifizierte Verbundbauteile (DIN 4102-4; 7).....	569
6.6		Klassifizierte Wände und Pfeiler (DIN 4102-4; 4.1).....	571
	6.6.1	Wände aus Mauerwerk und Wandbauplatten (DIN 4102-4; 4.5).....	572
	6.6.2	Wände aus Beton und Stahlbeton (Normalbeton) (DIN 4102-4; 4.2).....	582
	6.6.3	Wände aus Leichtbeton (DIN 4102-4; 4.4 u. 4.6).....	583
	6.6.3.1	Wände aus Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge (DIN 4102-4; 4.4).....	583
	6.6.3.2	Wände aus Leichtbeton mit haufwerkporigem Gefüge (DIN 4102-4; 4.6).....	586
	6.6.4	Wände aus Porenbeton (DIN 4102-4; 4.7).....	587
	6.6.5	Wände aus Holzwohle-Leichtbauplatten (DIN 4102-4; 4.9).....	588
	6.6.6	Wände aus Gipskarton-Bauplatten (DIN 4102-4; 4.10).....	589
	6.6.7	Fachwerkwände (DIN 4102-4; 4.11).....	592
	6.6.8	Holztafelwände (DIN 4102-4; 4.12).....	593
	6.6.9	Brandwände (DIN 4102-4, 4.8).....	602
6.7		Klassifizierte Stützen.....	609
	6.7.1	Stützen aus Stahlbeton (DIN 4102-4,3.13).....	609
	6.7.2	Stützen aus Holz (DIN 4102-4, 5.6).....	612
	6.7.2.1	Unbekleidete Holzstützen.....	612
	6.7.2.2	Bekleidete Holzstützen.....	615
	6.7.3	Stützen aus Stahl (DIN 4102-4,6.3).....	620
	6.7.4	Verbundstützen (DIN 4102-4, 7.3).....	622
6.8		Klassifizierte Zugglieder.....	628
	6.8.1	Zugglieder aus Stahlbeton und Spannbeton (DIN 4102-4, Abschn. 3.14).....	628
	6.8.2	Zugglieder aus Holz (DIN 4102-4, Abschn. 5.7).....	630
	6.8.3	Zugglieder aus Stahl (DIN 4102-4, Abschn. 6.4).....	630
6.9		Klassifizierte Decken.....	631
	6.9.1	Klassifizierte Decken aus Stahlbeton und Spannbeton.....	631
	6.9.1.1	Decken aus Stahlbeton- und Spannbetonplatten aus Normalbeton (DIN 4102-4,3.4).....	631
	6.9.1.2	Decken aus Stahlbeton- und Spannbetonplatten aus Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge (DIN 4102-4, 3.4.6).....	635
	6.9.1.3	Decken aus Stahlbetonhohldielen und Porenbetonplatten (DIN 4102-4, 3.5).....	637
	6.9.1.4	Stahlbeton- und Spannbetondecken aus Fertigteilen (DIN 4102-4, 3.6).....	640
	6.9.1.5	Stahlbeton- und Spannbeton-Rippendecken ohne Zwischenbauteile sowie Plattenbalkendecken (DIN 4102-4, 3.7 und 3.8).....	642
	6.9.1.6	Stahlbeton- und Spannbeton-Balkendecken sowie -Rippendecken mit Zwischenbauteilen (DIN 4102-4, 3.10).....	642
	6.9.1.7	Stahlsteindecken (DIN 4102-4, 3.9).....	646

6.9.1.8	Stahlbetondecken mit eingebetteten Stahlträgern sowie Kappendecken (DIN 4102-4,3.11) .....	648
6.9.2	Klassifizierte Holzdecken .....	649
6.9.2.1	Decken in Holztafelbauart (DIN 4102-4, 5.2) .....	649
6.9.2.2	Holzbalkendecken (DIN 4102-4, 5.3) .....	654
6.9.3	Klassifizierte Decken mit Unterdecken (DIN 4102-4, 6.5) .....	658
6.10	Klassifizierte Träger und Balken .....	659
6.10.1	Balken aus Stahlbeton und Spannbeton (DIN 4102-4, 3.2 und 3.3) .....	659
6.10.2	Holzbalken (DIN 4102-4, 5.5) .....	665
6.10.2.1	Unbekleidete Holzbalken .....	665
6.10.2.2	Bekleidete Holzbalken .....	665
6.10.3	Stahlträger (DIN 4102-4, 6.2) .....	666
6.10.4	Verbundträger (DIN 4102-4, 7.2) .....	670
6.11	Klassifizierte Dächer .....	670
6.11.1	Stahlbetondächer aus Normalbeton und Leichtbeton (DIN 4102-4, Abschn. 3.12) .....	670
6.11.2	Holzdächer (DIN 4102-4, Abschn. 5.4) .....	672
6.11.2.1	Dächer mit Sparren (DIN 4102-4, Abschn. 5.4.2) .....	672
6.11.2.2	Dächer mit Dachträgern oder Dachbindern (DIN 4102-4, Abschn. 5.4.3) .....	673
6.11.2.3	Dächer mit vollständig freiliegenden Sparren (DIN 4102-4, Abschn. 5.4.4) .....	674
6.11.2.4	Dächer mit teilweise freiliegenden Sparren (DIN 4102-4, Abschn. 5.4.5) .....	676
6.11.3	Bedachungen (DIN 4102-4, Abschn. 8.7) .....	676
<b>7</b>	<b>Bauphysikalische Zusammenfassung</b> .....	<b>680</b>
7.1	Standardbetrachtungen .....	681
7.2	Fußböden über dem Erdreich .....	682
7.3	Kelleraußenwände .....	682
7.4	Kellerdecken .....	682
7.5	Außenwände .....	682
7.6	Haustrennwände .....	683
7.7	Wohnungstrennwände .....	683
7.8	Treppenraumwände .....	684
7.9	Treppen .....	684
7.10	Wohnungstrenndecken .....	684
7.11	Ausragende Decken, Balkone und Attiken .....	685
7.12	Decken über Durchfahrten .....	685
7.13	Dächer .....	685
7.14	Türen .....	685
7.15	Fenster .....	686
7.16	Bäder und Toiletten .....	686
7.17	Laute Räume .....	687
<b>8</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>687</b>
8.1	Einheiten und ihre Bedeutung .....	688
8.1.1	Basiseinheiten (Grundeinheiten) .....	688
8.1.2	Vorsätze für Einheiten .....	688
8.1.3	Andere Einheiten .....	688
8.1.4	Abgeleitete Einheiten .....	688

---

8.1.5	Umrechnungswerte für Einheiten.....	690
8.2	Formelzeichen und ihre Bedeutung.....	692
8.3	Formelsammlung.....	694
8.3.1	Physikalische Grundlagen.....	694
8.3.2	Wärmeschutz.....	695
8.3.3	Feuchteschutz.....	698
8.3.4	Schallschutz.....	699
8.3.5	Tageslicht in Wohnräumen.....	701
8.3.6	Brandschutz.....	701
8.4	Wärmeschutz- und feuchteschutztechnische Kennwerte.....	702
8.5	Normen und Vorschriften.....	729
8.5.1	Physikalische Grundlagen.....	729
8.5.2	Wärmeschutz.....	729
8.5.3	Feuchteschutz.....	731
8.5.4	Schallschutz.....	732
8.5.5	Tageslicht.....	734
8.5.6	Brandschutz.....	734
8.6	Schrifttum.....	736
8.6.1	Physikalische Grundlagen.....	736
8.6.2	Wärmeschutz.....	736
8.6.3	Feuchteschutz.....	737
8.6.4	Schallschutz.....	738
8.6.5	Tageslicht.....	738
8.6.6	Brandschutz.....	738
	<b>Sachverzeichnis.....</b>	<b>740</b>