

# Inhaltsverzeichnis

## I Schall *Von Heinz-Martin Fischer*

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	3
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	4
2.1	Physikalische Grundlagen	4
2.2	Grundbegriffe der Bauakustik	8
2.2.1	Messung von Schall	8
2.2.2	Beurteilung zeitlich schwankender Geräusche	11
2.2.3	Kennzeichnung und Messung der Luft- und Trittschalldämmung	12
2.2.4	Kurzmessverfahren	18
<b>3</b>	<b>Raumakustik</b>	20
<b>4</b>	<b>Schallschutz im Wohnungsbau</b>	30
4.1	Luftschalldämmung von Wänden	39
4.1.1	Einschalige Wände	39
4.1.2	Einfluss der Schalllängsleitung	42
4.1.3	Verbesserung durch biegeeweiche Vorsatzschalen	45
4.1.4	Doppelschalige Haustrennwände	47
4.1.5	Ausführungsbeispiele nach DIN 4109	50
4.1.6	Berechnung der Luftschalldämmung zwischen Räumen nach EN 12354-1	55
4.2	Luft- und Trittschalldämmung von Decken	62
4.2.1	Massivdecken	62
4.2.2	Holzbalkendecken	67
4.3	Schallschutz beim Treppenhaus	69
4.4	Schallschutz bei haustechnischen Anlagen und gegenüber Betrieben	73
4.5	Schalltechnische Probleme bei der Altbausanierung	80
<b>5</b>	<b>Schutz gegen Außenlärm</b>	89
5.1	Schalldämmung von Fenstern, Rolladenkästen, Lüftern	92
5.2	Außenwände	95
5.3	Dächer	97
<b>6</b>	<b>Schallschutz in Skelettbauten mit Montagewänden</b>	98
<b>7</b>	<b>Städtebaulicher Schallschutz</b>	101

## II Wärme *Von Richard Jenisch und Martin Stohrer*

	<b>Einleitung</b>	109
<b>1</b>	<b>Grundlagen der Wärmelehre</b>	109
1.1	Physikalische Größen, Formelzeichen, Einheiten und Indizes	109
1.2	Temperatur	111

1.3	Thermische Längenänderungen .....	111
1.4	Wärmetransport.....	112
1.4.1	Wärmeleitung .....	113
1.4.2	Konvektion und Wärmeübergang.....	114
1.4.3	Wärmestrahlung.....	115
1.5	Fourier-Gleichung.....	122
<b>2</b>	<b>Stationäre Wärmebewegungen .....</b>	<b>122</b>
2.1	Kenngößen des Wärmeschutzes von Bauteilen .....	122
2.1.1	Wärmedurchlasswiderstand homogener Schichten .....	123
2.1.2	Wärmeübergangswiderstand.....	126
2.1.3	Wärmedurchgangswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient .....	126
2.2	Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen .....	128
2.2.1	Einflussgrößen .....	128
2.2.2	Wärmedämmstoffe.....	133
2.3	Wärmedurchlasswiderstand von Luftschichten .....	135
2.4	Temperaturen der Bauteile.....	135
2.4.1	Rechnerische Ermittlung der Temperaturen .....	135
2.4.2	Graphische Ermittlung der Temperaturen .....	138
<b>3</b>	<b>Instationäre Wärmebewegung.....</b>	<b>139</b>
3.1	Stoffkenngößen.....	139
3.2	Aperiodische Temperaturänderungen .....	141
3.2.1	Auskühlen eines Raumes .....	141
3.2.2	Die Aufheizung eines Raumes.....	142
3.3	Periodische Temperaturänderungen.....	143
3.4	Näherungsverfahren zur Ermittlung eindimensionaler, einstationärer Temperaturfelder.....	144
<b>4</b>	<b>Lüftung in Wohnungen .....</b>	<b>144</b>
4.1	Fensterlüftung .....	145
4.2	Fensterfuge und Luftwechsel.....	145
4.3	Raumlüftung und Wasserdampfproduktion .....	146
4.4	Lüftungswärmeverluste.....	147
<b>5</b>	<b>Wärmeschutz von Bauteilen .....</b>	<b>148</b>
5.1	Außenwände .....	148
5.1.1	Einschalige Mauerwerkswände .....	149
5.1.2	Außenwände mit Außendämmung .....	150
5.1.3	Außenwände mit raumseitiger Wärmedämmung .....	152
5.1.4	Zweischaliges Mauerwerk nach DIN 1053 .....	153
5.1.5	An das Erdreich grenzende Wände mit Perimeterdämmung .....	153
5.2	Decken .....	154
5.2.1	Rohdecken .....	155
5.2.2	Fußbodenaufbau .....	156
5.3	Dächer.....	158
5.3.1	Das nicht belüftete Flachdach.....	158
5.3.2	Das belüftete Dach.....	162
5.3.3	Das geneigte Dach ohne Belüftung .....	164

5.4	Fenster.....	166
5.4.1	Transmissionswärmeverluste.....	166
5.4.2	Wärmegewinne durch Sonnenstrahlung.....	167
5.4.3	Sonnenstrahlung auf Fenster .....	169
5.4.4	Äquivalenter Wärmedurchgangskoeffizient von Fenstern und temporärer Wärmeschutz .....	171
5.5	Transparente Wärmedämmung auf Außenwänden.....	174
5.5.1	Funktionsprinzip der transparenten Wärmedämmung (TWD).....	174
5.5.2	Bestandteile der transparenten Wärmedämmung .....	175
5.5.3	Wirkungsweise der transparenten Wärmedämmung .....	176
5.5.4	Energetische Einflussgrößen .....	178
5.5.5	Thermische und hygrische Beanspruchung von transparent gedämmten Außenwänden .....	179
5.5.6	Tageslichtnutzung.....	179
6	<b>Wärmebrücken</b> .....	180
6.1	Definition.....	180
6.3	Wärmebrückenprobleme.....	182
6.4	Untersuchung der Wärmebrücken .....	185
6.4.1	Numerische Methode zur Untersuchung von Wärmebrücken.....	185
6.4.2	Wärmebrückenkataloge .....	191
6.4.3	Beiblatt 2 zu DIN 4108, Wärmebrücken; Planungs- und Ausführungsbeispiele .....	192
7	<b>Schwachstellen der Gebäudehülle</b> .....	192
7.1	Außenwinkel und Außenecken.....	192
7.1.1	Winkel zweier Außenwände.....	192
7.1.2	Außenecke .....	196
7.2	Fensteranschlüsse.....	197
7.3	Deckenanschlüsse .....	201
7.3.1	Wohnungstrenndecken und einschalige Außenwände .....	201
7.3.3	Decken über dem nicht beheizten Untergeschoss.....	204
7.4	Flachdach.....	205
7.4.1	Randabschluss bündig mit der Außenwand.....	206
7.4.2	Überstehendes Flachdach .....	206
7.4.3	Attika .....	207
7.5	Balkonplatten .....	208
7.5.1	Thermische Trennung der Balkonplatte von der Deckenplatte .....	209
7.5.2	Allseitig gedämmte Balkonplatte.....	210
7.5.3	Einlassung von Dämmplatten in die Deckenplatte .....	211
7.6	Durchgehende Betonstützen im Bereich eines Luftgeschosses .....	211
7.7	Metallpaneele.....	213
8	<b>Genormte Rechenregeln im baulichen Wärmeschutz</b> .....	215
8.1	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ .....	215
8.1.1	Bezugswerte und Einflussgrößen bei der Festlegung des Bemessungswertes.....	215
8.1.2	Wärmeschutztechnischer Bemessungs- und Nennwert nach DIN EN 12524 .....	216

8.1.3	Umrechnung von einem Datensatz $\lambda_1$ in einen anderen Datensatz $\lambda_2$ .....	218
8.1.4	Bauregelliste .....	221
8.1.5	Tabellenwerte nach DIN 4108-4 und DIN EN 12524 .....	222
8.2	Bemessungswert des Wärmedurchgangskoeffizienten und Luftdichtheit von Fenstern .....	239
8.3	Wärmeübergangswiderstand und Wärmeübergangskoeffizient .....	242
8.3.1	Wärmeübergangswiderstand bei üblichen Randbedingungen .....	242
8.3.2	Wärmeübergangswiderstände bei abweichenden Randbedingungen .....	243
8.3.3	Wärmeübergangswiderstand an einer nichtebenen Oberfläche .....	244
8.4	Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils mit unterschiedlichem Schichtaufbau in verschiedenen Abschnitten .....	245
8.4.1	Oberer Grenzwert .....	245
8.4.2	Unterer Grenzwert .....	247
8.4.3	Mittelwert und relativer Fehler .....	248
8.4.4	Keilförmige Schichten mit einer Neigung von höchstens 5 % .....	248
8.5	Wärmedurchlasswiderstand von Luftschichten nach DIN EN ISO 6946 .....	250
8.5.1	Ruhende Luftschicht .....	250
8.5.2	Schwach belüftete Luftschicht .....	251
8.5.3	Stark belüftete Luftschicht .....	251
8.5.4	Wärmedurchlasswiderstand unbelüfteter Lufträume begrenzter Länge und Breite und Luftspalte in Bauteilen .....	251
8.5.5	Effektiver Wärmedurchlasswiderstand über angrenzende, nicht beheizte Räume zum Freien .....	253
8.6	Einfluss von Störstellen auf den Wärmedurchgangskoeffizienten eines Außenbauteils .....	254
8.6.1	Korrektur $\Delta U_g$ für Luftspalte zwischen Dämmschichten .....	255
8.6.2	Korrektur $\Delta U_f$ für mechanische Befestigungsteile .....	255
9	<b>Hygienischer Mindest-Wärmeschutz</b> .....	256
9.1	Mindestanforderungen an den Wärmeschutz im Winter nach DIN 4108-2 .....	257
9.1.1	Ein- und mehrschichtige Außenbauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse von mindestens 100 kg/m <sup>2</sup> .....	258
9.1.2	Leichte Außenbauteile sowie Rahmen- und Skelettbauarten mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse von weniger als 100 kg/m <sup>2</sup> .....	259
9.1.3	Mindestanforderungen im Bereich von Wärmebrücken .....	260
9.1.4	Fenster, Fenstertüren und Außentüren .....	261
9.1.5	Anforderungen an die Luftdichtheit von Außenbauteilen .....	261
9.1.6	Anforderungen für Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen .....	261
9.1.7	Anwendungshinweise .....	261
9.2	Wärmeschutz im Sommer .....	263
9.2.1	Der sommerliche Wärmeschutz nach DIN 4108-2 .....	265
9.2.2	Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2 .....	271
9.2.3	Beispiel zum sommerlichen Wärmeschutz .....	273
10	<b>Energiesparender Wärmeschutz bei wohnähnlich genutzten Gebäuden</b> .....	274
10.1	Energiefluss in einem beheizten Wohngebäude .....	275
10.1.1	Energieflussdiagramm .....	275
10.1.2	Definitionen energetischer Wärmeschutzgrößen .....	277
10.1.3	Quasistationäre Näherungsverfahren .....	279

10.1.4 Dynamische Simulationsrechnung .....	280
10.2 Grundlagen Gebäude-Wärmebedarf .....	280
10.2.1 Primärenergetische Bilanzierung.....	281
10.2.2 Bestimmung der Transmissions- und Lüftungs-Wärmeverluste .....	281
10.2.3 Bestimmung der solaren und internen Wärmegewinne .....	290
10.2.4 Einfluss der Heizunterbrechnung .....	294
10.2.5 Bestimmung des Warmwasserbedarfs.....	295
10.3 Grundlagen Heizung.....	296
10.3.1 Methodik der Berechnung von Heizungsanlagen.....	296
10.3.2 Primärenergie-Aufwandszahl .....	298
10.4 Energieeinsparverordnung EnEV 2002 .....	299
10.4.1 Ziele der Verordnung .....	299
10.4.2 Nachweis nach EnEV 2002 für Neubauten .....	301
10.4.3 Nachweis nach EnEV 2002 bei Altbauten.....	309
10.4.4 Energiebedarfsausweis .....	309
10.5 Beispiel zur EnEV 2002 .....	
10.5.1 Beschreibung des Bauvorhabens .....	311
10.5.2 Berechnungsschritte zum Nachweis nach EnEV 2002.....	311
<b>11 Gesamt-Energieeffizienz bei Gebäuden.....</b>	<b>316</b>
11.1 Energiebilanzierung nach DIN V 18599 .....	317
11.1.1 Primär- und Endenergie.....	318
11.1.2 Berechnung der Endenergie.....	319
11.1.3 Berechnung der Nutzenergien .....	319
11.2 Energetische Beurteilung von Gebäuden nach EnEV 2007 .....	322
11.2.1 Energiebedarfsnachweis nach EnEV 2007 für Wohngebäude .....	323
11.2.2 Energiebedarfsnachweis nach EnEV 2007 für Nicht-Wohngebäude .....	325
11.2.3 Nachweis nach EnEV 2007 bei der Änderung bestehender Gebäude und Anlagen .....	330
11.2.4 Energetische Bewertung bestehender Wohngebäude nach EnEV 2007.....	330
11.2.5 Energetische Bewertung bestehender Nicht-Wohngebäude nach EnEV 2007.....	332
11.3 Energieausweis nach EnEV 2007 .....	332
11.4 Kohlendioxid-Emission .....	335

### **III Feuchte** *Von Heinz Klopfer und Martin Homann*

<b>1 Ziel.....</b>	<b>339</b>
<b>2 Feuchtespeicherung.....</b>	<b>341</b>
2.1 Feuchtespeicherung in Luft .....	341
2.1.1 Wasserdampfgehalt der Luft .....	341
2.1.2 Abkühlung und Erwärmung feuchter Luft .....	347
2.1.3 Tauwasser- und Schimmelbildung an Bauteiloberflächen .....	348
2.1.4 Die Raumluftfeuchte als Gleichgewichtszustand .....	351
2.2 Feuchtespeicherung in Baustoffen.....	353
2.2.1 Charakteristische Werte der Baustoff-Feuchte.....	353
2.2.2 Hygroskopischer Wassergehalt .....	358

2.2.3	Überhygroskopische Wassergehalte .....	362
<b>3</b>	<b>Mechanismen des Feuchtetransports .....</b>	<b>365</b>
3.1	Diffusion der Wassermoleküle .....	365
3.1.1	Varianten der Diffusion .....	365
3.1.2	Transportgesetz der Wasserdampfdiffusion .....	367
3.1.3	Diffusionswiderstandszahl und $s_d$ -Wert .....	369
3.2	Wassertransport in ungesättigten Poren .....	372
3.2.1	Grenzflächenspannung, Randwinkel und Kapillardruck .....	372
3.2.2	Der Flüssigkeitsleitkoeffizient $\kappa$ .....	376
3.2.3	Der Wasseraufnahmekoeffizient .....	379
3.3	Feuchtetransport durch strömende Luft .....	383
3.3.1	Schlagregenbelastung von Fassaden .....	383
3.3.2	Luftströmungen in Kanälen und Luftschichten .....	385
3.3.3	Fugenspaltströmungen und Raumdurchlüftung .....	388
3.4	Strömung von Wasser in gesättigten Poren und in Rissen .....	390
3.5	Elektrokinese .....	394
<b>4</b>	<b>Feuchteübergang .....</b>	<b>396</b>
4.1	Der Stoffübergangskoeffizient .....	396
4.2	Stoffübergang im konkreten Fall .....	397
4.3	Schätzung der Wasserverdunstung von Wasseroberflächen .....	400
<b>5</b>	<b>Stationärer Feuchtetransport in Bauteilen .....</b>	<b>401</b>
5.1	Formeln für $s_d$ -Werte zusammengesetzter Schichten .....	401
5.2	Das Glaser-Verfahren .....	404
5.2.1	Beschreibung des Verfahrens .....	404
5.2.2	Wahl der Randbedingungen .....	409
5.2.3	Beispiele typischer Glaserdiagramme .....	411
5.2.4	Unbedenkliche Bauteile .....	413
5.2.5	Berechnungsbeispiele zum Nachweis der Tauwasserbildung im Bauteilinneren .....	416
5.3	Sommerkondensation und Wasserdampf-Flankenübertragung .....	421
5.4	Feuchtetransport bei einseitiger Wasserbelastung .....	423
5.4.1	Der zugehörige Flüssigwassertransport .....	423
5.4.2	Flüssigwassertransport und Diffusion in Serienschaltung .....	425
<b>6</b>	<b>Instationärer Feuchtetransport in Bauteilen .....</b>	<b>427</b>
6.1	Differentialgleichung der instationären Feuchtebewegung .....	427
6.2	Numerische Lösung der Differentialgleichung .....	428
6.3	Wasserdampfspeicherung in Baustoffoberflächen .....	429
6.4	Kapillares Saugen bei begrenztem Wasserangebot .....	432
6.5	Austrocknungs- und Befeuchtungsvorgänge .....	433
<b>7</b>	<b>Hygrische Beanspruchung von Bauteilen .....</b>	<b>436</b>
7.1	Quellen und Schwinden der Baustoffe .....	436
7.2	Verformungen und Risse in Mauerwerk zwischen Betondecken .....	440
7.3	Verformungen und Risse in Estrichen und Betonbodenplatten .....	443
7.4	Verformungen und Risse in Holzbauteilen .....	446
7.5	Spannungen und Dehnungen in Schichtverbundsystemen .....	448

<b>8 Bautechnischer Feuchteschutz</b>	452
8.1 Allgemeine Aspekte	452
8.1.1 Strategien des Feuchteschutzes	452
8.1.2 Feuchtetechnische Eigenschaften einiger Baustoffklassen	454
8.1.3 Mögliche Folgen hoher Wassergehalte in Baustoffen	457
8.2 Schutz vor dem Wasser im Baugrund	459
8.2.1 Lastfalle, Dränmaßnahmen	459
8.2.2 Abdichtung mit Dichtungsbahnen	460
8.2.3 Abdichtung mit Beschichtungen	463
8.2.4 Wasserundurchlässige Betonbauwerke	465
8.3 Schutz vor Niederschlägen	468
8.3.1 Dächer mit Dachdeckung	468
8.3.2 Dächer mit Dachabdichtung	470
8.3.3 Maßnahmen gegen Schlagregen und Spritzwasser	473
8.4 Schutz vor dem Wasser im Inneren des Bauwerks	478
8.4.1 Tauwasserschutz für Bauteiloberflächen	478
8.4.2 Maßnahmen gegen Tauwasseranfall im Bauteilinneren	481
8.4.3 Tauwasserschutz für Luftschichten, Luftkanäle usw.	483
8.4.4 Abführen der Baufeuchte	485
8.4.5 Abdichtung gegen Brauchwasser	489

#### **IV Licht** *Von Hanns Freymuth*

<b>1 Möglichkeiten und Konsequenzen der Raumbelichtung mit Tageslicht</b>	493
1.1 Hohlraum mit Licht von außen	493
1.1.1 Einige Erläuterungen am Beispiel der Höhle	493
1.1.2 Licht von oben – Licht von der Seite	494
1.2 Tageslicht durch eine Fensterwand	496
1.2.1 Eigenarten und Bezeichnungen von Seitenlichtöffnungen	496
1.2.2 Einfluss der Raum- und Fensterhöhe	498
1.2.3 Einfluss der Grundrissform	499
1.2.4 Anwendungsgrenzen und Bemessungshilfen	499
1.3 Tageslicht durch mehrere Fensterwände	502
1.3.1 Gegenüberliegende Fenster (zweiseitige Fensteranordnung)	502
1.3.2 Übereck angeordnete Fenster	502
1.3.3 Anwendungsgrenzen und Bemessungshilfen	503
1.4 Tageslicht durch Oberlichtöffnungen	504
1.4.1 Eigenarten und Bezeichnungen von Oberlichtöffnungen	504
1.4.2 Einfluss der Raumproportion	506
1.4.3 Einfluss der Oberlichtanordnung	506
1.4.4 Hinweise zur Bemessung	508
1.5 Oberlicht gemeinsam mit Seitenlicht	509
1.6 Schutz gegen störende Blendung	510
1.6.1 Blendung durch die Sonne	510
1.6.2 Blendung durch den Himmel	511
1.7 Einflüsse der Verglasung	512
1.7.1 Durchsichtige Gläser	512
1.7.2 Lichtstreuende und lichtlenkende Gläser	513

1.7.3	Spiegelungen in Gläsern .....	514
1.7.4	Glasreinigung .....	514
1.8	Einfluss der Raumbooberflächen .....	515
1.9	Tageslicht-„Technik“ .....	515
<b>2</b>	<b>Grundlagen für Untersuchungen zur Tagesbeleuchtung</b> .....	<b>516</b>
2.1	Beleuchtungstechnische Begriffe und Größen .....	516
2.1.1	Lichtstrom, Lichtstärke .....	516
2.1.2	Beleuchtungsstärke .....	518
2.1.3	Leuchtdichte .....	518
2.1.4	Transmission, Reflexion, Absorption .....	520
2.2	Sonne und Himmel als Lichtquelle .....	520
2.2.1	Astronomische Gegebenheiten .....	520
2.2.2	Meteorologische Gegebenheiten .....	522
2.2.3	Leuchtdichteverteilung des Himmels .....	523
2.2.4	Von Sonne und Himmel erzeugte Beleuchtungsstärken .....	523
2.3	Bewertungsmaßstäbe für Beleuchtungsverhältnisse .....	524
2.3.1	Helligkeitswahrnehmung .....	524
2.3.2	Tätigkeitsbezogene Maßstäbe Leuchtdichte und Beleuchtungsstärke .....	525
2.3.3	Raumbezogener Maßstab Tageslichtquotient .....	525
2.3.4	Gütemaßstab Gleichmäßigkeit der Beleuchtung .....	526
2.4	Richtwerte von Tageslichtquotienten .....	526
2.5	Ermittlung von Tageslichtquotienten .....	528
2.5.1	Außenanteile $D_H + D_v$ hinter durchsichtiger Verglasung .....	528
2.5.2	Außenanteil $D_a$ von stark lichtstreuender Verglasung .....	532
2.5.3	Lichtminderungsfaktoren .....	533
2.5.4	Exkurs: Spektrale Strahlungsminderung durch Glas .....	537
2.5.5	Innenreflexionsanteil $DR$ hinter durchsichtiger Verglasung .....	538
2.5.6	Innenreflexionsanteil $D_{Rdif}$ hinter stark lichtstreuender Verglasung .....	543
2.5.7	Anwendungshinweise an einfachen Beispielen .....	544
2.6	Grenzen der Vorausberechnung .....	548
2.6.1	Himmelslichtanteile .....	548
2.6.2	Außenreflexionsanteile .....	548
2.6.3	Innenreflexionsanteile .....	549
<b>3</b>	<b>Besonnung: Gegebenheiten, Planungskonsequenzen, Arbeitshilfen</b> .....	<b>550</b>
3.1	Astronomische und Standorteinflüsse auf den Strahlungsempfang .....	550
3.2	Konsequenzen für Stadt- und Gebäudeplanung .....	550
3.2.1	Sonnenbezogene Gebäudestellung .....	550
3.2.2	Sonnenschutz .....	552
3.2.3	Oberlichtausbildung .....	552
3.3	Untersuchungsgrundlagen .....	553
3.3.1	Besonnungsmaßstäbe .....	553
3.3.2	Darstellung der Besonnbarkeit .....	555
3.3.3	Konstruktion von Schattenwürfen .....	556
3.3.4	Sonnenwärmeeinstrahlung .....	556
3.3.5	Wirksamkeit von Sonnenschutzmaßnahmen .....	557
<b>4</b>	<b>Tageslichttechnische Messungen</b> .....	<b>559</b>



**V Brand** *Von Ekkehard Richter*

<b>1 Einführung</b>	563
<b>2 Ordnungen und Normen</b>	563
2.1 Landesbauordnungen, Verordnungen für bauliche Anlagen besonderer Art und Nutzung	564
2.2 Richtlinien	564
2.3 Normen	565
2.3.1 DIN 4102 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“	565
2.3.2 DIN 18 230 „Baulicher Brandschutz im Industriebau“; rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer	569
2.3.3 Sonstige als Technische Baubestimmungen eingeführte Brandschutznormen und Richtlinien im Bauwesen	569
2.4 Europäische Brandschutznormung	570
<b>3 Brandverlauf und Modelle zu seiner Beschreibung</b>	572
3.1 Wärme- und Massenbilanzen	573
3.2 Normbrand	575
3.3 Äquivalente Branddauer	575
<b>4 Mechanische und thermische Hochtemperatureigenschaften der Baustoffe</b>	576
4.1 Stahl	577
4.1.1 Festigkeit und Verformung	577
4.1.2 Elastizität	579
4.1.3 Thermische Dehnung	580
4.1.4 Wärmeleitfähigkeit	580
4.1.5 Spezifische Wärmekapazität	580
4.1.6 Dichte	581
4.1.7 Temperaturleitfähigkeit	581
4.1.8 Temperaturverteilung	581
4.2 Beton	584
4.2.1 Festigkeit	584
4.2.2 Elastizität	585
4.2.3 Gesamtverformung	586
4.2.4 Kritische Temperatur	586
4.2.5 Zwängung	587
4.2.6 Thermische Dehnung	588
4.2.7 Wärmeleitfähigkeit	588
4.2.8 Spezifische Wärmekapazität	588
4.2.9 Dichte	589
4.2.10 Temperaturleitfähigkeit	589
4.2.11 Temperaturverteilung	589
4.2.12 Temperaturverteilung in Stahl-Verbundquerschnitten	592
4.3 Sonderbetone	592
4.4 Mauerwerk	593
4.5 Holz	593
4.5.1 Entzündung, Abbrand	593
4.5.2 Festigkeit	594

4.5.3	Elastizität .....	595
4.5.4	Thermische Dehnung .....	595
4.5.5	Wärmeleitfähigkeit .....	595
4.5.6	Spezifische Wärmekapazität .....	596
4.5.7	Temperaturleitfähigkeit .....	596
4.5.8	Temperaturverteilung .....	596
4.6	Gips .....	597
4.6.1	Produkte .....	597
4.6.2	Physiko-chemische Vorgänge bei Einwirkung erhöhter Temperatur .....	597
4.6.3	Mechanische Eigenschaften .....	598
4.6.4	Thermische Eigenschaften .....	598
4.7	Nichteisenmetalle .....	599
4.8	Kunststoffe .....	599
4.9	Dämmstoffe .....	602
4.9.1	Spezialputze .....	602
4.9.2	Dämmschichtbildner .....	602
4.9.3	Dämmplatten .....	602
<b>5</b>	<b>Brandverhalten von Bauteilen .....</b>	<b>603</b>
5.1	Bauteile aus Stahl .....	604
5.1.1	Statisch bestimmte Systeme unter Biegebeanspruchung .....	604
5.1.2	Statisch unbestimmte Systeme unter Biegebeanspruchung .....	605
5.1.3	Vorwiegend auf Druck beanspruchte Systeme; Stützen .....	606
5.1.4	Bekleidung .....	607
5.2	Bauteile aus Stahlbeton und Spannbeton .....	608
5.2.1	Statisch bestimmte Systeme unter Biegebeanspruchung .....	608
5.2.2	Statisch unbestimmte Systeme unter Biegebeanspruchung .....	612
5.2.3	Vorwiegend auf Druck beanspruchte Systeme, Stützen, Wände .....	613
5.3	Bauteile aus Holz .....	614
5.3.1	Vorwiegend auf Biegung beanspruchte Systeme; Balken .....	614
5.3.2	Vorwiegend auf Druck beanspruchte Systeme; Stützen .....	615
5.3.3	Raumabschließende Holzbauteile; Decken, Wände .....	615
5.4	Unterdecken .....	616
5.5	Trennwände .....	618
5.6	Verglasungen .....	618
<b>6</b>	<b>Verhalten von Gesamttragwerken unter Brandbeanspruchung .....</b>	<b>620</b>
<b>7</b>	<b>Brandnebenwirkungen .....</b>	<b>623</b>
7.1	Toxische Gase .....	623
7.2	Rauch .....	624
7.3	Korrosive Gase .....	624
<b>8</b>	<b>Ergänzende Maßnahmen .....</b>	<b>625</b>
8.1	Früherkennungs- und -meldeanlagen .....	625
8.2	Frühbekämpfungsmaßnahmen .....	626
8.3	Rettungswege .....	626
8.4	Rauch- und Wärmeabzughanlagen .....	626
8.5	Leitungen, Schächte, Kanäle .....	627

8.6	Wandöffnungen; Türen und Tore .....	628
8.7	Brandabschnitte .....	629
<b>9</b>	<b>Definierter Objektschutz</b> .....	<b>631</b>
 <b>VI Klima</b> <i>Von Karl Petzold und Peter Häupl</i>		
	<b>Einführung</b> .....	<b>635</b>
<b>1</b>	<b>Außenklima</b> .....	<b>636</b>
1.1	Außenlufttemperatur.....	637
1.1.1	Jahresgang der Außenlufttemperatur.....	637
1.1.2	Simulation des tatsächlichen Temperaturganges.....	639
1.1.3	Tagesgang der Außenlufttemperatur .....	643
1.1.4	Summenhäufigkeit der Außenlufttemperatur .....	644
1.2	Wärmestrahlungsbelastung.....	646
1.2.1	Kurzwellige Strahlungswärmestromdichte auf eine Horizontalfläche .....	647
1.2.2	Strahlungswärmestromdichte auf beliebig orientierte und geneigte Flächen .....	650
1.2.3	Langwellige Abstrahlung .....	660
1.3	Wasserdampfdruck und relative Luftfeuchtigkeit.....	661
1.3.1	Wasserdampfsättigungsdruck.....	661
1.3.2	Tatsächlicher Wasserdampfdruck.....	663
1.3.3	Relative Luftfeuchtigkeit.....	664
1.4	Niederschlag und Wind .....	665
1.4.1	Regenstromdichte .....	665
1.4.2	Windgeschwindigkeit und Windrichtung.....	666
1.5	Schlagregenstromdichte auf eine vertikale Gebäudefläche .....	669
1.6	Testreferenzjahr .....	678
1.7	Lokalklimate .....	681
<b>2</b>	<b>Raumklima</b> .....	<b>683</b>
2.1	Raumtemperaturen.....	683
2.1.1	Energieumsatz des Menschen.....	683
2.2	Raumluftfeuchte.....	687
2.2.1	Relative Luftfeuchtigkeit.....	687
2.2.2	Enthalpie und Wasserdampfgehalt (h-x-Diagramm).....	691
2.2.3	Taupunkttemperatur.....	693
2.2.4	Einfluss der Luftfeuchte und Strömungsgeschwindigkeit auf die Behaglichkeit.....	696
<b>3</b>	<b>Temperatur und Raumluftfeuchte bei freier Klimatisierung</b> .....	<b>698</b>
3.1	Einführung.....	698
3.2	Raumtemperaturen bei freier Klimatisierung.....	699
3.2.1	Wärmeabsorptionsvermögen von Bauteiloberflächen.....	699
3.2.2	Tagesgang der Raumtemperaturen .....	705
3.3	Raumluftfeuchte bei freier Klimatisierung .....	726
3.3.1	Modellierung der Stoffströme im Raum unter Berücksichtigung der Speicherefähigkeit der Raumumschließungsfläche .....	726

3.3.2	Feuchteabsorptionsvermögen der Raumumschließungsflächen .....	728
3.3.3	Jahresgang der Raumluftheuchte.....	735
3.3.4	Tagesgang der Raumluftheuchte .....	739
<b>4</b>	<b>Lüftung</b> .....	<b>741</b>
4.1	Windbelastung .....	741
4.2	Thermischer Auftrieb.....	745
4.3	Freie Lüftung durch thermischen Auftrieb .....	747
<b>5</b>	<b>Klimagerechtes Bauen</b> .....	<b>750</b>
5.1	Klimaeinteilung.....	750
5.2	Autochthone Bauweisen .....	752
5.2.1	Kaltes Klima .....	753
5.2.2	Gemäßigtes Klima .....	753
5.2.3	Trockenes Klima.....	754
5.2.4	Warm-feuchtes Klima.....	756
<b>Anhang</b>	.....	<b>759</b>
	Symbolverzeichnis .....	761
	Literaturverzeichnis .....	771
<b>Sachwortverzeichnis</b>	.....	<b>801</b>