

Inhaltsverzeichnis

I Schall *Von Heinz-Martin Fischer*

1	Einleitung	3
2	Grundlagen	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
3	Raumakustik	20
4	Schallschutz im Wohnungsbau	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
5	Schutz gegen Außenlärm	89
5.1	Schalldämmung von Fenstern, Rolladenkästen, Lüftern	92
5.2	Außenwände	95
5.3	Dächer	97
6	Schallschutz in Skelettbauten mit Montagewänden	98
7	Städtebaulicher Schallschutz	101

II Wärme *Von Richard Jenisch und Martin Stohrer*

	Einleitung	109
1	Grundlagen der Wärmelehre	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
2	Stationäre Wärmebewegungen.....	122
2.1	Kenngrößen 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
3	Instationäre Wärmebewegung.....	139
3.1	Stoffkenngrößen.....	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, instationärer Temperaturfelder.....	144
4	Lüftung in Wohnungen	144
4.1	Fensterlüftung	145
4.2	Fensterfuge und Luftwechsel	145
4.3	Raumlüftung und Wasserdampfproduktion	146
4.4	Lüftungswärmeverluste.....	147
5	Wärmeschutz von Bauteilen	148
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	Wärmebrücken	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	Schwachstellen der Gebäudehülle	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	Genormte Rechenregeln im baulichen Wärmeschutz	215
8.1	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ	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 λ_1 in einen anderen Datensatz λ_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 ΔU_g für Luftspalte zwischen Dämmschichten	255
8.6.2	Korrektur ΔU_f für mechanische Befestigungsteile	255
9	Hygienischer Mindest-Wärmeschutz	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 ²	258
9.1.2	Leichte Außenbauteile sowie Rahmen- und Skelettbauarten mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse von weniger als 100 kg/m ²	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	Energiesparender Wärmeschutz bei wohnähnlich genutzten Gebäuden	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 Heizunterbrechung	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
11 Gesamt-Energieeffizienz bei Gebäuden	316
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*

1 Ziel	339
2 Feuchtespeicherung	341
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
3 Mechanismen des Feuchtetransports	365
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 κ	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
4 Feuchteübergang	396
4.1 Der Stoffübergangskoeffizient	396
4.2 Stoffübergang im konkreten Fall	397
4.3 Schätzung der Wasserverdunstung von Wasseroberflächen	400
5 Stationärer Feuchtetransport in Bauteilen	401
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
6 Instationärer Feuchtetransport in Bauteilen	427
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
7 Hygrische Beanspruchung von Bauteilen	436
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

8 Bautechnischer Feuchteschutz	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*

1 Möglichkeiten und Konsequenzen der Raumbelichtung mit Tageslicht	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 Raumberechnungen	515
1.9 Tageslicht-„Technik“	515
2 Grundlagen für Untersuchungen zur Tagesbeleuchtung.....	516
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 D_R 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
3 Besonnung: Gegebenheiten, Planungskonsequenzen, Arbeitshilfen	550
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
4 Tageslichttechnische Messungen	559

V Brand *Von Ekkehard Richter*

1 Einführung	563
2 Ordnungen und Normen	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
3 Brandverlauf und Modelle zu seiner Beschreibung	572
3.1 Wärme- und Massenbilanzen	573
3.2 Normbrand	575
3.3 Äquivalente Branddauer	575
4 Mechanische und thermische Hochtemperatureigenschaften der Baustoffe	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
5	Brandverhalten von Bauteilen	603
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
6	Verhalten von Gesamttragwerken unter Brandbeanspruchung	620
7	Brandnebenwirkungen	623
7.1	Toxische Gase	623
7.2	Rauch	624
7.3	Korrosive Gase	624
8	Ergänzende Maßnahmen	625
8.1	Früherkennungs- und -meldeanlagen	625
8.2	Frühbekämpfungsmaßnahmen	626
8.3	Rettungswege	626
8.4	Rauch- und Wärmeabzuganlagen	626
8.5	Leitungen, Schächte, Kanäle	627

8.6	Wandöffnungen; Türen und Tore	628
8.7	Brandabschnitte	629
9	Definierter Objektschutz.....	631
 VI Klima <i>Von Karl Petzold und Peter Häupl</i>		
	Einführung.....	635
1	Außenklima	636
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	Kurzweilige Strahlungswärmestromdichte auf eine Horizontalfläche	647
1.2.2	Strahlungswärmestromdichte auf beliebig orientierte und geneigte Flächen	650
1.2.3	Langweilige Abstrahlung	660
1.3	Wasserdampfdruck und relative Luftfeuchtigkeit.....	661
1.3.1	Wasserdampf-sättigungsdruck.....	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
2	Raumklima	683
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
3	Temperatur und Raumluftfeuchte bei freier Klimatisierung.....	698
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 Speicherfähigkeit der Raumumschließungsfläche.....	726

3.3.2	Feuchteabsorptionsvermögen der Raumumschließungsflächen	728
3.3.3	Jahresgang der Raumluftheuchte	735
3.3.4	Tagesgang der Raumluftheuchte	739
4	Lüftung	741
4.1	Windbelastung	741
4.2	Thermischer Auftrieb	745
4.3	Freie Lüftung durch thermischen Auftrieb	747
5	Klimagerechtes Bauen	750
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
Anhang		759
	Symbolverzeichnis	761
	Literaturverzeichnis	771
Sachwortverzeichnis		801