

Inhalt

I Schall *Von Peter Lutz*

1	Einleitung	19
2	Grundlagen	20
2.1	Physikalische Grundlagen	20
2.2	Grundbegriffe der Bauakustik	24
2.2.1	Messung von Schall	24
2.2.2	Beurteilung zeitlich schwankender Geräusche	27
2.2.3	Kennzeichnung und Messung der Luft- und Trittschalldämmung von Bauteilen	28
2.2.4	Kurzmeßverfahren	34
2.3	Vorschriften und allgemeine Anforderungen	35
3	Raumakustik	36
4	Schallschutz im Wohnungsbau	46
4.1	Luftschalldämmung von Wänden	55
4.1.1	Einschalige Wände	55
4.1.2	Einfluß der Schallängsleitung	58
4.1.3	Verbesserung durch biegeeweiche Vorsatzschalen	61
4.1.4	Doppelschalige Haustrennwände	63
4.1.5	Ausführungsbeispiele nach DIN 4109	66
4.2	Luft- und Trittschalldämmung von Decken	71
4.2.1	Massivdecken	71
4.2.2	Holzbalkendecken	76
4.3	Schallschutz beim Treppenhaus	78
4.4	Schallschutz bei haustechnischen Anlagen und gegenüber Betrieben	82
4.5	Schalltechnische Probleme bei der Altbausanierung	89
5	Schutz gegen Außenlärm	98
5.1	Schalldämmung von Fenstern, Rolladenkasten, Lüftern	101
5.2	Außenwände	104
5.3	Dächer	106
6	Schallschutz in Skelettbauten mit Montagewänden	107
7	Städtebaulicher Schallschutz	110

II Wärme *Von Richard Jenisch*

1 Wärmetransport	117
1.1 Wärmeleitung	117
1.2 Konvektion und Wärmeübergang	119
1.3 Wärmestrahlung	120
1.3.1 Strahlungsgesetze	120
1.3.2 Reflexion, Absorption, Transmission	122
1.3.3 Emission und Absorption	123
1.3.4 Strahlungsaustausch zwischen parallelen, ebenen Flächen	124
1.4 Fourier-Gleichung	126
2 Stationäre Wärmebewegungen	127
2.1 Kenngrößen des Wärmeschutzes von Bauteilen	127
2.1.1 Wärmedurchlaßwiderstand	127
2.1.2 Wärmeübergangswiderstand	130
2.1.3 Wärmedurchgangswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient	131
2.2 Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen	132
2.2.1 Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen	137
2.2.2 Wärmedämmstoffe	149
2.3 Wärmedurchlaßwiderstand von Luftschichten	152
2.3.1 Großflächige Luftschichten	152
2.3.2 Luftspalte in Bauteilen	153
2.4 Temperaturen der Bauteile	154
2.4.1 Rechnerische Ermittlung der Temperaturen	154
2.4.2 Graphische Ermittlung der Temperaturen	156
2.5 Mittelung des Wärmedurchgangskoeffizienten und des Wärmedurchlaßwiderstandes	157
3 Instationäre Wärmebewegung	159
3.1 Stoffkenngrößen	159
3.2 Aperiodische Temperaturänderungen	161
3.2.1 Auskühlen eines Raumes	161
3.2.2 Aufheizen eines Raumes	161
3.3 Periodische Temperaturänderungen	163
3.4 Näherungsverfahren zur Ermittlung eindimensionaler, instationärer Temperaturfelder	164
3.4.1 Graphisches Differenzenverfahren	164
3.4.2 Numerisches Differenzenverfahren	166
4 Lüftung in Wohnungen	168
4.1 Lüftung und Luftfeuchte	168
4.2 Lüftungswärmeverluste	168

5	Wärmeschutz von Bauteilen	169
5.1	Außenwände	169
5.1.1	Einschalige Mauerwerkswände	170
5.1.2	Außenwände mit Außendämmung	172
5.1.3	Außenwände mit raumseitiger Wärmedämmung	175
5.1.4	Zweischaliges Mauerwerk nach DIN 1053	175
5.2	Decken	176
5.2.1	Rohdecken	176
5.2.2	Fußbodenaufbau	178
5.3	Dächer	180
5.3.1	Das nicht belüftete Flachdach	180
5.3.2	Das belüftete Dach	184
5.3.3	Das geneigte Dach ohne Belüftung	186
5.4	Fenster	187
5.4.1	Transmissionswärmeverluste	187
5.4.2	Wärmegewinne durch Sonnenstrahlung	192
5.4.3	Sonnenstrahlung auf Fenster	194
5.4.4	Äquivalenter Wärmedurchgangskoeffizient von Fenstern und temporärer Wärmeschutz	198
6	Wärmebrücken	200
6.1	Wärmebrückenproblematik	200
6.1.1	Erhöhte Wärmeverluste	201
6.1.2	Verringerte Oberflächentemperaturen	201
6.2	Arten von Wärmebrücken	202
6.3	Behandlung von Wärmebrücken in der DIN 4108	203
6.4	Untersuchung von Wärmebrücken	204
6.4.1	Numerische Methode	204
6.4.2	Bewertung der Oberflächentemperatur – spezifische Temperaturabsenkung	205
6.4.3	Berechnung der zusätzlichen Wärmeverluste – Wärmeverlustwert	206
6.4.4	Berechnungsbeispiel	208
6.4.5	Balkenförmige Wärmebrücken – Abschätzung nach ISO 6946/2	210
6.4.6	Wärmebrückenkataloge	210
6.4.7	Einfluß des raumseitigen Wärmeübergangskoeffizienten auf die Oberflächentemperatur	211
7	Schwachstellen der Gebäudehülle	212
7.1	Außenwinkel und Außenecken	212
7.1.1	Winkel zweier Außenwände	212
7.1.2	Außenecke	216
7.2	Fensteranschlüsse	217
7.3	Deckenanschlüsse	221
7.3.1	Wohnungstrenndecken, einschalige Außenwände	221

7.3.2	Wohnungstrenndecken, Außenwände raumseitig gedämmt . . .	223
7.3.3	Decken über dem nicht beheizten Untergeschoß	224
7.3.4	Auskragende Decke	225
7.4	Flachdach	226
7.4.1	Randabschluß bündig mit der Außenwand	226
7.4.2	Überstehendes Flachdach	227
7.4.3	Attika	228
7.5	Balkonplatten	229
7.5.1	Thermische Trennung der Balkonplatte von der Deckenplatte	230
7.5.2	Allseitig gedämmte Balkonplatte	231
7.5.3	Einlassung von Dämmplatten in die Deckenplatte	231
7.6	Durchgehende Betonstützen im Bereich eines Luftgeschosses	232
7.7	Metallpaneele	234
8	Anforderungen an den Wärmeschutz nach DIN 4108	236
8.1	Mindestanforderungen an den Wärmeschutz im Winter nach DIN 4108	236
8.1.1	Außenwände	240
8.1.2	Belüftete Außenbauteile	241
8.1.3	Wärmebrücken	242
8.1.4	Fenster und Fenstertüren	242
8.1.5	Bauteile innerhalb von Wohnungen	243
8.2	Empfehlungen für den Wärmeschutz im Sommer nach DIN 4108 . . .	243
8.2.1	Zufuhr an Strahlungsenergie in Räume	244
8.2.2	Abgabe der zugeführten Energie an die Umgebung	245
8.2.3	Bewertung des Wärmeschutzes im Sommer nach DIN 4108 . .	246
9	Energiesparender Wärmeschutz bei Gebäuden	247
9.1	Anforderungen an den Wärmeschutz nach der Wärmeschutzverordnung (2.82)	247
9.1.1	Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten in Abhängigkeit von A/V	250
9.1.2	Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten für einzelne Außenbauteile	251
9.1.3	Anforderungen bei baulichen Änderungen bestehender Gebäude	251
9.1.4	Fenster und Fenstertüren	252
9.1.5	Heizkörpernischen	253
9.1.6	Flächenheizungen	253
9.1.7	Beispiel zur Anwendung der Wärmeschutzverordnung (2.82)	254
9.2	Wärmeschutzverordnung (93)	256
9.2.1	Monatsbilanzverfahren nach DIN EN 832 (E 12.92)	256
9.2.2	Jahres-Heizwärmebedarf nach Wärmeschutzverordnung (93)	258
9.2.3	Nachweisverfahren nach Wärmeschutzverordnung (93)	265
9.2.4	Anwendungsbeispiel	269

III Feuchte *Von Heinz Klopfer*

1 Einführung	273
1.1 Wasser: Ein ganz besonderer Stoff	273
1.2 Warum Feuchteschutz für Bauwerke?	277
2 Feuchtespeicherung	278
2.1 Der Wasserdampfgehalt der Luft	278
2.2 Abkühlung und Erwärmung feuchter Luft	284
2.3 Die Raumluftheuchte als Gleichgewichtszustand	286
2.4 Charakteristische Werte der Baustoff-Feuchte	287
2.5 Die hygroskopischen Wassergehalte der Baustoffe	291
2.6 Die überhygroskopischen Wassergehalte der Baustoffe	295
3 Mechanismen des Feuchtetransports	296
3.1 Diffusion	296
3.1.1 Wasserdampf-, Oberflächen- und Lösungsdiffusion	296
3.1.2 Diffusionsvorgänge im Bauwesen	297
3.2 Effusion	298
3.3 Strömung von Wasser in gesättigten Poren	300
3.4 Strömung feuchter Luft	303
3.5 Kapillarität	308
3.5.1 Grenzflächenspannung, Randwinkel und Kapillardruck	308
3.5.2 Der Wasseraufnahmekoeffizient	313
3.5.3 Kapillaritätserscheinungen im Bauwesen	315
3.6 Flüssigwassertransport in ungesättigten Poren	317
3.7 Elektrokinese	320
3.8 Zusammenwirken verschiedener Transportmechanismen	322
3.9 Porenweiten und Transportmechanismen	325
4 Feuchteübergang	326
4.1 Verdunsten und Tauen von Wasser an Baustoffoberflächen	326
4.2 Schichtdickenäquivalente für die Luftgrenzschicht	329
4.3 Übergangsbedingungen an der Kontaktstelle zweier Baustoffe	331
5 Kapillarer Wassertransport in Modellkapillaren	333
5.1 Druckkomponenten für die Kapillarröhre	333
5.2 Zur Ortsveränderlichkeit der Druckkomponenten	334
5.3 Wasseraufnahme beim anfänglichen Saugen	336
5.4 Anfängliches Saugen unter äußerem Druck	337
5.5 Die maximale Steighöhe in einer Röhre	338
5.6 Kapillarwasseraufstieg bei seitlicher Verdunstung	340

6 Stationäre Wasserdampfdiffusion in Bauteilen	343
6.1 Diffusionswiderstandszahl und s_d -Wert	343
6.2 Gesetzmäßigkeiten des Wasserdampftransports	346
6.3 s_d -Werte zusammengesetzter Schichten	348
6.4 Das Glaser-Verfahren	351
6.4.1 Beschreibung des Verfahrens	351
6.4.2 Wahl der Randbedingungen	353
6.5 Beispiele typischer Glaserdiagramme	356
7 Instationäre Wasserdampfdiffusion in Bauteilen	357
7.1 Die beschleunigende Wirkung der Baustoff-Feuchte	357
7.2 Das Berechnungsverfahren	360
8 Instationärer Feuchtetransport mit Diffusion und Kapillarität	363
8.1 Die Differentialgleichung und ihre Lösung	363
8.2 Einige Ergebnisse von Berechnungen	365
9 Lösungsdiffusion	367
9.1 Gesetzmäßigkeiten der Lösungsdiffusion	367
9.2 Lösungsdiffusion bei konstantem Diffusionskoeffizienten	368
9.3 Konzentrationsabhängige Lösungsdiffusion	372
10 Hinweise für die Planung und die Ausführung	374
10.1 Maßnahmen gegen Betauung von Bauteiloberflächen	374
10.2 Maßnahmen gegen Tauwasseranfall im Bauteilinneren	378
10.3 Maßnahmen gegen Schlagregen und Spritzwasser	381
10.4 Maßnahmen gegen aufsteigende Feuchte	385
10.5 Sicherstellung einer ausreichenden Hinterlüftung	387
10.6 Grundsätze der Bauwerksabdichtung	389
10.7 Grundsätze der Dachdichtung und Dachdeckung	392

IV Licht *Von Hanns Freymuth*

1 Möglichkeiten und Konsequenzen der Raumbelichtung mit Tageslicht	399
1.1 Hohlraum mit Licht von außen	399
1.1.1 Einige Erläuterungen am Beispiel der Höhle	399
1.1.2 Licht von oben – Licht von der Seite	400
1.2 Tageslicht durch eine Fensterwand	402
1.2.1 Eigenarten und Bezeichnungen von Seitenlichtöffnungen	402
1.2.2 Einfluß der Raum- und Fensterhöhe	404

1.2.3	Einfluß der Grundrißform	405
1.2.4	Anwendungsgrenzen und Bemessungshilfen	405
1.3	Tageslicht durch mehrere Fensterwände	408
1.3.1	Gegenüberliegende Fenster (zweiseitige Fensteranordnung) . .	408
1.3.2	Übereck angeordnete Fenster	408
1.3.3	Anwendungsgrenzen und Bemessungshilfen	409
1.4	Tageslicht durch Oberlichtöffnungen	410
1.4.1	Eigenarten und Bezeichnungen von Oberlichtöffnungen	410
1.4.2	Einfluß der Raumproportion	412
1.4.3	Einfluß der Oberlichtanordnung	412
1.4.4	Hinweise zur Bemessung	414
1.5	Oberlicht gemeinsam mit Seitenlicht	414
1.6	Schutz gegen störende Blendung	416
1.6.1	Blendung durch die Sonne	416
1.6.2	Blendung durch den Himmel	417
1.7	Einflüsse der Verglasung	418
1.7.1	Durchsichtige Gläser	418
1.7.2	Lichtstreuende und lichtlenkende Gläser	419
1.7.3	Spiegelungen in Gläsern	420
1.7.4	Glasreinigung	420
1.8	Einfluß der Raumboberflächen	421
1.9	Tageslicht-„Technik“	421
2	Grundlagen für Untersuchungen zur Tagesbeleuchtung	422
2.1	Beleuchtungstechnische Begriffe und Größen	422
2.1.1	Lichtstrom, Lichtstärke	422
2.1.2	Beleuchtungsstärke	424
2.1.3	Leuchtdichte	425
2.1.4	Transmission, Reflexion, Absorption	426
2.2	Sonne und Himmel als Lichtquelle	426
2.2.1	Astronomische Gegebenheiten	426
2.2.2	Meteorologische Gegebenheiten	428
2.2.3	Leuchtdichteverteilung des Himmels	429
2.2.4	Von Sonne und Himmel erzeugte Beleuchtungsstärken	429
2.3	Bewertungsmaßstäbe für Beleuchtungsverhältnisse	430
2.3.1	Helligkeitswahrnehmung	430
2.3.2	Tätigkeitsbezogene Maßstäbe Leuchtdichte und Beleuchtungsstärke	431
2.3.3	Raumbezogener Maßstab Tageslichtquotient	431
2.3.4	Gütemaßstab Gleichmäßigkeit der Beleuchtung	432
2.4	Mindestwerte von Tageslichtquotienten	433
2.5	Ermittlung von Tageslichtquotienten	434
2.5.1	Außenanteile $D_H + D_V$ hinter durchsichtiger Verglasung	434
2.5.2	Außenanteil D_a von stark lichtsteuernder Verglasung	438
2.5.3	Lichtminderungsfaktoren	439

2.5.4	Exkurs: Spektrale Strahlungsminderung durch Glas	441
2.5.5	Innenreflexionsanteile D_R und $D_{R\ dif}$	443
2.5.6	Hinweise zur Anwendung	447
3	Besonnung: Gegebenheiten, Planungskonsequenzen, Arbeitshilfen . . .	449
3.1	Astronomische und Standorteinflüsse auf den Strahlungsempfang . . .	449
3.2	Konsequenzen für Stadt- und Gebäudeplanung	450
3.2.1	Sonnenbezogene Gebäudestellung	450
3.2.2	Sonnenschutz	451
3.2.3	Oberlichtausbildung	452
3.3	Untersuchungsgrundlagen	453
3.3.1	Besonnungsmaßstäbe	453
3.3.2	Darstellung der Besonnbarkeit	453
3.3.3	Konstruktion von Schattenwürfen	455
3.3.4	Sonnenwärmeeinstrahlung	456
3.3.5	Wirksamkeit von Sonnenschutzmaßnahmen	457
4	Tageslichttechnische Messungen	459

V Brand *Von Lore Krampf*

1	Einführung	463
2	Ordnungen und Normen	463
2.1	Landesbauordnungen, Verordnungen für bauliche Anlagen besonderer Art und Nutzung	464
2.2	Richtlinien	464
2.3	Normen	465
2.3.1	DIN 4102 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“ . .	465
2.3.2	DIN 18 230 „Baulicher Brandschutz im Industriebau“; rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer	469
2.3.3	Sonstige als Technische Baubestimmungen eingeführte Brandschutznormen und Richtlinien im Bauwesen	469
3	Brandverlauf und Modelle zu seiner Beschreibung	470
3.1	Wärme und Massenbilanzen	472
3.2	Normbrand	473
3.3	Äquivalente Branddauer	474
4	Mechanische und thermische Hochtemperatureigenschaften der Baustoffe .	475
4.1	Stahl	475
4.1.1	Festigkeit und Verformung	475
4.1.2	Elastizität	478
4.1.3	Thermische Dehnung	478
4.1.4	Wärmeleitfähigkeit	478

4.1.5	Spezifische Wärmekapazität	479
4.1.6	Dichte	479
4.1.7	Temperaturleitfähigkeit	479
4.1.8	Temperaturverteilung	479
4.2	Beton	482
4.2.1	Festigkeit	482
4.2.2	Elastizität	483
4.2.3	Gesamtverformung	484
4.2.4	Kritische Temperatur	484
4.2.5	Zwängung	485
4.2.6	Thermische Dehnung	486
4.2.7	Wärmeleitfähigkeit	486
4.2.8	Spezifische Wärmekapazität	486
4.2.9	Dichte	487
4.2.10	Temperaturleitfähigkeit	487
4.2.11	Temperaturverteilung	487
4.2.12	Temperaturverteilung in Stahl-Verbundquerschnitten	490
4.3	Sonderbetone	490
4.4	Mauerwerk	491
4.5	Holz	491
4.5.1	Entzündung, Abbrand	491
4.5.2	Festigkeit	492
4.5.3	Elastizität	493
4.5.4	Thermische Dehnung	493
4.5.5	Wärmeleitfähigkeit	493
4.5.6	Spezifische Wärmekapazität	494
4.5.7	Temperaturleitfähigkeit	494
4.5.8	Temperaturverteilung	494
4.6	Gips	495
4.6.1	Produkte	495
4.6.2	Physiko-chemische Vorgänge bei Einwirkung erhöhter Temperatur	495
4.6.3	Mechanische Eigenschaften	496
4.6.4	Thermische Eigenschaften	496
4.7	Nichteisenmetalle	497
4.8	Kunststoffe	497
4.9	Dämmstoffe	500
4.9.1	Spezialputze	500
4.9.2	Dämmschichtbildner	500
4.9.3	Dämmplatten	500
5	Brandverhalten von Bauteilen	501
5.1	Bauteile aus Stahl	502
5.1.1	Statisch bestimmte Systeme unter Biegebeanspruchung	502
5.1.2	Statisch unbestimmte Systeme unter Biegebeanspruchung	503
5.1.3	Vorwiegend auf Druck beanspruchte Systeme; Stützen	504
5.1.4	Bekleidung	505

5.2	Bauteile aus Stahlbeton und Spannbeton	506
5.2.1	Statisch bestimmte Systeme unter Biegebeanspruchung	506
5.2.2	Statisch unbestimmte Systeme unter Biegebeanspruchung	510
5.2.3	Vorwiegend auf Druck beanspruchte Systeme; Stützen, Wände	511
5.3	Bauteile aus Holz	512
5.3.1	Vorwiegend auf Biegung beanspruchte Systeme; Balken	512
5.3.2	Vorwiegend auf Druck beanspruchte Systeme; Stützen	513
5.3.3	Raumabschließende Holzbauteile; Decken, Wände	513
5.4	Unterdecken	514
5.5	Trennwände	516
5.6	Verglasungen	516
6	Verhalten von Gesamttragwerken unter Brandbeanspruchung	518
7	Brandnebenwirkungen	521
7.1	Toxische Gase	521
7.2	Rauch	522
7.3	Korrosive Gase	522
8	Ergänzende Maßnahmen	523
8.1	Früherkennungs- und -meldeanlagen	523
8.2	Frühbekämpfungsmaßnahmen	524
8.3	Rettungswege	524
8.4	Rauch- und Wärmeabzugsanlagen	524
8.5	Leitungen, Schächte, Kanäle	525
8.6	Wandöffnungen; Türen und Tore	526
8.7	Brandabschnitte	527
9	Definierter Objektschutz	529

VI Klima *Von Karl Petzold*

Einführung	533
1 Raumklima	534
1.1 Wärme- und Stoffhaushalt des menschlichen Körpers	535
1.2 Raumtemperatur	538
1.3 Luftgeschwindigkeit	540
1.4 Luftfeuchte	540
1.5 Luftrate	541
1.6 Klimaanpassung	541

2 Außenklima	542
2.1 Sonnenstrahlung	542
2.1.1 Sonnenstand und Verschattung	542
2.1.2 Globalstrahlung	545
2.1.3 Strahlungsbelastung vertikaler Flächen	546
2.1.4 Jahresgang der Gesamtstrahlung	548
2.2 Außenlufttemperatur	549
2.3 Außenluftfeuchte	550
2.4 Langwellige Strahlung	551
2.5 Wind	552
2.6 Lokalklimate	553
3 Wärme- und Stofflasten	554
3.1 Transmissionswärmelast	555
3.2 Strahlungslast	560
3.3 Innere Wärmelast	561
3.4 Stofflast	562
4 Lüftung	563
4.1 Windbelastung	564
4.2 Thermischer Auftrieb	567
4.3 Freie Lüftung durch thermischen Auftrieb	568
5 Klimagerechtes Bauen	571
5.1 Klimaeinteilung	571
5.1.1 Klimamerkmale	571
5.1.2 Wärmebeharrungsvermögen	572
5.1.3 Klassifizierung der Gebäude nach dem Wärmebeharrungs- vermögen	575
5.1.4 Luftfeuchte	577
5.2 Autochthone Bauweisen	578
5.2.1 Kaltes Klima	578
5.2.2 Gemäßigtes Klima	579
5.2.3 Trockenes Klima	580
5.2.4 Warm-feuchtes Klima	581
Anhang	583
Symbolverzeichnis	585
Literaturverzeichnis	593
Sachverzeichnis	613