

Der Ingenieurbau

- **Bauphysik**
- **Brandschutz**

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Verzeichnis der Verfasser

Bauphysik

	Themen der Bauphysik	1
1	Wärme	3
1.1	Grundlagen	3
1.1.1	Energieform Wärme	3
1.1.2	Energieübertragung durch Strahlung	4
1.1.3	Erdbahn	4
1.1.4	Sonnenstrahlung	7
1.1.5	Langwellige Strahlung	9
1.1.6	Lufttemperatur + Erdwärme	10
1.1.7	Wärmeempfinden	12
1.1.8	Rechenwerte + Bezeichnungen	13
1.1.9	Gesetz der Wärmeleitung	15
1.2	Winterlicher Wärmeschutz im Hochbau – Stationäre Zustände	15
1.2.1	Bauteile aus Schichten	15
1.2.2	Wärmeversorgung	16
1.2.2.1	Energieangebote	16
1.2.2.2	Heizkreise	17
1.2.3	Wärmebedarf	18
1.2.4	Energie sparen + rückgewinnen	20
1.3	Stationäre Zustände im Detail	22
1.3.1	Radialsymmetrie, Rohre	22
1.3.2	Kragplatte mit Dämmung	22
1.3.3	Sandwichplatte mit Stegen	23
1.3.4	Sandwichplatte mit Ankern, zentralsymmetrisch	24
1.3.5	Innenkühlung + Fußbodenheizung	26
1.3.6	Wand- und Plattenstreifen	26
1.3.7	Numerisches Verfahren	27
1.4	Instationäre Vorgänge	29
1.4.1	Einseitig begrenzte Körper	29
1.4.1.1	„Blitz“	29
1.4.1.2	Temperatursprung am Halbraum von T1 auf T2	30
1.4.1.3	Konstante Wärmezufuhr zum Halbraum	30
1.4.2	Periodische Vorgänge	30
1.4.2.1	Fourier-Reihen	30
1.4.2.2	Periodische Lösungen	31
1.4.2.3	Temperaturamplitudenverhältnis TAV	33

1.4.3	„Einschwingzeiten“	34
1.4.3.1	Parallel begrenzte Bauteile	34
1.4.3.2	Zentralsymmetrische Bauteile	34
1.4.4	Numerische Verfahren	34
1.4.4.1	Wände + Platten	34
1.4.4.2	Radialsymmetrische Abläufe	36
1.4.5	Transparente Dämmung	37
1.5	Sommerlicher Wärmeschutz	38
1.5.1	Sonnenluft-Temperatur	38
1.5.2	Sonnenschirme	41
1.5.3	Unbeschirmte Flächen	42
1.5.4	Innenräume	44
1.6	Verschiedenes	46
1.6.1	Thermografie	46
1.6.2	Gefrierverfahren	46
1.6.3	Fundamentplatten	47
1.6.4	Vorspannen mit heißem Wasser	49
2	Feuchte	50
2.1	Grundlagen	50
2.1.1	Wassermoleküle	50
2.1.2	Kennwerte für Wasser und Eis	52
2.1.3	Kapillarkräfte	54
2.1.4	Ausgleichsfeuchte	55
2.1.5	Drückendes Wasser	57
2.2	Baupraxis mit Eis und Schnee	58
2.2.1	Aussparungen	58
2.2.2	Gründungen	58
2.2.3	Wände	59
2.2.4	Außenanlagen	59
2.2.5	Dächer	60
2.2.6	Lichtgräben	61
2.2.7	Tausalz	61
2.3	Baupraxis und Wasser	62
2.3.1	Exotisches	62
2.3.2	Baugruben	63
2.3.3	Grundwasserwannen	64
2.3.4	Tröge und Schwimmbecken	66
2.3.5	Abdichtungsnormen	67
2.3.6	Alkalireaktionen	68
2.4	Luftdruck und Gasgesetze	68
2.4.1	Gasgesetze	69
2.4.2	Luftdruck und Wetter	72
2.4.3	Luftdruckdifferenzen und Spaltströmungen	74
2.4.4	Partialdrücke	76
2.5	Luftfeuchte	77
2.5.1	Wasserdampf-Sättigungsdruck	78
2.5.2	Relative Luftfeuchte	78
2.5.3	Absolute Luftfeuchte	81
2.5.4	Verdunsten	82

2.5.5	Blasen in Dachdichtungen und Asphalt	82
2.6	Dampfdiffusion	83
2.6.1	Diffusions-Gesetze	83
2.6.2	Schlafzimmer-Probleme	84
2.6.3	Klimadaten und Rechenwerte	85
2.6.4	Glaser-Diagramm	87
2.6.5	Dampfdiffusion in mehrschichtigen Wänden	89
2.6.6	Rohbaufeuchten	92
2.7	Kaltdächer	95
2.7.1	Metallische Eindeckungen	96
2.7.2	Kaltdächer mit geringer Neigung	96
2.7.3	Sperrbeton-Dächer	97
2.7.4	Ausbaubare Dachgeschosse	97
2.8	Warmdächer	99
2.8.1	Gasbeton-Dächer	99
2.8.2	Trapezblech-Dächer	101
2.8.3	PUR-Schaum als Dichtung und Dämmung	101
2.8.4	Dämmung unter Dachdichtungs-Bahnen	101
2.8.5	Betondach mit Dämmung und Unterdecke	103
2.8.6	Dampfsperre oder Dampfbremse	104
2.8.7	Umkehrdächer	104
2.9	Wärmepumpe	105
3	Schall	107
3.1	Schall, mechanisch	107
3.1.1	Unbehinderte Schall-Fortpflanzung	108
3.1.2	Ebene fortschreitende Wellen	112
3.1.2.1	Trennschicht unterschiedlicher Medien	112
3.1.2.2	Wände ohne Biegefestigkeit	114
3.1.2.3	Biegesteife Platten	115
3.1.2.4	Strömungs-Widerstände in ebenen Wellen	116
3.1.2.5	Querschnittsprünge und Materialwechsel	117
3.1.3	Stehende Wellen, Eigenfrequenzen	118
3.1.3.1	Stehende Welle im Rohr	118
3.1.3.2	Saitenschwingungen	120
3.1.3.3	Helmholtz-Resonatoren	121
3.1.3.4	Flächig federnd gestützte Platten	121
3.1.3.5	Linienförmig gestützte Platten	123
3.1.3.6	Nachhallzeiten	125
3.1.4	Schall dämpfen	125
3.1.4.1	Grenzschicht	125
3.1.4.2	Begrenzte Luftschichten	126
3.1.4.3	Baustoffdämpfung	127
3.1.4.4	Durchströmte Resonator-Platten	127
3.1.4.5	Sehr dicke Schluckstoff-Schichten	128
3.1.5	Raumschall-Dämpfung	130
3.1.5.1	Abgehängte Decken	130
3.1.5.2	Schlucklagen ohne Wandabstand	131
3.1.5.3	Resonatoren als Dämpfer	131
3.1.6	Zweischalige Leichtwände	133

3.1.7	Kanal-Schalldämpfer	135
3.1.7.1	Reflexionsdämpfer	135
3.1.7.2	Absorptions-Dämpfer	136
3.1.8	Körperschall-Übertragung	138
3.1.8.1	Längswellen	138
3.1.8.2	Ungedämpfte Biegewellen	139
3.1.8.3	Gedämpfte Biegewellen	141
3.1.8.4	Beispiel zu gedämpften Biegewellen	142
3.1.9	Überschall-Knall	144
3.2	Schall, geometrisch	145
3.2.1	Schallerzeuger im Freien	145
3.2.2	Addition von Intensitäten	146
3.2.3	Reflexionen und Absorption im Freien	146
3.2.4	Verwischungsschwelle	148
3.2.5	Reflexionen an überwiegend ebenen Raumbegrenzungen	149
3.2.6	Echos gekrümmter Flächen	150
3.3	Schall, statistisch	152
3.3.1	Äquivalente Absorptionsfläche	152
3.3.2	Nachhallzeit	153
3.3.3	Absorptionsgrade	154
3.3.4	Mittlere Weglängen	154
3.3.5	Hallradien	156
3.3.6	Schall-Leistungen	156
3.4	Schall wahrnehmen	157
3.4.1	Lautstärke-Pegel	158
3.4.2	Bewerten von Schall-Pegeln	159
3.4.3	Gesamt-Schallpegel, Summen-Pegel	160
3.4.4	Mittelungs-Pegel	161
3.5	Schallschutz und Mitwelt	163
3.5.1	Menschen als Schall- und Fehlerquellen	163
3.5.2	Schwimmende Estriche	164
3.5.3	Treppenhäuser	165
3.5.4	Fenster	165
3.5.5	Empfindlichkeiten	165
3.5.6	Planungs-Einflüsse	166
3.5.7	Rechtsprechung	167
3.6	Luftschall dämmen im Hochbau	167
3.6.1	Rauschen	168
3.6.2	Schallpegel-Differenzen	168
3.6.3	Schalldämm-Maß R	168
3.6.4	Bewertete Schalldämm-Maße R_w und R_w'	169
3.6.5	Nebenwege	170
3.6.6	Resultierende Schalldämmung	170
3.6.7	Anforderungen	171
3.7	Trittschall dämmen im Hochbau	174
3.7.1	Körperschall-Sender	174
3.7.2	Trittschall bewerten	174
3.7.3	Trittschall-Verbesserungsmaß VM	175
3.7.4	Estriche	176

3.7.5	Schwimmende Estriche herstellen	177
3.8	Verkehrslärm	179
3.8.1	Fluglärm	179
3.8.2	Kraftfahrzeuge	179
3.8.3	Fahrbahn	181
3.8.4	Modell-Messungen	181
3.8.5	Verkehrs-Lärmschutz-Gesetz	181
3.8.6	Normen, Richtlinien	182
3.8.7	Zusammenfassung	183
4	Tageslicht, Fenster, Fassaden	184
4.1	Randbedingungen	184
4.1.1	Baurechtliche Voraussetzungen	184
4.1.2	Mindestmaße	185
4.1.3	Einschränkungen	185
4.1.4	Besonnung	186
4.1.5	Lebensbedingungen	189
4.2	Eigenschaften der Augen	190
4.2.1	Augen-Empfindlichkeit	191
4.2.2	Blendung	192
4.2.3	Farbsehen	193
4.2.4	Täuschungen	195
4.3	Licht beschreiben und messen	195
4.3.1	Grundmaß	195
4.3.2	Maß-Einheiten	196
4.3.3	Lambertsches Gesetz	197
4.3.4	Reflexionsgrade	198
4.3.5	Anforderungen	199
4.3.6	Nachweise für Kunstlicht	201
4.3.7	Tageslicht-Quotient	202
4.3.8	Tageslicht und Klimaanlage	207
4.4	Verglasung	213
4.4.1	Rohstoffe, Eigenschaften	213
4.4.2	Produktionsverfahren	214
4.4.3	Floatglas-Produktion	215
4.4.4	Sicherheitsgläser	216
4.4.5	Isolierscheiben	217
4.4.6	Füllgase	219
4.4.7	Beschichtungen	220
4.4.8	Beanspruchungen von Isolierscheiben	222
4.4.8.1	Gleichgewicht	223
4.4.8.2	Werkstoffkennwerte und Bezeichnungen	223
4.4.8.3	Plattengleichungen	224
4.4.8.4	Gasgesetz	224
4.4.8.5	Lösungen	224
4.4.8.6	Einsatzbedingungen	225
4.4.8.7	Beispiel	226
4.4.8.8	Bruchsicherheit	227
4.4.9	Sanierungsverfahren	228
4.5	Fenster	228

4.5.1	Rahmen-Werkstoffe	229
4.5.2	Verglasungs-Techniken	231
4.5.3	Einfach-Fenster	233
4.5.4	Verbund-Fenster	233
4.5.5	Kasten-Fenster	234
4.5.6	Abluft-Fenster	235
4.6	Beanspruchungen von Fassaden	236
4.6.1	Rahmenbedingungen	236
4.6.2	Allgemeine Anforderungen	237
4.6.3	Befahranlagen	238
4.6.4	Windlasten	239
4.6.5	Schlagregen	241
4.6.6	Chemische Reaktionen	242
4.6.7	Schiebende Decken und schiebende Giebel	243
4.7	Herkömmliche Fassaden	244
4.7.1	Putze auf einschaligen Außenmauern	244
4.7.2	Gasbeton-Außenwände	245
4.7.3	Einschaliges Sichtmauerwerk	246
4.7.4	Dämmhaut-Fassaden	247
4.7.5	Verschindelte Fassaden	248
4.7.6	Sandwich-Platten	250
4.7.7	Zweischalige Außenmauern	253
4.7.8	Naturstein-Fassaden	254
4.8	Neuere Fassaden	256
4.8.1	Randbedingungen	256
4.8.2	Fassaden-Raster	257
4.8.3	Hinterlüftete Metallfassade	259
4.8.4	Ganzglas-Lochfassade	259
4.8.5	Elementierte Bandfassade	260
4.8.6	Lochfassade mit Abluft-Fenster	261
4.8.7	Hohe Glasflächen	262
4.8.8	Fassaden als Gesamtleistung	263
5	Literatur	263

Brandschutz

	Vorbemerkung	265
1	Überblick	265
1.1	Schutzziele	265
1.2	Vorschriften	266
1.3	Brandverlauf	267
1.4	Brandrisiken	269
1.4.1	Personengefährdung	269
1.4.2	Sach- und Gebäudeschäden	270
1.4.3	Brandgase	270
1.4.4	Brandrückstände	271
1.5	Brandschutzkonzepte	271

1.5.1	Allgemeines	271
1.5.2	Entstehung eines Brandes vorbeugen	272
1.5.3	Rettung von Menschen sicherstellen	272
1.5.4	Wirksame Löscharbeiten ermöglichen	273
1.5.5	Ausbreitung von Feuer und Rauch begrenzen	275
1.5.5.1	Brandgasentwicklung in Wohnräumen	275
1.5.5.2	Bauliche und technische Vorkehrungen	276
1.5.5.3	Anforderungen	279
1.5.6	Ausbreitung von Feuer auf benachbarte Gebäude verhindern	279
2	Grundlagen der Bemessung	280
2.1	Nachweisverfahren	280
2.1.1	Klassifizierungsverfahren	280
2.1.2	Ingenieurgerechte Verfahren	282
2.2	Grenzzustände	283
2.2.1	Nachweis der Tragfähigkeit	283
2.2.2	Nachweis des Raumabschlusses	285
2.3	Sicherheitsanforderungen	285
2.3.1	Wahrscheinlichkeiten	285
2.3.2	Anforderungen/thermische Einwirkungen (A)	287
2.3.3	Bemessung/Lastkombination (B)	288
3	Thermische Einwirkungen	290
3.1	Überblick	290
3.2	Brandbelastung	290
3.2.1	Definition	290
3.2.2	Ständige und veränderliche Brandlasten	291
3.2.3	Geschützte Brandlasten	292
3.2.4	Heizwerte	293
3.2.5	Brandbelastungen für Nutzungskategorien	293
3.2.6	Bemessungswerte der Brandbelastung	293
3.3	Normbrand	294
3.4	Äquivalente Branddauer	295
3.4.1	Definition	295
3.4.2	Anwendung	296
3.4.3	Abschnittsbildung	296
3.4.4	Berechnung	297
3.5	Wärmebilanz des Brandraums	298
3.5.1	Allgemeines	298
3.5.2	Prinzip der Wärmebilanzrechnung	299
3.5.3	Temperatur-Zeit-Verläufe	300
3.6	Temperaturbeanspruchung außenliegender Bauteile	302
4	Bauteil- und Tragwerksreaktionen	303
4.1	Bauteiltemperaturen	303
4.1.1	Grundlagen	303
4.1.2	Stahlbauteile	306
4.1.3	Stahlbeton- und Verbundbauteile	307
4.1.4	Holzbauteile	308
4.2	Baustoff-Festigkeiten unter Hochtemperatur	311
4.2.1	Stahl	311
4.2.2	Beton	315

4.2.3	Holz	316
4.3	Thermische Dehnungen	317
4.4	Zwangsbeanspruchung	319
4.5	Statische Systeme	319
5	Brandverhalten von Bauteilen – Bemessungshilfen	320
5.1	Stahlbetonbauteile	320
5.1.1	Beschreibung des Tragverhaltens	320
5.1.2	Tafelwerte; Anwendungsbereich und Entwurfsregeln	323
5.1.3	Stützen	325
5.1.4	Balken	326
5.1.5	Platten	329
5.1.6	Rechnerische Nachweisverfahren	330
5.2	Stahlbauteile	331
5.2.1	Beschreibung des Tragverhaltens	331
5.2.2	Stahlstützen	332
5.2.2.1	Beton-, Mauerwerk- und Plattenbekleidungen nach DIN 4102 Teil 4	332
5.2.2.2	Putzbekleidungen	332
5.2.3	Stahlträger	332
5.2.4	Stahlzugglieder mit Bekleidungen	333
5.2.5	Rechnerische Nachweise	333
5.3	Verbundbauteile	334
5.3.1	Verbundstützen	335
5.3.1.1	Verbundstützen aus betongefüllten Hohlprofilen	335
5.3.1.2	Verbundstützen aus vollständig einbetonierten Stahlprofilen	337
5.3.1.3	Verbundstützen aus Stahlprofilen mit ausbetonierten Seitenteilen	337
5.3.2	Verbundträger (ohne Vorspannung)	340
5.3.3	Anschlüsse zwischen Verbundstützen und Verbundträgern	342
5.3.4	Rechnerische Nachweise	343
5.3.5	Decken und Dächer unter Verwendung von Profiltafeln (Trapezblechen)	346
5.4	Holzbauteile	346
5.4.1	Beschreibung des Tragverhaltens	346
5.4.2	Abbrandgeschwindigkeit	346
5.4.3	Rechnerische Nachweise	347
5.4.3.1	Allgemeines Verfahren	347
5.4.3.2	Besonderheiten	347
5.5	Mauerwerk	349
6	Sonderbauteile, Brandwände	349
6.1	Anforderungen an Dächer	349
6.2	Rauch- und Wärmeabzüge	353
6.3	Nichttragende Trennwände	353
6.4	Unterdecken	354
6.5	Feuerschutzabschlüsse (Türen, Tore), Rauchschutztüren	354
6.6	Verglasungen	357
6.7	Leitungsdurchführungen	357
6.7.1	Lüftungsanlagen	357
6.7.2	Rohrdurchführungen	358
6.7.3	Installationsschächte und -kanäle	359
6.7.4	Kabeldurchführungen	359
6.8	Funktionserhalt von ELT-Leitungen	360

6.9	Brandwände	360
7	Ausbaustoffe und Isoliermaterialien	361
7.1	Baustoff-Klassifizierung	361
7.2	Gips	361
7.3	Brandschutzbekleidungen	362
7.4	Putze – Bekleidungen	362
7.5	Dämmschichtbildner	362
7.6	Kunststoffe	363
8	Bezeichnungen	364
9	Literatur	365
 Stichwortverzeichnis		 369