

Inhalt

Content

1	Einführung in die Bauphysik	11	1	Introduction to Building Physics	11
1.1	Welche Gebiete umfasst die Bauphysik?	11	1.1	Which areas does Building Physics include?	11
1.1.1	Wärmeschutz	11	1.1.1	Heat Protection	11
1.1.2	Feuchteschutz	12	1.1.2	Moisture protection	12
1.1.3	Schallschutz	13	1.1.3	Noise Protection	13
1.1.4	Brandschutz	14	1.1.4	Fire Protection	14
2	Wärmeleitung	15	2	Thermal conduction	15
2.1	Definition	15	2.1	Definition	15
2.2	Die stationäre eindimensionale Wärmeleitung durch eine ebene Wand (ohne Wärmequelle)	15	2.2	Steady-state linear thermal conduction through an even wall (without heat source)	15
3	Konvektion	18	3	Convection	18
	Definition	18		Definition	18
	Grundgleichung	18		Principal equation:	18
4	Wärme- oder Temperaturstrahlung	19	4	Thermal radiation	19
4.1	Definition	19	4.1	Definition	19
4.2	Energiebilanz der Strahlung	19	4.2	Energy balance of radiation	19
4.3	Erfassung des Wärmeaustausches bei praktischen Berechnungen	20	4.3	Survey of heat exchange in practical computations	20
5	Wärmedurchgang	23	5	Heat transfer	23
5.1	Der eindimensionale Wärmedurchgang durch eine homogene Wand	23	5.1	Linear heat transfer through a homogenous wall	23
5.2	Der eindimensionale Wärmedurchgang durch ein mehrschichtiges Bauteil	26	5.2	Linear heat transfer through a multilayer construction element	26
5.3	Der eindimensionale Wärmedurchgang durch ein Bauteil mit Luftschichten	26	5.3	Linear heat transfer through a construction element with air layers	26
6	Wärmeübertragungsvorgänge infolge Sonnenstrahlung	28	6	Heat transfer processes due to solar radiation	28
6.1	Allgemeines	28	6.1	General Information	28
6.2	Wärmedurchgang durch nichttransparente Bauteile mit Sonnenstrahlung	28	6.2	Heat flow through non-transparent construction elements with solar radiation	28
6.3	Wärmedurchgang durch transparente Bauteile mit Sonnenstrahlung	30	6.3	Heat flow through transparent construction elements with solar radiation	30
6.4	Treibhauseffekt	32	6.4	Greenhouse effect	32

7	Mindestwärmeschutz	33	7	Minimum thermal protection	33
7.1	Zweck	33	7.1	Purpose	33
7.2	Tauwasserfreiheit der raumseitigen Bauteiloberfläche	33	7.2	Prevention of condensate on interior surfaces	33
7.3	Tauwassergefahr an der Bauteiloberfläche	35	7.3	analysis of the risk for water condensation at the construction element surface	35
8	Wärmebrücken	36	8	Thermal bridges	36
8.1	Klassifizierung	36	8.1	Classification	36
8.1.1	Materialbedingte Wärmebrücken	36	8.1.1	Material thermal bridges	36
8.1.2	Geometrisch bedingte Wärmebrücken	37	8.1.2	Geometric thermal bridges	37
8.2	Mindestanforderungen an den Wärmeschutz im Bereich von Wärmebrücken ..	37	8.2	Minimum requirements for thermal protection when dealing with thermal bridges	37
	Einzelnachweis zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung	37		Single check to avoid mould fungus formation	37
9	Sommerlicher Wärmeschutz	40	9	Summer thermal protection	40
9.1	Zweck	40	9.1	Purpose	40
9.2	Behaglichkeitsniveau	40	9.2	Comfort level	40
9.3	Der Sonneneintragskennwert	41	9.3	The solar transmittance value	41
10	Thermisch-energetische Simulationsberechnungen für Gebäude	43	10	Thermal-energy simulation calculations for buildings	43
10.1	Grundlagen	43	10.1	Basics	43
10.2	Das Simulationsmodell	45	10.2	The simulation model	45
10.2.1	Das Informationsflussschema	45	10.2.1	Diagram of information flow	45
10.2.2	Außenklimadaten	46	10.2.2	Exterior climate data	46
10.2.3	Modell zur Umrechnung der Strahlungsdaten auf die Flächenorientierungen	47	10.2.3	Model for converting radiation data to surface orientations	47
10.2.4	Das thermische Modell des Gebäudes	48	10.2.4	Thermal building model	48
10.2.5	Zeitunabhängige Parameter	51	10.2.5	Time-independent parameters	51
10.2.6	Zeitabhängige Eingangswerte	52	10.2.6	Time-variable input values	52
10.3	Typische Aufgabenstellungen für eine Gebäudesimulation	53	10.3	Typical tasks for a building simulation	53
10.3.1	Klimasimulation für den Sommerfall	53	10.3.1	Climate simulation for the summer	53
10.3.2	Energiediagnosen	54	10.3.2	Energy assessments	54
10.3.3	Weitere Anwendungsfälle	55	10.3.3	Further areas of application	55
10.4	Schlussbemerkung	55	10.4	Final remark	55

7	Mindestwärmeschutz	33	7	Minimum thermal protection	33
7.1	Zweck	33	7.1	Purpose	33
7.2	Tauwasserfreiheit der raumseitigen Bauteiloberfläche	33	7.2	Prevention of condensate on interior surfaces	33
7.3	Tauwassergefahr an der Bauteiloberfläche	35	7.3	analysis of the risk for water condensation at the construction element surface	35
8	Wärmebrücken	36	8	Thermal bridges	36
8.1	Klassifizierung	36	8.1	Classification	36
8.1.1	Materialbedingte Wärmebrücken	36	8.1.1	Material thermal bridges	36
8.1.2	Geometrisch bedingte Wärmebrücken	37	8.1.2	Geometric thermal bridges	37
8.2	Mindestanforderungen an den Wärmeschutz im Bereich von Wärmebrücken ..	37	8.2	Minimum requirements for thermal protection when dealing with thermal bridges	37
	Einzelnachweis zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung	37		Single check to avoid mould fungus formation	37
9	Sommerlicher Wärmeschutz	40	9	Summer thermal protection	40
9.1	Zweck	40	9.1	Purpose	40
9.2	Behaglichkeitsniveau	40	9.2	Comfort level	40
9.3	Der Sonneneintragskennwert	41	9.3	The solar transmittance value	41
10	Thermisch-energetische Simulationsberechnungen für Gebäude	43	10	Thermal-energy simulation calculations for buildings	43
10.1	Grundlagen	43	10.1	Basics	43
10.2	Das Simulationsmodell	45	10.2	The simulation model	45
10.2.1	Das Informationsflussschema	45	10.2.1	Diagram of information flow	45
10.2.2	Außenklimadaten	46	10.2.2	Exterior climate data	46
10.2.3	Modell zur Umrechnung der Strahlungsdaten auf die Flächenorientierungen	47	10.2.3	Model for converting radiation data to surface orientations	47
10.2.4	Das thermische Modell des Gebäudes	48	10.2.4	Thermal building model	48
10.2.5	Zeitunabhängige Parameter	51	10.2.5	Time-independent parameters ...	51
10.2.6	Zeitabhängige Eingangswerte	52	10.2.6	Time-variable input values	52
10.3	Typische Aufgabenstellungen für eine Gebäudesimulation	53	10.3	Typical tasks for a building simulation ..	53
10.3.1	Klimasimulation für den Sommerfall	53	10.3.1	Climate simulation for the summer	53
10.3.2	Energiediagnosen	54	10.3.2	Energy assessments	54
10.3.3	Weitere Anwendungsfälle	55	10.3.3	Further areas of application	55
10.4	Schlussbemerkung	55	10.4	Final remark	55

11 Bauklimatik	57	11 Building climate control	57
Thermodynamik der „Feuchten Luft“ ...	57	Thermodynamics of “humid air”	57
12 Feuchteschutz	63	12 Moisture protection	63
12.1 Die Grundstadien des Feuchte- transportes	64	12.1 The basic stages of moisture transport ..	64
12.2 Baustofffeuchten	66	12.2 Building material moisture content	66
12.2.1 Sorption	68	12.2.1 Sorption	68
13 Kapillarleitung	71	13 Capillary conduction	71
13.1 Numerische Ermittlung des Wärme- und Feuchtetransports	74	13.1 Numerical determination of heat and moisture transport	74
13.2 Thermische und hygrische Bauteil- simulationsberechnung	75	13.2 Thermal and hygric computer simulation for building components	75
13.3 Wasserdampfdiffusion	76	13.3 Water vapour diffusion	76
14 Praktischer Feuchteschutz	81	14 Practical moisture protection	81
14.1 Feuchteproduktion in Räumen	81	14.1 Moisture production in rooms	81
14.2 Tauwasser in Bauteilen infolge Wasser- dampfkongvektion	82	14.2 Condensate in construction elements due to water vapour convection	82
14.3 Sommerkondensation und Umkehr- diffusion	83	14.3 Summer condensation and reverse diffusion	83
14.4 Schlagregenschutz	83	14.4 Driving rain protection	83
15 Schallschutz	85	15 Purpose of sound protection	85
15.1 Schwingungen und Wellen	85	15.1 Oscillations and waves	85
15.1.1 Longitudinalwellen (Längswellen)	86	15.1.1 Longitudinal waves (l-waves)	86
15.1.2 Transversalwellen (Querwellen) ..	87	15.1.2 Transverse waves	87
15.1.3 Dehnwellen	87	15.1.3 Quasi-longitudinal waves	87
15.1.4 Biegewellen	88	15.1.4 Bending waves	88
15.2 Ausbreitung und Geschwindigkeit des Schalls	88	15.2 Diffusion and speed of sound	88
15.3 Frequenz f	89	15.3 Frequency f	89
15.4 Wellenlänge λ	90	15.4 Wavelength λ	90
15.5 Ton, Klang, Geräusch	91	15.5 Pure tone, complex sound, noise	91
15.6 Schall, Schallschutz	91	15.6 Acoustic noise, sound insulation	91
15.7 Schalldruck, Schalldruckpegel	92	15.7 Acoustic pressure, sound pressure level	92
15.8 Lautstärke	94	15.8 Sound volume	94
15.9 Addition mehrerer Schalldruckpegel	96	15.9 Adding several sound levels	96
15.10 Ausbreitung des Schalls in Luft (freies Schallfeld)	96	15.10 Propagation of sound in the air (free sound field)	96

Grundlagen zum Luftschallschutz	99	Principles for protection against airborne noise	99
16.1 Allgemeines	99	16.1 General information	99
16.2 Schalldämm-Maß R, R'	99	16.2 Sound insulation index R, R'	99
16.3 Bewertetes Schalldämm-Maß R_w und R'_w	102	16.3 Weighted sound insulation index R_w and R'_w	102
16.4 Subjektive Wirkung der Schalldämmung	103	16.4 Subjective effect of sound insulation	103
16.5 Abschätzung des Schallpegels im leisen Raum	104	16.5 Appraising the sound level in a quiet room	104
16.6 Zusammenwirken von Flächenanteilen mit unterschiedlicher Schalldämmung ($R'_{w\text{ res}}$)	105	16.6 Interrelation of area portions with different sound insulation ($R'_{w\text{ res}}$)	105
16.7 Grenzfrequenz, biegesteife Bauteile, biegeeweiche Schalen	106	16.7 Cut-off frequency, rigid construction components, flexible shells	106
16.8 Resonanzfrequenz zweischaliger Bauteile	109	16.8 Resonance frequency of double-layer construction elements	109
17 Grundlagen zum Trittschallschutz	111	17 Principles of impact sound protection	111
17.1 Allgemeines	111	17.1 General information	111
17.2 Normtrittschallpegel L_n	111	17.2 Normalized impact sound pressure level L_n	111
17.3 Bewerteter Normtrittschallpegel $L_{n,w}$	112	17.3 Evaluated normalized impact sound pressure level $L_{n,w}$	112
17.4 Trittschallverbesserungsmaß DL_w von Deckenauflagen	113	17.4 Impact sound level reduction DL_w of floor coverings	113
17.5 Äquivalenter bewerteter Normtrittschallpegel $L_{n,w,eq}$	114	17.5 Equivalent assessed normalized impact sound pressure level $L_{n,w,eq}$	114
17.6 Normtrittschallpegel von Massivdecken	115	17.6 Normalized impact sound pressure level of solid floors	115
18 Grundlagen zum Schallimmissions- und Schallemissionsschutz	116	18 Principles of protection against sound immission and emission	116
18.1 Immissionsgleichung	116	18.1 Immission equation	116
18.2 Emissionsgrößen und ungestörte Schallausbreitung	117	18.2 Emission values and uninterrupted sound propagation	117
18.3 Einwirkungen auf die Schallausbreitung	119	18.3 Influences on sound propagation	119
18.4 Zeiteinflüsse	122	18.4 Influences of time	122
19 Anforderungen an den Schallschutz	123	19 Requirements for sound protection	123
19.1 Vorbemerkung	123	19.1 Preliminary remark	123
19.2 Anforderungen an den Schallschutz im Inneren von Gebäuden	124	19.2 Requirements for sound protection in building interiors	124
19.2.1 Allgemeines	124	19.2.1 General information	124
19.2.2 Mindestanforderungen an die Luftschalldämmung in Wohngebäuden	126	19.2.2 Minimum requirements for airborne sound insulation in residential buildings	126

19.2.3	Mindestanforderungen an die Trittschalldämmung in Wohngebäuden	126	19.2.3	Minimum requirements for impact sound insulation in residential buildings	126
19.3	Anforderungen an den Schallschutz gegen Geräusche aus haustechnischen Anlagen und Betrieben	127	19.3	Requirements for sound protection against noises from building service installations and systems	127
19.4	Anforderungen an den Schallschutz gegen Außenlärm	128	19.4	Requirements for sound protection against outside noise	128
19.4.1	Grundlagen	128	19.4.1	Basic information	128
19.4.2	Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen ...	130	19.4.2	Requirements for the airborne sound insulation of exterior construction elements	130
19.4.3	Schallschutz gegen Fluglärm	131	19.4.3	Sound protection against aircraft noise	131
20	Nachweis des geforderten Schallschutzes	132	20	Testing the required sound protection	132
20.1	Nachweis mit bauakustischen Messungen (Eignungsprüfungen)	132	20.1	Testing with building acoustic measurements (suitability tests)	132
20.2	Nachweis ohne bauakustische Messungen	133	20.2	Testing without building acoustic measurements	133
20.3	Luftschalldämmung von massiven Außenbauteilen	134	20.3	Airborne sound insulation of heavy exterior construction elements	134
20.3.1	Rechenwerte $R'_{w,R}$	134	20.3.1	Calculated values $R'_{w,R}$	134
20.3.2	Ermittlung der Masse m'	136	20.3.2	Determining m'	136
20.4	Luftschalldämmung von leichten Außenbauteilen mit biegeweichen Schalen	137	20.4	Airborne sound insulation of lightweight exterior construction elements with flexible shells	137
20.4.1	Allgemeines Verhalten	137	20.4.1	General behavior	137
20.4.2	Rechenwerte $R'_{w,R}$	138	20.4.2	Calculated values $R'_{w,R}$	138
20.5	Luftschalldämmung von Fenstern	140	20.5	Airborne sound insulation of windows ..	140
20.6	Luftschalldämmung von Innenbauteilen	141	20.6	Airborne sound insulation of interior construction elements	141
20.6.1	Allgemeines	141	20.6.1	General information	141
20.6.2	Luftschalldämmung von Innenbauteilen in Massivbauart ..	143	20.6.2	Airborne sound insulation of interior construction elements in solid constructions	143
20.6.3	Luftschalldämmung von zweischaligen Gebäudetrennwänden ..	147	20.6.3	Airborne sound insulation of double-shell building partition walls	147
20.7	Luftschalldämmung von Innenbauteilen in Holz- und Skelettbauart	148	20.7	Airborne sound insulation of interior construction elements in timber wood and frame constructions	148
20.7.1	Allgemeines	148	20.7.1	General information	148
20.7.2	Nachweis	148	20.7.2	Testing	148
	Nachweis analog Massivbauart (vgl. 20.6.2)	148		Testing analogous to solid constructions (see 20.6.2)	148
	Vereinfachter Nachweis	149			
	Genauerer Nachweis	149			
20.7.3	Rechenwerte	151			

20.8 Trittschallschutz von Decken	153	Simplified testing	149
20.8.1 Nachweis	153	More precise testing	149
20.8.2 Rechenwerte	154	20.7.3 Calculated values	151
20.9 Schutz vor Körperschall aus haus-		20.8 Impact sound protection of floors/ceilings	153
technischen Anlagen	156	20.8.1 Testing	153
		20.8.2 Calculated values	154
		20.9 Protection against structure-borne sound	
		from building service installations	156
Fachwörterbuch	161	Subjectdictionary	161