



BIBLIOTHEK DES TECHNIKERS *BDT*

# Bauphysik

Walter Bläsi

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co.  
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 42616

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Wärmeschutz</b> . . . . .	9	<b>1.10</b>	<b>Berechnungsbeispiele zum Wärmeschutz</b> . . . . .	38
<b>1.1</b>	<b>Grundlagen des Wärmeschutzes</b> . .	9	Beispiel 1:	Außenwand mit beidseitigem Putz . . . .	38
1.1.1	Gründe für den Wärmeschutz . . . . .	9	Beispiel 2:	Wand mit Außen-dämmung . . . . .	39
1.1.2	Wärmequellen . . . . .	9	Beispiel 3:	Wand mit Innendäm-mung . . . . .	40
1.1.3	Einflußgrößen des Wärme-schutzes . . . . .	10	Beispiel 4:	Zweischalige Wand mit Kerndämmung . . . . .	41
1.1.4	Wärmeübertragung . . . . .	11	Beispiel 5:	Zweischalige Wand mit Außendämmung und hinterlüfteter Vorsatz-schale . . . . .	42
<b>1.2</b>	<b>Physikalische Grundlagen</b> . . . . .	12	Beispiel 6:	Zweischalige Wand mit Fassadenplatte . . . .	43
1.2.1	Grundbegriffe im Wärmeschutz . . .	12	Beispiel 7:	Wand mit Fenster-nische . . . . .	44
1.2.2	Behaglichkeitsgefühl in einem Raum . . . . .	15	Beispiel 8:	Sparrenlage mit Dämmung im Gefachbereich . . . . .	44
1.2.3	Wärmeenergieabgaben verschiedener Haustypen . . . . .	17	Beispiel 9:	Sparrenlage mit Däm-mung im Gefachbereich . . . .	45
<b>1.3</b>	<b>Nachweis des Wärmeschutzes</b> . . .	18	Beispiel 10:	Rollladenkasten . . . . .	46
1.3.1	Wärmeschutz-Nachweis nach DIN 4108 . . . . .	19	Beispiel 11:	Decke mit Fußboden-heizung . . . . .	46
1.3.2	Mittlerer k-Wert . . . . .	21	Beispiel 12:	Rollladenkasten und Heiz-körperabschirmung . . . .	47
1.3.3	Gesamtenergiedurchlaßgrad . . . . .	22	Beispiel 13:	Mittlerer k-Wert eines Reihenmittelhauses . . .	47
<b>1.4</b>	<b>Nachweis nach der Wärme-Schutz-Verordnung</b> . . . . .	24	Beispiel 14:	Geschlossener, nicht beheizter Glasvorbau (Wintergarten) . . . . .	48
1.4.1	Bauteilverfahren . . . . .	24	Beispiel 15:	Wärmeschutz-Nachweis eines Freizeithauses . .	49
1.4.2	Energiebilanzverfahren . . . . .	25	Beispiel 16:	Wärmeschutz-Nachweis eines Wochenend-hauses . . . . .	53
1.4.2.1	Jahres-Heizwärmebedarf bei gesonderter Ermittlung solarer Wärmegewinne . . . . .	25	Beispiel 17:	Wärmeschutz-Nachweis eines Wohnhauses mit ausgebautem Dachge-schoß . . . . .	58
1.4.2.2	Transmissionswärmebedarf . . . . .	26	Beispiel 18:	Vergleich des Jahres-Heizwärmebedarfs eines Einzelhauses und eines Reihenhauses . . . . .	67
1.4.2.3	Lüftungswärmebedarf . . . . .	27	Beispiel 19:	Vergleich zweier Gebäude mit gleicher Grundfläche und gleichem Volumen, jedoch unterschiedlicher Außenwandfläche . . . .	71
1.4.2.4	Nutzbare interne Wärmegewinne . . .	27			
1.4.3	Solare Wärmegewinne . . . . .	28			
1.4.3.1	Gesonderte Ermittlung der solaren Wärmegewinne . . . . .	28			
1.4.3.2	Berücksichtigung der solaren Wärmegewinne im k-Wert der Fenster . . . . .	28			
<b>1.5</b>	<b>Vorschriften der Wärme-Schutz-Verordnung (WSchVO)</b> . . . .	29			
1.5.1	Vorschriften bezüglich solarer Wärmegewinne . . . . .	29			
1.5.2	Sonstige Vorschriften der Wärme-Schutz-Verordnung (WSchVO) . . . . .	29			
<b>1.6</b>	<b>Sommerlicher Wärmeschutz</b> . . . . .	31			
1.6.1	Gesamtenergiedurchlaßgrad . . . . .	31			
<b>1.7</b>	<b>Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen</b> . . . . .	33			
<b>1.8</b>	<b>Bauliche Änderungen bestehender Gebäude</b> . . . . .	34			
<b>1.9</b>	<b>Stoffkennwerte</b> . . . . .	35			

1.11	<b>Längenänderung von Bauteilen infolge Temperatureinflüssen</b> . . . . .	72	2.11	<b>Vergleich Wärmeschutz – Feuchteschutz</b> . . . . .	97
1.11.1	Berechnungsbeispiele von Flachdächern		2.12	<b>Erklärung des Wärmestromprinzips</b> . . . . .	98
	Beispiel 1: Längenänderung eines Betondaches . . . . .	73	2.13	<b>Erklärung des Prinzips der Feuchtesperrung</b> . . . . .	98
	Beispiel 2: Längenänderung eines Flachdaches mit Außendämmung . . . . .	74	2.14	<b>Dampfdruck</b> . . . . .	99
	Beispiel 3: Längenänderung eines Flachdaches mit Innendämmung . . . . .	75	2.15	<b>Feuchteschutz infolge Wasserdampfdiffusion</b> . . . . .	100
	Beispiel 4: Längenänderung eines Flachdaches ohne Dämmung . . . . .	76	2.15.1	Bedingungen im Feuchteschutz . . . . .	100
1.12	<b>Arten von Flachdächern</b> . . . . .	77	2.15.2	Vermeidung von Tauwasser an der Bauteiloberfläche . . . . .	100
1.12.1	Berechnungsbeispiele verschiedener Bauteile . . . . .	80	2.15.3	Vermeidung von Tauwasser im Innern von Bauteilen . . . . .	101
	Beispiel 1: intensiv begrüntes Flachdach . . . . .	80	2.15.4	Randbedingungen nach DIN 4108 . . . . .	101
	Beispiel 2: Dehnfugenberechnung einer Stützmauer . . . . .	81	2.16	<b>Glaser-Diagramm</b> . . . . .	102
	Beispiel 3: Dehnfugenberechnung eines Estrichs . . . . .	81	2.16.1	Glaserdiagramm für die Tauperiode . . . . .	102
	Beispiel 4: Dehnfugenberechnung eines Heizstrichs . . . . .	81	2.16.2	Erklärung des Diagrammaufbaues . . . . .	103
			2.16.3	Glaser-Diagramm für die Verdunstungsperiode . . . . .	104
<b>2</b>	<b>Feuchte – Feuchteschutz</b> . . . . .	82	2.17	<b>Maßnahmen zur Tauwasser-Vermeidung</b> . . . . .	106
2.1	<b>Arten der Feuchte</b> . . . . .	82	2.18	<b>Mögliche Fälle der Tauwasser-situation nach dem Glaser-Diagramm</b> . . . . .	107
2.2	<b>Aggregatzustände</b> . . . . .	83	2.18.1	Kein Tauwasserausfall . . . . .	107
2.3	<b>Arten der Wässer</b> . . . . .	84	2.18.2	Tauwasserausfall in einer Ebene . . . . .	107
2.4	<b>Kreislauf des Wassers</b> . . . . .	84	2.18.3	Tauwasserausfall in zwei Ebenen . . . . .	107
2.5	<b>Wasser in seiner Bedeutung</b> . . . . .	85	2.18.4	Tauwasserausfall in einem Bereich . . . . .	108
2.6	<b>Kapillarität</b> . . . . .	85	2.19	<b>Feuchtetechnische Untersuchung verschiedener Konstruktionen</b> . . . . .	108
2.7	<b>Sperrung</b> . . . . .	87	Beispiel 1:	Betonwand mit innenliegender Dämmung und beidseitigem Putz . . . . .	108
2.7.1	Sperrung gegen Wasser . . . . .	87	Beispiel 2:	Betonwand mit außenliegender Dämmung und beidseitigem Putz . . . . .	114
2.7.1.1	Sperrung gegen nichtdrückendes Wasser . . . . .	88	Beispiel 3:	Betonwand mit außen- und innenliegender Wärmedämmung (Mantelbauweise) . . . . .	115
2.7.1.2	Sperrung gegen drückendes Wasser . . . . .	88	Beispiel 4:	Betonwand mit innenliegender Wärmedämmung (Kerndämmung) . . . . .	121
2.7.1.3	Fugen – Fugenbänder . . . . .	89			
2.7.2	Sperrung gegen Wasserdampf . . . . .	91			
2.8	<b>Luftfeuchte</b> . . . . .	92			
2.8.1	relative Luftfeuchte . . . . .	92			
2.8.2	absolute Luftfeuchte . . . . .	92			
2.9	<b>Tauwasserbildung – Taupunkttemperatur</b> . . . . .	92			
2.10	<b>Dampfbremse – Dampfsperre</b> . . . . .	96			
2.10.1	Wasserdampf-Diffusions-Widerstandsfaktor . . . . .	96			

Beispiel 5: Betonwand, beidseits verputzt, ohne Wärmedämmung . . .	127
Beispiel 6: Betonwand mit Manteldämmung unterschiedlicher Dicke (dickere Dämmschicht außen) . . . . .	132
Beispiel 7: Betonwand mit Manteldämmung unterschiedlicher Dicke (dickere Dämmschicht innen) .	132
Beispiel 8: Kellerwand aus Beton mit Kunstharzputz . . .	135
Beispiel 9: Kellermauerwerk aus Sandstein mit Kunstharzputz . . . . .	136
Beispiel 10: Wand aus porosierten Leichthochlochziegeln mit Normalmörtel; d = 24 cm . . . . .	138
Beispiel 11: Wand aus porosierten Leichthochlochziegeln mit Leichtmörtel; d = 24 cm . . . . .	139
Beispiel 12: Wand aus porosierten Leichthochlochziegeln mit Leichtmörtel; d = 30 cm . . . . .	140
Beispiel 13: Wand aus porosierten Leichthochlochziegeln mit Leichtmörtel; d = 36,5 cm . . . . .	141
Beispiel 14: Wand aus Gasbeton-Plansteinen in Dünnbett. . . . .	142
Beispiel 15: Wand mit Hohlblöcken aus Leichtbeton . . . . .	143
Beispiel 16: Wand aus Kalksandlochsteinen; d = 36,5 cm .	144
Beispiel 17: Zweischaliges Mauerwerk ohne Hinterlüftung (Kerndämmung) . . . .	146
Beispiel 18: Zweischaliges Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dämmung und hinterlüfteter Bekleidung . . . . .	146
Beispiel 19: Zweischaliges Mauerwerk aus Kalksandsteinen mit Dämmung und hinterlüfteter Vorsatzschale . . . . .	147
Beispiel 20: Außenwand in Leichtbauweise Dämmung: Mineralwolle . . . . .	148

Beispiel 21: Außenwand in Leichtbauweise Dämmung: PS-Hartschaum . . . . .	150
---	-----

### 3 Schall – Schallschutz . . . . . 153

3.1	<b>Bedeutung des Schallschutzes</b> . . .	153
3.2	<b>Schall</b> . . . . .	154
3.2.1	Frequenz . . . . .	155
3.2.2	Amplitude . . . . .	155
3.2.3	Schallbezeichnungen . . . . .	155
3.3	<b>Grundbegriffe</b> . . . . .	156
3.4	<b>Hörschwelle – Schmerzgrenze</b> . . .	160
3.5	<b>Zusammenhang Phon – Dezibel</b> . .	161
3.6	<b>Lautstärkeskala</b> . . . . .	162
3.7	<b>Ermittlung des Gesamtschallpegels</b> . . . . .	163
3.7.1	Mehrere gleiche Schallquellen . . .	163
3.7.2	Mehrere verschiedene Schallquellen . . . . .	164
3.7.3	Entfernung von der Schallquelle .	165
3.8	<b>Schallarten</b> . . . . .	167
3.9	<b>Akustik</b> . . . . .	168
3.9.1	Nachhallzeit . . . . .	168
3.9.2	Grenzfrequenz . . . . .	170
3.10	<b>Wege des Schalles</b> . . . . .	171
3.10.1	Schallabsorption . . . . .	171
3.10.2	Schallabsorber . . . . .	173
3.10.3	Schallreflektoren . . . . .	174
3.11	<b>Schalldämmung von Bauteilen</b> . .	175
3.11.1	Luftschalldämmung . . . . .	175
3.11.2	Rechnerische Methode zur Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes . . . . .	177
3.11.3	Grafische Methode zur Ermittlung des Schalldämmmaßes . . . . .	177
3.11.4	Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes bei Oktavbreiten . . . . .	178
3.11.5	Grafische Methode zur Ermittlung des Schalldämmmaßes . . . . .	178
3.12	<b>Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes vor Erstellung des Bauwerkes</b> . . . . .	179
3.12.1	Grafische Methode . . . . .	179
3.12.2	Rechnerische Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes . . . . .	181
3.12.2.1	Einschalige Wände ohne Öffnungen, wie Türen und Fenster . . . . .	181
3.12.2.2	Einschalige Wände mit Öffnungen, wie Türen und Fenster . . . . .	182

3.12.2.3	Grafische Methode zur Ermittlung des Gesamtschalldämmmaßes zusammengesetzter Bauteile . . . . .	183
3.12.2.4	Rechnerische Methode zur Bestimmung des Gesamtschalldämmmaßes $R_{ges}$ . . . . .	184
3.12.2.5	Kurzform zur Berechnung der Schalldämmmaße zusammengesetzter Bauteile. . . . .	185
<b>3.13</b>	<b>Zweischalige Bauteile</b> . . . . .	186
3.13.1	Resonanzfrequenz $f_R$ . . . . .	187
3.13.2	Resonanzfrequenz $f_R$ zweischaliger Bauteile mit lose eingelegter, weichfedernder Dämmschicht . . . . .	188
3.13.3	Vollflächige Verbindung der Dämmschicht mit beiden Schalen . . . . .	189
3.13.4	Rechnerische Ermittlung des Schalldämmmaßes zweischaliger Bauteile. . . . .	192
3.13.5	Wandkonstruktionen mit zwei biegeweichen Schalen. . . . .	194
<b>3.14</b>	<b>Trittschall</b> . . . . .	195
3.14.1	Ermittlung des Norm-Trittschallpegels. . . . .	195
3.14.2	Deckenaufbauten. . . . .	197
3.14.3	Vorherbestimmung des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,W,R}$ . . . . .	197
<b>3.15</b>	<b>Estrich</b> . . . . .	199
3.15.1	Schallbrücken. . . . .	201
<b>3.16</b>	<b>Berechnung von Decken</b> . . . . .	202
3.16.1	Unterkonstruktion von Massivdecken. . . . .	202
3.16.2	Holzbalkendecken . . . . .	203
3.16.3	Äquivalentes bewertetes Trittschalldämmmaß $L'_{n,W,eq}$ und Luftschalldämmmaß $R'_{W}$ von Holzbalkendecken . . . . .	204
<b>3.17</b>	<b>Fenster</b> . . . . .	206
<b>3.18</b>	<b>Türen</b> . . . . .	208
<b>3.19</b>	<b>Treppen</b> . . . . .	209
<b>3.20</b>	<b>Installationsgeräusche</b> . . . . .	211
3.20.1	Trinkwasserleitungen . . . . .	211
3.20.2	Abwasserleitungen . . . . .	211
3.20.3	Sanitärgegenstände. . . . .	211
3.20.4	Heizungs- und klimatechnische Anlagen. . . . .	211

## **4 Brandschutz** . . . . . 217

<b>4.1</b>	<b>Brand – Brandsicherheit</b> . . . . .	217
<b>4.2</b>	<b>Baustoffklassen</b> . . . . .	217
4.2.1	Nichtbrennbare Baustoffe. . . . .	217

4.2.2	Brennbare Baustoffe . . . . .	218
<b>4.3</b>	<b>Einzelbaustoffe</b> . . . . .	218
<b>4.4</b>	<b>Bauteile</b> . . . . .	220
<b>4.5</b>	<b>Brandverhalten von Bauteilen</b> . . . . .	220
4.5.1	Feuerwiderstandsklassen . . . . .	221
<b>4.6</b>	<b>Sonderbauteile</b> . . . . .	225
4.6.1	Brandwände . . . . .	225
4.6.2	Feuerschutzabschlüsse . . . . .	225
4.6.3	Verglasungen . . . . .	225
4.6.4	Lüftungsleitungen, Rohrleitungen . . . . .	225
4.6.5	Treppen. . . . .	226
4.6.6	Treppenraum . . . . .	226
4.6.7	Flure . . . . .	226
4.6.8	Brandabschnitte. . . . .	226
<b>4.7</b>	<b>Ausgesuchte Beispiele von Bauteilen und ihre Feuerwiderstandsklassen nach DIN 4102 Teil 4</b> . . . . .	227

## **5 Schadstoffe** . . . . . 232

<b>5.1</b>	<b>Aufgabe der Bauchemie</b> . . . . .	232
<b>5.2</b>	<b>Gase</b> . . . . .	233
5.2.1	Schadensfaktor Gase. . . . .	233
<b>5.3</b>	<b>Säuren</b> . . . . .	233
<b>5.4</b>	<b>Laugen</b> . . . . .	234
<b>5.5</b>	<b>pH-Wert</b> . . . . .	235
<b>5.6</b>	<b>Salze</b> . . . . .	235
<b>5.7</b>	<b>Kreislauf des Kalkes</b> . . . . .	237
<b>5.8</b>	<b>Korrosion</b> . . . . .	238
5.8.1	Elektrochemische Spannungsreihe nach Galvani. . . . .	239
<b>5.9</b>	<b>Nicht-Eisenmetalle (NE-Metalle)</b> . . . . .	240
<b>5.10</b>	<b>Schadensfaktor Wasser</b> . . . . .	240
5.10.1	Wasser als Lösungsmittel . . . . .	240
5.10.2	Wasser als Partner von chemischen Reaktionen . . . . .	241
5.10.3	Wasser als Transportmittel . . . . .	241
5.10.4	Wasser als Sprengfaktor . . . . .	241
5.10.5	Wasser als Beeinträchtigungsfaktor. . . . .	241
5.10.6	Wasser als Förderfaktor . . . . .	242
<b>5.11</b>	<b>Säuren als Schadensursache</b> . . . . .	242
5.11.1	Herkunft der Säuren . . . . .	242
<b>5.12</b>	<b>Schadensfaktor Laugen</b> . . . . .	243
5.12.1	Herkunft der Laugen . . . . .	244
<b>5.13</b>	<b>Schadensfaktor Salze</b> . . . . .	245
<b>5.14</b>	<b>Schadensfaktor Organismen</b> . . . . .	247
<b>5.15</b>	<b>Regeln zur Vermeidung von Bauschäden</b> . . . . .	247