

Horst Arndt

# **Wärmeschutz und Feuchte in der Praxis**

Funktionssicher und Energie sparend bauen

Mit CD-ROM



Verlag Bauwesen · Berlin

# Inhaltsverzeichnis

سنة

<b>Teil I</b>	<b>Grundlagen</b> . . . . .	13
<b>1</b>	<b>Bestimmung des baulichen Wärme- und Feuchteschutzes</b> . . . . .	15
1.1	Aufgaben . . . . .	15
1.2	Maßnahmen . . . . .	15
1.3	Zielstellung . . . . .	15
<b>2</b>	<b>Bauklimatische Kriterien</b> . . . . .	17
2.1	Einflussgrößen des Außenklimas . . . . .	17
2.2	Einflussgrößen des Raumklimas . . . . .	17
2.3	Behaglichkeitskriterien . . . . .	17
<b>3</b>	<b>Grundlagen des Wärme- und Feuchteaustausches</b> . . . . .	22
3.1	Wärmeaustausch (Wärmetransport) . . . . .	22
3.2	Wärmespeicherung . . . . .	23
3.3	Feuchtigkeitsaustausch (Feuchtetransport) . . . . .	23
3.4	Feuchtespeicherfähigkeit . . . . .	24
<b>4</b>	<b>Wärmeschutztechnische Kenngrößen</b> . . . . .	25
4.1	Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen, Luft und Wasser . . . . .	25
4.2	Wärmeschutztechnische Kenngrößen für Bauteile . . . . .	27
<b>5</b>	<b>Feuchtigkeitstechnische Kenngrößen</b> . . . . .	30
5.1	Feuchtegehalt der Luft . . . . .	30
5.2	Feuchtigkeitsgehalt der Baustoffe . . . . .	33
5.2.1	Hygroskopische Feuchtigkeit . . . . .	33
5.2.2	Praktischer Feuchtegehalt . . . . .	34

5.2.3	Kapillarer Wassertransport . . . . .	35
5.2.4	Kritischer Feuchtegehalt . . . . .	36
<b>5.3</b>	<b>Wasserdampfdiffusion . . . . .</b>	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>Bauphysikalische Kriterien von Baustoffen . . . . .</b>	<b>39</b>
<b>6.1</b>	<b>Übersicht über wichtige Kriterien . . . . .</b>	<b>40</b>
<b>6.2</b>	<b>Struktur der Baustoffe . . . . .</b>	<b>43</b>
<b>6.3</b>	<b>Wärme- und feuchtebedingtes Verhalten von Baustoffen . . . . .</b>	<b>44</b>
6.3.1	Metalle . . . . .	44
6.3.1.1	Eisen und Stahl . . . . .	47
6.3.1.2	Kupfer . . . . .	47
6.3.1.3	Aluminium . . . . .	48
6.3.1.4	Zink . . . . .	49
6.3.1.5	Blei . . . . .	50
6.3.1.6	Messing . . . . .	50
6.3.2	Massive Baustoffe . . . . .	50
6.3.2.1	Schwerbeton . . . . .	50
6.3.2.2	Leichtbeton . . . . .	52
6.3.2.3	Porenbeton . . . . .	54
6.3.2.4	Schaumbeton . . . . .	57
6.3.2.5	Ziegel, Klinker . . . . .	60
6.3.2.6	Naturgesteine . . . . .	63
6.3.2.7	Gips, Anhydrit . . . . .	65
6.3.3	Wärmedämmstoffe . . . . .	67
6.3.4	Holz und holzhaltige Baustoffe . . . . .	77
6.3.5	Glas und Fenster . . . . .	79
6.3.6	Bitumen, bituminöse Baustoffe . . . . .	84
<b>6.4</b>	<b>Verträglichkeit der Baustoffe . . . . .</b>	<b>93</b>
<b>6.5</b>	<b>Baustoffe und Umwelt . . . . .</b>	<b>93</b>
<b>7</b>	<b>Berechnungs- und Nachweisverfahren für Bauteile . . . . .</b>	<b>101</b>
<b>7.1</b>	<b>Stoffkenngrößen und Klimadaten . . . . .</b>	<b>101</b>
7.1.1	Kennwerte der einzelnen Stoffgruppen und Bauteile . . . . .	101
7.1.2	Klimadaten und Zusammenhänge . . . . .	114
<b>7.2</b>	<b>Wärmeschutztechnische Berechnungen . . . . .</b>	<b>123</b>
7.2.1	Wärmedurchgangskoeffizient $U(k)$ . . . . .	123
7.2.2	Bauteiltemperaturen . . . . .	127
7.2.3	Wärmespeicherfähigkeit . . . . .	129
7.2.4	Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient $U_m$ . . . . .	133
7.2.5	Äquivalenter Wärmedurchgangskoeffizient für Fenster . . . . .	134
<b>7.3</b>	<b>Diffusionstechnische Berechnungen . . . . .</b>	<b>137</b>
7.3.1	Tauwasserfreiheit für Bauteiloberflächen . . . . .	138
7.3.2	Feuchtigkeitsbilanz von Außenbauteilen . . . . .	139

<b>7.4</b>	<b>Arbeitsblätter (Nachweise des baulichen Wärme- und Feuchteschutzes)</b>	143
<b>7.5</b>	<b>Berechnung der Lüftungswärmeverluste</b>	146
7.5.1	Fugen- und Fensterlüftung	146
7.5.2	Lüftungswärmeverluste	149
<b>7.6</b>	<b>Ermittlung des <math>A/V_e</math>-Verhältnisses</b>	153
<b>7.7</b>	<b>Arbeitsblätter (Ermittlung des <math>A/V_e</math>-Verhältnisses)</b>	158
<b>8.</b>	<b>Verordnungen zum Energie sparenden Bauen</b>	160
<b>8.1</b>	<b>Zielstellungen des Energie sparenden Bauens</b>	160
<b>8.2</b>	<b>Überblick und Inhalt der Energie-Einsparverordnung (EnEV)</b>	163
<b>8.3</b>	<b>Berechnungs- und Nachweisverfahren der neuen EnEV</b>	166
8.3.1	Bezugsgrößen für Bauteile und Gebäude	166
8.3.2	Berechnung des Heizwärmebedarfs $Q_h$	167
8.3.3	Berechnung des Primärenergiebedarfs $Q_P$	172
8.3.4	Berechnungsschritte der Nachweisverfahren	173
<b>8.4</b>	<b>Anforderungen der EnEV</b>	181
8.4.1	Begrenzungen des Jahres-Primärenergiebedarfs und des spezifischen Transmissionsverlustes	181
8.4.2	Begrenzung des Wärmedurchgangs bei Veränderung bestehender Gebäude	189
8.4.3	Energiebedarfsausweis und Wärmebedarfsausweis	190
<b>8.5</b>	<b>Arbeitsdiagramme zur EnEV</b>	190
8.5.1	Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes der Außenwände bestehender Gebäude	192
8.5.2	Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes von Dächern	205
8.5.3	Baulicher Wärmeschutz für neu herzustellende Dächer	212
<b>9</b>	<b>Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes für Gebäude</b>	218
<b>9.1</b>	<b>Rechnerischer Nachweis für Gebäude und Räume</b>	218
<b>9.2</b>	<b>Schattenspende vor Fenstern</b>	224
<b>9.3</b>	<b>Zulässiger Fensterflächenanteil und Sonneneintragswerte</b>	231
<b>10</b>	<b>Wärmebrücken und Tauwasser an den Innenoberflächen</b>	233
<b>10.1</b>	<b>Arten und Formen von Wärmebrücken</b>	233
<b>10.2</b>	<b>Wirkung von Wärmebrücken</b>	234
<b>10.3</b>	<b>Wärmebrückenwirkung und Tauwasserbildung</b>	241
<b>10.4</b>	<b>Wärmebrücken und Mindestanforderungen</b>	245
<b>10.5</b>	<b>Wärmebrücken und längenbezogener Wärmedurchgang</b>	246

<b>Teil II</b>	<b>Ausführungspraxis</b>	249
<b>11</b>	<b>Außenwände</b>	251
<b>11.1</b>	<b>Bauphysikalisches Verhalten der Außenwände</b>	251
<b>11.2</b>	<b>Spezifik der Funktionsschichten in der Außenwand</b>	263
11.2.1	Wetterschutzschichten	264
11.2.2	Wetterschutzschalen und Bekleidungen	266
11.2.3	Hinterlüftung von Wetterschutzschalen	277
<b>11.3</b>	<b>Außenwandtypen</b>	283
11.3.1	Außenwände aus Mauerwerk	283
11.3.1.1	Ziegelmauerwerk	283
11.3.1.2	Mauerwerk aus Kalksandsteinen	284
11.3.1.3	Mauerwerk aus Gasbetonsteinen	287
11.3.2	Fachwerkwände	298
11.3.3	Industriell vorgefertigte Montage-Außenwände	304
11.3.3.1	Einschichtige Montagewände	304
11.3.3.2	Mehrschichtige (mehrschalige) Montagewände	307
11.3.4	Leichte Außenwände	311
11.3.5	Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS)	312
<b>11.4</b>	<b>Begrünung von Außenwänden</b>	315
<b>11.5</b>	<b>Algen und Pilze auf Außenoberflächen von Gebäuden</b>	317
11.5.1	Ursachen für Bewuchs durch Algen, Pilze und Flechten	317
11.5.2	Schutz gegen Bewuchs durch Algen und Pilze	320
11.5.3	Sanierungsmaßnahmen bei Algen- und Pilzbewuchs	321
<b>12</b>	<b>Fugen mit Dichtstoffen</b>	322
<b>12.1</b>	<b>Eigenschaften der Dichtstoffe</b>	322
<b>12.2</b>	<b>Abstimmung zwischen Fuge und Dichtstoff</b>	326
<b>12.3</b>	<b>Ausbildung der Dichtstoff-Fuge</b>	329
<b>13</b>	<b>Dächer</b>	333
<b>13.1</b>	<b>Dachformen, Dachtypen und Dachneigung</b>	333
<b>13.2</b>	<b>Zweischalige durchlüftete Dächer</b>	338
13.2.1	Funktionsschichten des zweischaligen Daches	338
13.2.2	Bemessung der Durchlüftung	342
13.2.3	Konstruktionsbeispiele für zweischalige Dächer	347
<b>13.3</b>	<b>Einschalige Dächer</b>	357
13.3.1	Funktionsschichten des einschaligen Daches	357
13.3.2	Konstruktionsbeispiele und Besonderheiten des einschaligen Daches	362
13.3.3	Feuchtigkeit in einschaligen Dächern	372

---

<b>13.4</b>	<b>Dachbegrünung</b> . . . . .	383
13.4.1	Extensive Dachbegrünung . . . . .	384
13.4.2	Intensive Dachbegrünung . . . . .	386
<b>14</b>	<b>Flüssigkunststoff-Beschichtungen</b> . . . . .	388
<b>14.1</b>	<b>Materialtechnische Eigenschaften</b> . . . . .	388
<b>14.2</b>	<b>Anwendungsbeispiele</b> . . . . .	389
	<b>Literaturverzeichnis</b> . . . . .	396
	<b>Sachwörterverzeichnis</b> . . . . .	403
	<b>Erläuterungen zur CD-ROM siehe Vorsatz</b>	