

Wolfgang M. Willems
Kai Schild
Simone Dinter

Vieweg Handbuch Bauphysik Teil 1

**Wärme- und Feuchteschutz,
Behaglichkeit, Lüftung**

Mit 246 Abbildungen und 223 Tabellen



Inhaltsverzeichnis

TEIL 1

1 Grundbegriffe und Berechnungshilfen

1.1	Einheiten-Umrechnungstafel	1.1
1.1.1	Länge	1.1
1.1.2	Fläche	1.1
1.1.3	Volumen	1.1
1.1.4	Masse	1.2
1.1.5	Zeit	1.2
1.1.6	Kraft	1.2
1.1.7	Spannung	1.3
1.1.8	Druck	1.3
1.1.9	Arbeit	1.3
1.1.10	Leistung	1.4
1.1.11	Wärmeleitfähigkeit	1.4
1.1.12	Spezifische Wärmekapazität	1.4
1.1.13	Wärmedurchgangskoeffizient	1.5
1.1.14	Wärmestromdichte	1.5
1.2	Griechisches Alphabet	1.6
1.3	Mathematische Grundlagen	1.7
1.3.1	Geometrie	1.7
	<i>Flächenberechnung</i>	1.7
	<i>Volumenberechnung</i>	1.10
1.3.2	Rechenregeln	1.14
	<i>Potenzen</i>	1.14
	<i>Wurzeln</i>	1.14
	<i>Logarithmen</i>	1.15
	<i>Quadratische Gleichung</i>	1.15
1.3.3	Trigonometrie	1.15
1.4	Wärmedämmstoffe	1.16
1.4.1	Allgemeines	1.16
1.4.2	Anwendungstypen / -gebiete	1.18
1.4.3	Kennwerte am Markt verfügbarer Wärmedämmstoffe	1.20
1.4.4	Verzeichnis der Wärmedämmstoff-Hersteller	1.35
1.5	Wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte	1.47
1.5.1	Putze, Mörtel, Asphalt und Estriche	1.47
1.5.2	Beton	1.48
1.5.3	Bauplatten	1.50
1.5.4	Mauerwerk aus Klinkern und Ziegeln	1.51
1.5.5	Mauerwerk aus Kalksandsteinen, Hüttensteinen und Porenbeton-Plansteinen	1.55

1.5.6	Mauerwerk aus Betonsteinen	1.56
1.5.7	Wärmedämmstoffe	1.59
1.5.8	Holz und Holzwerkstoffe	1.63
1.5.9	Fußbodenbeläge, Abdichtstoffe, Dachbahnen, Folien	1.64
1.5.10	Lose Schüttungen	1.65
1.5.11	Glas, Natursteine	1.65
1.5.12	Lehmbaustoffe	1.66
1.5.13	Metalle	1.66
1.5.14	Böden.....	1.67
1.5.15	Gase	1.67
1.5.16	Gummi, Massive Kunststoffe	1.68
1.5.17	Wasser, Eis, Schnee	1.69
1.6	Wärme- und schalltechnische Kennwerte für Verglasungen.....	1.69
1.7	Formularvorlagen für Berechnungen nach EnEV	1.85
	<i>EnEV-Nachweis nach dem Periodenbilanzverfahren.....</i>	<i>1.85</i>
	<i>Anlagenbewertung gemäß DIN 4701-10 im Tabellenverfahren</i>	<i>1.87</i>
	<i>Energiebedarfsausweis</i>	<i>1.91</i>
	<i>Wärmebedarfsausweis</i>	<i>1.93</i>
1.8	Literatur	1.94

2 Wärmeschutz

2.1	Physikalische Größen, Formelzeichen, Einheiten	2.1
2.2	Wärmeschutztechnische Begriffe	2.3
2.2.1	Rohdichte	2.3
2.2.2	Wärmeleitfähigkeit	2.3
2.2.3	Spezifische Wärmekapazität.....	2.4
2.2.4	Temperaturleitzahl.....	2.5
2.2.5	Wärmeeindringkoeffizient	2.5
2.2.6	Wärmestrom.....	2.6
2.2.7	Wärmestromdichte	2.6
2.2.8	Wärmeübergangswiderstand	2.7
2.2.9	Wärmedurchlasswiderstand.....	2.10
	<i>Wärmedurchlasswiderstand für eine Baustoffschicht</i>	<i>2.10</i>
	<i>Wärmedurchlasswiderstand für eine Luftschicht</i>	<i>2.11</i>
	<i>Wärmedurchlasswiderstand für einen Luftraum</i>	<i>2.14</i>
	<i>Wärmedurchlasswiderstand unbeheizter Räume</i>	<i>2.14</i>
2.2.10	Wärmedurchgangswiderstand	2.15
2.2.11	Wärmedurchgangskoeffizient für opake Bauteile	2.21
	<i>Korrektur des U-Wertes bei Luftspalten im Bauteil</i>	<i>2.21</i>
	<i>Korrektur des U-Wertes bei Durchdringung der Dämmschicht durch Befestigungsteile</i>	<i>2.21</i>

	<i>Korrektur des U-Wertes durch Niederschlag auf Umkehrdächern</i>	2.23
	<i>Berechnung des U-Wertes für Bauteile mit keilförmigen Schichten</i>	2.24
	<i>Berechnung des U-Wertes für zweischalige Dach- und Wandaufbauten im Stahlleichtbau</i>	2.25
	<i>Berechnung des U-Wertes für Sandwichelemente gemäß prEN 14509</i>	2.35
2.2.12	<i>Wärmedurchgangskoeffizient für Fenster</i>	2.37
	<i>Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung</i>	2.37
	<i>Wärmedurchgangskoeffizient des Rahmens</i>	2.38
	<i>Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters</i>	2.38
2.3	Bestimmung von Temperaturverteilungen	2.44
2.3.1	<i>Stationäre Randbedingungen</i>	2.44
	<i>Rechnerisches Verfahren</i>	2.44
	<i>Graphisches Verfahren</i>	2.44
	<i>Beispiele für Temperaturverläufe in verschiedenen Außenwandkonstruktionen</i>	2.45
2.3.2	<i>Instationäre Randbedingungen</i>	2.46
	<i>Graphisches Differenzenverfahren nach Binder/Schmidt</i>	2.47
2.4	Wärmebilanzen	2.51
2.4.1	<i>Einführung</i>	2.51
2.4.2	<i>Netzwerk-Verfahren</i>	2.51
2.5	Wärmebrücken	2.58
2.5.1	<i>Einführung in die Thematik</i>	2.58
	<i>Definition nach DIN EN ISO 10211-1</i>	2.58
	<i>Konstruktiv bedingte Wärmebrücken / stoffbedingte Wärmebrücken</i>	2.58
	<i>Geometrisch bedingte Wärmebrücken / formbedingte Wärmebrücke</i>	2.58
	<i>Mischformen</i>	2.58
	<i>Lüftungs- und umgebungsbedingte „Wärmebrücken“</i>	2.59
	<i>Auswirkungen von Wärmebrücken</i>	2.59
2.5.2	<i>Rechnerische Untersuchung von Wärmebrücken</i>	2.61
	<i>Randbedingungen gemäß DIN EN ISO 10 211-1</i>	2.62
	<i>Validierungsbeispiele nach DIN EN ISO 10 211-1</i>	2.63
	<i>Randbedingungen gemäß DIN 4108, Beiblatt 2</i>	2.64
	<i>Ermittlung des längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten</i> ...	2.67
	<i>Ermittlung des punktbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten</i>	2.70
	<i>Wärmebrückenkataloge</i>	2.71
2.5.3	<i>Sanierung von Wärmebrücken durch Beheizung</i>	2.72
	<i>Passive Beheizung</i>	2.72
	<i>Aktive Beheizung</i>	2.74
2.6	Mindestanforderungen an den Wärmeschutz im Winter	2.74
2.6.1	<i>Bautechnische Maßnahmen für eine energiesparende Bauweise</i>	2.74
2.6.2	<i>Anforderungen an ein- und mehrschichtige schwere opake Massivbauteile</i>	2.74

2.6.3	Anforderungen an leichte opake Außenbauteile, Rahmen- und Skelettbauarten	2.76
2.6.4	Anforderungen für Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen	2.76
2.6.5	Anforderungen im Bereich von Wärmebrücken	2.76
2.6.6	Anforderungen an Fenster, Fenstertüren und Türen	2.77
2.7	Energiesparender Wärmeschutz – Energieeinsparverordnung ...	2.77
2.7.1	Einleitung	2.77
2.7.2	Geltungsbereich der EnEV	2.79
2.7.3	Bezugsgrößen und Anforderungen für Neubauten	2.79
2.7.4	Bezugsgrößen und Anforderungen für Änderungen an bestehenden Gebäude und Anlagen sowie für Gebäude mit geringem Volumen	2.81
2.7.5	Struktur der Nachweisverfahren für Neubauten	2.85
	<i>Verfahren für Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen</i>	2.85
	<i>Vereinfachtes Verfahren für Wohngebäude mit einen Fensterflächenanteil < 30 % (Periodenbilanzverfahren)</i>	2.85
	<i>Detailliertes Verfahren (Monatsbilanzverfahren)</i>	2.85
2.7.6	Ermittlung der Eingangsgrößen	2.88
	<i>Wärmeübertragende Umfassungsfläche</i>	2.88
	<i>Bruttovolumen</i>	2.90
	<i>Wärmedurchgangskoeffizienten</i>	2.90
2.7.7	Tabellen zur Ermittlung der Wärmeverluste und -gewinne	2.91
	<i>Transmissionswärmeverlust</i>	2.91
	<i>Lüftungswärmeverlust</i>	2.91
	<i>Solare Wärmegewinne</i>	2.91
	<i>Interne Wärmegewinne</i>	2.91
2.7.8	Planungshilfen zur Optimierung solarer Wärmegewinne	2.102
	<i>solare Gewinne über transparente Bauteile</i>	2.102
	<i>solare Gewinne über unbeheizte Glasvorbauten</i>	2.102
	<i>solare Gewinne über opake Bauteile</i>	2.102
2.7.9	Ermittlung des Ausnutzungsgrades der solaren und internen Gewinne	2.108
2.7.10	Ermittlung der Anlagenaufwandszahl	2.108
	<i>1. Möglichkeit (Regelverfahren)</i>	2.109
	<i>2. Möglichkeit (Monatsbilanzverfahren mit Berücksichtigung der Wärmerückgewinnung)</i>	2.109
	<i>3. Möglichkeit (Berechnung mit korrigierter Anlagenaufwandszahl)</i> .	2.110
	<i>Diagrammverfahren</i>	2.111
	<i>Tabellenverfahren</i>	2.111
2.7.11	Berechnungsbeispiel: Wohnhaus gemäß vereinfachtem Verfahren .	2.113
2.7.12	Ausblick auf zukünftige Nachweiskonzepte	2.125
	<i>EU-Richtlinie „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ (EPBD)</i>	2.125
	<i>Energieeinsparverordnung 2006 (EnEV 2006)</i>	2.127
	<i>Gebäude-Energiepass</i>	2.128
	<i>DIN V 18 599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“</i>	2.132

2.8	Wärmeübertragung über das Erdreich	2.135
2.8.1	Einführung.....	2.135
	<i>Wärmebrücken am Wand-Bodenplatten-Anschluss</i>	<i>2.137</i>
	<i>Einfluss des Grundwassers</i>	<i>2.138</i>
2.8.2	Wärmeverluste über erdberührte Bodenplatten (nicht unterkellert) ..	2.140
2.8.3	Wärmeverluste über aufgeständerte Bodenplatten (Kriechkeller)	2.141
2.8.4	Wärmeverluste bei beheiztem Keller	2.142
2.8.5	Wärmeverluste bei unbeheiztem oder teilweise beheiztem Keller....	2.143
2.9	Sommerlicher Wärmeschutz.....	2.144
2.9.1	Einführung.....	2.144
2.9.2	Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2	2.144
	<i>Sonneneintragskennwert</i>	<i>2.146</i>
	<i>Zulässiger Sonneneintragskennwert.....</i>	<i>2.148</i>
2.9.3	Beschreibung der Einflussfaktoren im Nachweisverfahren nach DIN 4108-2.....	2.149
	<i>Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung.....</i>	<i>2.149</i>
	<i>Sonnenschutz der transparenten Außenbauteile.....</i>	<i>2.150</i>
	<i>Flächenanteil der transparenten Außenbauteile</i>	<i>2.152</i>
	<i>Orientierung der transparenten Außenbauteile.....</i>	<i>2.152</i>
	<i>Neigungswinkel zur Senkrechten bei transparenten Außenbauteilen</i>	<i>2.154</i>
	<i>Art und Intensität der Raumlüftung</i>	<i>2.154</i>
	<i>Wärmespeicherfähigkeit der raumumschließenden Bauteile.....</i>	<i>2.155</i>
	<i>Raumgeometrie</i>	<i>2.159</i>
2.9.4	Berechnungsbeispiel: Eckzimmer, Süd-West-Orientierung.....	2.160
2.9.5	Temperaturamplitudenverhältnis und Phasenverschiebung	2.162
2.10	Literatur	2.166

T Farbtafeln

3 Wärmebrückenkatalog zu DIN 4108 Beiblatt 2 (01.04)

3.1	Allgemeines.....	3.1
3.1.1	Berücksichtigung von Wärmebrücken beim EnEV-Nachweis	3.1
3.1.2	Grundsätzliches zu DIN 4108, Bbl. 2 (01.04).....	3.2
	<i>Zweischalige Konstruktionen</i>	<i>3.2</i>
	<i>Dachkonstruktionen</i>	<i>3.2</i>
	<i>Nachweisfreie Anschlusssituationen.....</i>	<i>3.3</i>
3.1.3	Gleichwertigkeitsnachweis.....	3.3
3.1.4	Restriktionen bzw. Grenzen von DIN 4108, Bbl. 2.....	3.4
3.2	Materialien und verwendete Kenngrößen	3.5
3.3	Monolithisches Mauerwerk	3.6
3.4	Außengedämmtes Mauerwerk	3.20

3.5	Außengedämmter Stahlbeton	3.30
3.6	Kerngedämmtes Mauerwerk	3.32
3.7	Holzbauart	3.47
3.8	Sonstige (Dachfenster, Gauben, Innenwand-Anschlüsse)	3.59
3.9	Literatur	3.62

4 Raumklima/Behaglichkeit

4.1	Einführung	4.1
4.2	Wertepaar: Raumlufttemperatur vs. Oberflächentemperaturen	4.2
4.2.1	Raumlufttemperatur vs. Oberflächentemperatur insgesamt	4.2
4.2.2	Raumlufttemperatur vs. Fußbodentemperatur	4.4
4.2.3	Raumlufttemperatur vs. Deckentemperatur	4.5
4.3	Raumlufttemperatur vs. Luftfeuchte	4.6
4.4	Raumlufttemperatur vs. Luftgeschwindigkeit	4.7
4.5	Behaglichkeitskriterien nach DIN 1946-2 (VDI-Lüftungsregeln)	4.8
4.6	Analytische Bestimmung der thermischen Behaglichkeit nach E DIN EN ISO 7730	4.11
4.6.1	Anforderungen	4.11
4.6.2	Bestimmung des vorausgesagten mittleren Votums (PMV)	4.12
4.6.3	Bestimmung des vorausgesagten Prozentsatzes an Unzufriedenen (PPD)	4.16
4.6.4	Bestimmung der Beinträchtigung durch Zugluft (DR)	4.16
4.7	Literatur	4.21

5 Feuchteschutz

5.1	Physikalische Größen, Formelzeichen, Einheiten	5.1
5.2	Feuchteschutztechnische Begriffe	5.3
5.2.1	Wasserdampf	5.3
5.2.2	Wasserdampfpartialdruck	5.3
5.2.3	Wasserdampfsättigungsdruck	5.5
5.2.4	Normatmosphäre	5.7
5.2.5	Relative Luftfeuchte	5.8
5.2.6	Konzentration der trockenen Luft	5.8
5.2.7	Wasserdampfkonzentration	5.8
5.2.8	Wasserdampfsättigungskonzentration	5.9
5.2.9	Taupunkttemperatur	5.10
5.2.10	Wasserdampf-Diffusionsübergangswiderstand	5.12
5.2.11	Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizient ruhender Luft	5.13

5.2.12	Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand	5.15
5.2.13	Wasserdampf-Diffusionsdurchgangskoeffizient	5.15
5.2.14	Wasserdampf-Diffusionsstromdichte	5.16
5.2.15	Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl	5.18
	<i>Messprinzip</i>	5.20
	<i>Trockenbereichsverfahren (dry-cup)</i>	5.20
	<i>Feuchtbereichsverfahren (wet-cup)</i>	5.21
	<i>Wahl des μ-Wertes für poröse Baustoffe bei stationären</i> <i>Diffusionsberechnungen</i>	5.22
5.2.16	Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke	5.23
5.3	Feuchtetransport in Baustoffen	5.24
5.3.1	Allgemeines	5.24
5.3.2	Sorption	5.26
5.3.3	Wasserdampfdiffusion	5.30
5.3.4	Oberflächendiffusion	5.31
5.3.5	Kapillarleitung	5.33
	<i>Kapillarradius</i>	5.34
	<i>Feuchtegehalt</i>	5.35
5.4	Schlagregenschutz	5.35
5.4.1	Allgemeines	5.35
	<i>Schlagregenbeanspruchungsgruppen</i>	5.35
	<i>Kriterien für Putze und Beschichtungen</i>	5.36
	<i>Zuordnung von Bauteilkonstruktionen und Beanspruchungsgruppen</i> <i>nach DIN 4108-3</i>	5.36
5.5	Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN 4108-3	5.38
5.5.1	Allgemeines	5.38
5.5.2	Tauwasserbildung und Schimmelpilzbildung auf Bauteiloberflächen ..	5.39
	<i>Mindestwärmeschutz</i>	5.39
	<i>Tauwasserbildung infolge erhöhter Wärmeübergangswiderstände</i> ...	5.40
	<i>Tauwasserbildung infolge „Sommerkondensation“</i>	5.41
	<i>Tauwasserbildung infolge erhöhter Raumluftfeuchte</i>	5.41
	<i>Oberflächentauwassermenge</i>	5.42
5.5.3	Tauwasserbildung im Innern von Bauteilen	5.42
5.5.4	Nachweisfreie Bauteilkonstruktionen nach DIN 4108-3	5.43
5.5.5	Ablauf der Nachweisführung im Glaser-Verfahren	5.57
	<i>Zusammenstellung der klimatischen Randbedingungen</i>	5.58
	<i>Berechnung der Wasserdampfsättigungsdrücke</i>	5.58
	<i>Darstellung des p_s-Verlaufes</i>	5.60
	<i>Darstellung des p_D-Verlaufes bei</i> <i>tauwasserfreiem Querschnitt</i>	5.62
	<i>Darstellung des p_D-Verlaufes bei</i> <i>Tauwasserausfall im Querschnitt</i>	5.63
	<i>Berechnung der Tauwassermenge</i>	5.64
	<i>Nachweis zur Vermeidung extremer Feuchteansammlung</i>	5.68

	<i>Berechnung der Verdunstungswassermenge</i>	5.68
5.5.6	Berechnungsbeispiele zum Glaser-Verfahren	5.72
	<i>Beispiel 1 - Außenwand als zweischaliges Mauerwerk</i>	5.72
	<i>Beispiel 2 - Außenwand mit innenseitig applizierter Dämmschicht</i>	5.76
	<i>Beispiel 3 - Trennwand zwischen einem Kühl- und einem Vorraum</i> ...	5.79
	<i>Beispiel 4 - Flachdach</i>	5.83
5.5.7	Bautechnische Maßnahmen zur Vermeidung der Tauwasserbildung im Innern von Bauteilen	5.88
	<i>Art und Anordnung der Bauteilschichten</i>	5.88
	<i>Hinterlüftung einer tauwassergefährdeten Schicht</i>	5.92
	<i>Bemessung einer erforderlichen Dampfbremse</i>	5.92
5.6	Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN EN ISO 13788.....	5.94
5.6.1	Allgemeines	5.94
5.6.2	Außenseitige klimatische Randbedingungen	5.94
5.6.3	Raumseitige klimatische Randbedingungen	5.98
	<i>Fall 1) - Raumseitige Luftfeuchteklassen</i>	5.98
	<i>Fall 2) - bekannte Feuchtezufuhr und konstante Luftwechselrate</i>	5.99
	<i>Fall 3) - bekannte Feuchtezufuhr und variable Luftwechselrate</i>	5.100
5.6.4	Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte.....	5.100
	<i>Struktur des Nachweisverfahren bei schwerer Bauweise</i>	5.102
	<i>Struktur des Nachweisverfahren für Fenster und bei leichter Bauweise</i>	5.104
5.6.5	Berechnungsbeispiele zur kritischen Oberflächenfeuchte nach DIN EN ISO 13788	5.107
5.6.6	Tauwasserbildung im Bauteilinnern.....	5.109
	Struktur des Berechnungsverfahrens	5.109
	Ermittlung des Anfangsmonats	5.110
	Zusammenstellung der klimatischen Randbedingungen	5.110
	Erstellung der Diffusionsdiagramme	5.111
	Berechnung der Tauwasser- und Verdunstungsmengen	5.117
	Ergebnis der Jahresbilanzberechnung	5.120
5.6.7	Berechnungsbeispiele zur Tauwasserbildung im Bauteilinnern	5.121
	<i>Beispiel 1 - Außenwand als zweischaliges Mauerwerk</i>	5.121
	<i>Beispiel 2 - Monolithisches Mauerwerk</i>	5.126
5.8	Bauwerksabdichtungen nach DIN 18195	5.133
5.8.1	Einleitung	5.133
	<i>Aufgaben einer funktionsfähigen Bauwerksabdichtung</i>	5.133
	<i>Umfang der Normenreihe</i>	5.133
	<i>Geltungsbereich der DIN 18195</i>	5.134
5.8.2	Zuordnung der Abdichtungsart	5.135
	<i>Wasserarten</i>	5.136
	<i>Lastfälle nach 18195-4</i>	5.138
	<i>Lastfälle nach DIN 18195-5</i>	5.139
	<i>Lastfälle nach DIN 18195-6</i>	5.140

	<i>Lastfälle nach DIN 18195-7</i>	5.140
5.8.3	Abdichtungsmaterialien nach DIN 18195-2	5.141
	<i>Bituminöse Voranstrichmittel</i>	5.143
	<i>Bituminöse Klebmassen und Deckaufstrichmittel</i>	5.143
	<i>Asphaltmastix und Gußasphalt</i>	5.144
5.8.4	Verarbeitung der Abdichtungsmaterialien nach DIN 18195-3	5.145
5.8.5	Abdichtung gegen Bodenfeuchtigkeit und nicht stauendes Sickerwasser nach DIN 18195-4	5.148
	<i>Abdichtung der Bodenplatte</i>	5.149
	<i>Waagerechte Abdichtung (Querschnittsabdichtung)</i>	5.152
	<i>Senkrechte Abdichtung</i>	5.155
5.8.6	Abdichtung gegen nicht drückendes Wasser mit mäßiger bzw. hoher Beanspruchung nach DIN 18195-5	5.163
	<i>Abdichtung im Gebäudeinneren</i>	5.165
	<i>Abdichtung im Freien</i>	5.166
	<i>Abdichtungsmaterialien und Einbauhinweise nach DIN 18195-5 für mäßige Beanspruchungen</i>	5.167
	<i>Abdichtungsmaterialien und Einbauhinweise nach DIN 18195-5 für hohe Beanspruchungen</i>	5.170
5.8.7	Abdichtung gegen von außen drückendes Wasser und aufstauendes Wasser nach DIN 18195-6	5.172
	<i>Abdichtung gegen drückendes Wasser</i>	5.174
	<i>Abdichtung gegen aufstauendes Wasser</i>	5.178
5.8.8	Abdichtung gegen von innen drückendes Wasser	5.180
	<i>Aufgeklebte Abdichtungen</i>	5.181
5.8.9	Abdichtung von Bewegungsfugen nach DIN 18195-8	5.181
	<i>Abdichtung von Fugen bei Beanspruchung durch Bodenfeuchte</i>	5.182
	<i>Abdichtung von Fugen bei Beanspruchung durch nichtdrückendes Wasser auf Deckflächen und in Nassräumen</i>	5.183
	<i>Abdichtung von Fugen bei Beanspruchung durch von außen drückendes Wasser und zeitweise aufstauendes Wasser</i>	5.185
5.8.10	Abdichtungen im Bereich von Anschlüssen an Durchdringungen, Übergängen und Abschlüssen nach DIN 18195-9	5.186
5.9	Literatur	5.188

6 Luftbedarf und Lüftung

6.1	Luftbedarf	6.1
6.1.1	Raumluftqualität	6.1
	<i>olf (vom lateinischen olfactus = Geruchssinn)</i>	6.1
	<i>dezipol (pol vom lateinischen pollutio = Verunreinigung)</i>	6.2
6.1.2	Personen- und flächenbezogene Mindest-Außenluftströme für die Auslegung raumluftechnischer Anlagen nach DIN 1946-2	6.2
6.1.3	Zielsetzungen einer ausreichenden und kontrollierten Lüftung	6.3

	<i>Deckung des Sauerstoffbedarfs</i>	6.3
	<i>Abfuhr von Luftschadstoffen</i>	6.4
	<i>Senkung des CO₂-Gehaltes</i>	6.4
	<i>Reduzierung der Luftfeuchte</i>	6.5
6.2	Luftdichtheit	6.6
6.2.1	Einführung	6.6
6.2.2	Anforderungen und Planungsempfehlungen gemäß DIN 4108-7	6.7
	<i>Anforderungen</i>	6.7
	<i>Materialien</i>	6.7
	<i>Planungsempfehlungen</i>	6.8
6.2.3	Überprüfung der Luftdichtheit (Blower-Door Test)	6.11
	<i>Aufbau</i>	6.11
	<i>Vorbereitung im Gebäude</i>	6.12
	<i>Durchführung der Messung</i>	6.13
6.3	Freie Lüftung	6.15
6.3.1	Antriebsmechanismen	6.15
6.3.2	Fugenlüftung	6.15
6.3.3	Schachtlüftung	6.16
6.3.4	Fensterlüftung	6.16
6.4	Luftführung bei mechanischen Lüftungsanlagen	6.18
6.4.1	Allgemeines	6.18
6.4.2	Quelllüftung	6.19
6.4.3	Quelllüftung in Verbindung mit einer Kühldecke	6.19
6.4.4	Mischlüftung	6.19
6.4.5	Verdrängungslüftung	6.20
6.5	Mechanische Wohnungslüftung	6.20
6.5.1	Lüftungstechnische Zonierung von Wohnungen	6.20
	<i>Zuluftzone</i>	6.21
	<i>Überströmzone</i>	6.21
	<i>Abluftzone</i>	6.21
6.5.2	Übersicht über Lüftungssysteme im Wohnungsbau	6.22
6.5.3	Dezentrale Systeme (Einzelraumlüftung)	6.22
6.5.4	Zentrale Abluftanlagen ohne Abwärmenutzung	6.24
6.5.5	Zentrale Abluftanlagen mit Abwärmenutzung	6.25
6.5.6	Zentrale Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung	6.25
	<i>Zulufterwärmung über Erdkanäle (Erdwärmetauscher)</i>	6.26
6.5.7	Zentrale Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung	6.28
6.6	Wärmetauscher	6.29
6.6.1	Verfahren zur Wärmerückgewinnung	6.29
	<i>Rekuperatives Verfahren</i>	6.29
	<i>Regeneratives Verfahren</i>	6.30
6.6.2	Kreuzwärmetauscher	6.30
6.6.3	Gegenstrom-Wärmetauscher	6.31

6.6.4	Kreisverbund-Wärmetauscher	6.31
6.6.5	Wärmerohre („heat-pipes“)	6.32
6.6.6	Rotations-Wärmetauscher	6.32
6.6.7	Kapillar-Ventilatoren	6.33
6.7	Zustandsänderungen feuchter Luft (h-x-Diagramm)	6.33
6.7.1	Einführung	6.33
6.7.2	Beispiele	6.35
	<i>Beispiel 1: Ablesen von Zustandsgrößen</i>	6.35
	<i>Beispiel 2: Lufterwärmung</i>	6.35
	<i>Beispiel 3: Luftkühlung</i>	6.35
	<i>Beispiel 4: Mischung zweier Luftmassen</i>	6.35
	<i>Beispiel 5: Luftbefeuchtung mit Wasser (adiabatische Befeuchtung)</i> .	6.36
	<i>Beispiel 6: Luftbefeuchtung mit Sattdampf</i>	6.37
6.8	Literatur	6.44