

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Energiebilanz</b> .....	<b>1</b>	<b>3.2</b>	<b>Elektrische Bauteile</b> .....	<b>43</b>
1.1	Geschichtliche Entwicklung .....	1	3.2.1	Transformatoren .....	43
1.2	Energiesparmaßnahmen .....	1	3.2.2	Elektromotoren .....	43
<b>2</b>	<b>Physikalische und bauphysikalische Grundlagen</b> .....	<b>4</b>	3.2.2.1	Einphasen-Asynchronmotor und Kondensator .....	44
2.1	Die Elemente des Lebens: Wasser und Luft .....	4	3.2.2.2	Dreiphasen-Asynchronmotor .....	44
2.1.1	Wasser .....	4	3.2.3	Schaltzeichen und Schaltpläne .....	45
2.1.2	Luft .....	7	3.2.4	Gefährdung durch elektrischen Strom .....	46
2.1.2.1	Stickstoff .....	8	3.2.5	Schutzmaßnahmen .....	47
2.1.2.2	Sauerstoff .....	8	3.2.6	Elektrische Maschinen und Anlagen rechtssicher prüfen .....	50
2.1.2.3	Edelgase .....	9	<b>3.3</b>	<b>Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik</b> .....	<b>52</b>
2.1.2.4	Kohlendioxid .....	9	3.3.1	Einleitung .....	52
<b>2.2</b>	<b>Druck in Flüssigkeiten und Gasen</b> .....	<b>10</b>	3.3.2	Abgrenzung der Begriffe Messen, Steuern, Regeln .....	52
2.2.1	Druck allgemein .....	10	<b>3.4</b>	<b>Messtechnik</b> .....	<b>53</b>
2.2.2	Druck in Flüssigkeiten .....	11	3.4.1	Messen bei Wartungsarbeiten und Störungen .....	53
2.2.2.1	Hydrostatischer Druck .....	11	3.4.1.1	Messen des Ionisationsstromes am Gasgebläsebrenner .....	53
2.2.2.2	Kommunizierende Gefäße .....	12	3.4.1.2	Messen und Überprüfen von Widerständen .....	53
2.2.2.3	Saugheberprinzip .....	12	3.4.2	Messungen an der elektrischen Anlage .....	54
2.2.2.4	Druckfortpflanzung .....	12	3.4.2.1	Messen der Niederohmigkeit (Durchgängigkeit) des Schutzleiters .....	54
2.2.2.5	Theoretische Saughöhe von Pumpen bei Wasser .....	13	3.4.2.2	Messen des Isolationswiderstandes zwischen den Leitern .....	55
2.2.3	Druck in Gasen .....	13	<b>3.5</b>	<b>Steuerungs- und Regelungstechnik</b> .....	<b>55</b>
2.2.3.1	Das Boyle-Mariottesche Gesetz .....	13	3.5.1	Steuern und Regeln anhand einfacher Beispiele .....	55
2.2.3.2	Luftdruck .....	14	3.5.1.1	Steuern .....	55
2.2.4	Druckmessgeräte .....	14	3.5.1.2	Regeln .....	56
<b>2.3</b>	<b>Wärmelehre (Kalorik)</b> .....	<b>17</b>	3.5.2	Steuern und Regeln am Beispiel eines Gas-DWH's .....	56
2.3.1	Temperatur .....	17	3.5.3	Begriffsbestimmungen .....	57
2.3.1.1	Temperaturskalen .....	17	<b>4</b>	<b>Rohrleitungen, Rohrverlegung, Armaturen</b> .....	<b>59</b>
2.3.2	Thermische Ausdehnung .....	18	<b>4.1</b>	<b>Allgemeine Kenngrößen von Rohren</b> .....	<b>59</b>
2.3.2.1	Anomalie des Wassers .....	19	4.1.1	Nennweite (DN) .....	59
2.3.2.2	Thermische Ausdehnung von Gasen .....	20	4.1.2	Nenndruck (PN) .....	59
2.3.3	Temperaturmessung .....	20	<b>4.2</b>	<b>Rohrarten</b> .....	<b>60</b>
2.3.4	Wärmeenergie .....	23	4.2.1	Stahlrohre .....	61
2.3.5	Wärmeleistung (Wärmestrom) .....	24	4.2.1.1	Rohre aus unlegiertem Stahl mit Eignung zum Schweißen und Gewindeschneiden .....	61
2.3.6	Schmelz- und Verdampfungswärme .....	25	4.2.1.2	Nahtlose und geschweißte Stahlrohre .....	61
2.3.7	Wärmeübertragung .....	26	4.2.1.3	Präzisionsstahlrohre .....	62
2.3.8	Wärmeübergang .....	29	4.2.1.4	Nichtrostende Stahlrohre .....	63
2.3.9	Wärmedurchgang .....	30	4.2.1.5	Stahlrohre für Gasleitungen .....	63
<b>2.4</b>	<b>Schall und Schallschutz</b> .....	<b>32</b>	4.2.2	Rohre mit geringer Wandstärke .....	64
2.4.1	Schall .....	32	4.2.2.1	Abgasrohre .....	64
2.4.2	Das menschliche Ohr .....	32	4.2.2.2	Füll- und Entlüftungsrohre .....	64
2.4.3	dB als Messgröße des Schalls .....	33	4.2.2.3	Regenfallrohre und Regenstandrohre .....	65
2.4.4	Geräuschwahrnehmung des Menschen .....	33	4.2.3	Gusseisenrohre .....	66
2.4.5	Schallarten und Schallausbreitung .....	34	4.2.3.1	SML-Rohre .....	66
2.4.6	Schallpegelmesser .....	34	4.2.3.2	KML-Rohre .....	66
2.4.7	Richtiges Messen .....	35	4.2.4	Kupferrohre .....	68
2.4.7.1	Hintergrundgeräusche .....	35	4.2.4.1	Verwendung von Kupferrohren .....	68
2.4.7.2	Addition von Schallquellen .....	35	4.2.4.2	Eigenschaften der Kupferrohre .....	68
2.4.8	Schallschutz .....	36	4.2.4.3	Lieferformen von Kupferrohren .....	68
<b>2.5</b>	<b>Grundlagen des Brandschutzes</b> .....	<b>38</b>	4.2.4.4	Kupferrohre nach DIN EN 1057 .....	68
2.5.1	Allgemeines .....	38	4.2.4.5	Sonstige Kupferrohre .....	70
2.5.2	Gesetzliche Regelungen .....	38			
2.5.3	Baulicher Brandschutz .....	39			
<b>3</b>	<b>Elektrotechnik</b> .....	<b>41</b>			
<b>3.1</b>	<b>Stromarten und Stromverteilung</b> .....	<b>41</b>			
3.1.1	Gleichstrom .....	41			
3.1.2	Wechselstrom .....	42			
3.1.3	Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom) .....	42			
3.1.4	Stromverteilung .....	42			

4.2.5	Drallrohre und Rippenrohre	71	4.4.1.7	Kleben von PVC-Rohren	145
4.2.5.1	Drallrohre	71	4.4.1.8	Rohrpressverbindungen	147
4.2.5.2	Rillenrohre und Rippenrohre	72	4.4.1.9	Schiebehülsenverbindungen	149
4.2.6	Metallschläuche und metallbewehrte Schläuche	73	4.4.1.10	Gewinderohrverbindungen	150
4.2.7	Kunststoffrohre	76	4.4.2	Lösbare Rohrverbindungen	151
4.2.7.1	Allgemeine Eigenschaften und Anwendungsbereiche	76	4.4.2.1	Rohrverschraubungen	152
4.2.7.2	PVC-Rohre	77	4.4.2.2	Klemmringverschraubungen	152
4.2.7.3	PE-Rohre	77	4.4.2.3	Schneidringverschraubungen	153
4.2.7.4	PB-Rohre	79	4.4.2.4	Rohrkupplungen	154
4.2.7.5	PP-Rohre	80	4.4.2.5	Flanschverbindungen	155
4.2.8	Rohre für besondere Verwendungszwecke	81	4.4.2.6	Steckverbindungen	156
4.2.8.1	Faserverstärkte Polypropylenrohre	81	4.4.2.6.1	Steckfittingverbindungen	156
4.2.8.2	Mehrschichtverbundrohre	82	4.4.2.6.2	Steckmuffenverbindungen	156
4.2.8.3	Vorgedämmte Verbundrohre	82	<b>4.5</b>	<b>Rohrmontage</b>	158
4.2.8.4	Polyvinylidenfluorid-Rohre	83	4.5.1	Der Rohrleitungsplan	158
4.2.8.5	Kunststoffrohre für Entwässerungs- anlagen	84	4.5.1.1	Darstellung von Rohrleitungen	158
4.2.9	Glasrohre	85	4.5.1.2	Kennzeichnung von Rohrleitungen	160
<b>4.3</b>	<b>Rohrbearbeitung</b>	87	4.5.2	Messtechniken der Rohrinstallation	161
4.3.1	Trennen von Rohren	87	4.5.2.1	Vorfertigung von Rohrleitungen	161
4.3.1.1	Rohrschneiden	87	4.5.2.2	Messen „Mitte – Mitte“ und z-Maß-Methode	161
4.3.1.1.1	Rohrscheren	87	4.5.2.3	Gestreckte Längen bei Rohren	162
4.3.1.1.2	Rohrabschneider	87	4.5.3	Dehnungsausgleich bei Rohren	165
4.3.1.1.3	Schneidkette	87	4.5.3.1	Natürlicher Dehnungsausgleich	165
4.3.1.1.4	Rohrausklinker	88	4.5.3.2	Dehnungsbögen und Kompensatoren	166
4.3.1.2	Sägen	88	4.5.4	Rohrbefestigung	171
4.3.1.2.1	Handsägen	89	4.5.4.1	Gleitbefestigungen und Festpunktbefestigungen	171
4.3.1.2.2	Handgeführte Elektrosägen	89	4.5.4.2	Rohraufhängungen und Rohrunterstützungen	172
4.3.1.2.3	Mobile Rohrkreissägemaschine	89	4.5.4.3	Stützweiten	174
4.3.1.3.4	Stationäre Sägemaschinen	90	4.5.4.4	Rohrbefestigung mit Schalldämmung	174
4.3.1.3	Trenn-, Profil- und Schweißnahtschleifen	93	4.5.5	Wärmedämmung bei Rohrleitungen	175
4.3.1.3.1	Trennschleifen	93	4.5.5.1	Wärmedämmung bei Heizungsrohren	177
4.3.1.3.2	Profilschleifen	94	4.5.5.2	Wärmedämmung bei Trinkwasser- leitungen	181
4.3.1.3.3	Schweißnahtschleifen	95	4.5.5.3	Dämmungsarten	182
4.3.1.4	Thermisches Trennen/Schneiden	97	4.5.5.4	Dämmstoffe	182
4.3.1.4.1	Autogenes Brennschneiden	97	4.5.5.5	Anwendung und Verarbeitung	183
4.3.1.4.2	Plasmaschneiden	98	4.5.6	Rohrverlegung im Mauerwerk	184
4.3.1.4.3	Laserstrahlschneiden	99	4.5.6.1	Traditionelle Unterputzinstallation	185
4.3.2	Gewindeschneiden	101	4.5.6.2	Rohrverlegung in Schlitzen	185
4.3.2.1	Hand- und elektrische Gewindeschneid- kluppen	101	4.5.6.3	Wand- und Deckendurchführungen	187
4.3.2.2	Gewindeschneidmaschine	102	4.5.7	Vorwandinstallation	187
4.3.3	Entgraten, Anfasen und Schälen von Rohren	104	<b>4.6</b>	<b>Armaturen</b>	190
4.3.4	Biegen von Rohren	106	4.6.1	Aufgaben und Einteilung von Armaturen	190
4.3.4.1	Biegen von Stahlrohren	106	4.6.2	Anforderungen an Armaturen	190
4.3.4.2	Biegen von Kupferrohren	106	4.6.3	Absperrarmaturen	192
4.3.4.3	Biegen von Kunststoffrohren	107	4.6.3.1	Ventile	194
4.3.4.4	Rohrbiegeverfahren	107	4.6.3.2	Schieber	196
4.3.4.4.1	Rohrbiegen mit Sandfüllung	107	4.6.3.3	Hähne	197
4.3.4.4.2	Rohrbiegen mit Biegewerkzeug	108	4.6.3.4	Klappen	198
4.3.4.4.3	Elektrische und hydraulische Biegegeräte	109	<b>5</b>	<b>Korrosion, Korrosionsformen und Korrosionsschutzmaßnahmen</b>	201
4.3.4.4.4	Stationäre Rohrbiegemaschinen	110	<b>5.1</b>	<b>Korrosion</b>	201
<b>4.4</b>	<b>Rohrverbindungen im Rohrleitungs- und Anlagenbau</b>	113	5.1.1	Definition der Korrosion nach DIN EN ISO 8044	201
4.4.1	Unlösbare Rohrverbindungen	113	5.1.2	Ursachen und Einflussgrößen der Korrosion bei metallischen Werkstoffen	201
4.4.1.1	Hart- und Weichlöten von Rohren	113	5.1.3	Korrosionsarten	201
4.4.1.2	Schweißen von Rohren	119	5.1.3.1	Elektrochemische Korrosion	201
4.4.1.3	Gasschmelzschweißen von Rohren	124	5.1.3.2	Chemische Korrosion	202
4.4.1.4	Lichtbogenhandschweißen von Rohren	131			
4.4.1.5	Schutzgasschweißen von Rohren	134			
4.4.1.6	Schweißen von Kunststoffrohren	140			

5.1.3.2.1	Korrosionswirkung des Wassers und seiner Verunreinigungen . . . . .	203	6.2.10	Störungen im Pumpenbetrieb – Ursachen und Abhilfemaßnahmen . . . . .	234
5.1.3.2.2	Korrosionswirkung durch äußere Einflüsse . . . . .	203	<b>6.3</b>	<b>Druckerhöhungsanlagen</b> . . . . .	237
<b>5.2</b>	<b>Korrosionsformen</b> . . . . .	204	<b>7</b>	<b>Grundlagen der Wärmeerzeugung</b> . . . . .	239
5.2.1	Flächige Korrosion . . . . .	204	<b>7.1</b>	<b>Wärmewert</b> . . . . .	239
5.2.1.1	Gleichmäßiger Abtrag . . . . .	204	<b>7.2</b>	<b>Verbrennung</b> . . . . .	241
5.2.1.2	Ungleichmäßiger Abtrag . . . . .	204	7.2.1	Grundlagen der Verbrennung . . . . .	241
5.2.1.3	Gleichmäßige Schutzschichtbildung . . . . .	205	7.2.2	Zündung von Brennstoffen . . . . .	242
5.2.2	Lokal begrenzte Korrosion . . . . .	205	7.2.2.1	Zündverhalten . . . . .	242
5.2.2.1	Kontaktkorrosion . . . . .	205	7.2.2.2	Zündgrenzen . . . . .	242
5.2.2.2	Spaltkorrosion . . . . .	205	7.2.2.3	Zündgeschwindigkeit . . . . .	243
5.2.2.3	Lochkorrosion . . . . .	205	7.2.3	Verbrennungsluftbedarf . . . . .	243
5.2.3	Korrosion mit mechanischer Belastung . . . . .	206	7.2.4	Verbrennung von Holz . . . . .	244
5.2.3.1	Spannungsrissskorrosion . . . . .	206	7.2.5	Verbrennung von Kohle . . . . .	244
5.2.3.2	Erosionskorrosion . . . . .	206	7.2.6	Verbrennung von Heizöl . . . . .	245
5.2.3.3	Kavitationskorrosion . . . . .	206	7.2.7	Verbrennung von Gas . . . . .	245
5.2.3.4	Wasserstoffkrankheit . . . . .	206	7.2.8	Schadstoffe und ihre Grenzwerte . . . . .	245
<b>5.3</b>	<b>Korrosionsschutz</b> . . . . .	207	7.2.8.1	Schadstoffe . . . . .	245
<b>6</b>	<b>Strömungslehre und Kreiselpumpen</b> . . . . .	209	7.2.8.2	Grenzwerte von Schadstoffen . . . . .	247
<b>6.1</b>	<b>Strömung von Flüssigkeiten in Rohrleitungen</b> . . . . .	209	7.2.8.2.1	Grenzwerte für Schadstoffe von Feuerungsanlagen mit festen Brennstoffen . . . . .	247
6.1.1	Strömungsgeschwindigkeit und Volumenstrom . . . . .	209	7.2.8.2.2	Grenzwerte für Schadstoffe von Feuerungsanlagen mit flüssigen Brennstoffen . . . . .	248
6.1.2	Strömungsgeschwindigkeit bei Querschnittsänderung (Kontinuitätsgleichung) . . . . .	209	7.2.8.2.3	Grenzwerte für Schadstoffe von Feuerungsanlagen mit gasförmigen Brennstoffen . . . . .	248
6.1.3	Flüssigkeitsreibung und Viskosität . . . . .	210	7.2.8.2.4	Grenzwerte zur Vergabe von Umweltzeichen . . . . .	248
6.1.4	Laminare und turbulente Strömung . . . . .	211	<b>7.3</b>	<b>Einteilung der Wärmeerzeuger</b> . . . . .	250
6.1.5	Statischer und dynamischer Druck . . . . .	212	7.3.1	Einleitung . . . . .	250
6.1.6	Druckverluste in geraden Rohrstrecken . . . . .	214	7.3.2	Einteilung nach dem Kesselwerkstoff . . . . .	252
6.1.7	Druckverluste durch Einzelwiderstände . . . . .	215	7.3.2.1	Gussheizkessel . . . . .	252
6.1.8	Gesamtdruckverlust . . . . .	216	7.3.2.2	Stahlheizkessel . . . . .	252
<b>6.2</b>	<b>Kreiselpumpen</b> . . . . .	217	7.3.2.3	Hybridkessel . . . . .	252
6.2.1	Bauarten und Konstruktionsmerkmale von Kreiselpumpen . . . . .	217	7.3.3	Einteilung nach dem Druck im Verbrennungsraum . . . . .	253
6.2.1.1	Nassläuferpumpen . . . . .	217	7.3.3.1	Naturzugfeuerung . . . . .	253
6.2.1.2	Hocheffizienz-Nassläuferpumpen . . . . .	218	7.3.3.2	Überdruckfeuerung . . . . .	253
6.2.1.3	Hocheffizienz-Zirkulationspumpen mit Kugelmotor . . . . .	218	7.3.4	Einteilung nach der Art der Heizgasführung . . . . .	253
6.2.1.4	Trockenläuferpumpen . . . . .	219	7.3.5	Einteilung nach der Energieausnutzung . . . . .	253
6.2.2	Einbau und Inbetriebnahme . . . . .	220	7.3.5.1	Standardheizkessel . . . . .	253
6.2.3	Pumpen- und Rohrnetzkenlinien . . . . .	221	7.3.5.2	Niedertemperatur-Heizkessel . . . . .	254
6.2.3.1	Pumpenkenlinie . . . . .	221	7.3.5.3	Brennwertkessel . . . . .	256
6.2.3.2	Rohrnetzkenlinie . . . . .	221	<b>7.4</b>	<b>Wirkungsgrade und Nutzungsgrade</b> . . . . .	260
6.2.3.3	Betriebspunkt . . . . .	222	7.4.1	Feuerungstechnischer Wirkungsgrad . . . . .	260
6.2.3.4	Betriebspunktverschiebung . . . . .	222	7.4.2	Kesselwirkungsgrad . . . . .	260
6.2.4	Pumpenleistung und Leistungskennlinie . . . . .	225	7.4.3	Jahresnutzungsgrad des Heizkessels . . . . .	262
6.2.5	Wirkungsgrad der Pumpe . . . . .	226	7.4.4	Jahresnutzungsgrad der Heizungsanlage . . . . .	263
6.2.6	Energiekosten . . . . .	227	7.4.5	Norm-Nutzungsgrad . . . . .	265
6.2.7	Pumpenanpassung an die Anlagenbedingungen . . . . .	228	<b>7.5</b>	<b>Abgase und Abgasanlagen</b> . . . . .	267
6.2.7.1	Leistungsanpassung durch Drehzahländerung . . . . .	228	7.5.1	Grundlagen . . . . .	267
6.2.7.2	Gestufte und stufenlose Drehzahländerung . . . . .	229	7.5.2	Abgasführung bei Brennwertgeräten . . . . .	269
6.2.7.3	Regelungsarten . . . . .	230	7.5.3	Bauarten von Abgasanlagen . . . . .	270
6.2.8	Pumpenauswahl . . . . .	231	7.5.3.1	Schornsteine . . . . .	270
6.2.9	Parallel- und Reihenschaltung von Pumpen . . . . .	232	7.5.3.1.1	Anforderungen an Schornsteine . . . . .	271
6.2.9.1	Parallelschaltung . . . . .	233	7.5.3.1.2	Schornsteinentwicklung . . . . .	272
6.2.9.2	Reihenschaltung . . . . .	233	7.5.3.1.3	Belegung von Schornsteinen . . . . .	273
			7.5.3.1.4	Schornsteinauslegung . . . . .	274
			7.5.3.2	LAS-System . . . . .	274
			7.5.4	Bauteile von Abgasanlagen . . . . .	276
			7.5.4.1	Verbindungsstücke . . . . .	276

7.5.4.2	Abgasklappen	276	9.2.1	Heizöllagerung	316
7.5.4.3	Nebenluftvorrichtungen	277	9.2.1.1	Unterirdische Lagerung von Heizöl im Freien	316
7.5.5	Genehmigungsverfahren durch Schornsteinfeger	277	9.2.1.2	Oberirdische Lagerung von Heizöl	317
<b>7.6</b>	<b>Abgasüberwachung</b>	<b>279</b>	9.2.1.2.1	Oberirdische Lagerung von Heizöl im Freien	317
7.6.1	BImSchV	279	9.2.1.2.2	Oberirdische Lagerung von Heizöl in Gebäuden	317
7.6.1.1	Feste Brennstoffe	279	9.2.2	Ausrüstung der Heizöllagerbehälter	320
7.6.1.2	Flüssige Brennstoffe	281	9.2.2.1	Füllleitung	320
7.6.1.2.1	Ermittlung der Abgasverluste	282	9.2.2.2	Lüftungsleitung	320
7.6.1.2.2	Ermittlung des Förderdruckes (Schornsteinzuges)	283	9.2.2.3	Ölleitungen	320
7.6.1.2.3	Ermittlung des CO- und NO <sub>x</sub> -Gehaltes	283	9.2.2.4	Ölstandsanzeiger	321
7.6.1.2.4	Wiederkehrende Messpflicht	283	9.2.2.5	Überfüllsicherung/Grenzwertgeber	321
7.6.1.3	Gasförmige Brennstoffe	283	9.2.2.6	Leckanzeigergeräte	322
7.6.2	KÜO	283	9.2.3	Korrosionsschutz von Öllagerbehältern	322
<b>7.7</b>	<b>Anbindung des Wärmeerzeugers an die Wärmeverteilungs- und Trinkwasser- erwärmungsanlage</b>	<b>285</b>	<b>9.3</b>	<b>Ölbrenneranschlüsse im Ein- und Zwei- strangsystem</b>	<b>324</b>
<b>7.8</b>	<b>Jahresbrennstoffbedarf und Jahresbrenn- stoffkosten</b>	<b>289</b>	<b>9.4</b>	<b>Ölbrenner</b>	<b>328</b>
<b>7.9</b>	<b>Grundlagen der Brennstoffversorgung</b>	<b>293</b>	9.4.1	Ölverdampfungsbrenner	328
<b>8</b>	<b>Wärmeerzeugung mit festen Brennstoffen</b>	<b>294</b>	9.4.1.1	Verdampfungsbrenner	328
<b>8.1</b>	<b>Holzbrennstoffe</b>	<b>294</b>	9.4.1.2	Gebläse-Verdampfungsbrenner	328
8.1.1	Einteilung und Eigenschaften	294	9.4.2	Ölzerstäubungsbrenner	329
8.1.1.1	Stück- bzw. Scheitholz	294	9.4.2.1	Aufbau des Ölzerstäubungsbrenners	329
8.1.1.2	Holzpellets	295	9.4.2.2	Programmablauf	332
8.1.1.3	Hackschnitzel (Hackgut)	296	9.4.2.3	Arten und Betriebsweisen von Ölzerstäubungsbrennern	333
<b>8.2</b>	<b>Kohle</b>	<b>297</b>	9.4.2.3.1	Gelbbrenner	333
8.2.1	Einteilung und Eigenschaften	297	9.4.2.3.2	Blaubrenner	333
<b>8.3</b>	<b>Bereitstellung von festen Brennstoffen</b>	<b>297</b>	9.4.2.3.3	Zweistufige und modulierende Ölbren- ner	334
8.3.1	Lagerung von Stückholz	297	9.4.2.3.4	Rotationszerstäubungsbrenner	334
8.3.2	Lagerung von Holzpellets	298	9.4.2.4	Maßnahmen zur Verringerung von Schadstoffen	335
8.3.2.1	Pellet-Lagerräume	298	9.4.2.5	Einstellung und Inbetriebnahme	336
8.3.2.1.1	Anforderungen an den Lagerraum	298	9.4.2.6	Öldurchsatz und Düsenauswahl	337
8.3.2.1.2	Ausführung des Befüllsystems	299	<b>9.5</b>	<b>Heizkessel für Ölzerstäubungsbrenner</b>	<b>341</b>
8.3.2.1.3	Raumaustragungssysteme	300	9.5.1	Niedertemperaturkessel größer 400 kW	341
8.3.2.2	Fertiglagersysteme	300	9.5.2	Ölbrennwertkessel	342
8.3.2.2.1	Sacksilos/Gewebesilos	300	9.5.2.1	Ölbrennwertkessel mit interner Kondensation	342
8.3.2.2.2	Stahlblechtanks	301	9.5.2.2	Ölbrennwertkessel mit externer Kondensation	345
8.3.2.2.3	Erdtanks (Erdsilos)	301	<b>10</b>	<b>Wärmeerzeugung mit gasförmigen Brennstoffen</b>	<b>346</b>
8.3.3	Lagerung von Hackgut, Säge- und Hobelspänen	302	<b>10.1</b>	<b>Eigenschaften von Brenngasen</b>	<b>346</b>
8.3.4	Lagerung der Kohle	302	<b>10.2</b>	<b>Einteilung von Brenngasen</b>	<b>346</b>
<b>8.4</b>	<b>Festbrennstoffkessel</b>	<b>303</b>	<b>10.3</b>	<b>Kenndaten von Brenngasen</b>	<b>348</b>
8.4.1	Stückholzkessel	304	<b>10.4</b>	<b>Bereitstellung von Gasen</b>	<b>351</b>
8.4.2	Pelletkessel	305	10.4.1	Bereitstellung von Erdgas	352
8.4.3	Hackschnitzel-, Späne- und Pelletfeuerungen	307	10.4.1.1	Transport und Verteilung	352
8.4.4	Kombikessel für Stückholz und Pellets	308	10.4.1.2	Speicherung	352
8.4.5	Holzvergaserkessel für den Einsatz in Betrieben und größeren Privat- haushalten	309	10.4.2	Bereitstellung von Flüssiggas	353
8.4.6	Kohlekessel	310	10.4.2.1	Transport und Verteilung	353
<b>8.5</b>	<b>Pufferspeicher</b>	<b>311</b>	10.4.2.2	Lagerung	353
<b>8.6</b>	<b>Heizräume</b>	<b>312</b>	10.4.2.2.1	Aufstellung von Flüssiggasbehältern	354
<b>9</b>	<b>Wärmeerzeugung mit flüssigen Brennstoffen</b>	<b>313</b>	10.4.2.2.2	Schutzziele	354
<b>9.1</b>	<b>Heizöl</b>	<b>313</b>	<b>10.5</b>	<b>Hausanschluss Erdgas</b>	<b>356</b>
9.1.1	Einteilung und Eigenschaften	313	<b>10.6</b>	<b>Hausanschluss Flüssiggas</b>	<b>357</b>
9.1.2	Kenndaten von Heizölen	314	<b>10.7</b>	<b>Manipulationen an Gasinstallationen</b>	<b>358</b>
<b>9.2</b>	<b>Bereitstellung von Heizöl</b>	<b>315</b>	10.7.1	Aktive Maßnahmen – Gasströmungswächter	358

10.7.1.1	Grundlagen für die Auslegung von Gasströmungswächtern	359	10.10.4	Gas-Brennwertkessel	401
10.7.2	Passive Maßnahmen	361	10.10.5	Gasheizstrahler	402
<b>10.8</b>	<b>Gasinstallation in Gebäuden</b>	361	10.10.5.1	Hellheizstrahler	402
10.8.1	Leitungsanlagen	361	10.10.5.2	Dunkelheizstrahler	402
10.8.1.1	Innenleitungen	362	10.10.6	Gas-Heizkessel/Gas-Kombiwasserheizer	403
10.8.2	Gaszähler	364	10.10.7	Gasherde und Gasbacköfen	405
10.8.3	Hausdruckregler	367	10.10.8	Gas-Raumheizer	405
10.8.4	Verahren von Leitungen	368	<b>10.11</b>	<b>Aufstellung von Wärmeerzeugern – Verbrennungsluftversorgung</b>	406
10.8.5	Prüfung von Leitungsanlagen	368	10.11.1	Grundlagen	406
10.8.5.1	Belastungsprüfung	368	10.11.2	Allgemeine Anforderungen an Aufstellung und Aufstellräume	406
10.8.5.2	Dichtheitsprüfung	369	10.11.2.1	Aufstellung und Verbrennungsluftversorgung raumluftabhängiger Feuerstätten Art B	408
10.8.5.3	Prüfungen im Mitteldruckbereich	370	10.11.2.1.1	Anforderungen an Aufstellräume für raumluftabhängige Feuerstätten der Art B bis 50 kW Gesamtnennwärmeleistung	411
10.8.5.4	Gebrauchsfähigkeitsprüfung	370	10.11.2.1.2	Verbrennungsluftversorgung aus dem Freien	412
10.8.5.5	Prüfung von Flüssiggasleitungen	371	10.11.2.1.3	Messtechnischer Nachweis der Verbrennungsluftversorgung	413
10.8.6	Inbetriebnahme	371	10.11.2.2	Bedingungen für raumluftunabhängige Gasfeuerstätten der Art C	413
10.8.7	Verhalten bei Gasgeruch	371	10.11.2.3	Besondere Anforderungen an Aufstellräume für Gasfeuerstätten mit einer Gesamtnennwärmeleistung > 100 kW	413
<b>10.9</b>	<b>Gasbrenner</b>	373	<b>10.12</b>	<b>Verbrennungsluftzuführung und Abgasableitung</b>	417
10.9.1	Flammenbilder	373	10.12.1	Gasgeräte	417
10.9.2	Gasbrenner ohne Gebläse	373	10.12.1.1	Raumluftabhängige Gasfeuerstätten	417
10.9.2.1	Teilvormischbrenner	374	10.12.1.2	Raumluftunabhängige Gasfeuerstätten	417
10.9.2.2	Vollvormischbrenner	374	10.12.2	Strömungssicherung	420
10.9.2.3	Aufbau eines atmosphärischen Gasbrenners	374	10.12.2.1	Abgasüberwachungseinrichtung	421
10.9.2.3.1	Zündeinrichtungen	374	<b>11</b>	<b>Ressourcenschonende Anlagen</b>	422
10.9.2.3.2	Flammenüberwachungseinrichtungen	375	<b>11.1</b>	<b>Einleitung</b>	422
10.9.2.3.3	Gasregelstrecke (Gasstraße)	377	<b>11.2</b>	<b>Gebäudeenergiegesetz (GEG)</b>	423
10.9.2.3.4	Elektrische Steuer- und Regeleinrichtungen	378	<b>11.3</b>	<b>Gebäudestandards</b>	427
10.9.2.3.5	Maßnahmen zur Verringerung von Stickoxiden und Kohlenmonoxiden	379	11.3.1	Begriffsbestimmungen	427
10.9.2.3.6	Vor- und Nachteile von Gasbrennern ohne Gebläse	381	11.3.2	Gemeinsame Merkmale ressourcenschonender Gebäude	429
10.9.3	Gasgebläsebrenner	381	<b>11.4</b>	<b>Blower-Door-Verfahren</b>	430
10.9.3.1	Aufbau von Gebläsebrennern	381	<b>11.5</b>	<b>Thermografie</b>	431
10.9.3.1.1	Verbrennungsluftzuführung und -überwachung	382	<b>11.6</b>	<b>Solaranlagen</b>	433
10.9.3.1.2	Zündeinrichtungen	383	11.6.1	Allgemeine Grundlagen	433
10.9.3.1.3	Flammenüberwachungseinrichtungen	384	11.6.2	Die Sonne als Energiequelle	434
10.9.3.1.4	Gasregelstrecke	384	11.6.2.1	Solarkonstante	434
10.9.3.1.5	Dichtheitskontrolle	385	11.6.2.2	Globalstrahlung	434
10.9.3.1.6	Elektrische Steuer- und Regeleinrichtungen	385	11.6.2.3	Strahlungsleistung und Sonnenscheindauer	435
10.9.3.1.7	Maßnahmen zur Verringerung von Stickoxiden und Kohlenmonoxiden	388	11.6.2.3.1	Neigung und Ausrichtung der Bestrahlungsfläche	437
10.9.3.1.8	Vor- und Nachteile von Gasgebläsebrennern	388	11.6.3	Aufbau, Wirkungsweise und Betriebsweise einer thermischen Solaranlage	438
10.9.4	Sonderausführungen von Gasbrennern	388	11.6.3.1	Aufbau	438
10.9.4.1	Strahlungsflächenbrenner	389	11.6.3.2	Wirkungsweise	438
10.9.4.2	Katalytische Brenner	389	11.6.3.3	Betriebsweise	438
10.9.4.3	Zweistoffbrenner	390	11.6.3.3.1	Unter Druck stehende Anlagen mit Frostschutzmittel	438
10.9.5	Einstellung und Inbetriebnahme von Gasbrennern	391	11.6.3.3.2	Unter Druck stehende Anlagen ohne Frostschutzmittel	438
10.9.5.1	Einstellung eines atmosphärischen Gasbrenners	392	11.6.3.3.3	Drainback-Systeme	439
10.9.5.2	Einstellung eines Gasgebläsebrenners	394	11.6.3.4	Kollektoren	439
10.9.5.3	Funktionsprüfung der Abgasanlage raumluftabhängiger Gasgeräte mit Strömungssicherung	396			
<b>10.10</b>	<b>Gaswärmeerzeuger</b>	399			
10.10.1	Heizkessel mit Gasbrennern ohne Gebläse (Gasspezialkessel)	399			
10.10.2	Gasbefeuerte Großraumwasserkessel	400			
10.10.3	Gas-Niedertemperaturkessel	401			

11.6.3.4.1	Flachkollektoren	441	11.8.3.3	Wärmequelle Luft bei Luft-Wasser-Wärmepumpen	481
11.6.3.4.2	Vakuumflachkollektoren	442	11.8.4	Betriebsweisen von Wärmepumpen	482
11.6.3.4.3	Vakuumröhrenkollektoren	442	11.8.4.1	Monovalente Betriebsweise	482
11.6.3.4.4	Kollektoren mit Temperaturabschaltung	444	11.8.4.2	Monoenergetische Betriebsweise	482
11.6.3.4.5	Vor- und Nachteile	446	11.8.4.3	Bivalente Betriebsweise	482
11.6.3.4.6	Unverglaste Kollektoren (Schwimmbad-Kollektoren)	446	11.8.5	Einsatz eines Pufferspeichers	482
11.6.3.5	Auswahl von geeigneten Kollektoren	447	11.8.6	Energetische Beurteilung von Wärmepumpen	483
11.6.3.6	Montage	447	11.8.6.1	Leistungszahl und COP	483
11.6.3.6.1	Schrägdachmontage	448	11.8.6.2	Jahresarbeitszahl	483
11.6.3.6.2	Flachdachmontage	448	11.8.6.3	Wirtschaftlichkeit	484
11.6.3.6.3	Fassadenmontage	449	11.8.7	Auslegung der Wärmepumpe	484
11.6.3.7	Solarkreislauf	450	11.8.8	Auslegung des Erdkollektors	485
11.6.3.7.1	Solarstationen	450	11.8.9	Kühlen mit Wärmepumpen	486
11.6.3.7.2	Rohrleitungen und Dämmung	451	11.8.9.1	Passive Kühlung	486
11.6.3.7.3	Wärmeträgerflüssigkeit	452	11.8.9.2	Aktive Kühlung	486
11.6.3.7.4	Solarpumpe	452	11.8.10	Absorptions- und Adsorptionswärmepumpen	487
11.6.3.7.5	Sicherheitseinrichtungen	452	11.8.10.1	Absorptionswärmepumpen	487
11.6.3.7.6	Entlüftung	453	11.8.10.2	Adsorptionswärmepumpen	487
11.6.3.7.7	Solarkreiswärmeübertrager	453	<b>11.9</b>	<b>Blockheizkraftwerke</b>	489
11.6.3.7.8	Solarspeicher	453	11.9.1	Allgemeines	489
11.6.3.7.9	Regelung	455	11.9.2	Einsatzgebiete	490
11.6.3.8	Auslegung (Berechnung) von Solaranlagen	456	11.9.3	Aufbau und Funktionsweise	490
11.6.3.8.1	Auslegungsgrundlagen	456	11.9.3.1	Aufbau	490
11.6.3.8.2	Auslegung der Solaranlage	457	11.9.3.2	Funktionsweise	491
11.6.4	Solare Heizungsunterstützung	462	11.9.4	Wirtschaftlichkeit und Grundlagen für die Errichtung von Blockheizkraftwerken	494
11.6.4.1	Komponenten einer Kombisolaranlage	463	<b>11.10</b>	<b>Brennstoffzelle</b>	494
11.6.4.1.1	Solarspeicher	463	11.10.1	Historischer Rückblick	494
11.6.4.2	Auslegung	465	11.10.2	Grundprinzip der Brennstoffzelle	495
<b>11.7</b>	<b>Photovoltaik</b>	466	11.10.3	Technische Anwendung am Beispiel einer PEM-Brennstoffzelle	495
11.7.1	Ausrichtung und Neigung der PV-Module	467	<b>12</b>	<b>Grundlagen der Trinkwassererwärmung</b>	497
11.7.2	Aufbau und Wirkungsweise einer PV-Anlage	467	<b>12.1</b>	<b>Einleitung</b>	497
11.7.2.1	Aufbau einer PV-Anlage	467	<b>12.2</b>	<b>Anforderungen an Trinkwassererwärmungsanlagen</b>	497
11.7.2.2	Wirkungsweise einer netzgebundenen PV-Anlage	468	<b>12.3</b>	<b>Einteilung von Trinkwassererwärmungsanlagen</b>	498
11.7.3	Solarzelle, PV-Modul und Solargenerator	468	12.3.1	Versorgung der Entnahmestellen	498
11.7.4	Wechselrichter und Netzeinspeisegerät	469	12.3.1.1	Einzelversorgung	498
11.7.5	Speicherung von Solarstrom	469	12.3.1.2	Gruppenversorgung	498
11.7.5.1	Entwicklung	469	12.3.1.3	Zentrale Versorgung	499
11.7.5.2	Funktion und Aufbau des Batteriespeichers	469	12.3.2	Systeme von Trinkwassererwärmern (TWE)	499
11.7.5.3	Größe des Batteriespeichers	470	12.3.2.1	Speicher-Trinkwassererwärmer	499
11.7.6	Montage der PV-Module	471	12.3.2.1.1	Offene (drucklose) Speicher-TWE	500
11.7.7	Verkabelung der PV-Module	472	12.3.2.1.2	Geschlossene (druckfeste) Speicher-TWE	500
11.7.8	Sicherheitshinweise bei Dacharbeiten	474	12.3.2.2	Durchfluss-Trinkwassererwärmer	501
<b>11.8</b>	<b>Wärmepumpen</b>	476	12.3.3	Beheizung von Trinkwassererwärmern	501
11.8.1	Einleitung	476	12.3.3.1	Direkt beheizte Trinkwassererwärmer	501
11.8.2	Kompressionswärmepumpen – Aufbau und Funktionsweise	476	12.3.3.2	Indirekt beheizte Trinkwassererwärmer	501
11.8.2.1	Verdampfer	477	12.3.4	Behälter von Trinkwassererwärmern	502
11.8.2.2	Verdichter (Kompressor)	477	12.3.4.1	Behälterwerkstoffe	502
11.8.2.3	Verflüssiger (Kondensator)	477	12.3.4.2	Korrosionsschutz bei Speicherbehältern aus unlegiertem Stahl	502
11.8.2.4	Expansionsventil	477	12.3.4.3	Dämmung von Speicherbehältern	503
11.8.2.5	Kältemittel	478	<b>12.4</b>	<b>Trinkwassererwärmung durch die zentrale Heizungsanlage</b>	504
11.8.3	Wärmequellen und Anlagenkonzepte	478	12.4.1	Speicher-Trinkwassererwärmer – indirekt beheizt	504
11.8.3.1	Wärmequelle Erdreich bei Sole-Wasser-Wärmepumpen	478			
11.8.3.1.1	Erdkollektoren	479			
11.8.3.1.2	Erdsonden	479			
11.8.3.2	Wärmequelle Wasser bei Wasser-Wasser-Wärmepumpen	480			

12.4.1.1	Einwandige Speicher-Trinkwassererwärmer mit Rohrheizfläche	505	13.6.2.4	Durchflussregler	548
12.4.1.2	Doppelwandige Speicher-Trinkwassererwärmer	505	13.6.2.5	Differenzdruckregler	548
12.4.1.3	Kombination Heizkessel-Speicher-Trinkwassererwärmer	505	13.6.2.6	Differenzdruckregler mit Durchflussbegrenzung	548
12.4.1.3.1	Aufgesetzte Speicher-Trinkwassererwärmer	505	13.6.2.7	Überströmventile	548
12.4.1.3.2	Tiefliegende Speicher-Trinkwassererwärmer	505	13.6.3	Vorgehensweise beim hydraulischen Abgleich	549
12.4.1.3.3	Nebenstehende Speicher-Trinkwassererwärmer	506	13.6.4	Hydraulischer Abgleich durch Thermostatventile mit Durchflussregler (Automatischer hydraulischer Abgleich)	550
12.4.1.4	Speicher-Vorrangschaltung	506	13.6.5	Hydraulische Weiche	550
12.4.2	Durchfluss-Trinkwassererwärmer – indirekt beheizt	507	<b>13.7</b>	<b>Rohrverteilungssysteme</b>	553
12.4.2.1	Rohrwendelwärmeübertrager	507	13.7.1	Verteilung des Vorlaufwassers	553
12.4.2.2	Plattenwärmeübertrager	508	13.7.1.1	Untere Verteilung	553
<b>12.5</b>	<b>Direkt (unmittelbar) beheizte Speicher-Trinkwassererwärmer (VWH)</b>	509	13.7.1.2	Obere Verteilung	553
<b>12.6</b>	<b>Trinkwasseranschluss von geschlossenen Trinkwassererwärmern</b>	510	13.7.1.3	Stockwerksheizung	553
12.6.1	Druckminderer	511	13.7.1.4	Etagenweise Verteilung	553
12.6.2	Rückflussverhinderer	511	13.7.2	Rohrsysteme	554
12.6.3	Sicherheitsventil	512	13.7.2.1	Zweirohrsystem	554
12.6.4	Membran-Ausdehnungsgefäß	513	13.7.2.2	Einrohrsystem	554
<b>12.7</b>	<b>Temperaturhaltesysteme bei zentralen TWE-Anlagen</b>	514	13.7.2.2.1	Waagerechte Einrohrheizung	555
12.7.1	Zirkulationssysteme	514	13.7.2.2.2	Senkrechte Einrohrheizung	555
12.7.1.1	Zirkulationsleitungen	514			
12.7.1.2	Innenliegende Zirkulationsleitungen (In-liner-System)	515	<b>14</b>	<b>Raumheizkörper und Flächenheizungen</b>	556
12.7.2	Rohrbegleitheizung	516	<b>14.1</b>	<b>Raumheizkörper</b>	556
<b>13</b>	<b>Warmwasser-Heizungsanlagen</b>	517	14.1.1	Anforderungen an Raumheizkörper	556
<b>13.1</b>	<b>Sicherheitstechnische Ausrüstung von geschlossenen Warmwasser-Heizungsanlagen</b>	517	14.1.2	Anordnung der Raumheizkörper	556
13.1.1	Geschlossene Warmwasser-Heizungsanlagen mit Öl-/Gasfeuerung	517	14.1.3	Wärmeabgabe der Raumheizkörper	557
13.1.2	Geschlossene Warmwasser-Heizungsanlagen mit Festbrennstoff-Feuerung	523	14.1.4	Auslegung der Raumheizkörper	557
13.1.3	Bemessung des Membran-Ausdehnungsgefäßes	526	14.1.5	Bauarten	558
<b>13.2</b>	<b>Druckverhältnisse in Pumpen-Warmwasserheizungen</b>	532	14.1.5.1	Gliederheizkörper	558
<b>13.3</b>	<b>Schall- und Korrosionsschutzmaßnahmen</b>	533	14.1.5.1.1	Gussradiatoren	558
13.3.1	Schallschutz	533	14.1.5.1.2	Stahlradiatoren	558
13.3.2	Schutz gegen Schäden durch Korrosion	533	14.1.5.1.3	Stahlröhrenradiatoren	559
<b>13.4</b>	<b>Füllen, Entlüften und Entleeren von Warmwasserheizungen</b>	536	14.1.5.1.4	Nippelung der Gliederheizkörper	559
13.4.1	Füllen	536	14.1.5.2	Plattenheizkörper/Flachheizkörper	559
13.4.2	Entlüften	538	14.1.5.3	Fertigheizkörper/Ventilheizkörper	560
13.4.3	Entleeren	540	14.1.5.4	Sonderausführungen von Radiatoren	561
<b>13.5</b>	<b>Dichtheitsprüfung von Warmwasserheizungen</b>	542	14.1.5.5	Konvektoren	561
<b>13.6</b>	<b>Hydraulischer Abgleich und hydraulische Weiche</b>	544	14.1.6	Heizkörpermontage	563
13.6.1	Grundlagen des hydraulischen Abgleichs	544	14.1.7	Heizkörperanschlussarten	564
13.6.2	Einrichtungen für den hydraulischen Abgleich	544	14.1.8	Heizkörperanschlussarmaturen	565
13.6.2.1	Voreinstellbare Thermostatventile	545	14.1.8.1	Heizkörperanschlüsse für Vor- und Rücklauf	565
13.6.2.2	Einstellbare Rücklaufanschlüsse	547	14.1.8.2	Steigrohrventilgarnituren	565
13.6.2.3	Strangreguliertventile	548	14.1.8.3	Lanzen- und Tauchrohrventile	566
			14.1.8.4	Ventile für untere Zweipunktanschlüsse	567
			14.1.8.5	Anschlussarmaturen für Ventil-/Fertigheizkörper	568
			14.1.8.6	Kreuzungs- und Umlenkstücke	568
			14.1.9	Heizkörperregelarmaturen	570
			14.1.9.1	Thermostatventile ohne Hilfsenergie	570
			14.1.9.2	Elektronische Thermostatventile mit Hilfsenergie	570
			14.1.9.3	Einzelraumregelsysteme	572
			14.1.9.4	Auswahl und Dimensionierung der Thermostatventile	572
			<b>14.2</b>	<b>Flächenheizungen</b>	575
			14.2.1	Fußbodenheizung	575
			14.2.1.1	Verlegung	575
			14.2.1.2	Heizkreisverteilung	578
			14.2.1.3	Regelung	580
			14.2.2	Elektrische Fußbodenheizung	581
			14.2.3	Deckenheizungen	583

14.2.3.1	Rohrdeckenheizungen	583	16.10	<b>Be- und Entlüfter</b>	617
14.2.3.2	Strahlplattenheizungen	583	16.11	<b>Kondensatrückspeisung</b>	618
14.2.4	Wandheizung	584	16.12	<b>Wasseraufbereitung</b>	619
14.2.4.1	Nasssystem	584	16.13	<b>Thermoölheizanlagen</b>	619
14.2.4.2	Trockensystem	584			
<b>14.3</b>	<b>Wärmemengenzähler und Heizkostenverteiler</b>	585	<b>17</b>	<b>Raumlufttechnische Anlagen</b>	621
14.3.1	Wärmemengenzähler (eichpflichtig)	585	17.1	<b>Einführung und geschichtliche Entwicklung der Lufttechnik</b>	621
14.3.2	Heizkostenverteiler (nicht eichfähig)	585	17.2	<b>Einteilung und Aufgaben der Lufttechnik</b>	621
14.3.2.1	Verdunstungsverteiler	585	17.3	<b>Kontrollierte Wohnungslüftung</b>	622
14.3.2.2	Elektronische Heizkostenverteiler	586	17.4	<b>Physiologische Grundlagen – Der Begriff der Behaglichkeit</b>	623
<b>15</b>	<b>Fernwärmeversorgung</b>	587	17.4.1	Thermische Behaglichkeit	624
15.1	<b>Allgemeines</b>	587	17.4.2	Luftverunreinigungen	624
15.2	<b>Einteilung</b>	589	17.4.2.1	Arbeitsplatzgrenzwert und CO <sub>2</sub> -Gehalt	624
15.3	<b>Hauptbestandteile</b>	589	17.4.2.2	Gerüche	625
15.4	<b>Wärmeträgermedium</b>	590	17.5	<b>Auslegungskriterien für Volumenströme</b>	626
15.5	<b>Betriebsweise</b>	590	17.5.1	Bestimmung nach dem Außenluftstrom (Außenluftfrate)	626
15.6	<b>Fernwärmeverteilung</b>	591	17.5.2	Bestimmung nach der Luftwechselzahl	627
15.6.1	Strahlennetze	591	17.5.3	Bestimmung nach dem Schadstoffanteil	627
15.6.2	Ringnetze	591	17.5.4	Bestimmung nach der Kühllast	628
15.6.3	Vermaschte Netze	591	17.5.5	Bestimmung nach Feuchteschutzmaßnahmen	629
15.6.4	Zweileitersystem	591	17.6	<b>Thermodynamische Luftbehandlungen</b>	630
15.6.5	Dreileitersystem	591	17.7	<b>h-x-Diagramm von Mollier für feuchte Luft und seine physikalischen Grundlagen</b>	632
15.7	<b>Hausstationen</b>	592	17.7.1	Gesamtdruck $p$ der feuchten Luft	632
15.7.1	Direkter Anschluss	594	17.7.2	Relative Feuchte $\varphi$	632
15.7.2	Indirekter Anschluss	594	17.7.3	Absolute Feuchte oder Feuchtegrad $x$	634
15.7.3	Übergabestationen	595	17.7.4	Wärmeinhalt (Enthalpie) $h$	634
15.8	<b>Graphische Symbole der Fernwärmeversorgung</b>	596	17.7.5	Temperatur $\theta$ ( $\vartheta$ )	635
15.9	<b>Sicherheitstechnische Absicherung von Hausstationen zum Anschluss an Heizwasser-Fernwärmenetze nach DIN 4747-1</b>	597	17.8	<b>Bauteile der RLT-Anlagen</b>	636
15.9.1	Sicherheitstechnische Ausrüstung zur Druckabsicherung	597	17.8.1	Einbaukomponenten der zentralen Luftaufbereitungsanlage	636
15.9.2	Sicherheitstechnische Ausrüstung zur Temperaturabsicherung	597	17.8.1.1	Luftfilter	636
15.10	<b>Vor- und Nachteile von Fernwärmeversorgungsanlagen</b>	598	17.8.1.2	Mischkammer	640
15.10.1	Vorteile	598	17.8.1.3	Lufterhitzer	640
15.10.2	Nachteile	598	17.8.1.4	Luftkühler	642
			17.8.1.5	Luftbefeuchter	643
			17.8.1.6	Ventilatoren	645
			17.8.1.7	Schalldämpfer	649
<b>16</b>	<b>Dampfanlagen und Thermoölheizanlagen</b>	599	17.8.1.7.1	Natürliche Schalldämpfung	649
16.1	<b>Allgemeine Grundlagen</b>	599	17.8.1.7.2	Künstliche Schalldämpfung	649
16.2	<b>Funktionsprinzip einer Dampfanlage</b>	599	17.8.1.7.3	Schalldämpferauslegung	650
16.3	<b>Vor- und Nachteile von Dampfanlagen</b>	600	17.8.2	Luftleitungen und Zubehör	650
16.4	<b>Anwendungsgebiete von Wasserdampf</b>	601	17.8.2.1	Luftleitungen	651
16.4.1	Anlagendampf	601	17.8.2.2	Luftdurchlässe	653
16.4.2	Filterdampf- und Reindampf	602	17.8.2.2.1	Lüftungsgitter	653
16.4.3	Reinstdampf	603	17.8.2.2.2	Induktiv wirkende Auslässe	655
16.5	<b>Bauformen Dampferzeuger</b>	605	17.8.2.2.3	Quellluftauslässe	657
16.6	<b>Sicherheitstechnische Ausrüstung und Regelung von Dampfkesseln</b>	607	17.8.2.3	Brandschutzeinrichtungen	657
16.7	<b>Verlegung von Dampf- und Kondensatleitungen</b>	612	17.8.2.3.1	Brandschutzklappen	657
16.8	<b>Entwässerung von Dampfleitungen</b>	613	17.8.2.3.2	Brandschott	658
16.9	<b>Kondensatableiter</b>	614	17.8.2.3.3	Rauchschutz	658
16.9.1	Kugelschwimmer-Kondensatableiter	614	17.8.3	Korrosionsschutz in RLT-Anlagen	659
16.9.2	Thermische Kondensatableiter	615	17.9	<b>Anlagenkonzeptionen</b>	661
16.9.2.1	Thermischer Bimetall-Kondensatableiter	615	17.9.1	Freie Lüftungssysteme	661
16.9.2.2	Thermischer Kapsel-Kondensatableiter	615	17.9.2	Lüftungstechnische Anlagen	661
16.9.2.3	Schnellentleerer	616	17.9.2.1	Einkanalanlage mit konstantem oder variablem Volumenstrom	662
16.9.3	Thermodynamischer Kondensatableiter	616	17.9.2.2	Zweikanal-Klimaanlage mit konstantem oder variablem Volumenstrom	662

17.9.2.3	Induktions-Klimaanlagen	663	18.2.2.3	Fuzzy-Regler	698
17.9.2.4	Kühldecken	664	18.2.3	Analoge/digitale Regler	699
17.9.2.5	Ventilatorkonvektoren	665	18.2.4	Regler im Einsatz	699
17.9.2.6	Raumklimageräte	665	18.2.4.1	Witterungsgeführte Vorlauf- (Kessel-) Temperaturregelung	699
<b>17.10</b>	<b>Kontrollierte Wohnungslüftung</b>	<b>666</b>	18.2.4.2	Min.-Max.-Begrenzung der Kesselwassertemperatur	701
17.10.1	Einleitung	666	18.2.4.3	Speichervorrangschaltung	701
17.10.2	Systeme der freien Lüftung	667	18.2.4.4	Regelschema einer Solaranlage zur Trinkwarmwasserbereitung	702
17.10.3	Systeme der ventilatorgestützten Lüftung	667	18.2.4.5	Hydraulikschema und elektrischer Anschlussplan einer komplexen Zentralheizungsanlage	703
17.10.3.1	Ventilatorgestützte Abluftsysteme ohne Wärmerückgewinnung	667	18.2.5	DDC-Regelung, Gebäudeleittechnik	707
17.10.3.2	Ventilatorgestützte Zu- und Abluftsysteme mit Wärmerückgewinnung	668	18.2.6	Das intelligente Haus (Smart Home)	708
17.10.4	Entscheidung über Lüftungskonzept	669	18.2.6.1	Intelligente Heizungssteuerung	710
17.10.5	Rechnerischer Nachweis einer lüftungstechnischen Maßnahme	671	18.2.6.2	Smart Home-Geräte für die Sicherheit	711
17.10.6	Rechnerische Ermittlung der Volumenströme	671	18.2.6.3	Smart Home-Geräte für den Haushalt	711
17.10.7	Ermittlung der Luftleitungsdurchmesser	673	<b>19</b>	<b>Instandhaltung</b>	<b>717</b>
17.10.8	Kennzeichnung von Lüftungsanlagen/-geräten	677	<b>19.1</b>	<b>Allgemeines zum Begriff „Wartung“</b>	<b>717</b>
<b>17.11</b>	<b>Inbetriebnahme und Abnahmeprüfung, Messen und Einregulieren</b>	<b>677</b>	<b>19.2</b>	<b>Grundbegriffe</b>	<b>717</b>
17.11.1	Inbetriebnahme und Abnahmeprüfung	677	19.2.1	Wartung	718
17.11.2	Messen von Luftgeschwindigkeiten und Einregulieren von Volumenströmen	677	19.2.2	Inspektion	718
17.11.2.1	Geschwindigkeitsmessung in geschlossenen, nicht begehbaren Räumen	678	19.2.3	Instandsetzung	718
17.11.2.2	Geschwindigkeitsmessung an Luftein- und -auslässen	679	19.2.4	Verbesserung	719
<b>17.12</b>	<b>Technische Maßnahmen der Energieeinsparung</b>	<b>680</b>	<b>19.3</b>	<b>Instandhaltungs- und Ausfallkosten, Störfolgen</b>	<b>719</b>
17.12.1	Rekuperatoren	680	<b>19.4</b>	<b>Aufbau eines Wartungsvertrages</b>	<b>720</b>
17.12.1.1	Rekuperative Energiegewinnung im Erdreich bei der kontrollierten Wohnungslüftung	681	<b>19.5</b>	<b>Verschleiß- und Störungsursachen</b>	<b>721</b>
17.12.2	Regeneratoren	681	<b>19.6</b>	<b>Fehlersuche – Schadensanalyse</b>	<b>722</b>
<b>17.13</b>	<b>Akustische Probleme des Anlagenumfeldes</b>	<b>685</b>	<b>19.7</b>	<b>Schadensdokumentation</b>	<b>722</b>
<b>17.14</b>	<b>Kälteanlagen</b>	<b>686</b>	<b>19.8</b>	<b>Sachgemäße Lagerung und Entsorgung von Problemstoffen</b>	<b>723</b>
17.14.1	Theoretische Grundlagen	686	19.8.1	Sachgemäße Lagerung und Entsorgung von Problemstoffen aus der Fertigung von Anlagenteilen	723
17.14.2	Anlagenaufbau	686	19.8.2	Sachgemäße Lagerung und Entsorgung von Problemstoffen aus der Instandhaltung	723
17.14.2.1	Arten der Kälteaggregate	686	<b>19.9</b>	<b>Wartung eines Holzvergaserkessels</b>	<b>726</b>
17.14.2.2	Arten der Luftkühlung	687	19.9.1	Wartungsarbeiten bei jeder Befüllung	726
17.14.2.3	Arten der Wärmeabgabe	688	19.9.2	Wartungsarbeiten in Abständen von ein bis zwei Wochen	726
<b>17.15</b>	<b>Anlagenbeispiel einer Nur-Luft-Klimaanlage</b>	<b>689</b>	19.9.3	Jährliche Wartungsarbeiten	726
			19.9.4	Wartungsarbeiten, die alle drei Jahre oder nach Aufforderung durch die Regelung durchzuführen sind	728
<b>18</b>	<b>Steuerungs- und Regelungstechnik in der Anwendung</b>	<b>691</b>	<b>19.10</b>	<b>Wartung eines Ölbrennwertkessels</b>	<b>729</b>
<b>18.1</b>	<b>Steuerungstechnik</b>	<b>691</b>	<b>19.11</b>	<b>Wartung und Instandsetzung (Störungssuche) bei Ölbrennern</b>	<b>730</b>
18.1.1	Zeitsteuerungen im GEG	691	19.11.1	Wartung bei Ölgebläsebrennern	730
18.1.2	Temperatursteuerungen	691	19.11.2	Instandsetzung (Störungsbehebung)	734
18.1.2.1	Temperatursteuerungen an der PWH-C-Leitung	691	19.11.2.1	Funktionsfluss-Diagramm (Fehlersuche bei Brennerstörung)	734
18.1.2.2	Thermische Ablaufsicherung	691	19.11.2.2	Störung – Ursache und Behebung	735
18.1.2.3	Temperaturwächter und -begrenzer	692	<b>19.12</b>	<b>Wartung von Gasgeräten und Störungssuche</b>	<b>736</b>
18.1.2.4	Abgasüberwachungseinrichtungen	692	19.12.1	Wartung von atmosphärischen Gaskesseln	736
18.1.3	Programmablaufsteuerungen	693	19.12.2	Wartungsanleitung eines wandhängenden Gasbrennwertkessels	738
<b>18.2</b>	<b>Regelungstechnik</b>	<b>693</b>	19.12.3	Störungssuche	740
18.2.1	Einteilung von Reglern	693			
18.2.2	Regelverhalten von Reglern	694			
18.2.2.1	Unstetige Regler	694			
18.2.2.2	Stetige Regler	697			

<b>19.13</b>	<b>Instandhaltung von thermischen Solaranlagen</b> . . . . .	741
19.13.1	Solarflüssigkeit kontrollieren (jährlich) . .	741
19.13.2	Vordruck des Solar-Ausdehnungsgefäßes prüfen (alle 2 Jahre) . . . . .	742
19.13.3	Solarkreisfilter wechseln . . . . .	742
19.13.4	Solarbetriebsdruck prüfen . . . . .	742
19.13.5	Durchfluss prüfen . . . . .	743
19.13.6	Solarkreis entlüften . . . . .	743
19.13.7	Solarstation kontrollieren . . . . .	743
19.13.8	Solarwärmeübertrager speicherseitig spülen . . . . .	743
19.13.9	Fühlerwerte überprüfen . . . . .	744
19.13.10	Kollektoren kontrollieren . . . . .	744
<b>19.14</b>	<b>Instandhaltung von raumluftechnischen Anlagen</b> . . . . .	745
19.14.1	Wartungsarbeiten am Lüftungsgerät durch den Betreiber . . . . .	745
19.14.1.1	Filter im Wohnraumlüftungsgerät reinigen oder austauschen . . . . .	745
19.14.1.2	Filter im Bypassgehäuse reinigen oder austauschen . . . . .	746
19.14.1.3	Filter . . . . .	746
19.14.2	Wartungsarbeiten am Lüftungsgerät durch den Fachbetrieb . . . . .	746
19.14.2.1	Gerätefilter entnehmen und reinigen . . .	746
19.14.2.2	Wärmeübertrager ausbauen und reinigen . . . . .	747
19.14.2.3	Kondenswasserabfluss reinigen . . . . .	747
19.14.2.4	Reinigen oder Austauschen des Bypassfilters . . . . .	748
19.14.2.5	Probetrieb und Wiederinbetriebnahme	748
19.14.2.6	Ersatzteile und Zubehör . . . . .	748
19.14.3	Reinigen der Luftdurchlässe . . . . .	748
19.14.4	Reinigen der Luftleitungen . . . . .	748
19.14.5	Wartungsprotokoll . . . . .	749
19.14.6	Wartungsarbeiten an größeren RLT-Anlagen . . . . .	749
<b>20</b>	<b>Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB)</b> . . . . .	752
<b>20.1</b>	<b>Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen (VOB Teil A)</b> . . . .	752
<b>20.2</b>	<b>Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen (VOB Teil B)</b> . . . . .	753
<b>20.3</b>	<b>Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV, VOB Teil C)</b> . .	753
<b>21</b>	<b>Kundenorientierung und Qualitätsmanagement</b> . . . . .	754
<b>21.1</b>	<b>Kundenorientierung</b> . . . . .	754
<b>21.2</b>	<b>Qualitätsmanagement</b> . . . . .	757
21.2.1	Der Begriff „Qualität“ . . . . .	757
21.2.2	Qualitätsmanagementsysteme . . . . .	757
21.2.3	Audits . . . . .	758
21.2.4	Öko-Audit . . . . .	759
21.2.5	Ökobilanz . . . . .	759
21.2.6	Konsequenzen für den Handwerksbetrieb	760
	<b>Sachwortverzeichnis</b> . . . . .	761