

Inhaltsverzeichnis

1	Energiebilanz	1	3.2	Elektrische Bauteile	43
1.1	Geschichtliche Entwicklung	1	3.2.1	Transformatoren	43
1.2	Energiesparmaßnahmen	1	3.2.2	Elektromotoren	43
2	Physikalische und bauphysikalische Grundlagen	4	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	3.3	Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik	52
2.1.2.4	Kohlendioxid	9	3.3.1	Einleitung	52
2.2	Druck in Flüssigkeiten und Gasen	10	3.3.2	Abgrenzung der Begriffe Messen, Steuern, Regeln	52
2.2.1	Druck allgemein	10	3.4	Messtechnik	53
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	3.5	Steuerungs- und Regelungstechnik	55
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
2.3	Wärmelehre (Kalorik)	17	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	4	Rohrleitungen, Rohrverlegung, Armaturen	59
2.3.2	Thermische Ausdehnung	18	4.1	Allgemeine Kenngrößen von Rohren	59
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	4.2	Rohrarten	60
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
2.4	Schall und Schallschutz	32	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
2.5	Grundlagen des Brandschutzes	38	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			
3	Elektrotechnik	41			
3.1	Stromarten und Stromverteilung	41			
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	4.5 Rohrmontage		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
4.3 Rohrbearbeitung		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 Rohrkreis sägemaschine	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	4.6 Armaturen		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			
4.3.4.4.4	Stationäre Rohrbiegemaschinen	110	5 Korrosion, Korrosionsformen und Korrosionsschutzmaßnahmen		201
4.4 Rohrverbindungen im Rohrleitungs- und Anlagenbau		113	5.1 Korrosion		201
4.4.1	Unlösbare Rohrverbindungen	113	5.1.1	Definition der Korrosion nach DIN EN ISO 8044	201
4.4.1.1	Hart- und Weichlöten von Rohren	113	5.1.2	Ursachen und Einflussgrößen der Korrosion bei metallischen Werkstoffen	201
4.4.1.2	Schweißen von Rohren	119	5.1.3	Korrosionsarten	201
4.4.1.3	Gasschmelzschweißen von Rohren	124	5.1.3.1	Elektrochemische Korrosion	201
4.4.1.4	Lichtbogenhandschweißen von Rohren	131	5.1.3.2	Chemische Korrosion	202
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
5.1.3.2.2	Korrosionswirkung durch äußere Einflüsse	203
5.2	Korrosionsformen	204
5.2.1	Flächige Korrosion	204
5.2.1.1	Gleichmäßiger Abtrag	204
5.2.1.2	Ungleichmäßiger Abtrag	204
5.2.1.3	Gleichmäßige Schutzschichtbildung	205
5.2.2	Lokal begrenzte Korrosion	205
5.2.2.1	Kontaktkorrosion	205
5.2.2.2	Spaltkorrosion	205
5.2.2.3	Lochkorrosion	205
5.2.3	Korrosion mit mechanischer Belastung	206
5.2.3.1	Spannungsrissskorrosion	206
5.2.3.2	Erosionskorrosion	206
5.2.3.3	Kavitationskorrosion	206
5.2.3.4	Wasserstoffkrankheit	206
5.3	Korrosionsschutz	207
6	Strömungslehre und Kreiselpumpen	209
6.1	Strömung von Flüssigkeiten in Rohrleitungen	209
6.1.1	Strömungsgeschwindigkeit und Volumenstrom	209
6.1.2	Strömungsgeschwindigkeit bei Querschnittsänderung (Kontinuitätsgleichung)	209
6.1.3	Flüssigkeitsreibung und Viskosität	210
6.1.4	Laminare und turbulente Strömung	211
6.1.5	Statischer und dynamischer Druck	212
6.1.6	Druckverluste in geraden Rohrstrecken	214
6.1.7	Druckverluste durch Einzelwiderstände	215
6.1.8	Gesamtdruckverlust	216
6.2	Kreiselpumpen	217
6.2.1	Bauarten und Konstruktionsmerkmale von Kreiselpumpen	217
6.2.1.1	Nassläuferpumpen	217
6.2.1.2	Hocheffizienz-Nassläuferpumpen	218
6.2.1.3	Hocheffizienz-Zirkulationspumpen mit Kugelmotor	218
6.2.1.4	Trockenläuferpumpen	219
6.2.2	Einbau und Inbetriebnahme	220
6.2.3	Pumpen- und Rohrnetzkenmlinien	221
6.2.3.1	Pumpenkenmlinie	221
6.2.3.2	Rohrnetzkenmlinie	221
6.2.3.3	Betriebspunkt	222
6.2.3.4	Betriebspunktverschiebung	222
6.2.4	Pumpenleistung und Leistungskennlinie	225
6.2.5	Wirkungsgrad der Pumpe	226
6.2.6	Energiekosten	227
6.2.7	Pumpenanpassung an die Anlagenbedingungen	228
6.2.7.1	Leistungsanpassung durch Drehzahländerung	228
6.2.7.2	Gestufte und stufenlose Drehzahländerung	229
6.2.7.3	Regelungsarten	230
6.2.8	Pumpenauswahl	231
6.2.9	Parallel- und Reihenschaltung von Pumpen	232
6.2.9.1	Parallelschaltung	233
6.2.9.2	Reihenschaltung	233

6.2.10	Störungen im Pumpenbetrieb – Ursachen und Abhilfemaßnahmen	234
6.3	Druckerhöhungsanlagen	237
7	Grundlagen der Wärmeerzeugung	239
7.1	Wärmewert	239
7.2	Verbrennung	241
7.2.1	Grundlagen der Verbrennung	241
7.2.2	Zündung von Brennstoffen	242
7.2.2.1	Zündverhalten	242
7.2.2.2	Zündgrenzen	242
7.2.2.3	Zündgeschwindigkeit	243
7.2.3	Verbrennungsluftbedarf	243
7.2.4	Verbrennung von Holz	244
7.2.5	Verbrennung von Kohle	244
7.2.6	Verbrennung von Heizöl	245
7.2.7	Verbrennung von Gas	245
7.2.8	Schadstoffe und ihre Grenzwerte	245
7.2.8.1	Schadstoffe	245
7.2.8.2	Grenzwerte von Schadstoffen	247
7.2.8.2.1	Grenzwerte für Schadstoffe von Feuerungsanlagen mit festen Brennstoffen	247
7.2.8.2.2	Grenzwerte für Schadstoffe von Feuerungsanlagen mit flüssigen Brennstoffen	248
7.2.8.2.3	Grenzwerte für Schadstoffe von Feuerungsanlagen mit gasförmigen Brennstoffen	248
7.2.8.2.4	Grenzwerte zur Vergabe von Umweltzeichen	248
7.3	Einteilung der Wärmeerzeuger	250
7.3.1	Einleitung	250
7.3.2	Einteilung nach dem Kesselwerkstoff	252
7.3.2.1	Gussheizkessel	252
7.3.2.2	Stahlheizkessel	252
7.3.2.3	Hybridkessel	252
7.3.3	Einteilung nach dem Druck im Verbrennungsraum	253
7.3.3.1	Naturzugfeuerung	253
7.3.3.2	Überdruckfeuerung	253
7.3.4	Einteilung nach der Art der Heizgasführung	253
7.3.5	Einteilung nach der Energieausnutzung	253
7.3.5.1	Standardheizkessel	253
7.3.5.2	Niedertemperatur-Heizkessel	254
7.3.5.3	Brennwertkessel	256
7.4	Wirkungsgrade und Nutzungsgrade	260
7.4.1	Feuerungstechnischer Wirkungsgrad	260
7.4.2	Kesselwirkungsgrad	260
7.4.3	Jahresnutzungsgrad des Heizkessels	262
7.4.4	Jahresnutzungsgrad der Heizungsanlage	263
7.4.5	Norm-Nutzungsgrad	265
7.5	Abgase und Abgasanlagen	267
7.5.1	Grundlagen	267
7.5.2	Abgasführung bei Brennwertgeräten	269
7.5.3	Bauarten von Abgasanlagen	270
7.5.3.1	Schornsteine	270
7.5.3.1.1	Anforderungen an Schornsteine	271
7.5.3.1.2	Schornsteinentwicklung	272
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
7.6	Abgasüberwachung	279	9.2.1.2.1	Oberirdische Lagerung von Heizöl im Freien	317
7.6.1	BlmSchV	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 _x -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
7.7	Anbindung des Wärmeerzeugers an die Wärmeverteilungs- und Trinkwasser- erwärmungsanlage	285	9.3	Ölbrenneranschlüsse im Ein- und Zwei- strangsystem	324
7.8	Jahresbrennstoffbedarf und Jahresbrenn- stoffkosten	289	9.4	Ölbrenner	328
7.9	Grundlagen der Brennstoffversorgung	293	9.4.1	Ölverdampfungsbrenner	328
8	Wärmeerzeugung mit festen Brennstoffen	294	9.4.1.1	Verdampfungsbrenner	328
8.1	Holzbrennstoffe	294	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
8.2	Kohle	297	9.4.2.3.1	Gelbbrenner	333
8.2.1	Einteilung und Eigenschaften	297	9.4.2.3.2	Blaubrenner	333
8.3	Bereitstellung von festen Brennstoffen	297	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	9.5	Heizkessel für Ölzerstäubungsbrenner	341
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	10	Wärmeerzeugung mit gasförmigen Brennstoffen	346
8.3.3	Lagerung von Hackgut, Säge- und Hobelspänen	302	10.1	Eigenschaften von Brenngasen	346
8.3.4	Lagerung der Kohle	302	10.2	Einteilung von Brenngasen	346
8.4	Festbrennstoffkessel	303	10.3	Kenndaten von Brenngasen	348
8.4.1	Stückholzkessel	304	10.4	Bereitstellung von Gasen	351
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
8.5	Pufferspeicher	311	10.4.2.2	Lagerung	353
8.6	Heizräume	312	10.4.2.2.1	Aufstellung von Flüssiggasbehältern	354
9	Wärmeerzeugung mit flüssigen Brennstoffen	313	10.4.2.2.2	Schutzziele	354
9.1	Heizöl	313	10.5	Hausanschluss Erdgas	356
9.1.1	Einteilung und Eigenschaften	313	10.6	Hausanschluss Flüssiggas	357
9.1.2	Kenndaten von Heizölen	314	10.7	Manipulationen an Gasinstallationen	358
9.2	Bereitstellung von Heizöl	315	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
10.8	Gasinstallation in Gebäuden	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	Verwahren von Leitungen	368	10.11	Aufstellung von Wärmeerzeugern –	
10.8.5	Prüfung von Leitungsanlagen	368		Verbrennungsluftversorgung	406
10.8.5.1	Belastungsprüfung	368	10.11.1	Grundlagen	406
10.8.5.2	Dichtheitsprüfung	369	10.11.2	Allgemeine Anforderungen an Aufstell- ung und Aufstellräume	406
10.8.5.3	Prüfungen im Mitteldruckbereich	370	10.11.2.1	Aufstellung und Verbrennungs- luftversorgung raumluftabhängiger Feuerstätten Art B	408
10.8.5.4	Gebrauchsfähigkeitsprüfung	370	10.11.2.1.1	Anforderungen an Aufstellräume für raumluftabhängige Feuerstätten der Art B bis 50 kW Gesamtnennwärmeleistung ..	411
10.8.5.5	Prüfung von Flüssigasleitungen	371	10.11.2.1.2	Verbrennungsluftversorgung aus dem Freien	412
10.8.6	Inbetriebnahme	371	10.11.2.1.3	Messtechnischer Nachweis der Verbren- nungsluftversorgung	413
10.8.7	Verhalten bei Gasgeruch	371	10.11.2.2	Bedingungen für raumluftunabhängige Gasfeuerstätten der Art C	413
10.9	Gasbrenner	373	10.11.2.3	Besondere Anforderungen an Aufstell- räume für Gasfeuerstätten mit einer Gesamtnennwärmeleistung > 100 kW ...	413
10.9.1	Flammenbilder	373	10.12	Verbrennungsluftzuführung und	
10.9.2	Gasbrenner ohne Gebläse	373		Abgasableitung	417
10.9.2.1	Teilvormischbrenner	374	10.12.1	Gasgeräte	417
10.9.2.2	Vollvormischbrenner	374	10.12.1.1	Raumluftabhängige Gasfeuerstätten ...	417
10.9.2.3	Aufbau eines atmosphärischen Gasbrenners	374	10.12.1.2	Raumluftunabhängige Gasfeuerstätten ..	417
10.9.2.3.1	Zündeinrichtungen	374	10.12.2	Strömungssicherung	420
10.9.2.3.2	Flammenüberwachungseinrichtungen ..	375	10.12.2.1	Abgasüberwachungseinrichtung	421
10.9.2.3.3	Gasregelstrecke (Gasstraße)	377			
10.9.2.3.4	Elektrische Steuer- und Regeleinrichtun- gen	378	11	Ressourcenschonende Anlagen	422
10.9.2.3.5	Maßnahmen zur Verringerung von Stickoxiden und Kohlenmonoxiden	379	11.1	Einleitung	422
10.9.2.3.6	Vor- und Nachteile von Gasbrennern ohne Gebläse	381	11.2	Gebäudeenergiegesetz (GEG)	423
10.9.3	Gasgebläsebrenner	381	11.3	Gebäudestandards	427
10.9.3.1	Aufbau von Gebläsebrennern	381	11.3.1	Begriffsbestimmungen	427
10.9.3.1.1	Verbrennungsluftzuführung und -überwachung	382	11.3.2	Gemeinsame Merkmale ressourcenschonender Gebäude	429
10.9.3.1.2	Zündeinrichtungen	383	11.4	Blower-Door-Verfahren	430
10.9.3.1.3	Flammenüberwachungseinrichtungen ..	384	11.5	Thermografie	431
10.9.3.1.4	Gasregelstrecke	384	11.6	Solaranlagen	433
10.9.3.1.5	Dichtheitskontrolle	385	11.6.1	Allgemeine Grundlagen	433
10.9.3.1.6	Elektrische Steuer- und Regeleinrichtun- gen	385	11.6.2	Die Sonne als Energiequelle	434
10.9.3.1.7	Maßnahmen zur Verringerung von Stickoxiden und Kohlenmonoxiden	388	11.6.2.1	Solarkonstante	434
10.9.3.1.8	Vor- und Nachteile von Gasgebläsebren- nern	388	11.6.2.2	Globalstrahlung	434
10.9.4	Sonderausführungen von Gasbrennern ..	388	11.6.2.3	Strahlungsleistung und Sonnenschein- dauer	435
10.9.4.1	Strahlungsflächenbrenner	389	11.6.2.3.1	Neigung und Ausrichtung der Bestrahlungsfläche	437
10.9.4.2	Katalytische Brenner	389	11.6.3	Aufbau, Wirkungsweise und Betriebs- weise einer thermischen Solaranlage ...	438
10.9.4.3	Zweistoffbrenner	390	11.6.3.1	Aufbau	438
10.9.5	Einstellung und Inbetriebnahme von Gasbrennern	391	11.6.3.2	Wirkungsweise	438
10.9.5.1	Einstellung eines atmosphärischen Gasbrenners	392	11.6.3.3	Betriebsweise	438
10.9.5.2	Einstellung eines Gasgebläsebrenners ..	394	11.6.3.3.1	Unter Druck stehende Anlagen mit Frostschutzmittel	438
10.9.5.3	Funktionsprüfung der Abgasanlage raumluftabhängiger Gasgeräte mit Strömungssicherung	396	11.6.3.3.2	Unter Druck stehende Anlagen ohne Frostschutzmittel	438
10.10	Gaswärmerezeuger	399	11.6.3.3.3	Drainback-Systeme	439
10.10.1	Heizkessel mit Gasbrennern ohne Gebläse (Gasspezialkessel)	399	11.6.3.4	Kollektoren	439
10.10.2	Gasbefeuerte Großraumwasserkessel ...	400			
10.10.3	Gas-Niedertemperaturkessel	401			

11.6.3.4.1	Flachkollektoren	441
11.6.3.4.2	Vakuumflachkollektoren	442
11.6.3.4.3	Vakuumröhrenkollektoren	442
11.6.3.4.4	Kollektoren mit Temperaturabschaltung	444
11.6.3.4.5	Vor- und Nachteile	446
11.6.3.4.6	Unverglaste Kollektoren (Schwimmbad-Kollektoren)	446
11.6.3.5	Auswahl von geeigneten Kollektoren	447
11.6.3.6	Montage	447
11.6.3.6.1	Schrägdachmontage	448
11.6.3.6.2	Flachdachmontage	448
11.6.3.6.3	Fassadenmontage	449
11.6.3.7	Solarkreislauf	450
11.6.3.7.1	Solarstationen	450
11.6.3.7.2	Rohrleitungen und Dämmung	451
11.6.3.7.3	Wärmeträgerflüssigkeit	452
11.6.3.7.4	Solarpumpe	452
11.6.3.7.5	Sicherheitseinrichtungen	452
11.6.3.7.6	Entlüftung	453
11.6.3.7.7	Solarkreiswärmeübertrager	453
11.6.3.7.8	Solarspeicher	453
11.6.3.7.9	Regelung	455
11.6.3.8	Auslegung (Berechnung) von Solaranlagen	456
11.6.3.8.1	Auslegungsgrundlagen	456
11.6.3.8.2	Auslegung der Solaranlage	457
11.6.4	Solare Heizungsunterstützung	462
11.6.4.1	Komponenten einer Kombisolaranlage	463
11.6.4.1.1	Solarspeicher	463
11.6.4.2	Auslegung	465
11.7	Photovoltaik	466
11.7.1	Ausrichtung und Neigung der PV-Module	467
11.7.2	Aufbau und Wirkungsweise einer PV-Anlage	467
11.7.2.1	Aufbau einer PV-Anlage	467
11.7.2.2	Wirkungsweise einer netzgebundenen PV-Anlage	468
11.7.3	Solarzelle, PV-Modul und Solargenerator	468
11.7.4	Wechselrichter und Netzeinspeisegerät	469
11.7.5	Speicherung von Solarstrom	469
11.7.5.1	Entwicklung	469
11.7.5.2	Funktion und Aufbau des Batterie- speichers	469
11.7.5.3	Größe des Batteriespeichers	470
11.7.6	Montage der PV-Module	471
11.7.7	Verkabelung der PV-Module	472
11.7.8	Sicherheitshinweise bei Dacharbeiten	474
11.8	Wärmepumpen	476
11.8.1	Einleitung	476
11.8.2	Kompressionswärmepumpen – Aufbau und Funktionsweise	476
11.8.2.1	Verdampfer	477
11.8.2.2	Verdichter (Kompressor)	477
11.8.2.3	Verflüssiger (Kondensator)	477
11.8.2.4	Expansionsventil	477
11.8.2.5	Kältemittel	478
11.8.3	Wärmequellen und Anlagenkonzepte	478
11.8.3.1	Wärmequelle Erreich 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

11.8.3.3	Wärmequelle Luft bei Luft-Wasser- Wärmepumpen	481
11.8.4	Betriebsweisen von Wärmepumpen	482
11.8.4.1	Monovalente Betriebsweise	482
11.8.4.2	Monoenergetische Betriebsweise	482
11.8.4.3	Bivalente Betriebsweise	482
11.8.5	Einsatz eines Pufferspeichers	482
11.8.6	Energetische Beurteilung von Wärmepumpen	483
11.8.6.1	Leistungszahl und COP	483
11.8.6.2	Jahresarbeitszahl	483
11.8.6.3	Wirtschaftlichkeit	484
11.8.7	Auslegung der Wärmepumpe	484
11.8.8	Auslegung des Erdkollektors	485
11.8.9	Kühlen mit Wärmepumpen	486
11.8.9.1	Passive Kühlung	486
11.8.9.2	Aktive Kühlung	486
11.8.10	Absorptions- und Adsorptionswärmepumpen	487
11.8.10.1	Absorptionswärmepumpen	487
11.8.10.2	Adsorptionswärmepumpen	487
11.9	Blockheizkraftwerke	489
11.9.1	Allgemeines	489
11.9.2	Einsatzgebiete	490
11.9.3	Aufbau und Funktionsweise	490
11.9.3.1	Aufbau	490
11.9.3.2	Funktionsweise	491
11.9.4	Wirtschaftlichkeit und Grundlagen für die Errichtung von Blockheizkraftwerken	494
11.10	Brennstoffzelle	494
11.10.1	Historischer Rückblick	494
11.10.2	Grundprinzip der Brennstoffzelle	495
11.10.3	Technische Anwendung am Beispiel einer PEM-Brennstoffzelle	495
12	Grundlagen der Trinkwassererwärmung	497
12.1	Einleitung	497
12.2	Anforderungen an Trinkwasser- erwärmungsanlagen	497
12.3	Einteilung von Trinkwassererwärmungs- anlagen	498
12.3.1	Versorgung der Entnahmestellen	498
12.3.1.1	Einzelversorgung	498
12.3.1.2	Gruppenversorgung	498
12.3.1.3	Zentrale Versorgung	499
12.3.2	Systeme von Trinkwassererwärmern (TWE)	499
12.3.2.1	Speicher-Trinkwassererwärmer	499
12.3.2.1.1	Offene (drucklose) Speicher-TWE	500
12.3.2.1.2	Geschlossene (druckfeste) Speicher-TWE	500
12.3.2.2	Durchfluss-Trinkwassererwärmer	501
12.3.3	Beheizung von Trinkwassererwärmern	501
12.3.3.1	Direkt beheizte Trinkwassererwärmer	501
12.3.3.2	Indirekt beheizte Trinkwassererwärmer	501
12.3.4	Behälter von Trinkwassererwärmern	502
12.3.4.1	Behälterwerkstoffe	502
12.3.4.2	Korrosionsschutz bei Speicherbehältern aus unlegiertem Stahl	502
12.3.4.3	Dämmung von Speicherbehältern	503
12.4	Trinkwassererwärmung durch die zentrale Heizungsanlage	504
12.4.1	Speicher-Trinkwassererwärmer – indirekt beheizt	504

12.4.1.1	Einwandige Speicher-Trinkwasser- erwärmer mit Rohrheizfläche	505	13.6.2.4	Durchflussregler	548
12.4.1.2	Doppelwandige Speicher-Trinkwasser- erwärmer	505	13.6.2.5	Differenzdruckregler	548
12.4.1.3	Kombination Heizkessel-Speicher- Trinkwassererwärmer	505	13.6.2.6	Differenzdruckregler mit Durchfluss- begrenzung	548
12.4.1.3.1	Aufgesetzte Speicher-Trinkwasser- erwärmer	505	13.6.2.7	Überströmventile	548
12.4.1.3.2	Tiefliegende Speicher-Trinkwasser- erwärmer	505	13.6.3	Vorgehensweise beim hydraulischen Ab- gleich	549
12.4.1.3.3	Nebenstehende Speicher-Trinkwasser- erwärmer	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	13.7	Rohrverteilungssysteme	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
12.5	Direkt (unmittelbar) beheizte Speicher- Trinkwassererwärmer (VWH)	509	13.7.1.2	Obere Verteilung	553
12.6	Trinkwasseranschluss von geschlossenen Trinkwassererwärmern	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
12.7	Temperaturhaltesysteme bei zentralen TWE-Anlagen	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	14	Raumheizkörper und Flächenheizungen	556
12.7.1.2	Innenliegende Zirkulationsleitungen (In-liner-System)	515	14.1	Raumheizkörper	556
12.7.2	Rohrbegleitheizung	516	14.1.1	Anforderungen an Raumheizkörper	556
13	Warmwasser-Heizungsanlagen	517	14.1.2	Anordnung der Raumheizkörper	556
13.1	Sicherheitstechnische Ausrüstung von geschlossenen Warmwasser-Heizungs- anlagen	517	14.1.3	Wärmeabgabe der Raumheizkörper	557
13.1.1	Geschlossene Warmwasser-Heizungs- anlagen mit Öl-/Gasfeuerung	517	14.1.4	Auslegung der Raumheizkörper	557
13.1.2	Geschlossene Warmwasser-Heizungs- anlagen mit Festbrennstoff-Feuerung	523	14.1.5	Bauarten	558
13.1.3	Bemessung des Membran- Ausdehnungsgefäßes	526	14.1.5.1	Gliederheizkörper	558
13.2	Druckverhältnisse in Pumpen-Warm- wasserheizungen	532	14.1.5.1.1	Gussradiatoren	558
13.3	Schall- und Korrosionsschutz- maßnahmen	533	14.1.5.1.2	Stahlradiatoren	558
13.3.1	Schallschutz	533	14.1.5.1.3	Stahlröhrenradiatoren	559
13.3.2	Schutz gegen Schäden durch Korrosion	533	14.1.5.1.4	Nippelung der Gliederheizkörper	559
13.4	Füllen, Entlüften und Entleeren von Warmwasserheizungen	536	14.1.5.2	Plattenheizkörper/Flachheizkörper	559
13.4.1	Füllen	536	14.1.5.3	Fertigheizkörper/Ventilheizkörper	560
13.4.2	Entlüften	538	14.1.5.4	Sonderausführungen von Radiatoren	561
13.4.3	Entleeren	540	14.1.5.5	Konvektoren	561
13.5	Dichtheitsprüfung von Warmwasser- heizungen	542	14.1.6	Heizkörpermontage	563
13.6	Hydraulischer Abgleich und hydraulische Weiche	544	14.1.7	Heizkörperanschlussarten	564
13.6.1	Grundlagen des hydraulischen Abgleichs	544	14.1.8	Heizkörperanschlussarmaturen	565
13.6.2	Einrichtungen für den hydraulischen Abgleich	544	14.1.8.1	Heizkörperanschlüsse für Vor- und Rücklauf	565
13.6.2.1	Voreinstellbare Thermostatventile	545	14.1.8.2	Steigrohrventilgarnituren	565
13.6.2.2	Einstellbare Rücklaufanschlüsse	547	14.1.8.3	Lanzen- und Tauchrohrventile	566
13.6.2.3	Strangreguliertventile	548	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
			14.2	Flächenheizungen	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	Be- und Entlüfter	617
14.2.3.2	Strahlplattenheizungen	583	16.11	Kondensatrückspeisung	618
14.2.4	Wandheizung	584	16.12	Wasseraufbereitung	619
14.2.4.1	Nasssystem	584	16.13	Thermoölheizanlagen	619
14.2.4.2	Trockensystem	584			
14.3	Wärmemengenzähler und Heizkosten- verteiler	585	17	Raumluftechnische Anlagen	621
14.3.1	Wärmemengenzähler (eichpflichtig)	585	17.1	Einführung und geschichtliche Entwicklung der Lufttechnik	621
14.3.2	Heizkostenverteiler (nicht eichfähig)	585	17.2	Einteilung und Aufgaben der Lufttechnik	621
14.3.2.1	Verdunstungsverteiler	585	17.3	Kontrollierte Wohnlüftung	622
14.3.2.2	Elektronische Heizkostenverteiler	586	17.4	Physiologische Grundlagen — Der Begriff der Behaglichkeit	623
15	Fernwärmeversorgung	587	17.4.1	Thermische Behaglichkeit	624
15.1	Allgemeines	587	17.4.2	Luftverunreinigungen	624
15.2	Einteilung	589	17.4.2.1	Arbeitsplatzgrenzwert und CO ₂ -Gehalt ..	624
15.3	Hauptbestandteile	589	17.4.2.2	Gerüche	625
15.4	Wärmeträgermedium	590	17.5	Auslegungskriterien für Volumenströme ..	626
15.5	Betriebsweise	590	17.5.1	Bestimmung nach dem Außenluftstrom (Au- ßenluftstrate)	626
15.6	Fernwärmeverteilung	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 Feuchte- schutzmaßnahmen	629
15.6.4	Zweileitersystem	591	17.6	Thermodynamische Luftbehandlungen ..	630
15.6.5	Dreileitersystem	591	17.7	h-x-Diagramm von Mollier für feuchte Luft und seine physikalischen Grund- lagen	632
15.7	Hausstationen	592	17.7.1	Gesamtdruck p der feuchten Luft	632
15.7.1	Direkter Anschluss	594	17.7.2	Relative Feuchte φ	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	Graphische Symbole der Fernwärme- versorgung	596	17.7.5	Temperatur θ (ϑ)	635
15.9	Sicherheitstechnische Absicherung von Hausstationen zum Anschluss an Heizwasser-Fernwärme- netze nach DIN 4747-1	597	17.8	Bauteile der RLT-Anlagen	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	Vor- und Nachteile von Fernwärmever- sorgungsanlagen	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
16	Dampfanlagen und Thermoölheizanlagen ..	599	17.8.1.5	Luftbefeuchter	643
16.1	Allgemeine Grundlagen	599	17.8.1.6	Ventilatoren	645
16.2	Funktionsprinzip einer Dampfanlage ..	599	17.8.1.7	Schalldämpfer	649
16.3	Vor- und Nachteile von Dampfanlagen ..	600	17.8.1.7.1	Natürliche Schalldämpfung	649
16.4	Anwendungsgebiete von Wasserdampf ..	601	17.8.1.7.2	Künstliche Schalldämpfung	649
16.4.1	Anlagendampf	601	17.8.1.7.3	Schalldämpferauslegung	650
16.4.2	Filterdampf- und Reindampf	602	17.8.2	Luftleitungen und Zubehör	650
16.4.3	Reinstdampf	603	17.8.2.1	Luftleitungen	651
16.5	Bauformen Dampferzeuger	605	17.8.2.2	Luftdurchlässe	653
16.6	Sicherheitstechnische Ausrüstung und Regelung von Dampfkesseln	607	17.8.2.2.1	Lüftungsgitter	653
16.7	Verlegung von Dampf- und Kondensat- leitungen	612	17.8.2.2.2	Induktiv wirkende Auslässe	655
16.8	Entwässerung von Dampfleitungen	613	17.8.2.2.3	Quellluftauslässe	657
16.9	Kondensatableiter	614	17.8.2.3	Brandschutzeinrichtungen	657
16.9.1	Kugelschwimmer-Kondensatableiter	614	17.8.2.3.1	Brandschutzklappen	657
16.9.2	Thermische Kondensatableiter	615	17.8.2.3.2	Brandschott	658
16.9.2.1	Thermischer Bimetall-Kondensatableiter ..	615	17.8.2.3.3	Rauchschutz	658
16.9.2.2	Thermischer Kapsel-Kondensatableiter ..	615	17.8.3	Korrosionsschutz in RLT-Anlagen	659
16.9.2.3	Schnellentleerer	616	17.9	Anlagenkonzeptionen	661
16.9.3	Thermodynamischer Kondensatableiter ..	616	17.9.1	Freie Lüftungssysteme	661
			17.9.2	Lüftungstechnische Anlagen	661
			17.9.2.1	Einkanalanlage mit konstantem oder variablen Volumenstrom	662
			17.9.2.2	Zweikanal-Klimaanlage mit konstantem oder variablen 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
17.10	Kontrollierte Wohnungslüftung	666	18.2.4.2	Min.-Max.-Begrenzung der Kessel- wassertemperatur	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 Lüftungs- technischen Maßnahme	671	18.2.6.2	Smart Home-Geräte für die Sicherheit	711
17.10.6	Rechnerische Ermittlung der Volumen- ströme	671	18.2.6.3	Smart Home-Geräte für den Haushalt	711
17.10.7	Ermittlung der Luftleitungsdurchmesser	673	19	Instandhaltung	717
17.10.8	Kennzeichnung von Lüftungsanlagen/- geräten	677	19.1	Allgemeines zum Begriff „Wartung“	717
17.11	Inbetriebnahme und Abnahmeprüfung, Messen und Einregulieren	677	19.2	Grundbegriffe	717
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 geschlosse- nen, nicht begehbaren Räumen	678	19.2.3	Instandsetzung	718
17.11.2.2	Geschwindigkeitsmessung an Luftein- und -auslässen	679	19.2.4	Verbesserung	719
17.12	Technische Maßnahmen der Energie- einsparung	680	19.3	Instandhaltungs- und Ausfallkosten, Störungsfolgen	719
17.12.1	Rekuperatoren	680	19.4	Aufbau eines Wartungsvertrages	720
17.12.1.1	Rekuperative Energiegewinnung im Erdreich bei der kontrollierten Wohnungslüftung	681	19.5	Verschleiß- und Störungsursachen	721
17.12.2	Regeneratoren	681	19.6	Fehlersuche – Schadensanalyse	722
17.13	Akustische Probleme des Anlagen- umfeldes	685	19.7	Schadensdokumentation	722
17.14	Kälteanlagen	686	19.8	Sachgemäße Lagerung und Entsorgung von Problemstoffen	723
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 Instandhal- tung	723
17.14.2.1	Arten der Kälteaggregate	686	19.9	Wartung eines Holzvergaserkessels	726
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
17.15	Anlagenbeispiel einer Nur-Luft-Klima- anlage	689	19.9.3	Jährliche Wartungsarbeiten	726
18	Steuerungs- und Regelungstechnik in der Anwendung	691	19.9.4	Wartungsarbeiten, die alle drei Jahre oder nach Aufforderung durch die Regelung durchzuführen sind	728
18.1	Steuerungstechnik	691	19.10	Wartung eines Ölbrennwertkessels	729
18.1.1	Zeitsteuerungen im GEG	691	19.11	Wartung und Instandsetzung (Störungssuche) bei Ölbrennern	730
18.1.2	Temperatursteuerungen	691	19.11.1	Wartung bei Ölgebläsebrennern	730
18.1.2.1	Temperatursteuerungen an der PWH-C-Leitung	691	19.11.2	Instandsetzung (Störungsbehebung)	734
18.1.2.2	Thermische Ablaufsicherung	691	19.11.2.1	Funktionsfluss-Diagramm (Fehlersuche bei Brennerstörung)	734
18.1.2.3	Temperaturwächter und -begrenzer	692	19.11.2.2	Störung – Ursache und Behebung	735
18.1.2.4	Abgasüberwachungseinrichtungen	692	19.12	Wartung von Gasgeräten und Störungs- suche	736
18.1.3	Programmablaufsteuerungen	693	19.12.1	Wartung von atmosphärischen Gaskesseln	736
18.2	Regelungstechnik	693	19.12.2	Wartungsanleitung eines wandhängenden Gasbrennwertkessels	738
18.2.1	Einteilung von Reglern	693	19.12.3	Störungssuche	740
18.2.2	Regelverhalten von Reglern	694			
18.2.2.1	Unstetige Regler	694			
18.2.2.2	Stetige Regler	697			

19.13	Instandhaltung von thermischen Solaranlagen	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
19.14	Instandhaltung von raumluftechnischen Anlagen	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
20	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB)	752
20.1	Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen (VOB Teil A)	752
20.2	Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen (VOB Teil B)	753
20.3	Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV, VOB Teil C)	753
21	Kundenorientierung und Qualitätsmanagement	754
21.1	Kundenorientierung	754
21.2	Qualitätsmanagement	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
Sachwortverzeichnis		761