

Inhaltsverzeichnis

1	Energiebilanz	1	3	Elektrotechnik	39
1.1	Geschichtliche Entwicklung	1	3.1	Stromarten und Stromverteilung	39
1.2	Energiesparmaßnahmen	1	3.1.1	Gleichstrom	39
			3.1.2	Wechselstrom	40
			3.1.3	Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)	40
			3.1.4	Stromverteilung	40
2	Physikalische und bau- physikalische Grundlagen	4	3.2	Elektrische Bauteile	41
2.1	Die Elemente des Lebens:		3.2.1	Transformatoren	41
	Wasser und Luft	4	3.2.2	Elektromotoren	41
2.1.1	Wasser	4	3.2.2.1	Einphasen-Asynchronmotor und Kondensator	42
2.1.2	Luft	7	3.2.2.2	Dreiphasen-Asynchronmotor	42
2.1.2.1	Stickstoff	7	3.2.3	Schaltzeichen und Schaltpläne	43
2.1.2.2	Sauerstoff	7	3.2.4	Gefährdung durch elektrischen Strom	44
2.1.2.3	Edelgase	8	3.2.5	Schutzmaßnahmen	45
2.1.2.4	Kohlendioxid	8			
2.2	Druck in Flüssigkeiten und Gasen	9	4	Grundlagen der Wärmeerzeugung	47
2.2.1	Druck allgemein	9	4.1	Feste Brennstoffe	48
2.2.2	Druck in Flüssigkeiten	10	4.1.1	Holz	48
2.2.2.1	Hydrostatischer Druck	10	4.1.1.1	Eigenschaften von Holz und Holzpellets	48
2.2.2.2	Kommunizierende Röhre	11	4.1.1.2	Verbrennung von Holz	48
2.2.2.3	Saughebersprinzip	11	4.1.2	Kohle	48
2.2.2.4	Druckfortpflanzung	11	4.1.2.1	Eigenschaften der Kohle	48
2.2.2.5	Theoretische Saughöhe von Pumpen bei Wasser	12	4.1.2.2	Verbrennung der Kohle	48
2.2.3	Druck in Gasen	12	4.2	Flüssige Brennstoffe	49
2.2.3.1	Das Boyle-Mariottesche Gesetz	12	4.2.1	Eigenschaften von Heizöl	49
2.2.3.2	Luftdruck	13	4.2.1.1	Einteilung der Heizöle	49
2.2.4	Druckmessgeräte	13	4.2.1.2	Kenndaten von Heizölen	49
2.3	Wärmelehre (Kalorik)	16	4.2.2	Vorgänge bei der Verbrennung	51
2.3.1	Temperatur	16	4.2.2.1	Zündverhalten	51
2.3.1.1	Temperaturskalen	16	4.2.2.2	Verbrennungsablauf	51
2.3.2	Thermische Ausdehnung	17	4.3	Gasförmige Brennstoffe	52
2.3.2.1	Anomalie des Wassers	18	4.3.1	Eigenschaften von Brenngasen	52
2.3.2.2	Thermische Ausdehnung von Gasen	19	4.3.1.1	Einteilung von Brenngasen	52
2.3.3	Temperaturmessung	19	4.3.1.2	Kenndaten von Brenngasen	54
2.3.4	Wärmeenergie	22	4.3.2	Vorgänge bei der Verbrennung	55
2.3.5	Wärmeleistung (Wärmestrom)	23	4.3.2.1	Zündverhalten von Brenngasen	55
2.3.6	Schmelz- und Verdampfungswärme	23	4.3.2.2	Verbrennungsabläufe und Flammenbilder	55
2.3.7	Wärmeübertragung	25	4.4	Schadstoffe und ihre Grenzwerte	57
2.3.8	Wärmeübergang	28	4.4.1	Schadstoffe	57
2.3.9	Wärmedurchgang	28	4.4.2	Grenzwerte von Schadstoffen	58
2.4	Schall und Schallschutz	30	4.4.2.1	Grenzwerte für Schadstoffe von Feuerungsanlagen mit festen Brennstoffen	58
2.4.1	Schall	30	4.4.2.2	Grenzwerte für Schadstoffe von Feuerungsanlagen mit flüssigen Brennstoffen	58
2.4.2	Das menschliche Ohr	30	4.4.2.3	Grenzwerte für Schadstoffe von Feuerungsanlagen mit gasförmigen Brennstoffen	59
2.4.3	dB als Messgröße des Schalls	31	4.4.2.4	Grenzwerte zur Vergabe von Güte- zeichen und Förderprogrammen	59
2.4.4	Geräuschwahrnehmung des Menschen	31	4.5	Abgase und Abgasanlagen	60
2.4.5	Schallarten und Schallausbreitung	32	4.5.1	Grundlagen	60
2.4.6	Schallpegelmesser	32	4.5.2	Schornsteine	62
2.4.7	Richtiges Messen	33	4.5.2.1	Anforderungen an Schornsteine	63
2.4.7.1	Hintergrundgeräusche	33	4.5.2.2	Schornsteinentwicklung	65
2.4.7.2	Addition von Schallquellen	33			
2.4.8	Schallschutz	34			
2.5	Grundlagen des Brandschutzes	36			
2.5.1	Allgemeines	36			
2.5.2	Gesetzliche Regelung	36			
2.5.3	Baulicher Brandschutz	37			

4.5.2.3	Belegung von Schornsteinen	66	5.4	Pufferspeicher	96
4.5.2.4	Schornsteinauslegung	66	5.5	Schornsteine für Festbrennstoff- heizkessel	96
4.5.3	Verbindungsstücke	67			
4.5.4	Abgasklappen	67			
4.5.5	Nebenluftvorrichtungen	67			
4.6	Heizkessel	69	6	Flüssige Brennstoffe: Bereitstellung – Verbrennung – Kessel	98
4.6.1	Einteilung der Heizkessel	69	6.1	Bereitstellung von Heizöl	98
4.6.1.1	Einteilung nach dem Kesselwerkstoff ..	69	6.1.1	Heizöllagerung	98
4.6.1.2	Einteilung nach dem Brennstoff	70	6.1.1.1	Unterirdische Lagerung von Heizöl im Freien	99
4.6.1.3	Einteilung nach dem Druck im Verbrennungsraum	70	6.1.1.2	Oberirdische Lagerung von Heizöl ..	100
4.6.1.4	Einteilung nach der Art der Heizgasführung	71	6.1.2	Ausrüstung der Heizöllagerbehälter ..	102
4.6.1.5	Einteilung nach der Bauart	71	6.2	Ölbrenneranschlüsse im Ein- und Zestrangsystem	105
4.6.2	Wirkungsgrade und Nutzungsgrade ..	79	6.3	Ölbrenner	108
4.6.2.1	Feuerungstechnischer Wirkungsgrad ..	79	6.3.1	Ölverdampfungsbrenner	108
4.6.2.2	Kesselwirkungsgrad	79	6.3.1.1	Verdampfungsbrenner	108
4.6.2.3	Jahresnutzungsgrad des Heizkessels ..	80	6.3.1.2	Gebläse-Verdampfungsbrenner	108
4.6.2.4	Jahresnutzungsgrad der Heizungs- anlage	81	6.3.2	Ölzerstäubungsbrenner	109
4.6.2.5	Norm-Nutzungsgrad	82	6.3.2.1	Aufbau des Ölzerstäubungsbrenners ..	109
4.6.3	Wartung der Heizkessel	82	6.3.2.2	Arten und Betriebsweisen von Ölzerstäubungsbrennern	113
4.7	Aufstellung von Feuerstätten – Verbrennungsluftversorgung	84	6.3.2.3	Maßnahmen zur Verringerung von Schadstoffen	114
4.7.1	Aufstellung und Verbrennungsluft- versorgung raumluftabhängiger Feuerstätten	85	6.3.2.4	Einstellung und Inbetriebnahme	115
4.7.2	Aufstellräume	86	6.3.2.5	Wartung und Störungssuche	119
4.7.2.1	Aufstellräume für raumluftab- hängige Feuerstätten bis 35 kW Gesamtnennwärmeleistung	86	6.4	Heizkessel für Ölzerstäubungsbrenner	122
4.7.2.2	Aufstellräume für raumluftab- hängige Feuerstätten über 35 kW bis 50 kW und über 50 kW Gesamtnennwärmeleistung	87	6.4.1	Öl-Brennwertkessel mit interner Kondensation	112
4.7.2.3	Messtechnischer Nachweis der Verbrennungsluftversorgung	87	6.4.2	Öl-Brennwertkessel mit externer Kondensation	125
4.7.2.4	Aufstellräume für raumluftunab- hängige Gasfeuerstätten (Art C)	87	6.4.3	Öl-Brennwertkessel mit Verbren- nungsvorwärmung	125
4.7.2.5	Besondere Anforderungen an Aufstell- räume für Feuerstätten > 50 kW	88	6.5	Abgasanlagen für Ölfeuerungen	125
4.7.3	Heizräume	88			
5	Feste Brennstoffe: Bereitstellung – Verbrennung – Kessel	90	7	Gasförmige Brennstoffe: Bereitstellung – Verbrennung – Kessel	127
5.1	Holz	90	7.1	Bereitstellung von Gasen	127
5.1.1	Bereitstellung von Stückholz	90	7.1.1	Bereitstellung von Erdgas	127
5.1.2	Bereitstellung von Holzpellets	90	7.1.1.1	Transport und Verteilung	127
5.1.3	Bereitstellung von Hackgut, Säge- und Hobelspänen	91	7.1.1.2	Speicherung	128
5.2	Kohle	91	7.1.2	Bereitstellung von Flüssiggas	128
5.2.1	Bereitstellung der Kohle	91	7.1.2.1	Transport und Verteilung	128
5.3	Festbrennstoffheizkessel	92	7.1.2.2	Lagerung	128
5.3.1	Werkstoffe	92	7.1.3	Hausanschluss	130
5.3.2	Brenndauer und Zugbedarf	92	7.1.4	Gasversorgung in Gebäuden	131
5.3.3	Verbrennungssysteme	92	7.1.4.1	Hausdruckregler	131
5.3.4	Naturzug- und Gebläsefeuerung	92	7.1.4.2	Rohrarten und Rohrverlegung	132
5.3.5	Leistungs- und Verbrennungs- regelung	93	7.1.4.3	Prüfung und Inbetriebnahme	134
5.3.6	Holz-kessel	93	7.2	Gasbrenner	137
5.3.7	Kohlekessel	95	7.2.1	Aufbau von Gasbrennern ohne Gebläse (atmosphärische Brenner) ..	137
			7.2.1.1	Zündeinrichtungen	138
			7.2.1.2	Flammenüberwachungs- einrichtungen	138
			7.2.1.3	Gasregelstrecke (Gasstraße)	141
			7.2.1.4	Elektrische Steuer- und Regeleinrichtungen	142

7.2.1.5	Maßnahmen zur Verringerung von Stickoxiden und Kohlenmonoxiden . . .	144	8.2.2.4	Solarspeicher und Nachheizung	192
7.2.1.6	Vor- und Nachteile von Gasbrennern ohne Gebläse	145	8.2.2.5	Steuerung und Regelung	194
7.2.2	Aufbau von Gebläsebrennern	146	8.3	Photovoltaik	196
7.2.2.1	Verbrennungsluftzuführung und -überwachung	147	8.3.1	Aufbau einer Photovoltaikanlage . . .	196
7.2.2.2	Zündeinrichtungen	148	8.3.2	Wirkungsweise einer Photovoltaik-anlage	196
7.2.2.3	Flammenüberwachungs-einrichtungen	148	8.4	Wärmepumpen	197
7.2.2.4	Gasregelstrecke	148	8.4.1	Energiequellen für Wärmepumpen . .	197
7.2.2.5	Dichtheitskontrolle	149	8.4.1.1	Luft	197
7.2.2.6	Elektrische Steuer- und Regeleinrichtungen	149	8.4.1.2	Wasser	197
7.2.2.7	Maßnahmen zur Verringerung von Stickoxiden und Kohlenmonoxiden . .	152	8.4.1.3	Erdschicht	197
7.2.2.8	Vor- und Nachteile von Gasgebläsebrennern	153	8.4.2	Funktionsprinzip der Kompressions-Wärmepumpen	197
7.2.3	Sonderausführungen von Gasbrennern	153	8.4.3	Ausführungsarten von Wärme-pumpen	197
7.2.3.1	Strahlungsflächenbrenner	153	8.4.3.1	Luft-Wasser-Wärmepumpen	197
7.2.3.2	Katalytische Brenner	154	8.4.3.2	Wasser-Wasser-Wärmepumpen	198
7.2.3.3	Zweistoffbrenner	155	8.4.3.3	Erdwärme-Wasser-Wärmepumpen . .	198
7.2.4	Einstellung und Inbetriebnahme von Gasbrennern	156	8.4.4	Leistungszahl	199
7.2.4.1	Einstellung eines atmosphärischen Gasbrenners	158	8.4.5	Betriebsweisen von Wärmepumpen .	199
7.2.4.2	Einstellung eines Gebläsebrenners . .	159	8.4.5.1	Monovalent	199
7.2.4.3	Funktionsprüfung der Abgasanlage raumluftabhängiger Gasgeräte mit Strömungssicherung	160	8.4.5.2	Bivalent	199
7.3	Abgasanlagen für Gasfeuerungen . .	162	8.4.6	Einsatz von Wärmepumpen	199
7.3.1	Gasgeräte	162	8.4.6.1	Beheizung mit der Wärmepumpe . . .	199
7.3.2	Raumluftabhängige Gasfeuerstätten	164	8.4.6.2	Trinkwassererwärmung	199
7.3.3	Raumluftunabhängige Gasfeuerstätten	165	8.5	Klein-Blockheizkraftwerke	200
7.4	Heizkessel für Gasfeuerungen	168	8.5.1	Aufbau und Funktionsweise	200
7.4.1	Heizkessel mit Gasbrennern ohne Gebläse	168	8.5.2	Wirtschaftlichkeit und Grundlagen für die Errichtung von Klein-Block-heizkraftwerken	201
7.4.2	Heizkessel mit Gasgebläsebrennern .	169	8.6	Brennstoffzelle	202
7.4.3	Gas-Niedertemperaturheizkessel . . .	169	8.6.1	Historischer Rückblick	202
7.4.4	Gas-Brennwertheizkessel	170	8.6.2	Grundprinzip der Brennstoffzelle . . .	202
7.4.5	Gasumlaufwasserheizer/ Gaskombiwasserheizer	171	8.6.3	Technische Anwendung am Beispiel einer PEM-Brennstoffzelle	202
7.5	Wartung und Störungssuche	173	8.7	Niedrigenergiehaus	204
7.5.1	Wartung	173	8.7.1	Begriffsbestimmung	204
7.5.2	Störungssuche	175	8.7.2	Wärmeschutz und Heiztechnik als gemeinsame Merkmale des Niedrigenergiehauses und der Energieeinsparverordnung (EnEV) . .	204
8	Energieeinsparung, erneuerbare Energien	176	9	Trinkwassererwärmung	206
8.1	Energieeinsparverordnung (EnEV) . .	176	9.1	Anforderungen an Trinkwasser-erwärmungsanlagen	206
8.2	Solaranlagen	178	9.2	Einteilung der Trinkwasser-erwärmungsanlagen	206
8.2.1	Die Sonne als Energiequelle	179	9.2.1	Versorgung der Entnahmestellen . . .	206
8.2.1.1	Solarkonstante und Globalstrahlung .	179	9.2.2	Systeme von Trinkwassererwärmern	207
8.2.1.2	Strahlungsleistung und Sonnen-scheindauer	179	9.2.3	Offene und geschlossene Trinkwassererwärmer	208
8.2.2	Aufbau und Wirkungsweise einer thermischen Solaranlage	181	9.2.4	Beheizung der Trinkwassererwärmer	209
8.2.2.1	Sonnenkollektoren	181	9.3	Trinkwassererwärmer für die zentrale Versorgung	209
8.2.2.2	Kollektormontage	186	9.3.1	Speicher-Trinkwassererwärmer – mittelbar beheizt	209
8.2.2.3	Solarkreis	190	9.3.2	Durchfluss-Trinkwassererwärmer – mittelbar beheizt	211
			9.3.3	Unmittelbar (direkt) beheizte Speicher-Trinkwassererwärmer	212
			9.4	Trinkwasseranschluss geschlos-sener Trinkwassererwärmer	212

10	Rohrleitungen, Rohrverlegung, Armaturen	215	10.4.4.1	Natürlicher Dehnungsausgleich	288
10.1	Allgemeine Kenngrößen von Rohren	215	10.4.4.2	Dehnungsbögen und Kompensatoren	289
10.2	Rohrarten	216	10.4.5	Rohrbefestigung	291
10.2.1	Stahlrohre	217	10.4.5.1	Gleitbefestigungen und Festpunktbefestigungen	292
10.2.1.1	Gewinderohre	217	10.4.5.2	Rohraufhängungen und Rohrunterstützungen	293
10.2.1.2	Nahtlose und geschweißte Stahlrohre	217	10.4.5.3	Stützweiten	294
10.2.1.3	Präzisionsstahlrohre	218	10.4.5.4	Rohrbefestigung mit Schalldämmung	294
10.2.1.4	Nichtrostende Stahlrohre	219	10.4.6	Wärmedämmung bei Rohrleitungen	295
10.2.1.5	Stahlrohre für Gasleitungen	219	10.4.6.1	Wärmedämmung bei Heizungsrohren	298
10.2.2	Kupferrohre	220	10.4.6.2	Wärmedämmung bei Trinkwasserleitungen	302
10.2.2.1	Verwendung von Kupferrohren	220	10.4.6.3	Dämmungsarten	303
10.2.2.2	Eigenschaften der Kupferrohre	220	10.4.6.4	Dämmstoffe	304
10.2.2.3	Lieferformen von Kupferrohren	220	10.4.6.5	Anwendung und Verarbeitung	304
10.2.2.4	Kupferrohre nach DIN EN 1057	220	10.4.7	Rohrverlegung im Mauerwerk	306
10.2.2.5	Sonstige Kupferrohre	222	10.4.7.1	Traditionelle Unterputzinstallation	306
10.2.3	Kunststoffrohre	222	10.4.7.2	Rohrverlegung in Schlitzen	307
10.2.3.1	Allgemeine Eigenschaften und Anwendungsbereiche	222	10.4.7.3	Wand- und Deckendurchführung	308
10.2.3.2	PVC-Rohre	223	10.4.8	Vorwandinstallation	308
10.2.3.3	PE-Rohre	224	10.5	Armaturen	310
10.2.3.4	PB-Rohre	226	10.5.1	Aufgaben und Einteilung von Armaturen	310
10.2.3.5	PP-Rohre	227	10.5.2	Anforderungen an Armaturen	310
10.2.4	Rohre für besondere Verwendungszwecke	227	10.5.3	Absperrarmaturen	312
10.2.4.1	Mehrschichtverbundrohre	227	10.5.3.1	Ventile	314
10.2.4.2	LORO-X-Rohre	228	10.5.3.2	Schieber	316
10.2.4.3	Metallschläuche und metallbewehrte Schläuche	229	10.5.3.3	Hähne	317
10.2.4.4	Rippenrohre	231	10.5.3.4	Klappen	318
10.3	Rohrverbindungen	233	10.6	Strömung von Flüssigkeiten in Rohrleitungen	319
10.3.1	Unlösbare Rohrverbindungen	233	10.6.1	Strömungsgeschwindigkeit und Volumenstrom	319
10.3.1.1	Hart- und wechlöten von Rohren	233	10.6.2	Strömungsgeschwindigkeit bei Querschnittsänderung (Kontinuitätsgleichung)	319
10.3.1.2	Schweißen von Rohren	239	10.6.3	Flüssigkeitsreibung und Viskosität	320
10.3.1.3	Gasschmelzschweißen von Rohren	244	10.6.4	Laminare und turbulente Strömung	321
10.3.1.4	Lichtbogenhandschweißen von Rohren	250	10.6.5	Statischer und dynamischer Druck	322
10.3.1.5	Schutzgasschweißen von Rohren	254	10.6.6	Druckverluste in geraden Rohrstrecken	324
10.3.1.6	Schweißen von Kunststoffrohren	260	10.6.7	Druckverluste durch Einzelwiderstände	294
10.3.1.7	Kleben von PVC-Rohren	266	10.6.8	Gesamtdruckverlust	326
10.3.1.8	Rohrpressverbindungen	266			
10.3.1.9	Schiebehülsenverbindungen	268	11	Sicherheitstechnische Ausrüstung von Warmwasser-Heizungsanlagen	327
10.3.1.10	Gewinderohrverbindungen	269	11.1	Sicherheitstechnische Ausrüstung von offenen Warmwasser-Heizungsanlagen	327
10.3.2	Lösbare Rohrverbindungen	271	11.2	Sicherheitstechnische Ausrüstung von geschlossenen Warmwasser-Heizungsanlagen	329
10.3.2.1	Rohrverschraubungen	271	11.2.1	Geschlossene Warmwasser-Heizungsanlage mit Öl-/Gasfeuerung	329
10.3.2.2	Klemmringverschraubungen	272	11.2.2	Geschlossene Warmwasser-Heizungsanlage mit Festbrennstoff-Feuerung	338
10.3.2.3	Schneidringverschraubungen	273			
10.3.2.4	Rohrkupplungen	273			
10.3.2.5	Flanschverbindungen	274			
10.4	Rohrmontage	276			
10.4.1	Der Rohrleitungsplan	276			
10.4.1.1	Darstellung von Rohrleitungen	276			
10.4.1.2	Kennzeichnung von Rohrleitungen	278			
10.4.2	Messtechniken der Rohrinstallation	279			
10.4.2.1	Vorfertigung von Rohrleitungen	279			
10.4.2.2	Messen „Mitte – Mitte“ und z-Maß-Methode	279			
10.4.3	Rohrverarbeitung	281			
10.4.3.1	Trennen von Rohren	281			
10.4.3.2	Biegen von Rohren	284			
10.4.4	Dehnungsausgleich bei Rohren	288			

12	Pumpen und Druckverhältnisse in Heizungsanlagen	342	13.2.2.3	Einrohrheizung mit Kurzschlussstrecke (Nebenschlussystem)	368
12.1	Bauarten und Konstruktionsmerkmale von Pumpen	342	13.2.2.4	Einrohrheizung mit Zwangsumlauf	368
12.1.1	Nassläuferpumpen	342	13.2.2.5	Heizkörperanbindung	368
12.1.2	Trockenläuferpumpen	342	14	Raumheizkörper und Flächenheizungen	371
12.2	Einbau und Inbetriebnahme	343	14.1	Raumheizkörper	371
12.3	Pumpen- und Rohrnetzkenlinien	344	14.1.1	Anforderungen an Raumheizkörper	371
12.3.1	Pumpenkenlinie	344	14.1.2	Anordnung der Raumheizkörper	371
12.3.2	Rohrnetzkenlinie	345	14.1.3	Wärmeabgabe der Raumheizkörper	372
12.3.3	Betriebpunkt	345	14.1.4	Auslegung der Raumheizkörper	372
12.3.5	Betriebpunktverschiebung	346	14.1.5	Radiatoren (Gliederheizkörper)	372
12.4	Pumpenleistung und Leistungskennlinie	346	14.1.5.1	Gussradiatoren	372
12.5	Wirkungsgrad der Pumpe	347	14.1.5.2	Stahlradiatoren	373
12.6	Pumpenanpassung an die Anlagenbedingungen	348	14.1.5.3	Röhrenradiatoren	373
12.6.1	Leistungsanpassung durch Drehzahländerung	348	14.1.5.4	Nippelung von Radiatoren	373
12.6.2	Pumpenauswahl	349	14.1.6	Plattenheizkörper	374
12.7	Parallel- und Reihenschaltung von Pumpen	351	14.1.7	Konvektoren	374
12.7.1	Parallelschaltung	351	14.1.8	Sonderausführungen von Heizkörpern	374
12.7.2	Reihenschaltung	352	14.1.9	Anschlussarten von Heizkörpern	374
12.8	Störungen im Pumpenbetrieb – Ursachen und Gegenmaßnahmen	352	14.1.10	Heizkörpermontage	376
12.9	Druck in Pumpen-Warmwasserheizungen	354	14.1.11	Vor- und Rücklaufverschraubungen	377
12.9.1	Anlagen-Nullpunkt und Druckverteilung	354	14.1.12	Heizkörperregelarmaturen	377
12.9.1.1	Druckverteilung in offenen Systemen	354	14.1.12.1	Thermostatventile ohne Hilfsenergie	377
12.9.1.2	Druckverteilung in geschlossenen Systemen	355	14.1.12.2	Elektronische Thermostatventile mit Hilfsenergie	378
12.9.2	Druckhaltung	355	14.2	Flächenheizungen	379
12.10	Entlüftung von Pumpen-Warmwasserheizungen	356	14.2.1	Fußbodenheizung	379
12.11	Hydraulischer Abgleich von Heizungsanlagen	358	14.2.2	Deckenheizung	382
12.11.1	Grundlagen	358	14.2.2.1	Rohrdeckenheizungen	382
12.11.2	Einrichtungen für den hydraulischen Abgleich	358	14.2.2.2	Strahlplattenheizungen	382
12.11.2.1	Voreinstellbare Thermostatventile	358	14.2.3	Wandheizung	382
12.11.2.2	Heizkörper-Rücklaufverschraubung	359	14.2.3.1	Wasser führende Unterputzsysteme	383
12.11.2.3	Strangreguliertventile	360	14.2.3.2	Hypokaustensysteme	383
12.11.2.4	Durchflussregler	361	14.3	Wärmemengenzähler und Heizkostenverteiler	383
12.11.2.5	Differenzdruckregler	361	14.3.1	Wärmemengenzähler (eichpflichtig)	384
12.11.2.6	Differenzdruckregler mit Durchflussbegrenzung	361	14.3.2	Heizkostenverteiler (nicht eichpflichtig)	384
12.11.2.7	Überströmventil	361	14.3.2.1	Verdunstungsverteiler	384
12.11.2.8	Hydraulische Weiche	362	14.3.2.2	Elektronische Heizkostenverteiler	385
13	Rohrleitungssysteme	365	15	Fernwärmeversorgung	386
13.1	Verteilung des Vorlaufwassers	365	15.1	Allgemeines	386
13.1.1	Untere Verteilung	365	15.2	Einteilung	387
13.1.2	Obere Verteilung	365	15.3	Hauptbestandteile	387
13.1.3	Stockwerksheizung	365	15.4	Wärmeträgermedium	388
13.1.4	Etagenweise Verteilung	366	15.5	Betriebsweise	388
13.2	Rohrsysteme	366	15.6	Fernwärmeverteilung	389
13.2.1	Zweirohrsystem	366	15.6.1	Strahlennetze	389
13.2.2	Einrohrsystem	367	15.6.2	Ringnetze	389
13.2.2.1	Waagerechte Einrohrheizung	367	15.6.3	Vermaschte Netze	389
13.2.2.2	Senkrechte Einrohrheizung	367	15.6.4	Zweileitersystem	389
			15.6.5	Dreileitersystem	389
			15.7	Hausstationen	390
			15.7.1	Direkter Anschluss	392
			15.7.2	Indirekter Anschluss	392
			15.7.3	Kompakt-Hausstation	393
			15.8	Graphische Symbole der Fernwärmeversorgung	393

15.9	Sicherheitstechnische Absicherung von Hausstationen zum Anschluss an Heizwasser-Fernwärmenetze nach DIN 4747-1	394	17.2.8	Erosions- und Kavitationskorrosion	415
15.9.1	Sicherheitstechnische Ausrüstung zur Druckabsicherung	394	17.2.8.1	Erosionskorrosion	415
15.9.2	Sicherheitstechnische Ausrüstung zur Temperaturabsicherung	394	17.2.8.2	Kavitationskorrosion	415
15.10	Vor- und Nachteile von Fernwärmeversorgungsanlagen	395	17.2.9	Wasserstoffkrankheit	415
16	Niederdruckdampfheizung	396	17.3	Korrosionsschutz	416
16.1	Funktionsprinzip einer Niederdruckdampfheizung	396	17.3.1	Korrosionsschutz in Warmwasserheizungsanlagen	416
16.2	Vor- und Nachteile von Niederdruckdampfheizungen	397	17.3.2	Korrosionsschutz in Niederdruck-Dampfanlagen	417
16.3	Kesselbauformen	398	17.3.3	Korrosionsschutz von Öl- und Flüssiggasbehältern	417
16.4	Sicherheitstechnische Ausrüstung und Regelung von Niederdruckdampfkesseln	398	17.3.3.1	Korrosionsschutz von Ölbehältern	417
16.5	Verlegung von Dampf- und Kondensatleitungen	403	17.3.3.2	Korrosionsschutz von Flüssiggasbehältern	418
16.6	Entwässerung von Dampfleitungen	404	17.3.4	Korrosionsschutz in Trinkwassererwärmungsanlagen	418
16.7	Kondensatableiter	405	17.3.5	Korrosionsschutz in RLT-Anlagen	419
16.7.1	Kugelschwimmer-Kondensatableiter	405	18	Messen, Steuern, Regeln	421
16.7.2	Thermische Kondensatableiter	406	18.1	Abgrenzen der Begriffe Messen, Steuern, Regeln	421
16.7.2.1	Thermischer Bimetall-Kondensatableiter	406	18.2	Begriffsklärung am Beispiel einer Raumtemperatur-Regulierung	422
16.7.2.2	Thermischer Kapsel-Kondensatableiter	406	18.2.1	Steuerung	422
16.7.2.3	Schnellentleerer	407	18.2.2	Regelung	422
16.7.3	Thermodynamischer Kondensatableiter	407	18.3	Weitere Erläuterungen am komplexeren Beispiel eines Durchlaufwassererwärmers	423
16.8	Entwässerungsschleifen	408	18.4	Messtechnik	425
16.9	Be- und Entlüfter	408	18.4.1	Messen des Ionisationsstromes am Gasbrenner	425
16.10	Kondensatrückspeisung	409	18.4.2	Messen und Überprüfen von Widerständen	425
16.10.1	Rückspeisung mit natürlichem Gefälle	409	18.5	Steuerungstechnik	426
16.10.2	Rückspeisung mit tief liegendem Kondensatsammelbehälter	409	18.6	Regelungstechnik	427
16.10.3	Rückspeisung mit hoch liegendem Kondensatsammelbehälter	410	18.6.1	Einteilung von Reglern	427
16.11	Wasseraufbereitung	410	18.6.2	Regelverhalten von Reglern	427
17	Korrosion und Korrosionsschutzmaßnahmen	411	18.6.2.1	Unstetige Regler	427
17.1	Ursachen und Einflussgrößen der Korrosion metallischer Werkstoffe	411	18.6.2.2	Stetige Regler	429
17.1.1	Elektrochemische Korrosion	411	18.6.3	Analoge/digitale Regler	430
17.1.2	Chemische Korrosion	412	18.6.4	Regler im Einsatz	431
17.1.3	Korrosionswirkung des Wassers und seiner Verunreinigungen	412	18.6.4.1	Witterungsgeführte Vorlauf-(Kessel-) Temperaturregelung	431
17.1.4	Korrosionswirkung durch äußere Einflüsse	412	18.6.4.2	Min.-Max.-Begrenzung der Kesselwasser-Temperatur	433
17.2	Korrosionsarten	413	18.6.4.3	Speichervorrangschaltung	433
17.2.1	Gleichmäßige Flächenkorrosion	413	18.6.5	DDC-Regelung, Gebäudeleittechnik	434
17.2.2	Muldenkorrosion	413	19	Raumluftechnische Anlagen	437
17.2.3	Lochkorrosion	413	19.1	Einführung und geschichtliche Entwicklung der Lufttechnik	437
17.2.4	Kontaktkorrosion	414	19.2	Einteilung und Aufgaben der Lufttechnik	437
17.2.5	Spaltkorrosion	414	19.3	Kontrollierte Wohnungslüftung	437
17.2.6	Selektive Korrosion	414	19.4	Physiologische Grundlagen – Der Begriff der Behaglichkeit	439
17.2.7	Spannungsrissskorrosion	414	19.4.1	Thermische Behaglichkeit	440
			19.4.2	Luftverunreinigungen	440
			19.4.2.1	MAK-Wert und CO₂-Gehalt	440
			19.4.2.2	Gerüche	441

19.4.3	Außenluftstrom (Außenlufrate) und Luftwechsel	441	19.9	Kälteanlagen	484
19.4.3.1	Außenluftstrom	441	19.9.1	Theoretische Grundlagen	484
19.4.3.2	Luftwechselzahl	442	19.9.2	Anlagenaufbau	485
19.5	Thermodynamische Luftbehandlungen	443	19.9.2.1	Arten der Kälteaggregate	485
19.6	<i>h-x</i>-Diagramm von Mollier für feuchte Luft und seine physikalischen Grundlagen	444	19.9.2.2	Arten der Luftkühlung	486
19.6.1	Gesamtdruck p der feuchten Luft.	446	19.9.2.3	Arten der Wärmeabgabe	486
19.6.2	Relative Feuchte φ	446	19.10	Anlagenbeispiel einer Nur-Luft-Klimaanlage	487
19.6.3	Absolute Feuchte oder Feuchtegrad x	446	19.11	Anlageninstandhaltung	489
19.6.4	Wärmeinhalt (Enthalpie) h	447	19.12	Inbetriebnahme und Abnahmeprüfung, Messen und Einregulieren ..	491
19.6.5	Temperatur θ	447	19.12.1	Messen von Luftgeschwindigkeiten und Einregulieren von Luftvolumenströmen	491
19.7	Bauteile der RLT-Anlagen	449	19.12.1.1	Geschwindigkeitsmessung in geschlossenen, nicht begehbaren Räumen (Geräte, Kanäle usw.)	491
19.7.1	Einbaukomponenten	449	19.12.1.2	Geschwindigkeitsmessungen an Luftein- und -auslässen	493
19.7.1.1	Mischkammer	449	20	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB)	494
19.7.1.2	Filter	450	20.1	Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen (VOB Teil A)	494
19.7.1.3	Wärmetauscher	453	20.2	Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen (VOB Teil B)	495
19.7.1.3.1	Lufterhitzer	453	20.3	Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV, VOB Teil C)	495
19.7.1.3.2	Luftkühler	454	21	Kundenorientierung und Qualitätsmanagement	496
19.7.1.4	Befeuchter	454	21.1	Kundenorientierung	496
19.7.1.5	Ventilatoren	456	21.2	Qualitätsmanagement	499
19.7.1.6	Schalldämpfer	458	21.2.1	Der Begriff „Qualität“	499
19.7.1.6.1	Natürliche Schalldämpfer	458	21.2.2	Qualitätsmanagementsysteme.	499
19.7.1.6.2	Künstliche Schalldämpfer	459	21.2.3	Audits	500
19.7.1.6.3	Schalldämpferauslegung	460	21.2.4	Öko-Audit	501
19.7.2	Luftleitungen und Zubehör	460	21.2.5	Ökobilanz	501
19.7.3	Luftdurchlässe	464	21.2.6	Konsequenzen für den Handwerksbetrieb	502
19.7.3.1	Lüftungsgitter	464	Sachwortverzeichnis	503	
19.7.3.2	Induktiv wirkende Auslässe	465			
19.7.3.3	Quellluftauslässe	467			
19.7.4	Brandschutzklappen	468			
19.8	Anlagenkonzeptionen	470			
19.8.1	Freie Lüftungssysteme	470			
19.8.2	Lüftungstechnische Anlagen	470			
19.8.2.1	Einkanalanlage mit konstantem oder variablem Volumenstrom	471			
19.8.2.2	Zweikanal-Klimaanlage mit konstantem oder variablem Volumenstrom	472			
19.8.2.3	Induktions-Klimaanlagen	472			
19.8.2.4	Kühldecken	473			
19.8.2.5	Ventilator-konvektoren	474			
19.8.2.6	Raumklimageräte	475			
19.8.2.7	Kontrollierte Wohnungslüftung	475			
19.8.3	Akustische Probleme des Anlagenumfeldes	480			
19.8.4	Technische Maßnahmen der Energieeinsparung	481			
19.8.4.1	Rekuperatoren	481			
19.8.4.2	Regeneratoren	482			