

1. Teil: Physikalische Grundlagen zur Dampferzeugung

1.1	Einleitung	1	2.3.2.8	Briketts	23
1.2	Einheiten im Messwesen	2	2.3.3	Abfallbrennstoffe	23
1.2.1	Internationales Einheitensystem	2	2.3.4	Klärschlamm	24
1.2.1.1	SI-Basiseinheiten	2	2.3.5	Biomasse	25
1.2.1.2	Abgeleitete SI-Einheiten	3	2.4	Zusammensetzung der Brennstoffe	25
1.2.1.3	International anerkannte Vorsätze für Dezimale Teile und Vielfache von Einheiten	5	2.4.1	Salzkohle	29
1.2.1.4	Zusätzliche zu den SI-Einheiten, gesetzlich zugelassene Einheiten	5	2.5	Einteilung der Kohlen	30
1.2.2	Übersicht über die neuen metrischen Einheiten, im Vergleich zu den früheren Einheiten	6	2.5.1	Flüchtige Bestandteile	31
1.2.2.1	Länge, Fläche, Raum	6	2.5.2	Mahlbarkeit	31
1.2.2.1.1	Länge	6	2.5.3	Ascheschmelzverhalten	31
1.2.2.1.2	Fläche	6	2.5.4	Körnung	33
1.2.2.1.3	Volumen (Raum)	7	2.5.5	Schüttdichte	34
1.2.2.2	Zeitbezogene Größen	7	2.5.6	Blähzahl von Steinkohlen	34
1.2.2.3	Massenbezogene Größen	7	2.6	Lagerung von Kohlen	35
1.2.2.4	Mechanische Größen	7	2.7	Heizöl	35
1.2.2.4.1	Kraft	7	2.7.1	Dichte	38
1.2.2.4.2	Arbeit, Energie und Wärmemenge	8	2.7.2	Flammpunkt	39
1.2.2.4.3	Leistung	9	2.7.3	Brennpunkt	39
1.2.2.4.4	Druck	9	2.7.4	Viskosität	39
1.2.2.5	Temperatur und Ausdehnung	11	2.7.5	Schwefelgehalt	40
1.3	Wärme	12	2.7.6	Koksrückstand (Verkokungsneigung)	40
1.3.1	Spezifische Wärmekapazität	13	2.7.7	Vanadiumgehalt	40
1.3.2	Wärmeaustausch	13	2.7.8	Säuregehalt	41
1.3.2.1	Wärmeleitung	14	2.7.9	Gehalt an Asphaltenen	41
1.3.2.2	Wärmeströmung (Konvektion)	14	2.7.10	Salzgehalt	41
1.3.2.3	Wärmestrahlung	14	2.7.11	Stickstoffgehalt	41
1.4	Wasserdampf	14	2.7.12	Probenahmen	41
1.5	Nassdampf – Sattdampf – Heißdampf	17	2.8	Lagerung von Heizölen	41

2. Teil: Die Brennstoffe und ihre Verbrennung

2.1	Allgemeines	20	2.8.1	Heizöllagererraum	42
2.2	Brennstoffe für Kesselanlagen	20	2.8.2	Heizölbehälter	43
2.2.1	Feste Brennstoffe	20	2.8.3	Heizöllagerung bei Schiffskesseln	43
2.2.2	Flüssige Brennstoffe	20	2.9	Einteilung und Kennwerte von Gasen	44
2.2.3	Gasförmige Brennstoffe	20	2.9.1	Einteilung	44
2.3	Entstehung und Vorkommen der Brennstoffe	21	2.9.2	Kennwerte	44
2.3.1	Natürliche Brennstoffe	21	2.10	Bevorratung von Gasen	48
2.3.2	Künstliche Brennstoffe	22	2.11	Die Verbrennung	48
2.3.2.1	Kohleentgasung	22	2.11.1	Allgemeines	48
2.3.2.2	Kohlevergasung	22	2.11.2	Vorgänge bei der Verbrennung	48
2.3.2.3	Kohlehydrierung	23	2.11.3	Zündverhalten	49
2.3.2.4	Gichtgas	23	2.11.3.1	Zündtemperatur	49
2.3.2.5	Flüssiggas	23	2.11.3.2	Zündgrenzen	49
2.3.2.6	Raffgas	23	2.11.3.3	Zündgeschwindigkeit	50
2.3.2.7	Koks	23	2.11.4	Verbrennungsluft	50

2.11.4.1	Theoretische Luftmenge	50
2.11.4.2	Luftüberschuss	50
2.11.5	Die vollständige Verbrennung	50
2.11.6	Die unvollständige Verbrennung	50
2.11.7	Chemische Verbrennungsreaktion	51
2.11.8	Maximaler CO ₂ -Gehalt	53
2.11.9	Luftüberschusszahl	54
2.11.10	Bunte Verbrennungsdreieck	55
2.11.11	Falschluf	56
2.11.12	Verbrennungsgase und ihre Eigenschaften	57
2.11.12.1	Kohlendioxid	57
2.11.12.2	Kohlenmonoxid	57
2.11.12.3	Schwefeldioxid	57

2.11.12.4	Schwefeltrioxid	57	3.5.2.1	Niederdruck-Vorwärmer (ND-Vorwärmer)	103
2.11.12.5	Stickstoffoxide (NO_x : NO und NO_2)	58	3.5.2.2	Hochdruck-Vorwärmer (HD-Vorwärmer)	103
2.12	Wärmeverluste bei der Verbrennung	58	3.6	Wärmetauscher für gasförmige Medien	104
2.12.1	Verlust durch Abgase	58	3.6.1	Allgemeines	104
2.12.2	Verlust durch brennbare Gase	60	3.6.2	Wärmetauscher	105
2.12.3	Verlust durch Brennbares in den Rückständen	60	3.6.2.1	Regenerative Wärmetauscher	105
2.12.4	Verlust durch Strahlung und Leitung	61	3.6.2.1.1	Regenerative Wärmetauscher nach dem Rotor-Prinzip (Ljungström-Wärmetauscher)	106
2.12.5	Verlust durch fühlbare Wärme in der Schlacke	62	3.6.2.1.2	Regenerative Wärmetauscher nach dem Stator-Prinzip	106
2.12.6	Verlust durch Teer- und Rußbildung	62	3.6.2.2	Rekuperative Wärmetauscher	107
2.12.7	Allgemeine Zusammenfassung der Verluste	63	3.6.2.2.1	Gas-Luft-Wärmetauscher	107
2.13	Kesselwirkungsgrad	63	3.6.2.2.2	Gas-Gas-Wärmetauscher	107
2.14	Taupunkt und Filmbildungsgeschwindigkeit	64	3.6.2.2.3	Dampf-Gas-Vorwärmer	108
2.15	Entstehung des Zuges	66	3.6.2.2.4	Wasser-Gas-Vorwärmer	108
2.15.1	Der natürliche Zug	66	3.7	Kesselbauweisen Großdampfperzeuger	108
2.15.2	Der künstliche Zug	66	3.7.1	Allgemeines	108
2.15.3	Schornstein	68	3.7.2	Naturumlaufkessel	110
			3.7.3	Zwangdurchlaufkessel	112
			3.8	Abhitzekeessel	115
			3.8.1	Generelles	115
			3.8.2	Konstruktive Merkmale	116
			3.8.2.1	Naturumlauf-Abhitzekeessel	116
			3.8.2.2	Zwangdurchlauf-Abhitzekeessel	117
			3.8.2.3	Kühlkamine	118
			3.9	Feuerfestauskleidung/Kesselmauerwerk	118
			3.9.1	Kraftwerkskessel mit Öl-, Gas-Feuerungen	120
			3.9.2	Kraftwerkskessel mit Staubfeuerungen	121
			3.9.2.1	Rauchgasrücksauggeschächte	121
			3.9.3	Kessel für Müll- oder Biomasseverbrennung	122
			3.9.4	Wirbelschichtfeuerungen/Rückführzyklone	124
			3.9.5	Schutzbeschichtungen [CheMin]	125
			3.9.5.1	Auftragsschweißen (Cladding) [CheMin]	125
			3.9.5.2	Spritzbeschichtungen (Coating) [CheMin]	125
			3.9.5.3	Laser-Cladding und Sprengplattieren [CheMin]	126
			3.10	Kesselisolierungen	126

3. Teil: Die wichtigsten Kesselbauarten

3.1	Allgemeines	70	4.1	Allgemeines	128
3.1.1	Der Dampfkessel, Definitionen	70	4.2	Feuerungen für feste Brennstoffe	129
3.1.1.1	Aufbau eines Rauchrohrkessels	71	4.2.1	Rostfeuerungen	129
3.1.1.2	Aufbau eines Wasserrohrkessels	71	4.2.1.1	Feuerungen mit quasi feststehenden Rosten	129
3.1.2	Technische Angaben zum Dampfkessel	71	4.2.1.2	Feuerungen mit beweglichen Rosten	130
3.2	Großwasserraum-Kessel	72	4.2.2	Staubfeuerungen	135
3.2.1	Flammrohrkessel	72	4.2.2.1	Allgemeines	135
3.2.2	Flammrohr-Rauchrohr-Kessel	75	4.2.2.2	Staubfeuerungen mit trockenem Ascheabzug	135
3.2.2.1	Standard-Condorkessel (Steamblock)	78	4.2.2.2.1	Steinkohlenfeuerungen	136
3.2.3	Wasserrohr-Rauchrohr-Kessel	78	4.2.2.2.2	Braunkohlefeuerungen	141
3.2.4	Füllschachtkessel	80	4.2.2.3	Staubfeuerungen mit flüssigem Abzug	145
3.3	Wasserrohrkessel	81	4.2.2.3.1	Schmelzkammerfeuerung	145
3.3.1	Allgemeines	81	4.2.2.3.2	Zyklonfeuerung	146
3.3.2	Naturumlauf	82	4.2.3	Mahlanlagen für Staubfeuerungen	148
3.3.2.1	Schräghrohrkessel	84			
3.3.2.2	Steilrohrkessel	84			
3.3.2.3	Zweitrommelkessel	85			
3.3.2.4	Eckrohrkessel	86			
3.3.2.5	Package- oder Kompakt-Kessel	87			
3.3.2.6	Schiffskessel	88			
3.3.3	Zwangumlauf	89			
3.3.3.1	La Mont-Kessel	90			
3.3.4	Zwangdurchlauf	90			
3.3.4.1	Bensonkessel	93			
3.3.4.2	Sulzerkessel	95			
3.4	Zusatz- und Nachschaltheizflächen	96			
3.4.1	Allgemeines	96			
3.4.2	Überhitzer	96			
3.4.3	Dampfkühler	98			
3.4.3.1	Einspritzkühler	99			
3.4.3.2	Oberflächenkühler	100			
3.4.4	Economiser (Speisewasser-Vorwärmer)	100			
3.5	Wärmetauscher für flüssige Medien	101			
3.5.1	Allgemeines	101			
3.5.2	Speisewasser-Vorwärmer	102			

4.2.3.1	Schüsselmühle	149	4.4.3.1.1	Öldruckzerstäuber kleinerer Leistungen	202
4.2.3.2	Rohrkugelmühle	150	4.4.3.1.2	Niederdruck-Zerstäuber	204
4.2.3.3	Braunkohlemöhlen	151	4.4.3.1.3	Pressluft- oder Dampfzerstäuber	204
4.2.3.4	Kohlezuteiler	153	4.4.3.1.4	Öldruckzerstäuber großer Leistung	205
4.2.3.5	Regelungen von Kohlenstaubfeuerungen	155	4.4.3.1.5	Rücklauf-Öldruckzerstäuber	205
4.2.3.6	Nachbrennst	156	4.4.3.1.6	Öldruck-/Dampfdruck-Zerstäuber	206
4.2.4	Wirbelschichtfeuerung	157	4.4.3.2	Brennergehäuse/Gesamtkonzept	208
4.2.4.1	Geschichtliche Entwicklung	157	4.4.4	Brenner mit Rotations- bzw. Dreh-Zerstäubern	210
4.2.4.2	Allgemeines	157	4.4.5	Zubehör und Funktion einer Ölf Feuerungsanlage	211
4.2.4.3	Verfahrensbeschreibung	158	4.4.5.1	Ölfilter	212
4.2.4.4	Technologien	159	4.4.5.2	Ölpumpen	213
4.2.4.4.1	Atmosphärische Wirbelschichtfeuerung (WSF)	163	4.4.5.3	Heizölvorwärmer	215
4.2.4.4.2	Zirkulierende atmosphärische Wirbelschichtfeuerung (ZWSF)	163	4.4.5.4	Begleitheizungen	216
4.2.4.4.3	Zirkulierende Wirbelschicht-Feuerung mit kritischen und überkritischen Dampfparametern	166	4.4.6	Regelungen und Steuerungen von Ölf Feuerungen	217
4.2.4.4.4	Rotierende Wirbelschichtfeuerung	167	4.4.6.1	Ein-Aus-Regelung	217
4.2.4.4.5	Druckaufgeladene Wirbelschichtfeuerung (DWSF)	168	4.4.6.2	Zweipunktregelung	217
4.2.5	Biomasseverbrennung	169	4.4.6.3	Kontinuierliche Regelung	217
4.2.5.1	Allgemeines	170	4.5	Gasfeuerungen	218
4.2.5.2	Verfahrensbeschreibung	170	4.5.1	Begriffe und Ausführungsmaßnahmen	219
4.2.5.3	Technologien	170	4.5.2	Gasbrenner generell	223
4.2.6	Klärschlammverbrennung	171	4.5.2.1	Gemischbildung	223
4.2.6.1	Allgemeines	171	4.5.3	Gasbrennerbauarten	223
4.2.6.2	Klärschlamm Trocknung	171	4.5.3.1	Niederdruckbrenner	224
4.2.6.3	Verbrennung	173	4.5.3.2	Hochdruckbrenner	226
4.2.6.3.1	Müllverbrennungen	173	4.5.3.2.1	Einlanzen-Gas-Rundbrenner	226
4.2.6.3.2	Wirbelschichtverbrennung	173	4.5.3.2.2	Mehrlanzen-Gas-Rundbrenner	226
4.3	Die Müllverbrennung	174	4.5.3.2.2.1	Kombibrenner für Gas und Öl	227
4.3.1	Geschichtliche Entwicklung	174	4.5.3.2.2.2	Kombibrenner für Gas und Öl mit Rezikulation	227
4.3.2	Allgemeines	174	4.5.3.2.3	NO _x -armer Gas-/Ölbrenner	228
4.3.3	Aufbau der Anlage	176	4.5.3.3	Gas-Gebälsebrenner (Kompaktbrenner)	229
4.3.4	Kesselgestaltung	179	4.5.3.4	Gas-Saugluftbrenner	230
4.3.4.1	Feuerraumgestaltung	180	4.5.3.5	Flüssiggas-Brenner	231
4.3.4.2	Verbrennungsluftsysteme	182	4.5.4	Zubehör und Funktion einer Gasfeuerungsanlage	231
4.3.4.2.1	Primärluft	182	4.5.4.1	Gas-Druckregelgeräte	232
4.3.4.2.2	Sekundärluft	182	4.6	Heißgaserzeuger	239
4.3.4.2.3	Tertiärluft	183	4.7	Zubehör für Feuerungsanlagen	240
4.3.4.3	Kesselbauarten	183	4.7.1	Zündeinrichtungen	240
4.3.5	Rostkonzepte	185	4.7.1.1	Hochenergiezünder	241
4.3.5.1	Walzenrost	185	4.7.1.2	Plasma-Zündsystem	242
4.3.5.2	Rückschubrost Vario (Fa. MARTIN GmbH für Umwelt- und Energietechnik)	187	4.7.1.3	Ionisationsüberwachung	242
4.3.5.3	Horizontal-Rost (Fa. MARTIN GmbH für Umwelt- und Energietechnik)	188	4.7.1.4	Hochspannungszündung	243
4.3.5.4	Vorschubrost (Firma Kanadevia Inova)	188	4.7.1.5	Gas-Elektrische Zündeinrichtung	243
4.3.5.5	Vorschubrost (Fa. Standardkessel Baumgarte GmbH)	190	4.7.1.6	Öl-Zündeinrichtung/Zweistoff-Zündeinrichtung	244
4.3.5.6	Wassergekühlte Roste	191	4.7.2	Flammenüberwachung/ Feuerraumüberwachung	244
4.3.5.6.1	System Martin GmbH	192	4.7.2.1	Flammenwächter	245
4.3.5.6.2	System Kanadevia Inova	193	4.7.2.1.1	IR-Flammenwächter	245
4.3.5.6.3	System Baumgarte	193	4.7.2.1.2	UV-Flammenwächter	246
4.3.6	Regelungen von Müllfeuerungen	193	4.7.2.1.3	Moderne Zusatzfunktionen von Flammenwächtern	246
4.4	Ölfeuerungen	195	4.7.3	Feuerungsautomaten	247
4.4.1	Begriffe und Ausführungsmaßnahmen	195	4.7.4	Feuerraumüberwachung	248
4.4.2	Ölbrenner generell	201	4.7.4.1	Pyrometer	248
4.4.3.1	Öldruck-Zerstäuber allgemein	202	4.7.4.2	Feuerraumkameras	249

4.7.4.3	Akustische Feuerraumüberwachung	251
4.7.5	Sicherheitsabsperreinrichtungen	251
4.7.5.1	Sicherheitsabsperreinrichtungen für Ölfeuerungen	252
4.7.5.2	Sicherheitsabsperreinrichtungen für Gasfeuerungen	252

5. Teil: Abgasreinigung

5.1	Einführung	254
5.1.1	Allgemeines zur Luftreinhaltung	254
5.1.2	Gesetzliche Grundlagen zur Luftreinhaltung	254
5.1.3	Maßnahmen zur Vermeidung von Luftschadstoffen	255
5.2	Abscheide- und Minderungsmechanismen	256
5.2.1	Verbrennung	256
5.2.2	Absorption	257
5.2.3	Adsorption	263
5.2.4	Katalytische Abgasreinigung	265
5.2.5	Biologische Abgasreinigung	266
5.2.6	Kondensation	266
5.3	Apparate und Verfahren zur Abscheidung verschiedener Schadgaskomponenten	267
	Staub- und Partikelabscheidung	267
5.3.1	Zyklonabscheider	268
5.3.1.1	Gewebefilter	269
5.3.1.2	Elektrofilter	272
5.3.1.3	Nassabscheider/Wäscher	278
5.3.2	Schwefelverbindungen	281
5.3.2.1	Schwefeldioxid (SO ₂)	281
5.3.2.1.1	Trockene Entschwefelungsverfahren	281
5.3.2.1.2	Halbtrockene Entschwefelungsverfahren	282
5.3.2.1.3	Nasse Entschwefelungsverfahren	286
5.3.2.1.4	Schwefeltrioxid (SO ₃)	291
5.3.3	Halogenverbindungen	292
5.3.3.1	Trockene Verfahren	292
5.3.3.2	Halbtrockene Verfahren	293
5.3.3.3	Nasse Verfahren	294
5.3.4	Stickstoffverbindungen	295
5.3.4.1	Primärseitige Maßnahmen	297
5.3.4.2	Sekundärseitige Maßnahmen	297
5.3.4.2.1	SNCR-Verfahren	298
5.3.4.2.2	SCR-Verfahren	299
5.3.5	Schwermetalle	304
5.3.6	Dioxine/Furane	309
5.3.7	Kohlendioxid (CO ₂)	312
5.3.7.1	Grundlagen	312
5.3.7.2	Post-Combustion	315
5.3.7.3	Pre-Combustion	317
5.3.7.4	Oxyfuel	319
5.4	Verfahrensauswahl	320
5.5	Schaltungsvarianten der einzelnen Abgasreinigungsstufen	321
5.5.1	Fossilbefeuerte Energieerzeugungsanlagen	321
5.5.2	Abfallverbrennungsanlagen	322
5.5.3	Biomasseverbrennungsanlage	325
5.5.4	Ersatzbrennstoff (EBS) Verbrennungsanlagen	326

6. Teil: Armaturen, Apparate, Hilfsmaschinen

6.1	Armaturen	327
6.1.1	Speiseeinrichtungen	327
6.1.1.1	Rückschlagsicherungen	327
6.1.2	Absperr- und Entleerungseinrichtungen	327
6.1.2.1	Absperrreinrichtungen	327
6.1.2.1.1	Absperrventile	328
6.1.2.1.2	Absperrschieber	329
6.1.2.1.3	Absperrklappen	329
6.1.2.2	Entleerungsvorrichtungen	330
6.1.2.3	Druckprobenverschluss	331
6.1.3	Regelventile	331
6.1.3.1	Speisewasser-Regelventile	332
6.1.3.1.1	Vollast- oder Haupt-Regelventil	332
6.1.3.1.2	Anfahr- oder Schwachlast-Regelventil	333
6.1.3.1.3	Mindestmengen-Regelventil	334
6.1.4	Dampfumformventile (Reduzierventile)	334
6.1.4.1	Hochdruck-Umleitstation (HDU)	336
6.1.5	Sicherheitsventile	338
6.1.5.1	Gewichtsbelastete Sicherheitsventile	339
6.1.5.2	Federbelastete Sicherheitsventile	339
6.1.5.3	Hilfsgesteuerte Sicherheitsventile	340
6.1.5.4	Sicherheitsventile mit gesteuerter Zusatzbelastung	340
6.1.5.5	Vorwärmerabsicherungen	341
6.1.6	Abblaseschalldämpfer	344
6.2	Kesselspeisepumpen	345
6.2.1	Kolbenpumpen (Duplex-Pumpen)	346
6.2.2	Kreiselpumpen	346
6.2.3	Strahlpumpen (Dampf-, Flüssigkeits- oder Gasinjektoren)	348
6.3	Überwachungs- und Prüf-Geräte	349
6.3.1	Überwachungsgeräte	349
6.3.1.1	Wasserstand-Anzeigeeinrichtungen (generell)	349
6.3.1.1.1	Unmittelbar anzeigende Wasserstandeinrichtung	349
6.3.1.1.2	Fernwasserstand-Anzeigeeinrichtungen (mittelbare Anzeige)	352
6.3.1.1.2.1	Mechanische oder hydrostatische Wasserstand Anzeigeeinrichtungen	352
6.3.1.1.2.2	Elektrische Fernwasserstand-Anzeigeeinrichtungen	354
6.3.1.1.2.2.1	Schwimmer Fernwasserstand-Anzeigeeinrichtung	354
6.3.1.1.2.2.2	Differenzdruck Wasserstand-Anzeigeeinrichtung	354
6.3.1.2	Druckmessgeräte	355
6.3.1.2.1	Zugmessung	357
6.3.1.3	Temperaturmessgeräte	358
6.3.1.3.1	Thermoelemente	358
6.3.1.3.1.1	Wand-Differenztemperatur-Messstellen	359
6.3.1.3.2	Widerstandsthermometer	360
6.3.1.4	Mengenmesser für Wasser, Dampf, Gase und Öl	361
6.3.1.4.1	Messungen von Wasser und Dampf	362
6.3.1.4.2	Messungen von Gasen auch Luft	362
6.3.1.5	Leckageüberwachung	365

6.3.2	Rauchgasanalysen	367	6.8.2	Nassentascher	403
6.3.2.1	Analyseverfahren	368	6.8.3	Stößelentascher	405
6.3.2.1.1	Zirkonoxid-Verfahren	369			
6.3.2.1.2	Chemilumineszenz-Verfahren	369			
6.3.2.1.3	Infrarot (IR)-Spektroskopie	370			
6.3.2.1.3.1	NDIR-Verfahren	370			
6.3.2.1.3.2	FTIR-Verfahren	370			
6.3.2.1.4	FID-Verfahren	370	7.1	Inbetriebnahme	406
6.3.2.1.5	Prozessphotometer	371	7.2	Betrieb	408
6.3.2.1.6	DOAS-Verfahren	371	7.3	Inspektion, Wartung und Instandhaltung	409
6.3.2.1.7	Laser-Verfahren	371	7.3.1	Inspektionen	409
6.3.2.1.8	Optische Verfahren/Opazität	371	7.3.2	Wartung und Instandhaltung	410
6.3.2.1.9	Orsat Apparat	371	7.3.2.1	Äußere Wartung	410
6.3.2.2	Messungsmethoden der		7.4	Außerbetriebnahme	411
	Rauchgaskomponenten		7.5	Störschaltung	411
6.3.2.2.1	Sauerstoff	372	7.5.1	Verhalten bei Störungen	412
6.3.2.2.2	Kohlenmonoxid	372	7.5.2	Betriebliche Störungen	412
6.3.2.2.3	Kohlendioxid	372	7.6	Verluste im Kesselbetrieb	421
6.3.2.2.4	Stickstoffoxide (NO, NO ₂)	372	7.6.1	Am Kessel	421
6.3.2.2.5	Schwefeldioxid	373	7.6.2	Am Überhitzer	421
6.3.2.2.6	Chlorverbindungen	373	7.6.3	Am Economiser (Speisewasser-	
6.3.2.2.7	Gasförmige Fluorverbindungen	373		Vorwärmer)	421
6.3.2.2.8	Staub	373	7.6.4	Ablagerungen generell	422
6.3.2.2.9	Gesamtkohlenstoff	373	7.6.5	Am Luftvorwärmer	422
6.3.2.2.10	Quecksilber	373	7.6.6	Strahlungsverluste	422
6.3.2.3	Messgasaufbereitung	373	7.6.7	Auskühlungsverluste	422
6.3.2.4	Emissions-Rechner	374	7.6.8	Durch undichtes Mauerwerk	423
6.3.2.4.1	Emissionsgrenzwerte	375	7.6.9	Durch nicht isolierte Rohrleitungen	423
6.4	Regel- und Steuergeräte	375	7.6.10	Geeignete Isolierstoffe	423
6.4.1	Dreiwege-Temperaturregler	375	7.6.11	Sonstige Verluste an	
6.4.2	Elektrische Temperaturregler/-begrenzer	376		Rohrleitungskomponenten	423
6.4.3	Wassermangelsicherungen	377	7.6.12	Durch zu hohen Luftüberschuss	424
6.4.3.1	Schwimmerschalter	378	7.6.13	Durch Luftmangel	424
6.4.3.2	Niveauelektroden	378	7.7	Verpuffung/Rauchgasexplosion	424
6.4.4	Öl- und Trübungsmelder	379	7.8	Dampfkesselexplosion	425
6.5	Abscheider für Wasser und Öl	382	7.9	Kesselreinigung	428
6.5.1	Kondensatableiter	382	7.9.1	Während des Betriebes (On-load)	428
6.5.1.1	Schwimmer-Kondensatableiter	382	7.9.1.1	Rußbläser	429
6.5.1.2	Thermische Kondensatableiter	383	7.9.1.2	Klopfvorrichtungen	433
6.5.1.3	Thermodynamischer Kondensatableiter	384	7.9.1.3	Schall	434
6.5.1.4	Starre-Kondensatableiter (Düsen-,		7.9.1.4	Temporäre Reinigung	436
	Blenden- oder Labyrinth-Ableiter)		7.9.1.4.1	Explosions- und Druck-Reinigungen	436
6.5.1.4.1	Düsen-Kondensatableiter mit	385	7.9.1.4.1.1	Manuelle Gas-Explosions-Reinigung	436
	thermischer Steuerung	385	7.9.1.4.1.2	Automatische Gas-Explosions-Reinigung	436
6.5.1.5	Einsatz, Wartung und Kontrolle von		7.9.1.4.3	CO ₂ -Explosions-Reinigung	437
	Ableitern	385	7.9.2	Bei abgestelltem Kessel (Off-Load)	438
6.5.1.5.1	Kondensat-Kontrollgeräte	386	7.9.2.1	Äußere Reinigung	438
6.5.2	Abdampf- und Kondensat-Entöler	388	7.9.2.2	Innere Reinigung	440
6.6	Ablassentspanner/Anfahrentspanner	390	7.9.2.3	Reinigen und überprüfen von Apparaten	
6.7	Ventilatoren (Gebläse)	391		und Armaturen	441
6.7.1	Radialgebläse	392	7.10	Innere Besichtigung von Kessel- und	
6.7.1.1	Regelung eines Radialgebläses	393		Feuerungsanlagen und Prüfungen	441
6.7.2	Axialgebläse	395	7.11	Konservierung von Dampferzeugern	441
6.7.2.1	Regelung eines Axialgebläses	398	7.11.1	Nasskonservierung	442
6.7.3	Aufstellungen von Ventilatoren	400	7.11.1.1	Schutzmaßnahmen beim	
6.7.3.1	Aufstellungen von Radial-Ventilatoren	400		Nasskonservieren, Ablassen von	
6.7.3.2	Aufstellungen von Axial-Ventilatoren	401		Konservierungswasser	443
6.8	Entaschungseinrichtungen	402	7.11.2	Trockenkonservierung	443
6.8.1	Allgemein	402	7.11.2.1	Trocknen der Anlage	443
			7.11.2.2	Konservierung mit Stickstoff	443

7.11.2.3	Konservieren mit Trockenluft	443	8.1.6	Richtlinie für den Bau und die Ausrüstung von Schiffsdampfkesselanlagen auf Seeschiffen unter deutscher Flagge (Schiffsdampfkesselrichtlinie)	465
7.11.2.4	Konservieren mit Heißluft	444	8.1.7	Betrieb der Dampfkesselanlage	465
7.12	Speise- und Kesselwasser	444	8.1.7.1	Allgemeines	465
7.12.1	Allgemeines	444	8.1.7.2	Zustandsüberwachung und Prüfungen während des Betriebes	466
7.12.2	Wasserarten	444	8.2	Umweltrelevante Bestimmungen	466
7.12.3	Wasserbegriffe	445	8.2.1	Allgemeines	466
7.12.5	Wasseraufbereitung	451	8.2.2	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (BImSchG)	467
7.12.5.1	Ionenaustausch-Verfahren	451	8.2.3	Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (TA Luft)	468
7.12.5.1.1	Natriumaustauscher	452	8.2.4	Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV)	470
7.12.5.1.2	Enthärtung und Entkarbonisierung, Teilentsalzung	452	8.2.5	Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutz-Gesetzes (Verordnung über Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen – 13. BImSchV)	471
7.12.5.1.3	Wasserstoffaustauscher	452	8.2.6	Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen – 17. BImSchV)	473
7.12.5.1.3.1	Teilstromverfahren	453			
7.12.5.1.3.2	Einstromverfahren	453			
7.12.5.1.3.3	Misch-Folge-Regenerations-Verfahren	453			
7.12.5.1.4	Vollentsalzung	453			
7.12.5.1.5	Kationenaustauscher	453			
7.12.5.1.6	Anionenaustauscher	454			
7.12.5.2	Fällverfahren	454			
7.12.5.2.1	Enthärtungsverfahren	454			
7.12.5.2.1.1	Kalk-Soda-Verfahren	454			
7.12.5.2.1.2	Ätznatron-Verfahren	454			
7.12.5.2.1.3	Trinatriumphosphat-Verfahren	454			
7.12.5.2.2	Heißfäll-Verfahren mit Entkieselung	455			
7.12.5.3	Verdampfungs-Verfahren	455			
7.12.6	Betriebsfahrweisen	455			
7.12.6.1	Alkalische Fahrweise	455			
7.12.6.2	Neutrale Fahrweise und kombinierte Fahrweise	455			
7.12.6.3	Helamin	456			
7.12.6.4	Kieselsäure	456			
7.12.6.5	Elektrische Leitfähigkeit	456			
7.12.6.6	Organische Substanzen	457			
7.12.6.7	Sauerstoff	457			
7.12.7	Analyseverfahren für einige wichtige Wasserwerte	457			
7.12.7.1	pH-Wert	457			
7.12.7.2	Leitfähigkeit	458			
7.12.7.3	Dichte	458			
7.12.7.4	Säurekapazität KS 8,2 (früher pH-Wert)	459			
7.12.7.5	Summe Erdalkalien (Resthärte)	459			
7.12.7.6	Phosphat	459			
7.12.7.7	Hydrazin	460			
7.12.7.8	Sulfit	460			

8. Teil: Bestimmungen für die Errichtung und den Betrieb einer Anlage

8.1	Sicherheitstechnische Bestimmungen	461
8.1.1	Allgemein	461
8.1.2	Betriebssicherheitsverordnung (BetRSichV)	462
8.1.3	DIN EN 12952 – Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten	463
8.1.3.1	Allgemeines	463
8.1.4	DIN EN 12953 – Großwasserraumkessel	463
8.1.4.1	Allgemeines	463
8.1.5	Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)	464

Anhang

1.	Einfache Beispiele für fachliches Rechnen	477
2.	Verbrennungsrechnung	484
3.	Formelsammlung Abgasreinigung	507
4.	Emissionsgrenzwerte	521
5.	Griechisches Alphabet	529
6.	Abkürzungen/Zeichenerklärungen/ Formelzeichen/Stoffnamen (Gase, Dämpfe, Partikel)	530

Liste der Tafeln und Bilder	536
-----------------------------	-----

Sachwortverzeichnis	547
---------------------	-----

Literaturhinweise	556
-------------------	-----