

INHALTSVERZEICHNIS

1. Teil: Physikalische Grundlagen zur Dampfzeugung

1.1	Einleitung	1	2.3.5	Biomasse	26
1.2	Einheiten im Messwesen	2	2.4	Zusammensetzung der Brennstoffe	26
1.2.1	Internationales Einheitensystem	2	2.4.1	Salzkohle	32
1.2.1.1	SI – Basiseinheiten	2	2.5	Einteilung der Kohlen	32
1.2.1.2	Abgeleitete SI – Einheiten [5]	3	2.5.1	Flüchtige Bestandteile	33
1.2.1.3	International anerkannte Vorsätze für Dezimale Teile und Vielfache von Einheiten	5	2.5.2	Mahlbarkeit	33
1.2.1.4	Zusätzliche zu den SI-Einheiten gesetzlich zugelassene Einheiten	6	2.5.3	Ascheschmelzverhalten	34
1.2.2	Übersicht über die neuen metrischen Einheiten, im Vergleich zu den früheren Einheiten	6	2.5.4	Körnung	36
1.2.2.1	Länge, Fläche, Raum	6	2.5.5	Schüttdichte	37
1.2.2.1.1	Länge	6	2.5.6	Bläzähl von Steinkohlen	38
1.2.2.1.2	Fläche	7	2.6	Lagerung von Kohlen	39
1.2.2.1.3	Volumen (Raum)	7	2.7	Heizöl	40
1.2.2.2	Zeitbezogene Größen	7	2.7.1	Dichte	41
1.2.2.3	Massenbezogene Größen	7	2.7.2	Flammpunkt	42
1.2.2.4	Mechanische Größen	8	2.7.3	Brennpunkt	42
1.2.2.4.1	Kraft	8	2.7.4	Viskosität	42
1.2.2.4.2	Arbeit, Energie und Wärmemenge	8	2.7.5	Stockpunkt	44
1.2.2.4.3	Leistung	9	2.7.6	Schwefelgehalt	44
1.2.2.4.4	Druck	10	2.7.7	Koksrückstand (Verkokungsneigung)	44
1.2.2.5	Temperatur und Ausdehnung	12	2.7.8	Vanadiumgehalt	45
1.3	Wärme	13	2.7.9	Säuregehalt	45
1.3.1	Spezifische Wärmekapazität	14	2.7.10	Gehalt an Asphaltenen	45
1.3.2	Wärmeaustausch	14	2.7.11	Salzgehalt	45
1.3.2.1	Wärmeleitung	15	2.7.12	Stickstoffgehalt	45
1.3.2.2	Wärmeströmung (Konvektion)	15	2.7.13	Probenahmen	45
1.3.2.3	Wärmestrahlung	15	2.8	Lagerung von Heizölen	46
1.4	Wasserdampf	15	2.8.1	Heizöllagererraum	46
1.5	Naßdampf – Sattdampf – Heißdampf	19	2.8.2	Heizölbehälter	47

2. Teil: Die Brennstoffe und ihre Verbrennung

2.1	Allgemeines	22	2.8.3	Heizöllagerung bei Schiffskesseln	48
2.2	Brennstoffe für Kesselanlagen	22	2.9	Einteilung und Kennwerte von Gasen	48
2.3	Entstehung und Vorkommen der Brennstoffe	22	2.9.1	Einteilung	48
2.3.1	Natürliche Brennstoffe	23	2.9.2	Kennwerte	49
2.3.2	Künstliche Brennstoffe	23	2.10	Bevorratung von Gasen	53
2.3.2.1	Kohleentgasung	24	2.11	Die Verbrennung	53
2.3.2.2	Kohlevergasung	24	2.11.1	Allgemeines	53
2.3.2.3	Kohlehydrierung	24	2.11.2	Vorgänge bei der Verbrennung	53
2.3.2.4	Gichtgas	24	2.11.3	Zündverhalten	54
2.3.2.5	Flüssiggas	24	2.11.3.1	Zündtemperatur	54
2.3.2.6	Raffgas	24	2.11.3.2	Zündgrenzen	55
2.3.2.7	Koks	24	2.11.3.3	Zündgeschwindigkeit	55
2.3.2.8	Briketts	24	2.11.4	Verbrennungsluft	55
2.3.3	Abfallbrennstoffe	25	2.11.4.1	Theoretische Luftmenge	56
2.3.4	Klärschlamm	25	2.11.4.2	Luftüberschuss	56
			2.11.5	Die vollkommene Verbrennung	56
			2.11.6	Die unvollständige Verbrennung	56
			2.11.7	Chemische Verbrennungsreaktion	57
			2.11.8	Maximaler CO ₂ -Gehalt	58
			2.11.9	Luftüberschusszahl	60
			2.11.10	Bunte Verbrennungsdreieck	61
			2.11.11	Falschluff	62
			2.11.12	Verbrennungsgase und ihre Eigenschaften	63
			2.11.12.1	Kohlendioxid	63
			2.11.12.2	Kohlenmonoxid	63
			2.11.12.3	Schwefeldioxid	63
			2.11.12.4	Schwefeltrioxid	63
			2.11.12.5	Stickstoffoxide (NO _x : NO und NO ₂)	64

2.12	Wärmeverluste bei der Verbrennung	64	3.6.1	Allgemeines	111
2.12.1	Verlust durch Abgase	64	3.6.2	Wärmetauscher	112
2.12.2	Verlust durch brennbare Gase	66	3.6.2.1	Regenerative Wärmetauscher	112
2.12.3	Verlust durch Brennbares in den Rückständen	67	3.6.2.1.1	Regenerative Wärmetauscher nach dem Rotor-Prinzip (Ljungström-Wärmetauscher)	113
2.12.4	Verlust durch Strahlung und Leitung	68	3.6.2.1.2	Regenerative Wärmetauscher nach dem Stator-Prinzip (Rothemühle-Wärmetauscher)	113
2.12.5	Verlust durch fühlbare Wärme in der Schlacke	69	3.6.2.2	Rekuperative Wärmetauscher	114
2.12.6	Verlust durch Teer- und Rußbildung	69	3.6.2.2.1	Gas-Luft-Wärmetauscher	114
2.12.7	Allgemeine Zusammenfassung der Verluste	69	3.6.2.2.2	Gas-Gas-Wärmetauscher	114
2.13	Kesselwirkungsgrad [29]	69	3.6.2.2.3	Dampf-Gas-Vorwärmer	114
2.14	Taupunkt und Filmbildungsgeschwindigkeit	70	3.7	Kesselbauweisen Großdampfherzeuge	115
2.15	Entstehung des Zuges	72	3.7.1	Allgemeines	115
2.15.1	Der natürliche Zug	73	3.7.2	Naturumlaufkessel	117
2.15.2	Der künstliche Zug	74	3.7.3	Zwangdurchlaufkessel	119
2.15.3	Schornstein	75	3.8	Feuerfestauskleidung / Kesselmauerwerk	123

3. Teil: Die wichtigsten Kesselbauarten

3.1	Allgemeines	77
3.1.1	Der Dampfkessel, Definitionen	77
3.1.1.1	Aufbau eines Rauchrohrkessels	78
3.1.1.2	Aufbau eines Wasserrohrkessels	78
3.1.2	Technische Angaben zum Dampfkessel	78
3.2	Großwasserraum-Kessel	79
3.2.1	Flammrohrkessel	79
3.2.2	Flammrohr-Rauchrohr-Kessel	81
3.2.2.1	Steamblock	84
3.2.3	Wasserrohr-Rauchrohr-Kessel	85
3.2.4	Füllschacktkessel	87
3.3	Wasserrohrkessel	88
3.3.1	Allgemeines	88
3.3.2	Naturumlauf	89
3.3.2.1	Schrägrohrkessel	91
3.3.2.2	Steilrohr-Kessel	92
3.3.2.3	Zweitrommel-Kessel (Porta- oder Integral-Kessel)	92
3.3.2.4	Eckrohrkessel	94
3.3.2.5	Package- oder Kompakt-Kessel	95
3.3.2.6	Schiffskessel (Strahlungskessel)	96
3.3.3	Zwangumlauf	96
3.3.3.1	La Mont-Kessel	97
3.3.4	Zwangdurchlauf	97
3.3.4.1	Bensonkessel	100
3.3.4.2	Sulzer-Kessel	102
3.4	Zusatz- und Nachschaltheizflächen	103
3.4.1	Allgemeines	103
3.4.2	Überhitzer	104
3.4.3	Dampfkühler	105
3.4.3.1	Einspritzkühler	106
3.4.3.2	Oberflächenkühler	107
3.4.4	Economizer (Speisewasser-Vorwärmer)	107
3.5	Wärmetauscher für flüssige Medien	108
3.5.1	Allgemeines	108
3.5.2	Speisewasser-Vorwärmer	109
3.5.2.1	Niederdruck-Vorwärmer (ND-Vorwärmer)	110
3.5.2.2	Hochdruck-Vorwärmer (HD-Vorwärmer)	110
3.6	Wärmetauscher für gasförmige Medien	111

4. Teil: Kesselfeuerungen

4.1	Allgemeines	130
4.2	Feuerungen für feste Brennstoffe	131
4.2.1	Rostfeuerungen	131
4.2.1.1	Feuerungen mit feststehenden Rosten	131
4.2.1.2	Feuerungen mit beweglichen Rosten	132
4.2.2	Staubfeuerungen	137
4.2.2.1	Allgemeines	137
4.2.2.2	Staubfeuerungen mit trockenem Ascheabzug	138
4.2.2.2.1	Steinkohlenfeuerungen	138
4.2.2.2.2	Braunkohlefeuerungen	143
4.2.2.3	Staubfeuerungen mit flüssigem Abzug	147
4.2.2.3.1	Schmelzkammerfeuerung	147
4.2.2.3.2	Zyklonfeuerung	148
4.2.3	Mahlanlagen für Staubfeuerungen	150
4.2.3.1	Schüsselmühle	151
4.2.3.2	Rohrkugelmühle	152
4.2.3.3	Braunkohlemöhlen	154
4.2.3.4	Kohlezuteiler	155
4.2.3.5	Regelung von Kohlenstaubfeuerungen	157
4.2.3.6	Nachbrennrost	158
4.2.4	Wirbelschichtfeuerung	159
4.2.4.1	Geschichtliche Entwicklung	159
4.2.4.2	Allgemeines	160
4.2.4.3	Verfahrensbeschreibung	160
4.2.4.4	Technologien	162
4.2.4.4.1	Atmosphärische Wirbelschichtfeuerung	165
4.2.4.4.2	Zirkulierende atmosphärische Wirbelschichtfeuerung	166
4.2.4.4.3	Rotierende Wirbelschichtfeuerung	168
4.2.4.4.4	Druckaufgeladene Wirbelschichtfeuerung	169
4.2.5	Biomasseverbrennung	170
4.2.5.1	Allgemeines	170
4.2.5.2	Verfahrensbeschreibung	171

4.2.5.3	Technologien	171	4.5.3.2.2	Mehrlanzen-Gas-Rundbrenner	229
4.3	Die Müllverbrennung	172	4.5.3.2.2.1	Kombi-Brenner für Gas und Öl	229
4.3.1	Geschichtliche Entwicklung	172	4.5.3.2.2.2	Kombi-Brenner für Gas und Öl mit Rezirkulation	230
4.3.2	Allgemeines	172	4.5.3.2.3	NO _x -armer Gas-/Ölbrenner	230
4.3.3	Aufbau der Anlage	173	4.5.3.3	Gas-Gebälsebrenner (Kompaktbrenner)	232
4.3.4	Kesselgestaltung	176	4.5.3.4	Gas-Saugluftbrenner	233
4.3.4.1	Feuerraumgestaltung	177	4.5.3.5	Flüssiggas-Brenner	234
4.3.4.2	Verbrennungsluftsysteme	179	4.5.4	Zubehör und Funktion einer Gasfeuerungsanlage	234
4.3.4.2.1	Sekundärluftbalken / Sekundärluftprisma	180	4.5.4.1	Gas-Druckregelgeräte	235
4.3.4.3	Kesselbauarten	181	4.6	Heißgaserzeuger	242
4.3.5	Rostkonzepte	183	4.7	Zubehör für Feuerungsanlagen	243
4.3.5.1	Walzenrost	183	4.7.1	Zündeinrichtungen	243
4.3.5.2	Rückschub-Rost Vario (Fa. MARTIN GmbH für Umwelt- und Energietechnik)	186	4.7.1.1	Hochenergiezündler	244
4.3.5.3	Horizontal-Rost (Fa. MARTIN GmbH für Umwelt- und Energietechnik)	187	4.7.1.2	Ionisationsüberwachung	245
4.3.5.4	Vorschubrost (Firma Fisia Babcock Environment GmbH)	187	4.7.1.3	Hochspannungszündung	245
4.3.5.5	Vorschubrost (Fa. Baumgarte Boiler Systems GmbH)	189	4.7.1.4	Gas-elektrische Zündeinrichtung	246
4.3.5.6	Vorschubrost Hitachi Zosen Inova	191	4.7.1.5	Öl-Zündeinrichtung / Zweistoff-Zündeinrichtung	247
4.3.5.7	Wassergekühlte Roste	191	4.7.2	Flammenüberwachungseinrichtungen	247
4.3.5.7.1	System Martin GmbH	192	4.7.2.1	IR-Flammenwächter	248
4.3.5.7.2	System Fisia Babcock / Steinmüller	193	4.7.2.2	UV-Flammenwächter	248
4.3.5.7.3	System Baumgarte	193	4.7.3	Feuerungsautomaten	249
4.3.5.7.4	System Hitachi Zosen Inova	193	4.7.4	Sicherheitsabsperreinrichtungen	250
4.3.6	Regelungen von Müllfeuerungen	194	4.7.4.1	Sicherheitsabsperreinrichtungen für Ölfeuerungen	251
4.4	Ölfeuerungen	195	4.7.4.2	Sicherheitsabsperreinrichtungen für Gasfeuerungen	251
4.4.1	Begriffe und Ausführungsmaßnahmen	195			
4.4.2	Ölbrenner generell	200			
4.4.3	Brenner mit Druckzerstäubung	201			
4.4.3.1	Öldruck-Zerstäuber allgemein	201			
4.4.3.1.1	Öldruckzerstäuber kleinerer Leistungen	202			
4.4.3.1.2	Niederdruck-Zerstäuber	204			
4.4.3.1.3	Pressluft- oder Dampfzerstäuber	205			
4.4.3.1.4	Öldruckzerstäuber großer Leistung	205			
4.4.3.1.5	Rücklauf-Öldruckzerstäuber	205			
4.4.3.1.6	Öldruck-/Dampfdruck-Zerstäuber	206			
4.4.3.2	Brennergehäuse / Gesamtkonzept	208			
4.4.4	Brenner mit Rotations- bzw. Dreh-Zerstäubern	210			
4.4.5	Zubehör und Funktion einer Ölfeuerungsanlage	211			
4.4.5.1	Ölfilter	213			
4.4.5.2	Ölpumpen	214			
4.4.5.3	Heizölvorwärmer	215			
4.4.5.4	Begleitheizungen	217			
4.4.6	Regelungen und Steuerungen von Ölfeuerungen	218			
4.4.6.1	Ein-Aus-Regelung	218			
4.4.6.2	Zweipunktregelung	218			
4.4.6.3	Kontinuierliche Regelung	218			
4.5	Gasfeuerungen	219			
4.5.1	Begriffe und Ausführungsmaßnahmen	219			
4.5.2	Gasbrenner generell	225			
4.5.2.1	Gemischbildung	225			
4.5.3	Gasbrennerbauarten	226			
4.5.3.1	Niederdruckbrenner	226			
4.5.3.2	Hochdruckbrenner	228			
4.5.3.2.1	Einlanzen-Gas-Rundbrenner	229			
			5. Teil: Abgasreinigung		
			5.1	Einführung	252
			5.1.1	Allgemeines zur Luftreinhaltung	252
			5.1.2	Gesetzliche Grundlagen zur Luftreinhaltung	252
			5.1.3	Maßnahmen zur Vermeidung von Luftschadstoffen	253
			5.2	Abscheide- und Minderungsmechanismen	255
			5.2.1	Verbrennung	255
			5.2.2	Absorption	256
			5.2.3	Adsorption	263
			5.2.4	Katalytische Abgasreinigung	266
			5.2.5	Biologische Abgasreinigung	267
			5.2.6	Kondensation	267
			5.3	Apparate und Verfahren zur Abscheidung verschiedener Schadgaskomponenten	268
			5.3.1	Staub- und Partikelabscheidung	268
			5.3.1.1	Zyklonabscheider	269
			5.3.1.2	Gewebefilter	271
			5.3.1.3	Elektrofilter	273
			5.3.1.4	Nassabscheider / Wäscher	280
			5.3.2	Schwefelverbindungen	283
			5.3.2.1	Schwefeldioxid (SO ₂)	283
			5.3.2.1.1	Trockene Entschwefelungsverfahren	283
			5.3.2.1.2	Halbtrockene Entschwefelungsverfahren	285
			5.3.2.1.3	Nasse Entschwefelungsverfahren	289
			5.3.2.1.4	Schwefeltrioxid (SO ₃)	295
			5.3.3	Halogenverbindungen	296

5.3.3.1	Trockene Verfahren	296
5.3.3.2	Halbtrockene Verfahren	297
5.3.3.3	Nasse Verfahren	299
5.3.4	Stickstoffverbindungen	299
5.3.4.1	Primärseitige Maßnahmen	302
5.3.4.2	Sekundärseitige Maßnahmen	302
5.3.4.2.1	SNCR-Verfahren	303
5.3.4.2.2	SCR-Verfahren	305
5.3.5	Schwermetalle	309
5.3.6	Dioxine / Furare	315
5.3.7	Kohlendioxid (CO ₂)	318
5.3.7.1	Grundlagen	318
5.3.7.2	Post-Combustion	322
5.3.7.3	Pre-Combustion	323
5.3.7.4	Oxyfuel	325
5.4	Verfahrensauswahl	326
5.5	Schaltungsvarianten der einzelnen Abgasreinigungsstufen	327
5.5.1	Fossilbefeuerter Energieerzeugungsanlagen	328
5.5.2	Abfallverbrennungsanlagen	329
5.5.3	Ersatzbrennstoff (EBS) Verbrennungsanlagen	333
5.5.4	Biomasseverbrennungsanlagen	334

6. Teil: Armaturen, Apparate, Hilfsmaschinen

6.1	Armaturen	335
6.1.1	Speiseeinrichtungen	335
6.1.1.1	Rückschlagsicherungen	335
6.1.2	Absperr- und Entleerungseinrichtungen	335
6.1.2.1	Absperrvorrichtungen	335
6.1.2.1.1	Absperrventile	336
6.1.2.1.2	Absperrschieber	337
6.1.2.2	Entleerungsvorrichtungen	337
6.1.2.3	Druckprobenverschluss	338
6.1.3	Regelventile	339
6.1.3.1	Speisewasser-Regelventile	340
6.1.3.1.1	Volllast- oder Haupt-Regelventil	340
6.1.3.1.2	Anfahr- oder Schwachlast-Regelventile	341
6.1.3.1.3	Mindestmengen-Regelventil	341
6.1.4	Dampfumformventile (Reduzierventile)	342
6.1.4.1	Hochdruck-Umleitstation (HDU)	344
6.1.5	Sicherheitsventile	346
6.1.5.1	Gewichtsbelastete Sicherheitsventile	347
6.1.5.2	Federbelastete Sicherheitsventile	347
6.1.5.3	Hilfsgesteuerte Sicherheitsventile	348
6.1.5.4	Sicherheitsventile mit gesteuerter Zusatzbelastung	348
6.1.5.5	Vorwärmerabsicherungen	349
6.1.6	Abblaseschalldämpfer	352
6.2	Kesselspeisepumpen	353
6.2.1	Kolbenpumpen (Duplex-Pumpen)	354
6.2.2	Kreiselpumpen	354
6.2.3	Strahlpumpen (Dampf-, Flüssigkeits- oder Gasinjektoren)	356
6.3	Überwachungs- und Prüf-Geräte	357
6.3.1	Überwachungsgeräte	357

6.3.1.1	Wasserstand-Anzeigeeinrichtungen	357
6.3.1.1.1	Unmittelbar anzeigende Wasserstandeinrichtung	358
6.3.1.1.2	Fernwasserstand-Anzeigeeinrichtungen (mittelbare Anzeige)	360
6.3.1.1.2.1	Mechanische oder hydrostatische Wasserstand Anzeigeeinrichtungen	361
6.3.1.1.2.2	Elektrische Fernwasserstand Anzeigeeinrichtungen	362
6.3.1.1.2.2.1	Schwimmer Fernwasserstand-Anzeigeeinrichtung	362
6.3.1.1.2.2.2	Differenzdruck Wasserstand-Anzeigeeinrichtung	362
6.3.1.2	Druckmessgeräte	364
6.3.1.2.1	Zugmessung	365
6.3.1.3	Temperaturmessgeräte	366
6.3.1.3.1	Thermoelemente	366
6.3.1.3.1.1	Wand-Differenztemperatur-Meßstellen	368
6.3.1.3.2	Widerstandsthermometer	368
6.3.1.4	Mengenmesser für Wasser, Dampf, Gase und Öl	370
6.3.1.4.1	Messungen von Wasser und Dampf	370
6.3.1.4.2	Messungen von Gasen auch Luft	371
6.3.1.5	Leckageüberwachung	373
6.3.2	Rauchgasanalysen	375
6.3.2.1	Analyseverfahren	376
6.3.2.1.1	Orsat Apparat	377
6.3.2.1.2	Zirkonoxid-Verfahren	377
6.3.2.1.3	Chemilumineszenz-Verfahren	378
6.3.2.1.4	Infrarot (IR)-Spektroskopie	379
6.3.2.1.4.1	NDIR-Verfahren	379
6.3.2.1.4.2	FTIR-Verfahren	379
6.3.2.1.5	FID-Verfahren	379
6.3.2.1.6	Prozessphotometer	379
6.3.2.1.7	DOAS-Verfahren	380
6.3.2.1.8	Laser-Verfahren	380
6.3.2.1.9	Optische Verfahren / Opazität	380
6.3.2.2	Messungen der Rauchgaskomponenten	380
6.3.2.2.1	Sauerstoff	380
6.3.2.2.2	Kohlenmonoxid	380
6.3.2.2.3	Kohlendioxid	381
6.3.2.2.4	Stickstoffoxide (NO, NO ₂)	381
6.3.2.2.5	Schwefeldioxid	381
6.3.2.2.6	Chlorverbindungen	381
6.3.2.2.7	Gasförmige Fluorverbindungen	381
6.3.2.2.8	Staub	381
6.3.2.2.9	Gesamtkohlenstoff	381
6.3.2.2.10	Quecksilber	381
6.3.2.3	Messgasaufbereitung	382
6.3.2.4	Emissions-Rechner	383
6.3.2.4.1	Emissionsgrenzwerte	383
6.4	Regel- und Steuergeräte	383
6.4.1	Dreiwege-Temperaturregler	383
6.4.2	Elektrische Temperaturregler /-Begrenzer	385
6.4.3	Wassermangelsicherungen	386
6.4.3.1	Schwimmerschalter	386
6.4.3.2	Niveauelektroden	387
6.4.4	Öl- und Trübungsmelder	388
6.5	Abscheider für Wasser und Öl	390
6.5.1	Kondensatableiter:	390

6.5.1.1	Schwimmer-Kondensatableiter	391	7.9.1.3	Schall	445
6.5.1.2	Thermische Kondensatableiter	391	7.9.1.4	Temporäre Reinigung	447
6.5.1.3	Thermodynamischer Kondensatableiter	392	7.9.1.4.1	Explosions- und Druck-Reinigungen	447
6.5.1.4	Starre-Kondensatableiter (Düsen- Blenden- oder Labyrinth-Ableiter)	393	7.9.1.4.1.1	Manuelle Gas-Explosions-Reinigung	447
6.5.1.4.1	Düsen-Kondensatableiter mit thermischer Steuerung	393	7.9.1.4.1.2	Automatische Gas-Explosions-Reinigung	448
6.5.1.5	Einsatz, Wartung und Kontrolle von Ableitern	394	7.9.1.4.1.3	CO ₂ -Explosions-Reinigung	449
6.5.1.5.1	Kondensat-Kontrollgeräte	395	7.9.2	Bei abgestelltem Kessel (Off-Load)	449
6.5.2	Abdampf- und Kondensatentöler	396	7.9.2.1	Äußere Reinigung	449
6.6	Ablassentspanner /Anfahrentspanner	398	7.9.2.2	Innere Reinigung	452
6.7	Ventilatoren (Gebläse)	399	7.9.2.3	Reinigen und überprüfen von Apparaten und Armaturen	452
6.7.1	Radialgebläse	400	7.10	Innere Besichtigung von Kessel- und Feuerungsanlagen und Prüfungen	452
6.7.1.1	Regelung eines Radialgebläses	402	7.11	Konservierung von Dampferzeugern	453
6.7.2	Axialgebläse	403	7.11.1	Nasskonservierung	453
6.7.2.1	Regelung eines Axialgebläses	408	7.11.1.1	Schutzmaßnahmen beim Nasskonservieren, Ablassen von Konservierungswasser	454
6.7.3	Aufstellungen von Ventilatoren	410	7.11.2	Trockenkonservierung	454
6.7.3.1	Aufstellungen von Radial-Ventilatoren	410	7.11.2.1	Trocknen der Anlage	454
6.7.3.2	Aufstellungen von Axial-Ventilatoren	411	7.11.2.2	Konservierung mit Stickstoff	455
6.8	Entschungseinrichtungen	412	7.11.2.3	Konservieren mit Trocknenluft	455
6.8.1	Allgemein	412	7.11.2.4	Konservieren mit Heißluft	455
6.8.2	Nassentascher	413	7.12	Speise- und Kesselwasser	455
6.8.3	Stößelentascher	415	7.12.1	Allgemeines	455
			7.12.2	Wasserarten	456
			7.12.3	Wasserbegriffe	457
			7.12.4	Wasserwerte	460
			7.12.5	Wasseraufbereitung	463
			7.12.5.1	Ionenaustausch-Verfahren	464
			7.12.5.1.1	Natriumaustauscher	464
			7.12.5.1.2	Enthärtung und Entkarbonisierung	465
			7.12.5.1.3	Wasserstoffaustauscher	465
			7.12.5.1.3.1	Teilstromverfahren	465
			7.12.5.1.3.2	Einstromverfahren	466
			7.12.5.1.3.3	Misch- Folge-Regenerations-Verfahren	466
			7.12.5.1.4	Vollentsalzung	466
			7.12.5.1.5	Kationenaustauscher	467
			7.12.5.1.6	Anionenaustauscher	467
			7.12.5.2	Fällverfahren	467
			7.12.5.2.1	Enthärtungsverfahren	467
			7.12.5.2.1.1	Kalk-Soda-Verfahren	467
			7.12.5.2.1.2	Ätznatron-Verfahren	467
			7.12.5.2.1.3	Trinatriumphosphat-Verfahren	468
			7.12.5.2.2	Heißfäll-Verfahren mit Entkieselung	468
			7.12.5.3	Verdampfungs-Verfahren	468
			7.12.6	Betriebsfahrweisen	468
			7.12.6.1	Alkalische Fahrweise	468
			7.12.6.2	Neutrale Fahrweise und kombinierte Fahrweise	469
			7.12.6.3	Helamin	469
			7.12.6.4	Kieselsäure	469
			7.12.6.5	Elektrische Leitfähigkeit	470
			7.12.6.6	Organische Substanzen	470
			7.12.6.7	Sauerstoff	471
			7.12.7	Analyseverfahren für einige wichtige Wasserwerte	471
			7.12.7.1	pH-Wert	471
			7.12.7.2	Dichte	471
			7.12.7.3	Leitfähigkeit	472
			7.12.7.4	Säurekapazität K _{Sb2} (früher pH-Wert)	472

7. Teil: Praktischer Betrieb einer Dampfkesselanlage

7.1	Inbetriebnahme	417			
7.2	Betrieb	419			
7.3	Inspektion, Wartung und Instandhaltung	420			
7.3.1	Inspektionen	420			
7.3.2	Wartung und Instandhaltung	420			
7.4	Außerbetriebnahme	421			
7.5	Störabschaltung	422			
7.5.1	Verhalten bei Störungen	422			
7.5.2	Betriebliche Störungen	423			
7.6	Verluste im Kesselbetrieb	433			
7.6.1	Am Kessel	433			
7.6.2	Am Überhitzer	434			
7.6.3	Am Economiser (Speisewasser-Vorwärmer)	434			
7.6.4	Ablagerungen generell	434			
7.6.5	Am Luftvorwärmer	434			
7.6.6	Strahlungsverluste	435			
7.6.7	Auskühlungsverluste	435			
7.6.8	Durch undichtiges Mauerwerk	435			
7.6.9	Durch nicht isolierte Rohrleitungen	435			
7.6.10	Geeignete Isolierstoffe	436			
7.6.11	Sonstige Verluste an Rohrleitungskomponenten	436			
7.6.12	Durch zu hohen Luftüberschuss	436			
7.6.13	Durch Luftmangel	437			
7.7	Verpuffung / Rauchgasexplosion	437			
7.8	Dampfkesselexplosion	438			
7.9	Kesselreinigung	441			
7.9.1	Während des Betriebes (On-load)	441			
7.9.1.1	Rußbläser	442			
7.9.1.2	Klopfvorrichtungen	445			

7.12.7.5	Summe Erdalkalien (Resthärte)	473
7.12.7.6	Phosphat	473
7.12.7.7	Hydrazin	474
7.12.7.8	Sulfit	474

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

8.1	Sicherheitstechnische Bestimmungen	475
8.1.1	Allgemein	475
8.1.2	Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)	476
8.1.3	EN 12952, Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten	476
8.1.4	Dampfkesselverordnung (DampfKV)	477
8.1.5	Technische Regeln für Dampfkessel (TRD)	477
8.1.6	Richtlinie für den Bau und die Ausrüstung von Schiffsdampfkesselanlagen auf Seeschiffen unter deutscher Flagge (Schiffsdampfkesselrichtlinie)	478
8.1.7	Betrieb der Dampfkesselanlage	479
8.1.7.1	Allgemeines	479
8.1.7.2	Technische Regeln für Betriebssicherheit	480
8.1.7.3	Zustandsüberwachung und Prüfungen während des Betriebes	480
8.2	Umweltrelevante Bestimmungen	481
8.2.1	Allgemeines	481
8.2.2	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)	481
8.2.3	Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV	482
8.2.4	Verordnung über Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen – 13. BImSchV	482
8.2.5	Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen – 17. BImSchV	482

ANHANG

1.	Einfache Beispiele für fachliches Rechnen	483
2.	Verbrennungsrechnung	490
3.	Formelsammlung Abgasreinigung	513
4.	Emissionsgrenzwerte	527
5.	Kesselwerkstoffe	532
6.	Gebrauchsanweisung für einen Orsat Apparat zur Untersuchung der Rauchgaszusammensetzung	533
7.	Griechische Alphabet	537
8.	Abkürzungen - Zeichenerklärung – Formelzeichen Stoffnamen (Gase, Dämpfe, Partikel)	538
	Liste der Tafeln und Bilder	545
	Sachwortverzeichnis	556
	Literaturhinweise	570