

Inhalt

1	Allgemeine Grundlagen	1
2	Kesselbauarten und Kesselanlagen	65
3	Ausrüstung der Kesselanlagen	173
4	Beheizung von Dampfkesseln	239
5	Wasser und Dampf	353
6	Beaufsichtigung von Dampfkesselanlagen	459
7	Elektrische und elektronische Steuerungen	491
8	Umweltschutz	525
9	Instandhaltung, Störungen, Schäden	623
10	Vorschriften und Bestimmungen	675

11	Grafische Symbole	725
12	Schrifttum	729
13	Sachwortverzeichnis	805
14	Bezugsquellen	833

Inhaltsverzeichnis

1.	Allgemeine Grundlagen (Tuisko Kampffmeyer)	1
1.1	Wärmetechnische Begriffe und Bezeichnungen	1
1.1.1	Druck	1
1.1.2	Temperatur	2
1.1.3	Normzustand bei Gasen; Zustandsänderungen der idealen Gase	4
1.1.4	Spezifische Wärmekapazität	5
1.1.5	Wärmemenge, Energie, Arbeit	6
1.1.6	Leistung, Energiestrom, Wärmestrom	7
1.1.7	Ausdehnung durch Wärme	7
1.1.8	Masse, Dichte, spezifisches Volumen, Schüttgewicht und Wobbe-Index	7
1.1.9	Viskosität	9
1.2	Arten der Wärmeübertragung	10
1.2.1	Wärmeleitung	11
1.2.2	Konvektion	12
1.2.3	Strahlung	13
1.2.4	Wärmedurchgang	14

1.3	Wasserdampf	19
1.3.1	Physikalische Gesetzmäßigkeiten	19
1.3.2	Speichervermögen, Entspannungsdampf	23
1.3.3	Verdampfungszahl	25
1.4	Brennstoffkunde	26
1.4.1	Vorkommen und Eigenschaften der Brennstoffe	27
1.4.1.1	Stein- und Braunkohle	27
1.4.1.2	Erdöl	29
1.4.1.3	Erdgas	30
1.4.2	Lagerung der Brennstoffe	32
1.4.2.1	Stein- und Braunkohle	32
1.4.2.2	Heizöl	33
1.4.2.3	Flüssiggas	35
1.4.3	Brennwert und Heizwert	35
1.4.4	Verbrennung	36
1.4.4.1	Verbrennungsluftmenge	37
1.4.4.2	Rauchgasmenge	43
1.4.4.3	Enthalpie der Rauchgase	46
1.4.4.4	Feuerraumtemperatur	46
1.4.4.5	Förderdruck	47
1.4.4.6	Aufgaben des Schornsteins	51
1.4.4.7	Taupunkt der Rauchgase	52
1.5	Energiewirtschaft	54
1.5.1	Allgemeines	54
1.5.2	Energieumwandlung	55
1.5.2.1	Erscheinungsformen der Energie	55
1.5.2.2	Vergleich zwischen verschiedenen Energieformen	55
1.5.2.3	Energieumwandlungsketten	58
1.5.3	Begriffe	59
1.5.4	Verluste einer Kesselanlage	59
1.5.5	Kraft-Wärme-Kopplung	63
1.5.6	Brennwerttechnik	63

Hochtemperaturbereich (Helmut Walther)

2.1	Allgemeines	65
2.1.1	Entwicklungsgeschichte der Dampfkessel	66
2.1.2	Einteilung der Dampfkessel	72
2.2	Bauarten der Dampfkessel	75
2.2.1	Allgemeine konstruktive Grundsätze	75
2.2.2	Großwasserraumkessel	77
2.2.2.1	Allgemeines	77
2.2.2.2	Der Walzenkessel	78
2.2.2.3	Der Rammrohrkessel	79
2.2.2.4	Der liegende Rauchröhrenkessel	84
2.2.2.5	Die Flammrohr- und Feuerbüchsen-Rauchrohr-Kessel	85
2.2.2.5.1	Der Lokomobilkessel (liegender Flammrohr-Rauchrohr-Kessel mit vorgehenden Rauchrohren)	86
2.2.2.5.2	Der Lokomotivkessel (Feuerbüchsenkessel mit vorgehenden Rauchrohren)	88
2.2.2.5.3	Die sonstigen Flammrohr-Rauchrohr-Kessel in Mehrzugbauweise	89
2.2.2.6	Die stehenden Feuerbüchsenkessel	96
2.2.2.7	Die Stahlheizkessel	96
2.2.2.8	Der Guss-Gliederkessel	98
2.2.3	Kleinwasserraumkessel (Wasserrohrkessel)	102
2.2.3.1	Allgemeines	102
2.2.3.2	Wasserrohrkessel mit natürlichem Wasserumlauf (Naturumlauf)	105
2.2.3.2.1	Steilrohrkessel mit Schmelzfeuerungen	111
2.2.3.2.2	Wasserrohr-Schiffskessel	117
2.2.3.2.3	Der Eckrohrkessel	118
2.2.3.2.4	Der Naturumlauf-Schnelldampferzeuger	119
2.2.3.2.5	Der Zweidruck- oder Schmidt-Hartmann-Kessel	120
2.2.3.3	Der Zwangumlauf-Wasserrohrkessel (La-Mont-Kessel)	121
2.2.3.4	Der Zwangdurchlauf-Wasserrohrkessel	123
2.2.3.5	Zwangdurchlauf-Wasserrohrkessel mit überlagertem Umlauf	130
2.2.4	Sonderbauarten	131
2.2.4.1	Druckgefeuerte Dampferzeuger	131
2.2.4.2	Die Kernenergie-Dampferzeuger	132
2.2.4.3	Sonnenheizungs-(Solar-)Anlagen	136
2.3	Vor- und Nachschaltheizflächen	139
2.3.1	Überhitzer	139
2.3.2	Speisewasservorwärmer	141
2.3.3	Vorverdampfer	144
2.3.4	Luftvorwärmer	145

2.4	Anlagen zur Dampf-, Heißwasser- und Warmwassererzeugung	146
2.4.1	Allgemeines	146
2.4.2	Dampferzeugungsanlagen	152
2.4.3	Heißwassererzeugungsanlagen	154
2.4.3.1	Technische Entwicklung	154
2.4.3.2	Gebräuchliche Begriffe	156
2.4.3.3	Einflüsse auf die Heißwassererzeugungsanlage	158
2.4.3.4	Sicherheitstechnische Wertung der gebräuchlichsten Systeme aufgrund der Schaltung und der verwendeten Kesselbauart	160
2.4.4	Warmwassererzeugungsanlagen	162
2.5	Anlagen zur Brauchwassererwärmung	163
2.5.1	Systeme zur Brauchwassererwärmung	165
2.5.2	Ausführungsbeispiele	165
2.6	Anlagen für andere Wärmeträgermedien als Wasser	167
2.6.1	Allgemeines	167
2.6.2	WT-Wärmeerzeuger (Erhitzer)	169
2.6.3	Ausführung von WT-Anlagen	170
2.7	Kesselmauerwerk	170

3. Ausrüstung der Kesselanlagen (Wolfgang Linke) 173

3.1	Sicherheitstechnische Grundausrüstung	173
3.1.1	Herstellerschild	173
3.1.2	Wasserstandsmarke	173
3.1.3	Wasserstands-Anzeigeeinrichtungen	174
3.1.3.1	Wasserstandsgläser	174
3.1.3.2	Fernwasserstands-Anzeigevorrichtungen	177
3.1.4	Speise- und Umwälzeinrichtungen	180
3.1.4.1	Verdrängerpumpen	182
3.1.4.2	Kreiselpumpen	183
3.1.5	Absperr- und Entleerungseinrichtungen, Rückströmsicherungen	190
3.1.5.1	Absperrvorrichtungen	191

3.1.5.2	Entleerungs- und Abschlammeinrichtungen, Entsalzungsventile	194
3.1.5.3	Rückströmsicherungen	197
3.1.6	Druckmessgeräte - Manometer	197
3.1.7	Temperaturmessgeräte	199
3.1.8	Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung	201
3.1.9	Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung am Wasserraum von Heißwassererzeugern der Kategorie IV	212
3.1.10	Reinigungs- und Besichtigungsöffnungen, Verschlüsse	214
3.2	Ausrüstung bei besonderen Bauarten, Feuerungen und Betriebsweisen	214
3.2.1	Wasserstandshöhenanzeiger (Hydrometer)	214
3.2.2	Wasserstandsregler	215
3.2.3	Wasserstandsbegrenzer	217
3.2.4	Druckregler und -begrenzer	219
3.2.5	Temperaturregler, -wächter, -begrenzer, Sicherheitstemperaturwächter, Sicherheitstemperaturbegrenzer	220
3.2.6	Stromungssicherungen und -begrenzer	222
3.3	Betriebstechnische Ausrüstung	223
3.3.1	Druckminder- und Regelventile, Überströmregler und Dampfumformventile	223
3.3.2	Temperaturregelventile	227
3.3.3	Mengenmessgeräte	227
3.3.4	Dampftrockner und Wasserabscheider	230
3.3.5	Ölabscheider	231
3.3.6	Kondensatabteiler und -kontrollgeräte	231
3.3.7	Rauchgasprüf- und -messgeräte, Messung der Rauchgasanteile	234

4.	Beheizung von Dampfkesseln (Herbert Stumpf) Feuerungen und Sonderbeheizungen	239
4.1	Allgemeiner Aufbau von Feuerungen	241
4.1.1	Verbrennungsluft	243
4.1.2	Feuerraum	248
4.1.2.1	Gestaltung von Feuerräumen	249

4.1.2.2	Reinhaltung des Feuerraums	250
4.1.2.3	Feuerraumbelastung	252
4.1.3	Rauchgaszüge	254
4.1.4	Rauchgasabführung	256
4.1.4.1	Unterdruck - natürlicher Zug	256
4.1.4.2	Unterdruck - künstlicher Zug	256
4.1.4.3	Überdruckfeuerungen	258
4.1.4.4	Überwachung der Rauchgasabführung	259
4.1.4.5	Schornsteingestaltung	260
4.2	Feuerungen für feste Brennstoffe	261
4.2.1	Rostfeuerungen	261
4.2.1.1	Wanderroste	264
4.2.1.2	Schüttelroste	271
4.2.2	Holzfeuerungen	272
4.2.3	Müllverbrennung und müllgeeignete Roste	276
4.2.3.1	Walzenroste	280
4.2.3.2	Schürroste	281
4.2.4	Wirbelschichtfeuerung	283
4.2.5	Kohlenstaubfeuerungen	287
4.3	Feuerungen für flüssige Brennstoffe	302
4.3.1	Brennstoffaufbereitung und -fortleitung; Ausrüstung	302
4.3.2	Brennstoffzerstäubung und Luftzumischung	312
4.3.3	Brennerbauarten und -zubehör	319
4.3.3.1	Öldruckzerstäuber	319
4.3.3.2	Dampfdruckzerstäuber	322
4.3.3.3	Luftdruckzerstäuber	323
4.3.3.4	Drehzerstäuber	323
4.3.3.5	Zündung der Ölbrenner	325
4.3.3.6	Selbsttätige Schnellschlussvorrichtungen	325
4.4	Feuerungen für gasförmige Brennstoffe	327
4.4.1	Allgemeines	327
4.4.2	Brennstoffeinbringung und Luftzumischung	330
4.4.3	Brennerbauarten und -zubehör	331
4.4.3.1	Zündung der Gasbrenner	333
4.4.3.2	Selbsttätige Schnellschlussvorrichtungen	334
4.4.3.3	Überwachung der Dichtheit von Schnellschlussvorrichtungen	335
4.4.3.4	Entlüftung und Entwässerung von Gasleitungen	337
4.5	Flammenüberwachung	337
4.5.1	Fotoelemente und Fotozellen	341
4.5.2	UV-Dioden	342
4.5.3	Fotowiderstand	342
4.5.4	Fototransistoren	342

4.5.5	Ionisation in der Flamme	345
4.5.6	Fremdlicht und Eigensicherheit	345
4.5.7	Sicherheitszeiten	346
4.5.8	Zündtemperaturüberwachung	348
4.6	Sonderbeheizungen	348
4.6.1	Elektrische Widerstandsheizungen	348
4.6.2	Beheizung durch Tauchelektroden	349
4.6.3	Beheizung durch Abhitze	349
4.6.4	Beheizung durch Nachverbrennungsanlagen	350
4.6.5	Beheizung durch Sonnenenergie	351

5. Wasser und Dampf (Ludwig Höhenberger) 353

TEIL I: WASSERAUFBEREITUNG UND -KONDITIONIERUNG

5.1	Eigenschaften und Vorkommen des Wassers	354
5.1.1	Allgemeines	354
5.1.2	Physikalische Eigenschaften	354
5.1.3	Chemische Eigenschaften und Begriffe	355
5.2	Inhaltsstoffe des Wassers	357
5.2.1	Herkunft der Inhaltsstoffe - Kreislauf des Wassers in der Natur	357
5.2.2	Ungelöste Inhaltsstoffe	358
5.2.2.1	Feste, ungelöste Inhaltsstoffe	358
5.2.2.2	Flüssige, ungelöste Inhaltsstoffe	358
5.2.3	Gelöste anorganische und organische Inhaltsstoffe	359
5.2.3.1	Salze	361
5.2.3.1.1	Salze der Erdalkalien	362
5.2.3.1.2	Salze der Alkalien	365
5.2.3.1.3	Salze der Schwermetalle	367
5.2.3.2	Kieselsäure	368
5.2.3.3	Gase	369
5.2.3.4	Organische Verbindungen	370
5.3	Wasseraufbereitung	370

5.3.1	Allgemeines	370
5.3.2	Vorbehandlung von Wässern (mechanisch und chemisch)	371
5.3.2.1	Entfernung grober Bestandteile (Grobreinigung)	371
5.3.2.2	Entfernung feiner Bestandteile (Filtration und Flockung)	372
5.3.2.3	Entsäuerung	373
5.3.2.4	Enteisenung und Entmanganung	374
5.3.3	Aufbereitung des Wassers bzw. Kessel-Speisewassers	374
5.3.3.1	Wasseraufbereitung durch Ionenaustauscher	375
5.3.3.2	Enthärtung	377
5.3.3.2.1	Thermische Enthärtung	377
5.3.3.2.2	Enthärtung durch Fällverfahren	377
5.3.3.2.3	Enthärtung durch Ionenaustauscher	377
5.3.3.3	Entkarbonisierung	379
5.3.3.3.1	Kalkentkarbonisierung	379
5.3.3.3.1.1	Kalk-Langsam-Entkarbonisierung	380
5.3.3.3.1.2	Kalk-Schnell-Entkarbonisierung	380
5.3.3.3.2	Entkarbonisierung durch Ionenaustauscher	381
5.3.3.4	Entsalzung	384
5.3.3.4.1	Entsalzung durch Destillation	384
5.3.3.4.2	Entsalzung durch Membranverfahren	384
5.3.3.4.2.1	Entsalzung durch umgekehrte Osmose, Bilder 5.20 und 5.21	384
5.3.3.4.2.2	Entsalzung durch Elektrodialyse	386
5.3.3.4.3	Entsalzung durch elektro-chemische Verfahren (EDI)	386
5.3.3.4.4	Entsalzung durch Ionenaustausch	387
5.3.4	Aufbereitung des Kondensates	392
5.3.4.1	Kondensatenthärtung	392
5.3.4.2	Kondensatentölung	393
5.3.4.3	Kondensatentsalzung	393
5.3.5	Entgasung	394
5.3.5.1	Thermische Druckentgasung	394
5.3.5.2	Unterdruckentgasung	396
5.3.5.3	Chemische Entgasung	396
5.3.6	Nachbehandlung des Kesselspeisewassers - Konditionierung	399
5.3.6.1	Nachenthärtung	399
5.3.6.2	Nachentgasung	400
5.3.6.3	Alkalisierung	400
5.3.6.4	Antischaummittel	402
5.3.6.5	Filmbildner	402
5.4	Richtlinien und Anforderungen an die Wasserbeschaffenheit von Dampfkesseln	403
5.4.1	TRD 611: Speisewasser und Kesselwasser von Dampferzeugern der Kategorie IV Stand 08.2001 - Auszug	404

5.4.2	TRD 612: Wasser für Heißwassererzeuger der Kategorien II bis IV, Stand 08.2001 - Auszug	406
5.4.3	DIN EN 12952-12: Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten - Teil 12: Anforderungen an die Speise- und Kesselwasserqualität (Auszug), Stand 12.2003	407
5.4.4	DIN EN 12953-10: Großwasserraumkessel - Teil 10: Anforderungen an die Speise- und Kesselwasserqualität (Auszug), Stand 12.2003	411
5.4.5	VdTÜV-Richtlinien für Speisewasser, Kesselwasser und Dampf von Dampferzeugern bis 68 bar zulässigem Betriebsüberdruck Ausgabe April 1983 - Auszug	413
5.4.6	GB-Richtlinien für Kesselspeisewasser, Kesselwasser und Dampf von Dampferzeugern über 68 bar zulässigem Betriebsüberdruck Ausgabe 1988 - Auszug	416
5.4.7	VdTÜV-Richtlinien für die Speise- und Kesselwasserbeschaffenheit bei Schnell-dampferzeugern, Ausgabe März 1973 - Auszug	418
5.4.8	VdTÜV-Richtlinien für das Kreislaufwasser in Heißwasser- und Warmwasser-Heizungsanlagen (Industrie- und Fernwärmenetze) Ausgabe Februar 1989 mit Revisionen 2003 und 2004 (VdTÜV-1466/AGFW-Merkblatt 510) Auszug	418
5.4.9	VGB Richtlinien "Qualitätsanforderungen an Fernheizwasser" VGB-M 410 N (1994)	420
5.4.10	Richtwerte für Dampferzeuger mit Kesselmantel aus C-Stahl oder nichtrostendem Stahl bis 5 bar Betriebsüberdruck mit Heizbündeln aus Kupfer oder Nickelbronze	420
5.4.11	Richtwerte für Dampferzeuger mit Kesselmantel aus C-Stahl oder nichtrostendem Stahl bis 5 bar Betriebsüberdruck mit Heizbündel aus nichtrostendem austenitischem Stahl)	421
5.4.12	Richtwerte für das Füll-, Ergänzungs- und Umwälzwasser von Warmwasser-Heizungsanlagen	422
5.5	Kesselkonservierung	423
5.5.1	Nasskonservierung	424
5.5.2	Trockenkonservierung	424
5.6	Belagbildung und Korrosion	425
5.6.1	Schutzschicht- und Belagbildung	425
5.6.2	Korrosion	426
5.6.2.1	Sauerstoff- und Stillstandkorrosion	426
5.6.2.2	Säurekorrosion	427
5.6.2.3	On-load-Korrosion	428
5.6.2.4	Spannungsrisskorrosion	428
5.6.2.5	Heißwasser- bzw. Heißdampfoxidation	428
5.6.2.6	Erosionskorrosion	429
5.7	Chemische Reinigung von Kesselanlagen	429
5.8	Hinweise zur Unfallverhütung	431
5.9	Betrieb von Dampf- und Heißwassererzeugern der Kategorie IV nach TRD 604, Blatt 1 und 2 (Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung - BoB)	432

5.9.1	Wasserchemische Anforderungen bei 24 Stunden BoB	432
5.9.1.1	Dampferzeuger	432
5.9.1.2	Heißwassererzeuger	432
5.9.2	Zusätzliche bzw. veränderte wasserchemische Anforderungen bei 72 Stunden BoB	435
5.9.2.1	Dampferzeuger	435
5.9.2.2	Heißwassererzeuger	436
TEIL II:	WASSERUNTERSUCHUNG	
5.10	Betriebswässer in Dampf- bzw. Heißwasser-Anlagen	439
5.10.1	Probenahme der Betriebswässer	440
5.10.2	Untersuchungsverfahren für Betriebswässer	442
5.10.2.1	Bestimmung der Summe Erdalkalien (Härte) - DIN 38406-3	442
5.10.2.2	Bestimmung der Säurekapazität bis pH-Wert 8,2 bzw. 4,3 ($K_{S8,2}$ bzw. $k_{S4,3}$) - DIN 38409-7 (entsprechend p-Wert und m-Wert, siehe auch Alkalinität - DIN EN ISO 9963-1)	443
5.10.2.3	Basekapazität bis pH-Wert 8,2 bzw. 4,3 ($K_{B8,2}$ bzw. $K_{B4,3}$) - DIN 38409-7: (Negativer p-Wert und m-Wert)	444
5.10.2.4	Bestimmung der Kalkwassersättigung	445
5.10.2.5	Bestimmung des Phosphat-Gehaltes	446
5.10.2.5.1	Bestimmung des Orthophosphat-Gehaltes mit Ammoniummolybdat - DIN EN 1189	446
5.10.2.5.2	Orthophosphat-Bestimmung nach der VM-Methode	447
5.10.2.5.3	Bestimmung des Gesamtposphat-Gehaltes und des Gehaltes an polymeren Phosphaten	448
5.10.2.6	Bestimmung des Salzgehaltes von Wässern	449
5.10.2.6.1	Bestimmung der Dichte mit einer Dichtespindel	449
5.10.2.6.2	Bestimmung des Salzgehaltes durch Leitfähigkeitsmessung - DIN EN 27888	449
5.10.2.7	Bestimmung des pH-Wertes - DIN 38404-5	450
5.10.2.8	Bestimmung des Hydrazingehaltes-DIN 38413-1	452
5.10.2.9	Bestimmung des Natriumsulfit-Gehaltes - DIN EN ISO 10304-3	453
5.10.2.10	Bestimmung des Kieselsäuregehaltes - DIN 38405	454
5.10.2.11	Bestimmung des Kaliumpermanganat ($KMnO_4$)-Verbrauches in saurer Lösung (Oxidierbarkeit $Mn^{7+} \rightarrow Mn^{2+}$) Permanganat-Index DIN EN ISO 8467	455
5.10.2.12	Bestimmung des Chloridgehaltes nach Mohr - DIN 38405 D	1-1
5.10.2.13	Bestimmung sonstiger Inhaltsstoffe	456
5.11	Die wichtigsten EN- und DIN-Normen für das Arbeitsgebiet Wasser	457

6.	Beaufsichtigung von Dampfkesselanlagen (Wolfgang Roßmaier)	459
6.1	Geschichtliche Entwicklung	459
6.2	Vorschriften	460
6.2.1	Vorschriften für die Beaufsichtigung von Dampfkesselanlagen	460
6.2.2	Betrieb von Dampfkesselanlagen	464
6.2.3	Betrieb von Dampfkesselanlagen mit eingeschränkter Beaufsichtigung	466
6.2.4	Zeitweiliger Betrieb ohne Beaufsichtigung mit herabgesetztem Druck bzw. herabgesetzter Vorlauftemperatur	467
6.2.5	Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung	468
	24-Stunden-Betrieb	469
	72-Stunden-Betrieb	470
	Europäische Kesselnormen	471
6.3	Anforderungen an die Ausrüstung von Dampfkesselanlagen bei Betrieb mit ständiger Beaufsichtigung	472
	Beaufsichtigung nach TRD, Ausrüstung bei Überwachung von Warten aus	472
6.4	Anforderung an die Ausrüstung von Dampfkesselanlagen bei Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung	481
	Ohne ständige Beaufsichtigung nach TRD	481
	Ohne ständige Beaufsichtigung nach den europäischen Kesselnormen	482
6.5	Zusätzliche Anforderungen an den Betrieb ohne Beaufsichtigung von Dampfkesselanlagen mit Rostfeuerungen für Kohle	483
6.6	Probleme beim Betrieb von Heißwasseranlagen ohne ständige Beaufsichtigung	485
6.7	Erfahrungen aus dem Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung	488
6.7.1	Dampfanlagen	489
6.7.2	Heißwasseranlagen	489

7.	Elektrische und elektronische Steuerungen im sicherheitsrelevanten Einsatz an Kesselanlagen (Jörg Kiesel)	491
7.1	Entwicklung	491
7.1.1	Begriffe	491
7.2	Anforderungen	495
7.2.1	Sicherheitsstromkreise	495
7.2.2	Sicherheitsphilosophie	496
7.2.3	Fehlerphilosophie	496
7.2.3.1	Hardwarefehler (-ausfälle)	497
7.2.3.2	Softwarefehler	497
7.2.4	Bestimmungen, Richtlinien	499
7.2.5	Sicherheitstechnische Anforderungen an elektrische Betriebsmittel	500
7.2.6	Ausführung von MSR-Schutzeinrichtungen	502
7.2.7	Prüfung von MSR-Schutzeinrichtungen	502
7.3	Fehlersicherheit	503
7.3.1	Elektrische Betriebsmittel	503
7.3.2	Systeme nach dem Fail-Safe-Prinzip	504
7.3.3	Redundanz mit Fail-Safe-Vergleicher	506
7.3.4	Diversitäre Redundanz mit Fail-Safe-Vergleicher	506
7.3.5	Sicherheitstechnische Lösungen (gesonderte Sicherheitsmaßnahmen) beim Einsatz von Mikrocomputersystemen	507
7.4	Störbeeinflussbarkeit, Umweltbedingungen	508
7.5	Sicherheitsnachweis	508
7.5.1	Ausfalleffektanalyse (theoretisch) und Ausfallkombinationen	509
7.5.2	Checklisten für die Fehlersimulation	510
7.5.3	Festlegung der Umweltbedingungen und Störbeeinflussbarkeitsgrenzen	510
7.5.4	Durchführung des praktischen Sicherheitsnachweises	511
7.5.4.1	Fehlersimulationen	511
7.5.4.2	Prüfung der Funktionssicherheit bei verschiedenen äußeren Beeinflussungen	518
7.5.4.3	Ausführung	520
7.5.4.4	Gutachten, Prüfbescheinigung	520
7.6	Prinzipielle Beispiele von elektronischen Steuerungen	520
7.6.1	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	522
7.6.1.1	Konzeptphase	522

7.6.1.2	Vorprüfung	523
7.6.1.3	Vor-Ort-Prüfung	524
7.6.1.4	Änderungsverfahren	524

8.	Vorschriften und Maßnahmen zum Schutze der Umwelt (Thomas Gritsch, Michael Waeber)	525
-----------	--	------------

8.1	Einleitung	525
8.2	Europäisches Umweltrecht	526
8.3	Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)	528
8.3.1	Übersicht	528
8.3.2	Begriffe	529
8.3.3	Vorschriften für Dampfkessel und Feuerungen	529
8.4	Die Genehmigung von Anlagen	530
8.4.1	Genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV)	530
8.4.2	Grundsätze des Genehmigungsverfahrens (9. BImSchV)	532
8.4.2.1	Förmliches Genehmigungsverfahren (§ 10 BImSchG)	532
8.4.2.2	Vereinfachtes Genehmigungsverfahren (§ 19 BImSchG)	533
8.4.3	Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)	534
8.4.4	Die Verhinderung und Begrenzung von Störfällen (12. BImSchV)	535
8.4.5	Immissionsprognose für Luftschadstoffe	538
8.4.6	Beurteilung von Geräuschimmissionen	540
8.5	Die Begrenzung von Emissionen im Abgas	543
8.5.1	Kleinfeuerungsanlagen (1. BImSchV)	543
8.5.2	Großfeuerungsanlagen (13. BImSchV)	545
8.5.3	Sonstige Feuerungsanlagen (TA Luft)	546
8.5.4	Abfallverbrennungsanlagen (17. BImSchV)	548
8.5.5	Feuerbestattungsanlagen (27. BImSchV)	550
8.6	Die Begrenzung von Schadstofffrachten im Abwasser (WHG)	550
8.7	Das Umwelthaftungsgesetz (UmweltHG)	553
8.8	Das EG-Öko-Audit-System (EMAS II)	554
8.9	Die Kontrolle der Emissionen	556

8.9.1	Aufgaben und Anforderungen	556
8.9.2	Kleinf Feuerungsanlagen (1.BImSchV)	558
8.9.3	Größere Feuerungsanlagen (TA Luft)	558
8.9.4	Großfeuerungsanlagen (13. BImSchV)	560
8.9.5	Abfallverbrennungsanlagen / Mitverbrennung von Abfällen (17. BImSchV)	561
8.9.6	Einbau von Messanlagen, Funktionsprüfung, Kalibrierung	563
8.9.7	Eignungsgeprüfte Messgeräte	564
8.9.8	Emissions - Messverfahren	564
8.10	Sonstige Pflichten des Anlagenbetreibers	569
8.10.1	Ableitbedingungen für Abgase (TA Luft)	569
8.10.2	Der Betriebsbeauftragte	569
8.10.3	Die Emissionserklärung (11. BImSchV)	572
8.10.4	Arbeitsplatzbedingungen	573
8.10.5	Der Schutz des Bodens	577
8.11	Technische Maßnahmen zur Emissionsminderung	577
8.11.1	Primärmaßnahmen für Staub und Gase	578
8.11.1.1	Staub	578
8.11.1.2	Schwefeloxide (3. BImSchV)	579
8.11.1.3	Stickstoffoxide	580
8.11.1.4	Kohlenmonoxid und organische Stoffe	584
8.11.1.5	Kohlendioxid und andere klimarelevante Gase	585
8.11.1.6	Halogenverbindungen	588
8.11.2	Sekundärmaßnahmen für Staub und Gase	589
8.11.2.1	Abgasentstaubung	589
8.11.2.2	Abgasentschwefelung	601
8.11.2.3	Abgasentstickung	607
8.11.2.4	Abscheidung von HCl, HF, Hg und organischen Verbindungen	614
8.11.3	Lärminderungsmaßnahmen	615
8.12	Entsorgung von Abfallstoffen	617

9. Instandhaltung, Störungen, Schäden (Wolfgang Schlegel) 623

9.1	Wartung	623
9.1.1	Wartung bei Dampfkesseln der Kategorie IV (Hochdruckdampfkessel)	623
9.1.2	Wartungsverträge	626
9.1.3	Ausrüstung	627
9.1.3.1	Anzeigeeinrichtungen	627
9.1.3.2	Absperr- und Entleerungseinrichtungen	629
9.1.3.3	Speise- und Umwälzeinrichtungen	632
9.1.3.4	Wartung von Regel- und Sicherheitseinrichtungen	634
9.1.3.5	Messeinrichtungen	636
9.1.3.6	Elektrische Einrichtungen	638
9.1.3.7	Sonstige Einrichtungen	638
9.1.4	Feuerung und elektrische Beheizung	639
9.1.4.1	Feste Brennstoffe	639
9.1.4.2	Flüssige Brennstoffe	640
9.1.4.3	Gasförmige Brennstoffe	640
9.1.4.4	Elektrische Beheizung	640
9.1.5	Sonstige Teile der Feuerung	641
9.1.5.1	Heizöllagerung und Heizölvorwärmung	641
9.1.5.2	Kohle-, Späne- und Staublagerung	641
9.1.5.3	Saugzuggebläse	642
9.1.5.4	Entaschung und Staubabscheider	642
9.1.5.5	Schornstein	642
9.1.6	Wasseraufbereitung (siehe Abschn. 5.3)	642
9.1.6.1	Allgemeines	642
9.1.6.2	Enthärtungs- und Entgasungsanlagen	645
9.1.6.3	Anlagen zur Entkieselung und Entölung	645
9.1.6.4	Dosier- und Untersuchungsgeräte	645
9.1.6.5	Speise- und Kesselwasser	646
9.1.6.6	Einrichtungen zum Absalzen und zum Abschlammen	646
9.1.6.7	Konservierung	646
9.1.7	Anfahren der Kesselanlage nach Stillständen	647
9.1.7.1	Warmstart	647
9.1.7.2	Kaltstart	648
9.1.7.3	Abstellen	648
9.2	Inspektion	648
9.2.1	Allgemeines	648
9.2.2	Befahren von Kesselanlagen	648
9.2.3	Rauchgasseitige Reinigung	649
9.2.4	Wasserseitige Reinigung	649
9.3	Instandsetzungen	650
9.3.1	Vom Kesselwärter auszuführende Überholungen und Reparaturen	650

9.3.1.1	Armaturen	650
9.3.1.2	Schrauben, Mannlochverschlüsse	651
9.3.1.3	Wasserstände, Schattwippen, Regelgeräte	651
9.3.2	Reparaturen durch den Fachmann	651
9.3.2.1	Wasserstandsregler und -begrenzer (Neueinbau)	651
9.3.2.2	Schweißarbeiten	652
9.3.2.3	Elektrische Einrichtungen	652
9.3.3	Reparaturen durch den Hersteller bzw. durch einschlägige Fachfirmen	652
9.3.3.1	Schweißer- und Verfahfensprüfung	652
9.3.3.2	Reparaturen von Konstruktionsteilen	652
9.4	Störungen	653
9.5	Schäden	663
9.5.1	Allgemeines	663
9.5.2	Schäden trotz geprüfter Ausrüstung	665
9.5.3	Wassermangel	666
9.5.4	Flammrohrschäden trotz ausreichendem Wasserstand	666
9.5.5	Verpuffungen	670
9.5.6	Konstruktionsfehler	671
9.5.7	Fertigungsfehler	671
9.5.8	Armaturen und Ausrüstung	672
9.5.9	Sonstige Kesselteile	672
9.5.10	Sonstige Teile der Kesselanlage	673
9.6	Ausblick	674

10. Vorschriften und Bestimmungen (Wolfgang Roßmaier) 675

10.1	Allgemeines	675
10.2	Europäische Normung für Dampfkessel	675
10.3	Druckgeräterichtlinie	677
10.4	Änderung des Gesetzes über technische Arbeitsmittel (Gerätesicherheitsgesetz GSG) und Ablösung durch das Gesetz über technische Arbeitsmittel und Verbraucherprodukte (Geräte- und	692

	Produktsicherheitsgesetz - GPSG)	
10.5	Dampfkesselbestimmungen	695
10.6	Europäische Normen für Dampfkessel	706
10.7	Bundes-Immissionsschutzgesetz	707
10.8	Regeln für Warmwasserheizungsanlagen	707
10.9	Druckbehälterbestimmungen	709
10.10	Europäische Normen für Druckgeräte (Druckbehälter), unbefeuerte Druckbehälter, Rohrleitungen, Sicherheitseinrichtungen	711
10.11	Wichtige Vorschriften und Normen für Heizungsanlagen und für Wassererwärmer	712
10.12	Verdingungsordnung für Bauleistungen	716
10.13	Richtlinien über Ausbildungslehrgänge für Kesselwärter	717
10.14	Sonstige Vorschriften, Bestimmungen und Regeln	723
11.	Grafische Symbole (Wolfgang Linke)	725
12.	Schrifttum	729
13.	Sachwortverzeichnis	805
14.	Bezugsquellen	833