

1	Allgemeine Grundlagen	1
<hr/>		
2	Kesselbauarten und Kesselanlagen	65
<hr/>		
3	Ausrüstung der Kesselanlagen	181
<hr/>		
4	Beheizung von Dampfkesseln	253
<hr/>		
5	Wasser und Dampf	365
<hr/>		
6	Beaufsichtigung von Dampfkesselanlagen	473
<hr/>		
7	Elektrische und elektronische Steuerungen	505
<hr/>		
8	Umweltschutz	541
<hr/>		
9	Instandhaltung, Störungen, Schäden	643
<hr/>		
10	Vorschriften und Bestimmungen	697
<hr/>		
11	Grafische Symbole	743
<hr/>		
12	Schrifttum	747
<hr/>		
13	Sachwortverzeichnis	823
<hr/>		
14	Bezugsquellen	851

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeine Grundlagen (Tuisko Kampffmeyer)	1
1.1 Physikalische Grundbegriffe, Bezeichnungen und Gesetzmäßigkeiten	1
1.1.1 In der Kesselbetriebstechnik gebräuchliche physikalische Größen und Einheiten	1
1.1.1.1 Vielfache und Bruchteile von Einheiten	1
1.1.1.2 Druck und Kraft	2
1.1.1.3 Temperatur	3
1.1.1.4 Arbeit, Energie, Wärmemenge	4
1.1.1.5 Leistung, Energiestrom, Wärmestrom	5
1.1.1.6 Masse, Gewicht, Dichte, spezifisches Volumen, Schüttgewicht und Wobbe-Index	5
1.1.1.7 Viskosität	7
1.1.2 Ausdehnung durch Wärme	8
1.1.3 Normzustand bei Gasen; Zustandsänderungen der idealen Gase	9
1.1.4 Spezifische Wärmekapazität; Wärmeinhalt (Enthalpie)	9
1.2 Arten der Wärmeübertragung	10
1.2.1 Wärmeleitung	10
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, Spannungsdampf	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	31
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 Erdgas	35
1.4.2.4 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

2. Kesselbauarten und Kesselanlagen im Nieder-, Mittel- und Hochtemperaturbereich (Helmut Walther) 65

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 Flammrohrkessel	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 Mehrzuga Bauweise	89
2.2.2.6 Die stehenden Feuerbüchsenkessel	96
2.2.2.7 Die Stahlheizkessel	96
2.2.2.8 Der Guss-Gliederkessel	98
2.2.2.9 Gusskessel in Blockform	102
2.2.3 Wasserrohrkessel (Kleinwasserraumkessel)	103
2.2.3.1 Allgemeines	103
2.2.3.2 Wasserrohrkessel mit natürlichem Wasserumlauf (Naturumlauf)	106
2.2.3.2.1 Steilrohrkessel mit Schmelzfeuerungen	112
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
2.2.5 Die Kernenergie-Dampferzeuger	132
2.2.5.1 Der Druckwasserreaktor	134
2.2.5.2 Der Siedewasserreaktor	135
2.2.6 Regenerative Energien	135
2.2.6.1 Biomassekessel	135
2.2.6.2 Pelletkessel	135
2.2.6.3 Holzvergaserkessel	137
2.2.6.4 Sonnenheizungsanlagen	137
2.2.6.5 Die Flachkollektoren	138

2.2.6.6	Vakuum-Röhrenkollektoren	139
2.2.6.7	Vakuum-Röhrenkollektor nach dem Heat-Pipe System	141
2.2.6.8	Vakuum-Röhrenkollektor Paradigma	142
2.2.6.9	Normen für Sonnenkollektoren	143
2.2.6.10	Photovoltaik	143
2.2.6.11	Solarthermische Kraftwerke	144
2.2.6.12	Geothermie	145
2.2.6.13	Windenergieanlagen	145
2.2.6.14	Wärmepumpen	146
2.3	Vor- und Nachschaltheizflächen	147
2.3.1	Überhitzer	147
2.3.2	Speisewasservorwärmer	149
2.3.3	Vorverdampfer	152
2.3.4	Luftvorwärmer	153
2.4	Anlagen zur Dampf-, Heißwasser- und Warmwassererzeugung	154
2.4.1	Allgemeines	154
2.4.2	Dampferzeugungsanlagen	160
2.4.3	Heißwassererzeugungsanlagen	161
2.4.3.1	Technische Entwicklung	161
2.4.3.2	Normen für Heißwassererzeugungsanlagen	163
2.4.3.3	Gebräuchliche Begriffe	164
2.4.3.4	Einflüsse auf die Heißwassererzeugungsanlage	165
2.4.3.5	Sicherheitstechnische Wertung der gebräuchlichsten Systeme aufgrund der Schaltung und der verwendeten Kesselbautart	167
2.4.4	Warmwassererzeugungsanlagen	170
2.5	Anlagen zur Brauchwassererwärmung	170
2.5.1	Systeme zur Brauchwassererwärmung	171
2.5.2	Ausführungsbeispiele	173
2.6	Anlagen für andere Wärmeträgermedien als Wasser	175
2.6.1	Allgemeines	175
2.6.2	WT-Wärmeerzeuger (Erhitzer)	175
2.6.3	Ausführung von WT-Anlagen	177
2.7	Kesselmauerwerk	178
3.	Ausrüstung der Kesselanlagen (Stefan Gröber)	181
3.1	Sicherheitstechnische Grundausrüstung	181
3.1.1	Herstellerschild	181
3.1.2	Wasserstandsmarke	181
3.1.3	Wasserstands-Anzeigeeinrichtungen	182
3.1.3.1	Wasserstandsgläser	182
3.1.3.2	Fernwasserstands-Anzeigevorrichtungen	185
3.1.4	Speise- und Umwälzeinrichtungen	188
3.1.4.1	Verdrängerpumpen	190
3.1.4.2	Kreiselpumpen	191
3.1.5	Absperr- und Entleerungseinrichtungen, Rückströmsicherungen	198
3.1.5.1	Absperrvorrichtungen	199
3.1.5.2	Entleerungs- und Abschlammleinrichtungen, Entsalzungsventile	202
3.1.5.3	Rückströmsicherungen	205
3.1.6	Druckmessgeräte – Manometer	205

3.1.7	Temperaturmessgeräte	207
3.1.8	Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung	209
3.1.9	Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung am Wasserraum von Heißwassererzeugern der Kategorie IV	220
3.1.10	Reinigungs- und Besichtigungsöffnungen, Verschlüsse	222
3.2	Ausrüstung bei besonderen Bauarten, Feuerungen und Betriebsweisen	222
3.2.1	Wasserstandshöhenanzeiger (Hydrometer)	222
3.2.2	Wasserstandsregler	223
3.2.3	Wasserstandsbegrenzer	225
3.2.4	Druckregler und -begrenzer	227
3.2.5	Temperaturregler, -wächter, -begrenzer, Sicherheitstemperaturwächter, Sicherheitstemperaturbegrenzer	228
3.2.6	Strömungssicherungen und -begrenzer	230
3.3	Betriebstechnische Ausrüstung	231
3.3.1	Druckminder- und Regelventile, Überströmregler und Dampfumformventile	232
3.3.2	Temperaturregelventile	236
3.3.3	Mengenmessgeräte	236
3.3.4	Dampftrockner und Wasserabscheider	239
3.3.5	Ölabscheider	240
3.3.6	Kondensatableiter und -kontrollgeräte	240
3.3.6.1	Optische Kontrolle von Kondensatableitern	243
3.3.6.2	Kontrolle von Kondensatableitern mittels Temperaturmessung	244
3.3.6.3	Mobile Geräte für die Kontrolle von Kondensatableitern	244
3.3.6.4	Stationäre Systeme für die Überwachung von Kondensatableitern	246
3.3.7	Rauchgasprüf- und -messgeräte, Messung der Rauchgasanteile	247
4.	Beheizung von Dampfkesseln (Herbert Stumpf)	
	Feuerungen und Sonderbeheizungen	253
4.1	Allgemeiner Aufbau von Feuerungen	255
4.1.1	Verbrennungsluft	257
4.1.2	Feuerraum	262
4.1.2.1	Gestaltung von Feuerräumen	263
4.1.2.2	Reinhaltung des Feuerraums	264
4.1.2.3	Feuerraumbelastung	266
4.1.3	Rauchgaszüge	268
4.1.4	Rauchgasabführung	270
4.1.4.1	Unterdruck – natürlicher Zug	270
4.1.4.2	Unterdruck – künstlicher Zug	270
4.1.4.3	Überdruckfeuerungen	272
4.1.4.4	Überwachung der Rauchgasabführung	273
4.1.4.5	Schornsteingestaltung	274
4.2	Feuerungen für feste Brennstoffe	275
4.2.1	Rostfeuerungen	275
4.2.1.1	Wanderroste	278
4.2.1.2	Schüttelroste	285
4.2.2	Holzfeuerungen	286
4.2.3	Müllverbrennung und müllgeeignete Roste	290

4.2.3.1	Walzenroste	294
4.2.3.2	Schürroste	295
4.2.4	Wirbelschichtfeuerungen	297
4.2.5	Kohlenstaubfeuerungen	301
4.3	Feuerungen für flüssige Brennstoffe	316
4.3.1	Brennstoffaufbereitung und -fortleitung; Ausrüstung	316
4.3.2	Brennstoffzerstäubung und Luftzumischung	326
4.3.3	Brennerbauarten und -zubehör	333
4.3.3.1	Öldruckzerstäuber	333
4.3.3.2	Dampfdruckzerstäuber	336
4.3.3.3	Luftdruckzerstäuber	337
4.3.3.4	Drehzerstäuber	337
4.3.3.5	Zündung der Ölbrenner	339
4.3.3.6	Selbsttätige Schnellschlussvorrichtungen	339
4.4	Feuerungen für gasförmige Brennstoffe	341
4.4.1	Allgemeines	341
4.4.2	Brennstoffeinbringung und Luftzumischung	344
4.4.3	Brennerbauarten und -zubehör	345
4.4.3.1	Zündung der Gasbrenner	347
4.4.3.2	Selbsttätige Schnellschlussvorrichtungen	348
4.4.3.3	Überwachung der Dichtheit von Schnellschlussvorrichtungen	349
4.4.3.4	Entlüftung und Entwässerung von Gasleitungen	351
4.5	Flammenüberwachung	351
4.5.1	Fotoelemente und Fotozellen	355
4.5.2	UV-Dioden	356
4.5.3	Fotowiderstand	356
4.5.4	Fototransistoren	356
4.5.5	Ionisation in der Flamme	357
4.5.6	Fremdlicht und Eigensicherheit	357
4.5.7	Sicherheitszeiten	358
4.5.8	Zündtemperaturüberwachung	360
4.6	Sonderbeheizungen	360
4.6.1	Elektrische Widerstandsheizungen	360
4.6.2	Beheizung durch Tauchelektroden	360
4.6.3	Beheizung durch Abhitze	361
4.6.4	Beheizung durch Nachverbrennungsanlagen	362
4.6.5	Beheizung durch Sonnenenergie	362
5.	Wasser und Dampf (Ludwig Höhenberger)	365
	Bezeichnungen und Umrechnungen	365
	TEIL I: WASSERAUFBEREITUNG UND -KONDITIONIERUNG	366
5.1	Eigenschaften und Vorkommen des Wassers	366
5.1.1	Allgemeines	366
5.1.2	Physikalische Eigenschaften	366
5.1.3	Chemische Eigenschaften und Begriffe	367
5.2	Inhaltsstoffe des Wassers	369
5.2.1	Herkunft der Inhaltsstoffe – Kreislauf des Wassers in der Natur	369
5.2.2	Ungelöste Inhaltsstoffe	370
5.2.2.1	Feste, ungelöste Inhaltsstoffe	370

5.2.2.2	Flüssige, ungelöste Inhaltsstoffe	370
5.2.3	Gelöste anorganische und organische Inhaltsstoffe	371
5.2.3.1	Salze	373
5.2.3.1.1	Salze der Erdalkalien	374
5.2.3.1.2	Salze der Alkalien	377
5.2.3.1.3	Salze der Schwermetalle	379
5.2.3.2	Kieselsäure	380
5.2.3.3	Gase	381
5.2.3.4	Organische Verbindungen	382
5.3	Wasseraufbereitung	382
5.3.1	Allgemeines	382
5.3.2	Vorbehandlung von Wässern (mechanisch und chemisch)	383
5.3.2.1	Entfernung grober Bestandteile (Grobreinigung)	383
5.3.2.2	Entfernung feiner Bestandteile (Filtration und Flockung)	384
5.3.2.3	Entsäuerung	385
5.3.2.4	Enteisung und Entmanganung	386
5.3.3	Aufbereitung des Wassers bzw. Kessel-Speisewassers	386
5.3.3.1	Wasseraufbereitung durch Ionenaustauscher	387
5.3.3.2	Enthärtung	389
5.3.3.2.1	Enthärtung durch Fällverfahren	389
5.3.3.2.2	Enthärtung durch Ionenaustauscher	389
5.3.3.3	Entkarbonisierung	391
5.3.3.3.1	Kalkentkarbonisierung	391
5.3.3.3.2	Entkarbonisierung durch Ionenaustauscher	392
5.3.3.4	Entsalzung	395
5.3.3.4.1	Entsalzung durch Destillation	395
5.3.3.4.2	Entsalzung durch Membranverfahren	395
5.3.3.4.2.1	Entsalzung durch umgekehrte Osmose	395
5.3.3.4.2.2	Entsalzung durch Elektrodialyse	397
5.3.3.4.3	Entsalzung durch elektro-chemische Verfahren (EDI)	397
5.3.3.4.4	Entsalzung durch Ionenaustausch	398
5.3.4	Aufbereitung des Kondensates	403
5.3.4.1	Kondensatenthärtung	403
5.3.4.2	Kondensatentölung	404
5.3.4.3	Kondensatentsalzung	404
5.3.5	Entgasung	405
5.3.5.1	Thermische Druckentgasung	405
5.3.5.2	Unterdruckentgasung	407
5.3.5.3	Chemische Entgasung	407
5.3.6	Nachbehandlung des Kesselspeisewassers – Konditionierung	410
5.3.6.1	Nachenthärtung	410
5.3.6.2	Nachentgasung	411
5.3.6.3	Alkalisierung	411
5.3.6.4	Antischaummittel	413
5.3.6.5	Filmbildner	413
5.4	Richtlinien und Anforderungen an die Wasserbeschaffenheit von Dampfkesseln	414
5.4.1	TRD 611: Speisewasser und Kesselwasser von Dampferzeugern der Kategorie IV Stand 08.2001 – Auszug	415
5.4.2	TRD 612: Wasser für Heißwassererzeuger der Kategorien II bis IV, Stand 08.2001 – Auszug	417

5.4.3	DIN EN 12952-12: Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten – Teil 12: Anforderungen an die Speise- und Kesselwasserqualität (Auszug), Stand 12.2003	418
5.4.4	DIN EN 12953-10: Großwasserraumkessel – Teil 10: Anforderungen an die Speise- und Kesselwasserqualität (Auszug), Stand 12.2003	422
5.4.5	VdTÜV-Richtlinien für Speisewasser, Kesselwasser und Dampf von Dampferzeugern bis 68 bar zulässigem Betriebsüberdruck Ausgabe April 1983 – Auszug	424
5.4.6	VGB-Richtlinien für Kesselspeisewasser, Kesselwasser und Dampf von Dampferzeugern über 68 bar zulässigem Betriebsüberdruck Ausgabe 1988 – Auszug	428
5.4.7	VdTÜV-Richtlinien für die Speise- und Kesselwasserbeschaffenheit bei Schnelldampferzeugern, Ausgabe März 1973 – Auszug	430
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	430
5.4.9	VGB Richtlinien »Qualitätsanforderungen an Fernheizwasser« VGB-M 410 N (1994)	432
5.4.10	Richtwerte für Dampferzeuger mit Kesselmantel aus C-Stahl oder nichtrostendem Stahl bis 5 bar Betriebsüberdruck mit Heizbündeln aus Kupfer oder Nickelbronze	432
5.4.11	Richtwerte für Dampferzeuger mit Kesselmantel aus C-Stahl oder nichtrostendem Stahl bis 5 bar Betriebsüberdruck mit Heizbündel aus nichtrostendem austenitischem Stahl	433
5.4.12	Richtwerte für das Füll-, Ergänzungs- und Umwälzwasser von Warmwasser-Heizungsanlagen	434
5.4.13	Allgemeine Bemerkungen zu den Richtwerten für Dampfkessel	434
5.5	Kesselkonservierung	435
5.5.1	Nasskonservierung	436
5.5.2	Trockenkonservierung	436
5.6	Belagbildung und Korrosion	437
5.6.1	Schutzschicht- und Belagbildung	437
5.6.2	Korrosion	438
5.6.2.1	Sauerstoff- und Stillstandkorrosion	438
5.6.2.2	Säurekorrosion	439
5.6.2.3	On-load-Korrosion	440
5.6.2.4	Spannungsrisskorrosion	440
5.6.2.5	Heißwasser- bzw. Heißdampfoxidation	440
5.6.2.6	Erosionskorrosion	441
5.7	Chemische Reinigung von Kesselanlagen	441
5.8	Hinweise zur Unfallverhütung	443
5.9	Betrieb von Dampf- und Heißwassererzeugern der Kategorie IV nach TRD 604, Blatt 1 und 2 (Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung – BoB)	444
5.9.1	Wasserchemische Anforderungen bei 24 Stunden BoB	444
5.9.1.1	Dampferzeuger	444
5.9.1.2	Heißwassererzeuger	444
5.9.2	Zusätzliche bzw. veränderte wasserchemische Anforderungen bei 72 Stunden BoB	447

5.9.2.1	Dampferzeuger	447
5.9.2.2	Heißwassererzeuger	448
5.9.3	Automatische Überwachung der Wasserqualität	450
TEIL II: WASSERUNTERSUCHUNG, BEURTEILUNG VON ERGEBNISSEN		453
5.10	Betriebswässer in Dampf- bzw. Heißwasser-Anlagen	453
5.10.1	Probenahme der Betriebswässer	454
5.10.2	Untersuchungsverfahren für Betriebswässer	456
5.10.2.1	Bestimmung der Summe Erdalkalien (Härte) – DIN 38406-3	456
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)	457
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	458
5.10.2.4	Bestimmung des Phosphat-Gehaltes	459
5.10.2.4.1	Bestimmung des Orthophosphat-Gehaltes mit Ammoniummolybdat – DIN EN 1189	459
5.10.2.4.2	Orthophosphat-Bestimmung nach der VM-Methode	460
5.10.2.4.3	Bestimmung des Gesamtposphat-Gehaltes und des Gehaltes an polymeren Phosphaten	461
5.10.2.5	Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit – DIN EN 27888	462
5.10.2.6	Bestimmung des pH-Wertes – DIN 38404-5	464
5.10.2.7	Bestimmung des Hydrazingehaltes – DIN 38413-1	465
5.10.2.8	Bestimmung des Natriumsulfit-Gehaltes – DIN EN ISO 10304-3	466
5.10.2.9	Bestimmung des Kieselsäuregehaltes – DIN 38405-21	467
5.10.2.10	Bestimmung des Kaliumpermanganat (KMnO ₄)-Verbrauches in saurer Lösung (Oxidierbarkeit Mn ⁷⁺ → Mn ²⁺) Permanganat-Index DIN EN ISO 8467	468
5.10.2.11	Bestimmung des Chloridgehaltes nach Mohr – DIN 38405 D 1-1	469
5.10.2.12	Bestimmung sonstiger Inhaltsstoffe	469
5.11	Die wichtigsten EN- und DIN-Normen für das Arbeitsgebiet Wasser	470
6. Beaufsichtigung von Dampfkesselanlagen (Wolfgang Roßmaier)		473
6.1	Geschichtliche Entwicklung	473
6.2	Vorschriften	474
6.2.1	Vorschriften für die Beaufsichtigung von Dampfkesselanlagen	474
6.2.2	Betrieb von Dampfkesselanlagen	477
6.2.3	Betrieb von Dampfkesselanlagen mit eingeschränkter Beaufsichtigung	480
6.2.4	Zeitweiliger Betrieb ohne Beaufsichtigung mit herabgesetztem Druck bzw. herabgesetzter Vorlauftemperatur	481
6.2.5	Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung	481
	24-Stunden-Betrieb	482
	72-Stunden-Betrieb	483
	Europäische Kesselnormen	484
6.3	Anforderungen an die Ausrüstung von Dampfkesselanlagen bei Betrieb mit ständiger Beaufsichtigung	485
	Beaufsichtigung nach TRD, Ausrüstung bei Überwachung von Warten aus	485

6.4	Anforderung an die Ausrüstung von Dampfkesselanlagen bei Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung	494
	Ohne ständige Beaufsichtigung nach TRD	494
	Ohne ständige Beaufsichtigung nach den europäischen Kesselnormen	495
6.5	Zusätzliche Anforderungen an den Betrieb ohne Beaufsichtigung von Dampfkesselanlagen mit Rostfeuerungen für Kohle	496
6.6	Probleme beim Betrieb von Heißwasseranlagen ohne ständige Beaufsichtigung	498
6.7	Erfahrungen aus dem Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung	501
	6.7.1 Dampfanlagen	502
	6.7.2 Heißwasseranlagen	502
7.	Elektrische und elektronische Steuerungen im sicherheitsrelevanten Einsatz an Kesselanlagen (Jörg Kiesel)	505
7.1	Entwicklung	505
	7.1.1 Begriffe	505
7.2	Anforderungen	509
	7.2.1 Sicherheitsstromkreise	509
	7.2.2 Sicherheitsphilosophie	510
	7.2.3 Fehlerphilosophie	510
	7.2.3.1 Hardwarefehler (-ausfälle)	512
	7.2.3.2 Softwarefehler	512
	7.2.4 Bestimmungen, Richtlinien	514
	7.2.5 Sicherheitstechnische Anforderungen an elektrische Betriebsmittel	515
	7.2.6 Ausführung von MSR-Schutzeinrichtungen	517
	7.2.7 Prüfung von MSR-Schutzeinrichtungen	517
7.3	Fehlersicherheit	518
	7.3.1 Elektrische Betriebsmittel	518
	7.3.2 Systeme nach dem Fail-Safe-Prinzip	519
	7.3.3 Redundanz mit Fail-Safe-Vergleicher	521
	7.3.4 Diversitäre Redundanz mit Fail-Safe-Vergleicher	521
	7.3.5 Sicherheitstechnische Lösungen (gesonderte Sicherheitsmaßnahmen) beim Einsatz von Mikrocomputersystemen	522
7.4	Störbeeinflussbarkeit, Umweltbedingungen	523
7.5	Sicherheitsnachweis	523
	7.5.1 Ausfalleffektanalyse (theoretisch) und Ausfallkombinationen	524
	7.5.2 Checklisten für die Fehlersimulation	525
	7.5.3 Festlegung der Umweltbedingungen und Störbeeinflussbarkeitsgrenzen	525
	7.5.4 Durchführung des praktischen Sicherheitsnachweises	526
	7.5.4.1 Fehlersimulationen	526
	7.5.4.2 Prüfung der Funktionssicherheit bei verschiedenen äußeren Beeinflussungen	533
	7.5.4.3 Ausführung	535
	7.5.4.4 Gutachten, Prüfbescheinigung	535
7.6	Prinzipielle Beispiele von elektronischen Steuerungen	535
	7.6.1 Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	537

7.6.1.1	Konzeptphase	537
7.6.1.2	Entwurfsprüfung und Validierung	538
7.6.1.3	Vor-Ort-Prüfung (Nachweisprüfung)	539
7.6.1.4	Änderungsverfahren	540
8.	Vorschriften und Maßnahmen zum Schutze der Umwelt (Thomas Gritsch, Michael Waeber)	541
8.1	Einleitung	541
8.2	Europäisches Umweltrecht	542
8.3	Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)	544
8.3.1	Übersicht	544
8.3.2	Begriffe	544
8.3.3	Vorschriften für Dampfkessel und Feuerungen	545
8.4	Die Genehmigung von Anlagen	546
8.4.1	Genehmigungsbedürftige Anlagen (4. BImSchV)	546
8.4.2	Grundsätze des Genehmigungsverfahrens (9. BImSchV)	548
8.4.2.1	Förmliches Genehmigungsverfahren (§ 10 BImSchG)	548
8.4.2.2	Vereinfachtes Genehmigungsverfahren (§ 19 BImSchG)	549
8.4.3	Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)	550
8.4.4	Die Verhinderung und Begrenzung von Störfällen (12. BImSchV)	552
8.4.5	Immissionsprognose für Luftverunreinigungen	555
8.4.6	Beurteilung von Geräuschemissionen	557
8.5	Die Begrenzung von Emissionen im Abgas	560
8.5.1	Kleinfeuerungsanlagen (1. BImSchV)	560
8.5.2	Großfeuerungsanlagen (13. BImSchV)	562
8.5.3	Sonstige Feuerungsanlagen (TA Luft)	563
8.5.4	Abfallverbrennungsanlagen (17. BImSchV)	565
8.5.5	Feuerbestattungsanlagen (27. BImSchV)	567
8.6	Die Begrenzung von Schadstofffrachten im Abwasser (WHG)	567
8.7	Das Umwelthaftungsgesetz (UmweltHG)	571
8.8	Das EG-Öko-Audit-System (EMAS II)	572
8.9	Die Kontrolle der Emissionen	574
8.9.1	Aufgaben und Anforderungen	574
8.9.2	Kleinfeuerungsanlagen (1. BImSchV)	576
8.9.3	Größere Feuerungsanlagen (TA Luft)	576
8.9.4	Großfeuerungsanlagen (13. BImSchV)	578
8.9.5	Abfallverbrennungsanlagen / Mitverbrennung von Abfällen (17. BImSchV)	579
8.9.6	Einbau von Messanlagen, Funktionsprüfungen, Kalibrierung	581
8.9.7	Eignungsgeprüfte Messgeräte	582
8.9.8	Emissions – Messverfahren	582
8.10	Sonstige Pflichten des Anlagenbetreibers	587
8.10.1	Ableitbedingungen für Abgase (TA Luft)	587
8.10.2	Der Betriebsbeauftragte	587
8.10.3	Die Emissionserklärung (11. BImSchV)	590
8.10.4	Arbeitsplatzbedingungen	591
8.10.5	REACH – Die neue EU-Chemikalienverordnung	595
8.10.6	Der Schutz des Bodens	596

8.11	Technische Maßnahmen zur Emissionsminderung	596
8.11.1	Primärmaßnahmen für Staub und Gase	597
8.11.1.1	Staub	597
8.11.1.2	Schwefeloxide (3. BImSchV)	598
8.11.1.3	Stickstoffoxide	599
8.11.1.4	Kohlenmonoxid und organische Stoffe	603
8.11.1.5	Halogenverbindungen	604
8.11.2	Sekundärmaßnahmen für Staub und Gase	605
8.11.2.1	Abgasentstaubung	605
8.11.2.2	Abgasentschwefelung	617
8.11.2.3	Abgasentstickung	623
8.11.2.4	Abscheidung von HCl, HF, Hg und organischen Verbindungen	630
8.11.3	Lärminderungsmaßnahmen	631
8.12	Klimaschutz und Emissionshandel	633
8.13	Entsorgung von Abfällen	638
9.	Instandhaltung, Störungen, Schäden (Wolfgang Schlegel)	643
9.1	Wartung	643
9.1.1	Wartung bei Dampfkesseln der Kategorie IV (Hochdruckdampfkessel)	643
9.1.2	Wartungsverträge	646
9.1.3	Ausrüstung	647
9.1.3.1	Anzeigeeinrichtungen	647
9.1.3.2	Absperr- und Entleerungseinrichtungen	649
9.1.3.3	Speise- und Umwälzeinrichtungen	652
9.1.3.4	Wartung von Regel- und Sicherheitseinrichtungen	654
9.1.3.5	Messeinrichtungen	656
9.1.3.6	Elektrische Einrichtungen	658
9.1.3.7	Sonstige Einrichtungen	658
9.1.4	Feuerung und elektrische Beheizung	659
9.1.4.1	Feste Brennstoffe	659
9.1.4.2	Flüssige Brennstoffe	660
9.1.4.3	Gasförmige Brennstoffe	660
9.1.4.4	Elektrische Beheizung	660
9.1.5	Sonstige Teile der Feuerung	661
9.1.5.1	Heizöllagerung und Heizölvorwärmung	661
9.1.5.2	Kohle-, Späne- und Staublagerung	661
9.1.5.3	Saugzugebläse	662
9.1.5.4	Entaschung und Staubabscheider	662
9.1.5.5	Schornstein	662
9.1.6	Wasseraufbereitung (siehe Kapitel 5.3)	662
9.1.6.1	Allgemeines	662
9.1.6.2	Enthärtungs- und Entgasungsanlagen	665
9.1.6.3	Anlagen zur Entkieselung und Entölung	665
9.1.6.4	Dosier- und Untersuchungsgeräte	665
9.1.6.5	Speise- und Kesselwasser	666
9.1.6.6	Einrichtungen zum Absalzen und zum Abschlammern	666
9.1.6.7	Konservierung	666

9.1.7	Anfahren der Kesselanlage nach Stillständen	667
9.1.7.1	Warmstart	667
9.1.7.2	Kaltstart	668
9.1.7.3	Abstellen	668
9.2	Inspektion	668
9.2.1	Allgemeines	668
9.2.2	Befahren von Kesselanlagen	668
9.2.3	Rauchgasseitige Reinigung	669
9.2.4	Wasserseitige Reinigung	669
9.3	Instandsetzungen	670
9.3.1	Vom Kesselwärter auszuführende Überholungen und Reparaturen	670
9.3.1.1	Armaturen	670
9.3.1.2	Schrauben, Mannlochverschlüsse	671
9.3.1.3	Wasserstände, Schaltwippen, Regelgeräte	671
9.3.2	Reparaturen durch den Fachmann	672
9.3.2.1	Wasserstandsregler und -begrenzer (Neueinbau)	672
9.3.2.2	Schweißarbeiten	672
9.3.2.3	Elektrische Einrichtungen	672
9.3.3	Reparaturen durch den Hersteller bzw. durch einschlägige Fachfirmen	672
9.3.3.1	Schweißer- und Verfahrensprüfung	672
9.3.3.2	Reparaturen von Konstruktionsteilen	673
9.4	Störungen	673
9.5	Schäden	684
9.5.1	Allgemeines	684
9.5.2	Schäden trotz geprüfter Ausrüstung	686
9.5.3	Wassermangel	687
9.5.4	Flammrohrschäden trotz ausreichendem Wasserstand	687
9.5.5	Verpuffungen	691
9.5.6	Konstruktionsfehler	692
9.5.7	Fertigungsfehler	692
9.5.8	Armaturen und Ausrüstung	693
9.5.9	Sonstige Kesselteile	693
9.5.10	Sonstige Teile der Kesselanlage	693
9.6	Ausblick	695
10.	Vorschriften und Bestimmungen (Wolfgang Roßmaier)	697
10.1	Allgemeines	697
10.2	Europäische Normungsarbeit für Dampfkessel	698
10.3	Druckgeräterichtlinie	699
10.4	Änderung des Gesetzes über technische Arbeitsmittel (Gerätesicherheitsgesetz – GSG) und Ablösung durch das Gesetz über technische Arbeitsmittel und Verbraucherprodukte (Geräte- und Produktsicherheitsgesetz – GPSG)	713
10.5	Betriebsvorschriften und Regeln für Dampfkesselanlagen	716
10.6	Europäische Normen für Dampfkessel	728
10.7	Umgang mit wassergefährdenden Stoffen	729

10.8	Regeln für Warmwasserheizungsanlagen und die Energieeinsparung in Heizungsanlagen	730
10.9	Druckbehälterbestimmungen	732
10.10	Europäische Normen für Druckgeräte (Druckbehälter), unbefeuerte Druckbehälter, Rohrleitungen, Sicherheitseinrichtungen	733
10.11	Wichtige Vorschriften und Normen für Heizungsanlagen und für Wassererwärmer	734
10.12	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB)	739
10.13	Ausbildung von beauftragten Beschäftigten für die Beaufsichtigung von Dampfkesselanlagen	739
10.14	Sonstige Vorschriften, Bestimmungen und Regeln	740
11.	Grafische Symbole für Rohrleitungs-, Wärmekraft- und Heizungsanlagen (Wolfgang Linke)	743
12.	Schrifttum	747
13.	Sachwortverzeichnis	823
14.	Bezugsquellen	851