

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeiner Überblick Dampferzeuger	1
1.1 Entwicklung im Dampferzeugerbau	1
1.1.1 Einteilung der Dampferzeuger	4
1.1.2 Dampferzeuger-Begriffsbestimmungen	6
1.1.3 Dampferzeugerbauarten	6
1.1.4 Ausrüstung für Dampferzeuger	10
2. Brennstoffe	13
2.1 Überblick	13
2.2 Feste Brennstoffe	13
2.2.1 Steinkohlen	14
2.2.1.1 Einteilung der Arten	14
2.2.1.2 Ballastkohle	15
2.2.1.3 Künstliche Brennstoffe	16
2.2.2 Braunkohle	16
2.2.3 Brennstoff-Eigenschaften	17
2.2.3.1 Probenahme und Kohlenuntersuchungen	19
2.2.3.2 Heizwert	20
2.2.3.3 Wassergehalt	22
2.2.3.4 Aschegehalt	22
2.2.3.5 Flüchtige Bestandteile	23
2.2.3.6 Schwefel	23
2.2.3.7 Schmelzverhalten der Asche	23
2.2.3.8 Mahlbarkeit	25
2.2.3.9 Zündverhalten	26
2.2.3.10 Schüttdichte	27
2.3 Flüssige Brennstoffe	28
2.3.1 Eigenschaften und Kennwerte der Heizöle	28
2.3.1.1 Dichte	29
2.3.1.2 Flammpunkt	30
2.3.1.3 Viskosität	30
2.3.1.4 Stockpunkt	32
2.3.1.5 Koksrückstand	32
2.3.1.6 Schwefelgehalt	32
2.3.1.7 Wassergehalt	32
2.3.1.8 Heizwert	32
2.3.1.9 Aschegehalt	34

2.4 Gasförmige Brennstoffe	34
2.4.1 Brenngase für Kraftwerke	34
2.4.2 Übersicht der wichtigsten Brenngase	34
2.4.3 Kennwerte und Eigenschaften von Brenngasen	35
2.4.3.1 Zusammensetzung und Heizwert der Brenngase	35
2.4.3.2 Dichteverhältnis	36
2.4.3.3 Wobbewert	36
2.4.3.4 Zündverhalten von Brenngasen	37
3. Verbrennung fossiler Brennstoffe	39
3.1 Verbrennungsvorgänge	39
3.1.1 Aufheizen des Brennstoffgemisches	40
3.1.2 Zündtemperatur und Zündgeschwindigkeit	41
3.1.3 Flammene Ausbildung	42
3.2.1 Verbrennung im Stahlbrenner	42
3.2.2 Verbrennung im Wirbelbrenner	43
3.2.3 Verbrennungsablauf	44
3.2.4 Ausbrandzeiten	45
3.3 Verbrennungsrechnungen	46
3.3.1 Kohlenstoffverbrennung	46
3.3.2 Wasserstoffverbrennung	47
3.3.3 Schwefelverbrennung	47
3.3.4 Verbrennung der Entgasungsprodukte	47
3.4 Spezifische Luft- und Rauchgasmenge	48
3.4.1 Statistische Verbrennungsrechnung	49
3.5 Rauchgase	52
3.5.1 Rauchgaszusammensetzung	52
3.6 Luftüberschuß	54
3.6.1 Überprüfung des Luftüberschusses	55
3.6.2 Maximaler CO ₂ -Gehalt	55
3.6.3 Berechnung des Luftüberschusses	57
3.7 Verbrennungsluft- und Rauchgasmenge	57
3.8 Verbrennungsprodukte im Abgas	61
3.8.1 Kohlendioxid (CO ₂)	61
3.8.2 Kohlenmonoxid (CO)	61
3.8.3 Schwefeldioxyde (SO ₂ und SO ₃)	62
3.8.4 Stickoxide (NO _x)	63
3.8.5 Feste Bestandteile	63
3.8.6 Wasserdampf	63
3.9 Feuerungskontrolle	64
3.9.1 Last/Luftverhältnis	65
3.9.2 Graphische Lösung der Verbrennungsrechnung	66
3.9.3 Ostwaldsche Verbrennungsrechnung	67
3.9.4 Bunte Verbrennungsdiagramm	68

4. Wirkungsgrad	71
4.1 Kraftwerkswirkungsgrad	71
4.2 Dampferzeugerwirkungsgrad (direkte Methode)	75
4.3 Dampferzeugerwirkungsgrad (indirekte Methode)	76
4.3.1 Verlust durch unverbrannte Gase	77
4.3.2 Verlust durch Brennbares in den Rückständen	78
4.3.3 Verlust durch fühlbare Wärme in der Schlacke	78
4.3.4 Verlust durch Leitung und Strahlung	79
4.3.5 Verlust durch fühlbare Wärme im Abgas	80
4.4 Eigenbedarf	81
4.5 Abschlämmverluste	82
4.6 Anfahr- und Abfahrverluste	82
5. Feuerungen von Dampferzeugern	85
5.1 Rostfeuerungen	86
5.1.1 Planrostfeuerungen	86
5.1.2 Vor- bzw. Rückschubrost	88
5.1.3 Wanderrostfeuerungen	90
5.1.3.1 Verbrennungsvorgang auf dem Wanderrost	91
5.1.3.2 Verbrennungsluftbedarf der Rostfeuerung	91
5.1.3.3 Aufbau des Wanderrostes	94
5.1.4 Wanderroste mit Wurfbeschickung	95
5.1.5 Kennwerte für Rostfeuerungen	96
5.1.6 Müllverbrennung	97
5.2 Wirbelschichtfeuerungen	100
5.2.1 Grundlagen der Wirbelschichtfeuerung	100
5.2.2 Verbrennungsvorgang in der Wirbelschicht	102
5.2.3 Umweltbelastung durch Abgase	102
5.2.4 Stationäre Wirbelschicht	104
5.2.5 Zirkulierende Wirbelschicht (ZWS)	106
5.2.6 Die aufgeladene Wirbelschicht	106
5.3 Kohlenstaubfeuerung	106
5.3.0.1 Kohlenstaubfeuerung mit direkter Einblasung	109
5.3.0.2 Kohlenstaubfeuerung mit indirekter Einblasung	111
5.3.1 Mahlanlagen	112
5.3.1.1 Schlägermühlen	112
5.3.1.2 Schlagradmühle	114
5.3.1.3 Gebläse-Schlägermühlen für Braunkohlenfeuerung	114
5.3.1.4 Schwerkraftmühle	117
5.3.1.5 Fremdkraftmühle	119

5.3.2	Betrieb von Mahlanlagen	125
5.3.2.1	Mahlrocknung	125
5.3.2.2	Regelkreis Mühlenluft	128
5.3.2.3	Mahlfeinheit der Kohle	132
5.3.3	Kohlenstaubsichter	135
5.3.3.1	Zentrifugalsichter	135
5.3.3.2	Umlenk- und Schwerkraftsichter	138
5.3.3.3	Staubverteilung	138
5.3.4	Kohlenstaubbrenner	141
5.3.4.1	Strahlbrenner	141
5.3.4.2	Wirbelbrenner	143
5.3.4.3	Anforderungen an die Kohlenstaubbrenner	146
5.3.4.4	Anordnung der Brenner im Feuerraum	147
5.3.4.5	Tangentialfeuerung	147
5.3.4.6	Linearfeuerung	148
5.3.5	Braunkohlenstaubfeuerungen	150
5.3.5.1	Mahl- und Feuerungsanlagen für Braunkohle	153
5.3.6	Schmelzfeuerungen	156
5.4	Feuerungen für flüssige Brennstoffe	163
5.4.1	Allgemeiner Überblick	163
5.4.2	Brennstoffaufbereitung	164
5.4.3	Heizöllagerung	165
5.4.4	Heizölstation	165
5.4.5	Brennerstation	167
5.4.6	Zerstäubersysteme	167
5.4.6.1	Drehzerstäuber	168
5.4.6.2	Druckzerstäuber	168
5.4.6.3	Rücklauf-Druckzerstäuber	169
5.4.6.4	Injektionszerstäuber	170
5.4.7.1	Luftzuführung	171
5.4.7.2	Meßtechnische Einrichtungen und Regelkreise	171
5.4.7.3	Kesselbelüftungssystem	172
5.4.7.4	Flammenüberwachung und Brennersteuerung	172
5.4.7.5	Regelkreise der Ölfeuerung	173
5.4.8	Betriebseinflüsse von Ölfeuerungen	174
5.4.8.1	SO ₃ -Bildung	174
5.4.8.2	Niedertemperatur-Korrosionen	177
5.4.8.3	Rußbildung und Hochtemperaturkorrosionen	178
5.5	Feuerungen für gasförmige Brennstoffe	179
5.5.1	Gasfeuerungsanlage	179
5.5.2	Einsatz von Ferngas	180
5.5.3	Gasbrenner	180
5.5.4	Verbrennen von gasförmigen Brennstoffen	181

6. Dampferzeuger	183
6.1 Großwasserraumkessel	183
6.2 Wasserrohrkessel	185
6.2.1 Naturumlauf-Dampferzeuger	185
6.2.1.1 Naturumlauf	185
6.2.1.2 Kesseltrommel	189
6.2.2 Zwangumlauf	194
6.2.2.1 Zwangumlauf mit Vollastumwälzung	196
6.3 Zwangdurchlauf	197
6.3.1 Anfahrinrichtungen für Durchlaufkessel	201
6.3.2 Zwangdurchlauf mit Vollastumwälzung	203
6.3.3 Überkritische Anlagen	204
6.4 Kesselheizflächen	205
6.4.1 Wärmeübertragung	205
6.4.2 Wärmeleitung durch die Rohrwand	207
6.4.3 Wärmeübertragung in den Kesselheizflächen	208
6.4.4 Auslegung und Schaltung der Heizflächen	210
6.4.5 Brennkammerbemessung	212
6.4.5.1 Kennwerte der Wärmebelastung von Brennkammern	214
6.5 Verdampferheizflächen	218
6.5.1 Verdampfer für Umlauf-Dampferzeuger	218
6.5.2 Verdampfer für Zwangdurchlauf-Dampferzeuger	220
6.6 Überhitzer	225
6.6.1 Strahlungsüberhitzer	225
6.6.2 Schottenüberhitzer	227
6.6.3 Berührungsüberhitzer	227
6.6.4 Überhitzerschaltungen	229
6.6.5 Aufbau und Bauteile der Überhitzer	232
6.6.6 Zwischenüberhitzer	236
6.6.7 Regelung der Dampftemperatur	239
6.6.7.1 Einspritzkühler	240
6.6.7.2 Oberflächenkühler	240
6.6.7.3 Rauchgas-Rezirkulation	242
6.6.7.4 Rauchgas-Regelzug	242
6.6.7.5 HD-Dampftemperatur-Regelung	243
6.7 Speisewasservorwärmer	244
6.8 Druckverlust im Dampferzeuger	246
6.8.1 Allgemeines	246
6.8.2 Druckverlust im Verdampfer	246
6.8.3 Druckverlust im Überhitzer	247
6.8.4 Dampferzeuger-Gesamtdruckverlust	248
6.8.5 Druckverlustserhöhung durch Betriebseinflüsse	248
6.9 Aufbau und Konstruktion von Dampferzeugern	249
6.9.1 Überblick	249
6.9.2 Kesselgerüst	250

6.9.3	Brennkammerberohrung	250
6.9.4	Tragkonstruktionen	257
6.9.5	Rohr- und Sammlerwerkstoffe	261
6.9.5.1	Grundsätzliches	261
6.9.5.2	Werkstoffe und ihre Kennzeichnung	262
6.9.5.3	Werkstoff-Festigkeit	269
6.9.6	Kesseleinmauerung und Isolierung	272
6.9.6.1	Kesseleinmauerung	272
6.9.6.2	Verschweißter Kessel	274
6.9.7	Kesselisolierung	274
7.	Nebeneinrichtungen	275
7.1	Luftvorwärmung	275
7.1.1	Übersicht	275
7.1.2	Dampfluvo	276
7.1.3	Rauchgas-Röhren- und Platten-Luftvorwärmer	278
7.1.4	Regenerativ-Luftvorwärmer	279
7.1.4.1	Speicherkörper	280
7.1.4.2	Luftvorwärmer-Abdichtungselemente	282
7.1.4.3	Wärmeaustausch	285
7.1.4.4	Leckluft von Regenerativ-Luftvorwärmern	286
7.1.4.5	Luvo-Verschmutzung	287
7.1.4.6	Heizflächen-Korrosionen	289
7.1.4.7	Luvo-Brände und Brandüberwachung	290
7.1.4.8	Drehüberwachung	291
7.2	Kesselverschmutzung	291
7.2.1	Heizflächenbeläge	291
7.2.2	Entstehungsvorgang der Verschlackung	292
7.2.3	Heizflächenreinigung	294
7.2.4	Vorschub- oder Stoßbläser	296
7.2.5	Lanzenschraub- und Drehrohrbläser	297
7.2.6	Betrieb der Rußbläser	297
7.3	Rauchgasableitung	300
7.3.1	Rauchgaskanäle	300
7.3.2	Schornsteine	301
7.3.2.1	Natürlicher Zug	301
7.3.2.2	Künstlicher Zug	302
7.3.2.3	Überdruckfeuerungen	303
7.3.2.4	Schornsteinausführung	303
7.4	Meß-, Schutz- und Regeltechnik	305
7.4.1	Aufgaben der MSR-Technik	305
7.4.2	Regelkreise eines Dampferzeugers	306
7.4.2.1	Feuerraumdruckregelung	307
7.4.2.2	Brennstoff- und Brennerluftregelung	307
7.4.2.3	Speisewasserregelung für Durchlauf-Dampferzeuger	307

7.4.2.4 Niveauregelung des Trenngefäßes	310
7.4.2.5 Speisewasserregelung Trommelkessel	310
7.4.3 Dampftemperaturregelung	311
8. Lagern, Bunkern und Fördern von Kohle	315
8.1 Kohlebedarf	315
8.2 Außenbekohlung	316
8.2.1 Kohlenlagerung	316
8.2.2 Gestaltung des Kohlenlagerplatzes	318
8.2.3 Anlegen von Mischlagern	318
8.2.4 Rücklader	319
8.2.5 Ausführungsbeispiel einer Blockbekohlung	321
8.3 Gurtbandförderer	322
8.3.1 Aufbau der Gurtförderer	323
8.3.2 Bandabstreifer	324
8.3.3 Eisenabscheider	325
8.3.4 Bandwaagen	325
8.3.5 Automatischer Probenehmer	326
8.3.6 Brechanlagen	326
8.4 Innenbekohlung	327
8.4.1 Kohlenbunker	327
8.4.2 Mühlenzuteiler	329
8.4.3 Trogkettenförderer	329
8.4.4 Plattenband-Mühlenbeschicker	330
8.4.5 Mühlenbekohlung für Braunkohle	331
8.5 Entschungsanlagen	332
8.5.1 Feuerraumentaschung	332
8.5.1.1 Kratzer-Naßentascher	333
8.5.1.2 Plattenband-Naßentascher	334
8.5.1.3 Entaschung von Schmelzkesseln	335
8.5.1.4 Entaschungseinrichtungen für Braunkohle-Kessel	336
8.5.1.5 Spülkammerentaschungen	337
8.5.2 Entaschungseinrichtungen für Flugstaub	337
8.5.2.1 Saugluft-Förderanlagen	338
8.5.2.2 Druckförderung durch Düsenförderer	339
8.5.2.3 Druckförderung durch Schneckenpumpen	339
8.5.2.4 Druckförderung durch Druckgefäße	340
8.5.2.5 Pneumatische Förderrinnen	342
9. Betrieb von Dampferzeugern	343
9.1 Festdruckbetrieb	344
9.1.2 Gleitdruckbetrieb	344
9.1.2.1 Vor- und Nachteile des Gleitdruckbetriebes	345
9.1.2.2 Durchlauf-Dampferzeuger im Gleitdruckbetrieb	346
9.1.2.3 Einfluß im Verdampfer	346
9.1.2.4 Einfluß im Überhitzer	347

9.2 Laständerungen	348
9.2.1 Regelfähigkeit von Feuerungen	348
9.2.2 Unterstützende Regelfähigkeit durch Speicherwirkung	350
9.2.3 Regelverhalten von Naturumlaufkesseln	351
9.2.4 Richtwerte	353
9.3 An- und Abfahren von Dampferzeugern	353
9.3.1 Anfahr-Prämissen	353
9.3.2 Anfahrbeispiel eines Bensonkessels in Blockschaltung	354
9.3.2.1 Anfahrvorlauf	354
9.3.2.2 Anfahren des Benson-Dampferzeugers	356
9.3.3 Anfahren mit Anfahrhilfe	365
9.3.4 An- und Abfahren beim Warmstillstand	367
9.3.4.1 Abfahrvorgang für den Warmstillstand	368
9.3.4.2 Warmstart	369
9.3.5 Abfahren des Dampferzeugers für Reparaturzwecke	372
9.3.6 Anfahren des Naturumlaufkessels	373
9.4 Dampferzeugerstörungen	376
9.4.1 Kohlestörungen	377
9.4.1.1 Heizwertschwankungen	377
9.4.1.2 Kohleausfall	377
9.4.1.3 Mühlenstörungen	378
9.4.1.4 Mühlenbrände	379
9.4.2 Verpuffungen	380
9.4.3 Vorwärmerausfall	380
9.4.4 Wassermangel	381
9.4.5 Ausfall von Gebläsen	382
9.4.6 Luvoausfall	383
9.4.7 Lastabwurf	383
9.4.8 Innere Störeinflüsse	384
9.4.8.1 Rauchgasseitige Schief lagen	384
9.4.8.2 Verdampfer-Instabilität	386
9.4.8.3 Eingriff bei Überschreitung von Grenzwerten	387
9.5 Verhalten bei Kesselausfällen durch Rohrschäden	388
9.5.1 Rohrschäden im Eco	390
9.5.2 Rohrschäden im Verdampfer	392
9.5.3 Rohrschäden in Überhitzerheizflächen	392
10. Verfügbarkeit, Schadensverhütung und Instandhaltung	395
10.1 Verfügbarkeit	395
10.2 Schadensanalyse	398
10.3 Schadensverhütung	401
10.4 Ursachen und Verhütung von Rohrschäden	403
10.4.1 Werkstoff-Fehler	403
10.4.2 Schweiß- und Montagefehler	403
10.4.3 Mechanische Schädigung	405
10.4.4 Schäden durch Erosion	406

10.4.5	Hochtemperaturkorrosionen	407
10.4.6	Rauchgasseitige Korrosionen	410
10.4.7	Rauchgasseitige Niedertemperaturkorrosionen	413
10.4.8	Schäden durch Rohrwandüberhitzung	413
10.4.9	Korrosionen auf der Wasser-Dampfseite	414
10.4.10	Bewertung von Schäden an kriech- und zeitstandsbeanspruchten Bauteilen	415
10.5	Ursachen und Vermeiden von sonstigen Betriebsausfällen	418
10.5.1	Brennstoffversorgung	418
10.5.2	Entaschung	419
10.5.3	Mühlenbeschicker	419
10.5.4	Kohlenmühlen	420
10.5.5	Kohlenstaubverteilung und Brenner	424
10.5.6	Rostfeuerungen	425
10.5.7	Ölbrenner	426
10.5.8	Armaturen	426
10.5.9	Rußbläseranlage	426
10.5.10	Halterungen, Mauerwerk und Isolierungen	427
10.5.11	Luft- und Rauchgasgebläse	428
10.5.12	Rauchgaskanäle und Rauchgasreinigung	428
10.5.13	Kesselspeisepumpen	430
10.5.14	Lager und Kupplungen	430
10.6	Instandhaltung von Dampferzeugern	431
10.6.1	Instandhaltungsstrategie	432
10.6.2	Wartungsarbeiten	433
10.6.3	Inspektionen durch den Betrieb	435
10.6.4	Vorbeugende Reparaturen	436
10.6.5	Außerplanmäßige Reparaturarbeiten	436
10.7	Abwicklung der Instandhaltung	436
10.7.1	Meßbarmachung des Instandhaltungsaufwandes	437
10.7.2	Instandsetzungsvorbereitung durch den Betrieb	442
10.8	Prüfung von Dampfkesselanlagen und Rohrleitungen	443
10.8.1	Prüfung durch Sachverständige	444
10.8.2	Außerordentliche Prüfungen	446
11.	Wasser im Dampferzeugerbetrieb	447
11.1	Übersicht	447
11.2	Wasser im Kreisprozeß	447
11.2.1	Turbinenkondensat	447
11.2.2	Kondensatreinigung	448
11.2.3	Vorwärmerheizkondensat	450
11.2.4	Nebenkondensat	450
11.2.5	Fremdkondensat	451
11.2.6	Zusatzwasser	451
11.2.7	Speisewasser	454
11.2.8	Kesselwasser	456

11.2.8.1 Alkalität	456
11.2.8.2 Salzgehalt und Eindickung des Kesselwassers	457
11.3 Härte	459
11.4 Leitfähigkeit	460
11.5 pH-Wert	460
11.6 Sauerstoff im Wasser	466
11.7 Einfluß der Kieselsäure	466
11.8 Eisen- und Kupferkonzentration	466
11.9 Magnetitschichtbildung auf der Rohrrinnenseite	468
11.10 Richtwerte für Speisewasser, Kesselwasser und Dampf	468
11.11 Bis 64 bar zulässigem Betriebsüberdruck Richtwerte für Speise- und Kesselwasserqualität	469
11.12 Richtlinien für Kesselspeisewasser, Kesselwasser und Dampf von Wasserrohrkesseln über 64 bar	469
12. Konservierung von Kraftwerksanlagen	477
12.1 Übersicht	477
12.2 Sauerstoffkorrosionen	477
12.2.1 Naßkonservierung des Kessels	479
12.2.2 Trockenkonservierung	480
12.2.2.1 Konservierung mit wasserbindenden Chemikalien	480
12.2.2.2 Konservierung mit Trockenluft	480
12.2.2.3 Schutz durch Inertgas	484
12.3 Säurekorrosionen	484
12.3.1 Konservierung der Kesselzüge	485
12.3.2 Schutz des Luvos	488
12.3.3 Rauchgasseitige Konservierung kohlegefeuerter Kessel	488
12.3.4 Schutz der Schornsteine	489
12.4 Lochfraß	489
12.4.1 Konservierung von Kühlern und Kondensatoren	489
12.5 Konservierung von Generatoren	490
13. Rauchgasreinigung	491
13.1 Übersicht	491
13.2 Emissionsgrenzwerte	491
13.2.1 Emissionsüberwachung	493
13.3 Staubabscheidung	494
13.3.1 E-Filter	494
13.3.2 Erschwernisse bei der elektrischen Entstaubung	496
13.3.3 Überwachung der Staubkonzentration	498
13.4 Entschwefelung	502
13.4.1 Überblick	502
13.4.2 Schwefeldioxid (SO ₂)	502
13.4.3 Rauchgasentschwefelungsanlagen (REA)	504
13.4.3.1 Kalk-Gips-Verfahren	505
13.4.3.2 Chemische Reaktionen mit Kalkwaschverfahren	506

13.4.3.3	Aufbau und Betrieb einer REA	507
13.4.4	Gipsanlage	510
13.4.5	Ausgangsstoffe der REA	511
13.4.6	Abwasserbehandlung	512
13.5	Minderung von Stickstoffoxiden	514
13.5.1	Entstehung der Stickstoffoxide	514
13.5.2	Primärmaßnahmen zur NO _x -Minderung	515
13.5.3	Sekundärmaßnahmen zur NO _x -Minderung	520
14.	Gesetze und Verordnungen für Kraftwerke	529
14.1	Überblick	529
14.2	Überwachungsbedürftige Anlagen	531
14.2.2	Dampfkesselverordnung	532
14.2.2.1	Technische Regeln für Dampfkessel (TRD)	534
14.3	Verordnung über Druckbehälter	537
14.4	Umweltschutzgesetze	538
14.4.1	Überblick	538
14.4.2	Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)	539
14.4.3	Technische Anleitung Luft (TA Luft)	541
14.4.4	Verordnung über Großfeuerungsanlagen	543
14.4.5	TA Lärm	545
14.4.6	Abfallgesetz	549
14.4.7	Wasserhaushaltsgesetz	550
14.5	Arbeitsschutz	554
14.5.1	Grundlagen	554
14.5.2	Arbeitsschutzvorschriften	556
14.5.2.1	Arbeitsstättenverordnung	556
14.5.2.2	Maschinen, Geräte und Technische Anlagen	558
14.5.2.3	Gefährliche Arbeitsstoffe	558
14.5.2.4	Arbeitszeitregelung	560
14.5.2.5	Schutzverordnungen für bestimmte Personengruppen	560
14.5.2.6	Arbeitsschutzorganisation im Betrieb	561
14.5.3	Unfallverhütung	564
14.5.3.1	VBG 1 „Allgemeine Vorschriften“ (163)	565
14.5.3.2	Unfallverhütung in Wärmekraftwerken und Heizkraftwerken	566
14.5.3.3	Freischalten von Einrichtungen	570
14.5.3.4	Befahren und Arbeiten im Kessel	571
14.5.3.5	Befahren von Dampfkesselanlagen unter Hitzeeinwirkung	573
14.5.4	Brandschutz	575
14.5.5	Lärm	577
15.	Schrifttum	581
16.	Sachwortverzeichnis	587