

# Teil I: Stand der Kraftwerkstechnik

## Dampfkraftwerke mit Steinkohlefeuerung

P. Preußer und K. Spindler

1	Einsatz der Steinkohle in der öffentlichen Kraftwirtschaft . . . . .	4
2	Kreisprozesse und Arbeitsstoffe . . . . .	8
2.1	Carnot-Prozeß . . . . .	8
2.2	Phasen und Zustände eines Stoffs . . . . .	8
2.3	Zweiphasenprozeß . . . . .	9
2.4	Einphasenprozeß . . . . .	10
2.5	Anforderungen an einen Arbeitsstoff . . . . .	11
3	Auslegung der Steinkohlekraftwerke . . . . .	12
3.1	Allgemeine Auslegungsgrundsätze . . . . .	12
3.2	Bestimmung der Blockleistung . . . . .	13
3.3	Thermodynamische Auslegung . . . . .	13
3.3.1	Frischdampfparameter . . . . .	16
3.3.2	Zwischenüberhitzung (ZÜ) und Speisewasserendtemperatur . . . . .	18
3.3.3	Regenerative Speisewasservorwärmung . . . . .	20
3.3.4	Das „kalte Ende“ des Wasser/Dampf-Kreislaufs . . . . .	22
3.3.5	Das „kalte Ende“ des Dampferzeugers . . . . .	25
3.3.6	Die Kesselspeisepumpen und ihre Antriebe als größte Eigenbedarfs- verbraucher . . . . .	26
3.4	Anfahrzeiten und Laständerungsgeschwindigkeiten . . . . .	28
3.5	Auslegungsrandbedingungen durch Genehmigungsverfahren . . . . .	30
3.6	Leistungsbilanz und Wärmeverbrauch des Steinkohlekraftwerks . . . . .	30
3.7	Struktur der Anlagekosten eines Steinkohlekraftwerks . . . . .	32
4	Weiterentwicklung der Steinkohleverstromung . . . . .	32
4.1	Historische Entwicklung und Motivation . . . . .	32
4.2	Kombinationen von Kreisprozessen . . . . .	34
4.2.1	Mehrfachdampfkraftprozesse . . . . .	34
4.2.2	Kombiprozesse . . . . .	38
4.2.3	Einsatz der Kohle in Kombiprozessen . . . . .	40
4.2.4	Kombiprozesse mit integrierter Kohlevergasung . . . . .	43
4.2.5	Ausgeführte Anlagen mit integrierter Kohlevergasung . . . . .	45
4.2.6	Stand der Entwicklung und Entwicklungsziele . . . . .	49
5	Kraft-Wärme-Kopplung zur Fernwärmeerzeugung . . . . .	50
5.1	Thermodynamische Grundlagen der Kraft-Wärme-Kopplung . . . . .	50
5.2	Maßgebliche Einflußgrößen der Kraft-Wärme-Kopplung . . . . .	52

5.3	Brennstoffbedarf der Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung im Vergleich zu anderen Möglichkeiten der Raumheizung . . . . .	57
5.4	Leistungscharakteristik von Fernwärmenetzen . . . . .	59
5.5	Gleichzeitigkeit von Strom- und Wärmebedarf . . . . .	61
5.6	Auslegung von Heizkraftwerken . . . . .	62
5.6.1	Stromorientiertes Heizkraftwerk in der Nähe eines Ballungsraums . . . . .	62
5.6.2	Kommunales Heizkraftwerk inmitten eines Versorgungsgebiets . . . . .	64
5.7	Kenngrößen zur thermodynamischen Beurteilung von Prozessen mit Kraft-Wärme-Kopplung . . . . .	67
5.8	Stellenwert und Grenzen der Kraft-Wärme-Kopplung in der öffentlichen Stromversorgung . . . . .	68
6	Schrifttum . . . . .	71

## **Dampferzeuger**

*H. Wiehn*

1	Entwicklungsstufen . . . . .	74
1.1	Blockgrößen . . . . .	74
1.2	Einfluß der Brennstoffe auf die Bauarten . . . . .	75
1.3	Einfluß neuer Techniken auf die Entwicklung im Dampferzeugerbau . . . . .	76
2	Dampferzeuger und der Wasser/Dampf-Kreislauf . . . . .	79
2.1	Auslegung der Heizflächen . . . . .	79
2.2	Materialwahl . . . . .	81
2.3	Konstruktionsdetails. . . . .	82
2.3.1	Kesselwände und Zugbänder . . . . .	84
2.3.2	Bündelheizflächen . . . . .	86
2.3.3	Heizflächenreinigung . . . . .	86
2.3.4	Einspritzkühler . . . . .	87
2.3.5	Abscheideeinrichtungen . . . . .	89
2.3.6	Brennerkehlen . . . . .	90
2.4	Betriebsweise und Verfahrenstechnik . . . . .	90
2.4.1	Zwischenüberhitzer . . . . .	91
2.4.2	Anfahrssysteme . . . . .	91
2.5	Kesselleittechnik und -überwachung . . . . .	93
2.5.1	Konventionelle Kesselleittechnik . . . . .	94
2.5.2	Prozeßführungsrechner . . . . .	94
3	Dampferzeuger, Feuerung . . . . .	98
3.1	Steinkohle als Brennstoff . . . . .	98
3.2	Verbrennungsablauf . . . . .	101
3.3	Feuerungssysteme und -bauarten . . . . .	102
3.4	Brenner . . . . .	105

3.5	Innere Bekohlung . . . . .	110
3.5.1	Mühlenzuteiler . . . . .	110
3.5.2	Kohlemühlen . . . . .	112
3.5.3	Kohlenstaubverteiler . . . . .	115
3.6	Luft- und Rauchgassysteme . . . . .	116
3.6.1	Systemaufbau . . . . .	116
3.6.2	Bauelemente der Leitungssysteme . . . . .	118
3.7	Entschungseinrichtungen . . . . .	119
3.7.1	Feuerraumentaschung . . . . .	120
3.7.2	Entschung des Elektroentstaubers . . . . .	122
3.8	Dampferzeuger mit Wirbelschichtfeuerung . . . . .	124
3.8.1	Umweltschutzpotential der Wirbelschichtfeuerung . . . . .	124
	Schwefeldioxidemissionen . . . . .	124
	Stickstoffoxidemissionen . . . . .	125
	Staubförmige Emissionen . . . . .	126
	Halogenemissionen . . . . .	126
	Kohlenmonoxidemissionen . . . . .	126
	Gesamtemissionen . . . . .	126
3.8.2	Grundvarianten der atmosphärischen Wirbelschichtfeuerung . . . . .	127
	Dampferzeuger mit stationärer Wirbelschichtfeuerung . . . . .	127
	Dampferzeuger mit zirkulierender Wirbelschichtfeuerung . . . . .	128
	CIRCOFLUID-Technik . . . . .	130
	Dampferzeuger mit CIRCOFLUID-Feuerung . . . . .	131
3.8.3	Dampferzeuger mit druckaufgeladener Wirbelschichtfeuerung (Umweltkraftwerk) . . . . .	132
4	Großkomponenten im Kesselbau . . . . .	135
4.1	Gebläse . . . . .	135
4.1.1	Radialgebläse . . . . .	136
4.1.2	Axial-Gleichdruckgebläse . . . . .	137
4.1.3	Axial-Überdruckgebläse . . . . .	139
4.2	Luftvorwärmer im Kesselbau (Luvo) . . . . .	140
4.2.1	Dampfluvo, Warmwasserluvo . . . . .	141
4.2.2	Rekuperative Rauchgasluftvorwärmer (Röhrenluvo/Plattenluvo) . . . . .	141
4.2.3	Regenerative Rauchgasluftvorwärmer . . . . .	142
5	Schrifttum . . . . .	144

**Dampfturbinen**

*W. TraBl*

1	Gesamtaufbau . . . . .	148
2	Beschaufelung . . . . .	151

2.1	Gleich- und Überdruckprinzip . . . . .	152
2.2	Eindimensionale Betrachtung der Strömung . . . . .	154
2.3	Räumliche Betrachtung der Strömung . . . . .	156
2.4	Profilierung . . . . .	157
2.5	Teilbeaufschlagte Stufen und schwingungsmechanische Betrachtungen . . . . .	159
2.6	Schaufelfußformen . . . . .	160
3	Wellen . . . . .	162
3.1	Festigkeitsauslegung . . . . .	163
3.2	Dynamische Wellenauslegung . . . . .	164
4	Gehäuse . . . . .	167
5	Labyrinthdichtungen . . . . .	169
6	Lagerung . . . . .	171
7	Ölversorgung . . . . .	175
8	Regelung der Dampfturbine . . . . .	176
	Ablöseschaltung der Turbinenregelung . . . . .	179
9	Überwachungs-, Schutz- und Prüfeinrichtungen . . . . .	179
10	Betrieb bei Teillast . . . . .	181
11	Transienter Betrieb . . . . .	186
12	Schrifttum . . . . .	190

## **Wärmetauschende Apparate**

*F. J. Schulenberg*

1	Kondensation und Rückkühlung . . . . .	194
1.1	Kühlwasser . . . . .	194
1.2	Wassergekühlter Oberflächenkondensator . . . . .	194
1.3	Luftgekühlter Kondensator . . . . .	196
1.4	Indirekte luftgekühlte Kondensation mit Mischkondensator oder Oberflächenkondensator . . . . .	199
1.5	Naßkühlturm . . . . .	201
1.6	Hybridkühlturm . . . . .	203
2	Luftpumpen . . . . .	204

3	Speisewasservorwärmanlagen . . . . .	205
3.1	Speisewasservorwärmung und -entgasung . . . . .	205
3.2	Schaltungen der Speisewasservorwärmanlagen . . . . .	206
3.3	Ausführung von Speisewasservorwärmern und -entgasern . . . . .	207
4	Schrifttum . . . . .	209

**Rohrleitungen und Armaturen**

*K. Schwarzbach*

1	Systemgestaltung . . . . .	212
1.1	Auslegungskriterien . . . . .	212
1.2	Systemplanung . . . . .	213
1.3	Berechnung . . . . .	214
1.4	Ausführungsplanung . . . . .	216
2	Werkstoffe . . . . .	217
3	Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißnähten . . . . .	217
4	Rohrleitungskomponenten . . . . .	218
4.1	Rohre . . . . .	218
4.2	Biegungen und Bögen . . . . .	219
4.3	Formstücke . . . . .	220
4.4	Flansche und Flanschverbindungen . . . . .	222
4.5	Dehnungskompensatoren . . . . .	223
5	Armaturen . . . . .	223
5.1	Planung, Normen und Werkstoffe . . . . .	223
5.2	Ventile . . . . .	225
5.3	Rückschlagklappen . . . . .	225
5.4	Absperrschieber . . . . .	226
5.5	Hähne und Klappen . . . . .	227
5.6	Armaturenverschlüsse . . . . .	227
5.7	Vermeidung von Druckerhöhung eingeschlossener Wasservolumina . . . . .	227
5.8	Antriebe . . . . .	227
5.9	Sicherheitsventile zur Druckentlastung . . . . .	228
5.10	Regelventile . . . . .	229
6	Halterungen . . . . .	229
7	Montage . . . . .	233

8	Wärmedämmung . . . . .	234
9	Schrifttum . . . . .	237

**Pumpen**

*H. E. Siekmann*

1	Bauarten und Kenngrößen von Kreiselpumpen . . . . .	240
2	Betriebsverhalten . . . . .	242
3	Ausgeführte Kraftwerkspumpen . . . . .	245
3.1	Kesselspeisepumpen . . . . .	245
3.2	Kondensatpumpen . . . . .	248
3.3	Kesselumwälzpumpen . . . . .	249
3.4	Kühlwasserpumpen . . . . .	250
4	Forschungsaspekte . . . . .	251
5	Schrifttum . . . . .	253

**Elektrotechnische Einrichtungen für Stromerzeugung, Energieableitung und Eigenbedarfsversorgung**

*R. Grohe*

1	Einleitung . . . . .	256
2	Generator . . . . .	258
2.1	Kenndaten und Auslegungskriterien . . . . .	258
2.2	Elektrotechnik der Generatoren . . . . .	259
2.3	Maschinentechnik der Generatoren . . . . .	261
2.4	Generatorkühlsysteme . . . . .	261
2.5	Erregungseinrichtungen . . . . .	262
2.6	Generatorregelung . . . . .	263
2.7	Montage des Generators . . . . .	264

2.8	Betrieb von Generatoren . . . . .	264
3	Generatorableitungen . . . . .	265
3.1	Kenndaten und Auslegungskriterien . . . . .	265
3.2	Bauarten . . . . .	265
3.3	Anordnung . . . . .	266
3.4	Systemauswahl . . . . .	267
3.5	Generatorschalter . . . . .	267
4	Transformatoren . . . . .	269
4.1	Aufgaben und Einsatz . . . . .	269
4.2	Auslegungskriterien und Kenndaten . . . . .	270
4.3	Bauarten und Ausführung . . . . .	271
4.4	Kühlung . . . . .	273
4.5	Überwachung und Schutzeinrichtungen . . . . .	273
4.6	Aufstellung . . . . .	274
5	Eigenbedarfsversorgung . . . . .	275
5.1	Übersicht . . . . .	275
5.2	Mittelspannungsschaltanlagen . . . . .	279
5.2.1	Allgemeine Anforderungen und Auslegungskriterien . . . . .	279
5.2.2	Bauarten und Bauformen der Schalter . . . . .	280
5.2.3	Bauformen und Anordnung der Schaltanlagen . . . . .	281
5.2.4	Prüfungen der Schaltanlagen . . . . .	282
5.3	Niederspannungsschaltanlagen . . . . .	283
5.3.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	283
5.3.2	Auslegungskriterien . . . . .	283
5.3.3	Schaltgeräte . . . . .	285
5.3.4	Personenschutz und Prüfungen . . . . .	285
5.4	Batterien und Gleichrichter . . . . .	286
5.5	Wechselrichter zur Versorgung der gesicherten Schiene . . . . .	287
5.6	Automatische Umschaltung des Eigenbedarfs zwischen zwei Versorgungssystemen . . . . .	288
6	Elektrische Schutzeinrichtungen . . . . .	289
6.1	Generator-Blockschutz . . . . .	289
6.2	Eigenbedarfsschutz . . . . .	291
7	Elektrische Antriebe . . . . .	295
8	Kraftinstallation . . . . .	299
9	Lichtinstallationen . . . . .	300
10	Erdung, Blitzschutz und elektromagnetische Beeinflussung leittechnischer Anlagen . . . . .	301
11	Kraftwerkswarte . . . . .	304
12	Schrifttum . . . . .	305

# **Ver- und Entsorgung von Kohlekraftwerken**

*T. Allers und C. Fortkord*

1	Förderweg der Kohle . . . . .	308
2	Aufbau und Einrichtungen einer Bekohlungsanlage . . . . .	309
3	Entladung . . . . .	310
3.1	Transportmittel . . . . .	310
3.2	Waggonentladung . . . . .	310
3.3	Schiffsentladung . . . . .	312
4	Lagern und Mischen . . . . .	314
4.1	Kohlenlagerplatz . . . . .	314
4.2	Mischen . . . . .	317
4.3	Lagerplatzgeräte . . . . .	320
5	Transport zum Kesselbunker . . . . .	324
6	Elektrofilterasche-Verwendung . . . . .	325
7	Transportsysteme für Reststoffe . . . . .	326
7.1	Pneumatische Förderung . . . . .	327
7.2	Mechanische Förderung . . . . .	328
7.3	Hydraulische Förderung . . . . .	328
8	Lagertechnik . . . . .	328
8.1	Das Lagergut Asche . . . . .	328
8.2	Aschelagerung . . . . .	329
8.3	Silo-Systeme . . . . .	331
9	Ascheverlade-Einrichtungen . . . . .	332
10	Befeuchtungsanlagen . . . . .	333
11	Schrifttum . . . . .	333

# **Wasseraufbereitungstechnik**

*D. Capitaine*

1	Einleitung . . . . .	336
2	Verfahrenstechnik der Kühlwasseraufbereitung . . . . .	336

2.1	Frischwasserkühlung . . . . .	336
2.2	Verdunstungskühlung . . . . .	337
3	Verfahrenstechnik der Wasseraufbereitung im Wasser/Dampf-Kreislauf . . .	339
3.1	Dimensionierung/Qualität . . . . .	339
3.2	Aufbereitungsverfahren . . . . .	339
3.2.1	Schwebebettverfahren . . . . .	340
3.2.2	Kontinuierliche Verfahren . . . . .	342
3.2.3	Umkehrosmose . . . . .	342
3.3	Entgasung . . . . .	343
3.4	Konditionierung . . . . .	343
3.5	Kondensataufbereitung . . . . .	344
4	Wasserseitige Maßnahmen zur vorbeugenden Instandhaltung . . . . .	345
4.1	Korrosionsmechanismen (Säurekorrosion, Sauerstoffkorrosion) . . . . .	345
4.2	Ablagerungen im Wasser/Dampf-Kreislauf . . . . .	347
4.3	Reinigung des Kreislaufs bei Wiederinbetriebnahme . . . . .	347
4.4	Konservierung . . . . .	347
5	Schrifttum . . . . .	349

**Leittechnik**

*W. Urbach*

1	Aufgabe und Konzept der Leittechnik . . . . .	352
2	Messen . . . . .	353
2.1	Prozeßgrößen . . . . .	353
2.2	Definitionen . . . . .	354
2.3	Aufnehmer . . . . .	354
2.4	Meßsignalaufbereitung . . . . .	354
3	Regeln . . . . .	355
3.1	Blockregelung . . . . .	355
3.2	Dampferzeugerregelung . . . . .	361
3.3	Feuerungsregelung . . . . .	362
3.4	Regelung des Wasser/Dampf-Systems . . . . .	364
3.5	Dampfturbinenregelung . . . . .	366
4	Steuern . . . . .	371
4.1	Hierarchische Gliederung . . . . .	371
	Untergruppenebene – Untergruppensteuerung . . . . .	372
4.2	Wirkungsweise einer Funktionsgruppensteuerung . . . . .	372
4.3	Wirkungsweise einer Untergruppensteuerung . . . . .	372

4.4	Wirkungsweise von Teilsteuerungen . . . . .	373
4.5	Einzelsteuerebene . . . . .	373
5	Schützen . . . . .	374
6	Stellen . . . . .	375
7	Überwachen und Bedienen . . . . .	376
7.1	Die Kraftwerkswarte als Mensch-Maschine-Schnittstelle . . . . .	376
7.2	Überwachen und Diagnose . . . . .	377
8	Verhalten eines Kraftwerksblocks beim An- und Abfahren sowie bei Störungen . . . . .	380
8.1	Anfahren . . . . .	380
8.2	Abfahren . . . . .	382
8.3	Blockstörung . . . . .	382
9	Schrifttum . . . . .	383

## **Bautechnik im Kraftwerk**

*W. Zerna*

1	Grundsätzliches über Dampfkraftwerke . . . . .	386
1.1	Kraftwerksblöcke . . . . .	386
1.2	Umweltschutzeinrichtungen . . . . .	386
1.3	Versorgung und Entsorgung . . . . .	388
2	Kesseltraggerüst und Kesselumschließung . . . . .	389
2.1	Allgemeines . . . . .	389
2.2	Stählerne Kesseltraggerüste . . . . .	391
2.3	Wände und Dach für Kesselumschließungen . . . . .	392
2.4	Kesseltraggerüst aus Stahlbeton . . . . .	393
3	Maschinenhaus . . . . .	394
3.1	Maschinenhalle . . . . .	394
3.2	Turbinenfundament . . . . .	395
4	Schaltanlagegebäude . . . . .	396
5	Bauwerke für die Kohlebevorratung . . . . .	397
6	Schornsteine . . . . .	397
7	Kühltürme . . . . .	400
7.1	Kühlkreisläufe und Bauarten . . . . .	400

7.2	Naturzug-Naßkühltürme . . . . .	402
8	Rauchgasentschwefelungsanlagen . . . . .	404
8.1	Allgemeines . . . . .	404
8.2	Rauchgaskanäle und ihre Unterstützung . . . . .	404
8.3	Bauwerke der Rauchgasentschwefelungsanlage . . . . .	406
8.4	Ableitung des Rauchgases . . . . .	406
9	Bauliche Anlagen im Bergsenkungsgebiet . . . . .	407
9.1	Allgemeines . . . . .	407
9.2	Planungsgrundlagen . . . . .	408
9.3	Auslegung . . . . .	408
10	Schrifttum . . . . .	411

**Umweltschutz im Kohlekraftwerk**

*E. Weber*

1	Einführung . . . . .	414
2	Rechtliche Regelungen für den Betrieb von Kraftwerken . . . . .	415
3	Luftreinhaltung . . . . .	416
3.1	Feststoffe . . . . .	417
3.1.1	Anfall von Staub, Korngrößenverteilung, Zusammensetzung . . . . .	419
3.1.2	Staubabscheideverfahren . . . . .	419
3.1.3	Stand der Staubabscheidung . . . . .	422
3.2	Gasförmige Stoffe . . . . .	423
3.2.1	Schwefeldioxid . . . . .	423
	Entschwefelungsverfahren . . . . .	424
	Nichtregenerative Verfahren . . . . .	425
	Regenerative Verfahren . . . . .	430
	Bewertung der Entschwefelungsverfahren . . . . .	432
	Entwicklung und Stand der Rauchgasentschwefelung . . . . .	437
3.2.2	Stickstoffoxide . . . . .	440
	Stickstoffoxid-Minderungsverfahren . . . . .	441
	Selektive nichtkatalytische Reduktion (SNCR) . . . . .	442
	Katalytische selektive Reduktionsverfahren (SCR) . . . . .	443
	Andersartige trocken arbeitende Verfahren . . . . .	445
	Naßverfahren . . . . .	445
	Bewertung von NO <sub>x</sub> -Minderungsverfahren . . . . .	446
	Entwicklung und Stand der NO <sub>x</sub> -Minderung . . . . .	449
3.2.3	Kohlenstoffoxide . . . . .	451
3.2.4	Halogenwasserstoffe . . . . .	452
3.2.5	Organische Verbindungen . . . . .	452

4	Gewässerschutz . . . . .	453
4.1	Abwasseranfall und Abwasserinhaltsstoffe . . . . .	453
4.2	Verfahren zur Abwasseraufbereitung . . . . .	454
4.2.1	Aufbereitung chemisch belasteter Abwässer (Gruppe 1) . . . . .	455
	Speisewasser und Kondensatentsalzung . . . . .	455
	Konservierung und Beizung . . . . .	456
	Luftvorwärmerreinigung . . . . .	456
	Rauchgasentschwefelungsanlagen . . . . .	456
	Kühlkreislauf . . . . .	458
4.2.2	Feststoffhaltige Abwässer (Gruppe 2) . . . . .	459
	Naßentaschung . . . . .	459
4.2.3	Ölhaltige Abwässer (Gruppe 3) . . . . .	459
4.3	Stand der Abwasseraufbereitung . . . . .	459
5	Geräuschminderung . . . . .	460
5.1	Kühlkreislauf . . . . .	461
5.2	Rauchgasführung . . . . .	461
5.3	Rauchgasentschwefelung . . . . .	462
5.4	Stand der Geräuschminderung . . . . .	462
6	Schrifttum . . . . .	463

## **Teil II: Planung, Bau und Betrieb**

### **Planung, Bau und Betrieb von Steinkohlekraftwerken**

*H. Breidenbach und H. Scholtholt*

1	Standortwahl . . . . .	470
2	Vorplanung . . . . .	471
3	Behördliche Prüf- und Genehmigungsverfahren . . . . .	474
4	Planung . . . . .	477
5	Projekt- und Bauleitung . . . . .	481

6	Inbetriebsetzung . . . . .	483
7	Organisation des Kraftwerksverbunds . . . . .	487
7.1	Allgemeine Organisation . . . . .	487
7.2	Organisation des Kraftwerks . . . . .	488
8	Kraftwerksbetrieb . . . . .	490
8.1	Aufgabenstellung . . . . .	490
8.2	An- und Abfahren . . . . .	491
8.3	Laständerung . . . . .	493
8.4	Kannlast . . . . .	494
8.5	Inselbetrieb/Lastabschaltprüfung . . . . .	496
9	Kraftwerksüberwachung . . . . .	497
9.1	Betriebsdatenerfassung . . . . .	497
9.2	Chemotechnische Überwachung . . . . .	498
9.3	Anlagenüberwachung . . . . .	499
10	Instandhaltung . . . . .	501
10.1	Ziele . . . . .	501
10.2	Strategie . . . . .	503
10.3	Methodik . . . . .	504
10.4	Kostenstruktur . . . . .	505
11	Entsorgung von Reststoffen . . . . .	508
12	Schrifttum . . . . .	510

## **Teil III: Bahnstromversorgung**

### **Die Bahnstromversorgung der Deutschen Bundesbahn und ihre technischen Besonderheiten**

*H. Binnewies † und W. Harprecht*

1	Struktur der Bahnstromversorgung . . . . .	514
1.1	Historischer Überblick . . . . .	514

1.2	Die Bahnstromversorgung . . . . .	516
1.3	Bedarfsprognose . . . . .	518
1.3.1	Grundzüge . . . . .	518
1.3.2	Deckung des künftigen Leistungs- und Energiebedarfs . . . . .	519
1.4	Grundzüge der Energiebezugsverträge . . . . .	519
2	Primärenergieversorgung der Kraftwerke der Deutschen Bundesbahn . . . . .	521
2.1	Aufteilung auf die Primärenergieträger . . . . .	521
	Gichtgas . . . . .	521
	Heimische Kohle und Importkohle . . . . .	522
	Wasserkraft . . . . .	522
	Kernenergie . . . . .	522
3	Betriebsführung und Lastverteilung im 110 kV-Bahnstromnetz . . . . .	523
4	Bahnstromerzeugungsanlagen . . . . .	524
4.1	Besonderheiten der konstruktiven Gestaltung von Bahnstromturbosätzen . . . . .	524
4.2	Wasserkraftwerke . . . . .	524
4.3	Elastische Netzkupplungsumformer . . . . .	525
5	Bahnstromverteilungsanlagen . . . . .	526
5.1	Bahnstromleitungen . . . . .	526
5.2	Unterwerke . . . . .	527
5.3	Schaltposten und Kuppelstellen . . . . .	529
6	Besonderheiten der Fernwirk- und Schutztechnik . . . . .	529
6.1	15 kV-Schaltanlagen . . . . .	529
6.1.1	Informationsverarbeitungsanlage . . . . .	529
6.1.2	15 kV-Schutzeinrichtungen . . . . .	530
6.2	15 kV-Zentralschaltstellen (Zes) Automatisierte Netzbetriebsführung mit Prozeßrechneranlagen — Unterstützung und Bildschirmtechnik . . . . .	531
6.3	110 kV-Schaltbefehlsstelle (Sbs) in Hannover, Köln und München . . . . .	533
7	Schrifttum . . . . .	534

# **Anhang**

Stichwortverzeichnis . . . . .	535
Angaben zu den künstlerischen Arbeiten von Rainer Engelke . . . . .	551