

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Übersicht über die Energiewirtschaft</b>	1
1.1 Bedeutung der Energiewirtschaft	1
1.2 Weltnegierversorgung	2
1.3 Reichweite der Energievorräte	5
1.4 Energieversorgung in der BRD	7
1.5 Elektrizitätswirtschaft in der BRD	11
1.6 Spezielle Aspekte der Energiewirtschaft	14
<b>2 Allgemeine Gesichtspunkte bei der Behandlung energietechnischer Probleme</b>	19
2.1 Prozeßanalysen	19
2.2 Bilanzgleichungen	22
2.3 Bilanzhüllen	24
2.4 Spezielle Mengen- und Energiebilanzen	26
2.4.1 Mengenbilanzen	26
2.4.2 Energiebilanzen	28
2.5 Exergiebilanzen	32
2.6 Wirkungsgrade	34
2.7 Darstellung von Mengen- und Energiebilanzen	36
2.8 Prozeßeinheiten in der Energietechnik	38
2.9 Vorgehen bei Problemlösungen	41
<b>3 Kreisprozesse zur Erzeugung von elektrischer Energie</b>	43
3.1 Dampfturbinenprozesse	43
3.1.1 Einfacher Prozeß	43
3.1.2 Verbesserungen des Dampfturbinenprozesses	45
3.1.3 Technischer Stand bei Dampfturbinenprozessen	48
3.2 Gasturbinenprozesse	51
3.2.1 Einfacher Prozeß	51
3.2.2 Verbesserungen des Gasturbinenprozesses	54
3.3 Kombiprozesse	56
3.3.1 Grundprinzip	56
3.3.2 Schaltungen bei Kombiprozessen	57
<b>4 Kraft-Wärme-Kopplung</b>	61
4.1 Prinzip	61
4.2 Dampfturbinenschaltungen	64
4.3 Gasturbinenschaltungen	66
4.4 Dieselanlagen als Blockheizkraftwerke	69
<b>5 Wärmebereitstellung durch Umwandlung fossiler Brennstoffe</b>	71
5.1 Übersicht zu den Brennstoffen	71
5.2 Verbrennungsrechnung	73
5.3 Besondere Aspekte bei Verbrennungsvorgängen	77
<b>6 Technik von fossil befeuerten Dampferzeugern</b>	81
6.1 Übersicht über das Prinzip	81

6.2 Dampferzeugung . . . . .	81
6.3 Bilanzierung des Kessels . . . . .	84
6.4 Feuerungssysteme . . . . .	89
6.5 Technische Ausführung von Dampferzeugern . . . . .	93
<b>7 Abwärmeabfuhr . . . . .</b>	<b>99</b>
7.1 Übersicht . . . . .	99
7.2 Kondensation . . . . .	100
7.3 Frischwasserkühlung . . . . .	103
7.4 Naßkühltürme . . . . .	106
7.5 Trockenkühltürme . . . . .	108
7.6 Hybridekühltürme . . . . .	110
7.7 Vergleichende Bewertung . . . . .	112
<b>8 Emissionen und Rauchgasreinigung bei fossil gefeuerten Kraftwerken . . . . .</b>	<b>113</b>
8.1 Emissionen . . . . .	113
8.2 Ausbreitung und Wirkung von Schadstoffen . . . . .	115
8.3 Entstaubung . . . . .	118
8.4 Entschwefelung . . . . .	121
8.5 Entstickung . . . . .	124
<b>9 Konzepte fossil gefeuerter Kraftwerke . . . . .</b>	<b>127</b>
9.1 Energiefluß im Kraftwerk . . . . .	127
9.2 Konzepte von modernen Steinkohlekraftwerken . . . . .	128
9.3 Weiterentwicklungen zum Prozeß der Kohleverstromung . . . . .	131
<b>10 Wärmebereitstellung aus Kernbrennstoffen . . . . .</b>	<b>135</b>
10.1 Energiegewinnung durch Kernspaltung . . . . .	135
10.2 Kettenreaktion und kritischer Reaktor . . . . .	139
10.3 Wärmefreisetzung im Reaktorkern . . . . .	142
10.4 Besondere Aspekte bei Kernreaktoren . . . . .	144
<b>11 Konzepte von Kernkraftwerken . . . . .</b>	<b>147</b>
11.1 Prinzipien und Reaktortypen . . . . .	147
11.2 Druckwasserreaktoren . . . . .	150
11.2.1 Prinzip . . . . .	150
11.2.2 Komponenten des Druckwasserreaktors . . . . .	150
11.2.3 Betriebs- und Sicherheitsfragen . . . . .	155
11.3 Siedewasserreaktoren . . . . .	156
11.4 Hochtemperaturreaktoren . . . . .	158
11.5 Schnelle Brutreaktoren . . . . .	161
11.6 Candu-Reaktoren . . . . .	164
11.7 RBMK-Reaktoren . . . . .	165
<b>12 Kernbrennstoffkreislauf . . . . .</b>	<b>167</b>
12.1 Übersicht . . . . .	167
12.2 Erzgewinnung, Aufbereitung und Konversion . . . . .	168
12.3 Urananreicherung . . . . .	170
12.4 Brennelementfertigung . . . . .	172
12.5 Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente . . . . .	172
12.6 Wiederaufarbeitung . . . . .	174
12.7 Konditionierung radioaktiver Abfälle . . . . .	176
12.8 Endlagerung . . . . .	177
<b>13 HeizwärmeverSORGUNG . . . . .</b>	<b>179</b>
13.1 Übersicht . . . . .	179

<b>13.2 Wärmebedarf</b>	180
<b>13.3 Verbrennung von Kohle, Öl und Gas zur Heizwärmebereitstellung</b>	183
<b>13.4 Elektroheizung</b>	186
<b>13.5 Fernwärme</b>	187
<b>13.6 Wärmepumpen</b>	189
<b>14 Energieeinsatz im Verkehr</b>	195
<b>14.1 Überblick</b>	195
<b>14.2 Kreisprozesse für den Antrieb im Verkehrssektor</b>	196
<b>14.3 Fragen des Energieeinsatzes bei Antriebssystemen im Verkehrssektor</b>	201
<b>14.4 Treibstoffe und alternative Energieträger</b>	204
<b>15 Energieeinsatz in der Industrie</b>	209
<b>15.1 Allgemeine Übersicht</b>	209
<b>15.2 Raffinerieprozesse</b>	210
<b>15.3 Petrochemische Prozesse</b>	217
<b>15.4 Herstellung von Wasserstoff und Ammoniak</b>	218
<b>15.5 Herstellung von Koks aus Kohle</b>	222
<b>15.6 Stahlerzeugung</b>	224
<b>16 Energietransport</b>	229
<b>16.1 Überblick</b>	229
<b>16.2 Transport von Fluiden in Rohrleitungen</b>	230
<b>16.3 Transport von Öl in Pipelines</b>	231
<b>16.4 Gastransport</b>	235
<b>16.5 Transport von Fernwärme und Dampf</b>	236
<b>17 Energiespeicherung</b>	239
<b>17.1 Überblick</b>	239
<b>17.2 Speicherung von elektrischer Energie</b>	242
<b>17.3 Speicherung von thermischer Energie</b>	247
<b>17.4 Speicherung von flüssigen Kohlenwasserstoffen und Gasen</b>	255
<b>18 Rationelle Energieumwandlung und -nutzung</b>	259
<b>18.1 Allgemeine Aspekte</b>	259
<b>18.2 Rationelle Energienutzung bei der Erzeugung von elektrischer Energie</b>	262
<b>18.3 Rationelle Energienutzung im Sektor Haushalt und Kleinverbrauch</b>	263
<b>18.4 Rationelle Energienutzung im Sektor Verkehr</b>	264
<b>18.5 Rationelle Energienutzung in der Industrie</b>	265
<b>18.5.1 Überblick</b>	265
<b>18.5.2 Luftvorwärmung und Abhitzenutzung</b>	266
<b>18.5.3 Verfahren der Mehrfachentspannungsverdampfung</b>	270
<b>18.5.4 Wärmepumpeneinsatz in der Industrie</b>	272
<b>18.5.5 Energierückgewinnung mit Hilfe von ORC-Anlagen</b>	274
<b>18.5.6 Rezyklierungsverfahren</b>	274
<b>18.5.7 Technologische Entwicklungen bei der Produktherstellung</b>	275
<b>19 Regenerative und alternative Energiequellen</b>	277
<b>19.1 Energiefuß der Erde</b>	277
<b>19.2 Übersicht über Verfahren</b>	277
<b>19.3 Solares Energieangebot</b>	278
<b>19.4 Niedertemperatur-Solarkollektoren</b>	280
<b>19.5 Solarfärmanlagen</b>	283
<b>19.6 Solartoweranlagen</b>	284
<b>19.7 Fotovoltaische Kraftwerke</b>	285
<b>19.8 Windenergie</b>	287
<b>19.9 OTEC-Prozesse</b>	290

19.10 Bioenergie . . . . .	292
19.11 Laufwasserenergie . . . . .	294
19.12 Geothermische Energie . . . . .	296
19.13 Gezeitenenergie . . . . .	297
<b>20 Neue Verfahren in der Energietechnik . . . . .</b>	<b>299</b>
20.1 Tertiäre Ölgewinnung . . . . .	299
20.2 Ölgewinnung aus Ölschiefer und Ölsand . . . . .	300
20.3 Kohlevergasung . . . . .	301
20.4 Kohleverflüssigung . . . . .	304
20.5 Fusionskraftwerke . . . . .	307
<b>21 Allgemeine Betrachtungen zu Wirtschaftlichkeitsfragen in der Energiewirtschaft . . . . .</b>	<b>311</b>
21.1 Übersicht . . . . .	311
21.2 Verfahren zur Kostenbewertung . . . . .	315
21.2.1 Übersicht . . . . .	315
21.2.2 Kostenvergleich . . . . .	315
21.2.3 Erfolgsvergleich . . . . .	316
21.2.4 Rentabilitätsvergleich . . . . .	317
21.2.5 Amortisationsvergleich . . . . .	317
21.2.6 Kapitalwertmethode . . . . .	318
21.2.7 Methode des internen Zinsfußes . . . . .	319
21.2.8 Annuitätenmethode . . . . .	320
21.2.9 Methode der Life-cycle-Kosten . . . . .	321
<b>22 Spezielle Kostenanalysen in der Energiewirtschaft . . . . .</b>	<b>323</b>
22.1 Stromerzeugungskosten . . . . .	323
22.1.1 Kostenformel . . . . .	323
22.1.2 Kostenparameter . . . . .	324
22.1.2.1 Investitionskosten . . . . .	324
22.1.2.2 Kapitalfaktoren . . . . .	326
22.1.2.3 Anlagenauslastung . . . . .	327
22.1.2.4 Mittlerer Anlagenwirkungsgrad . . . . .	328
22.1.2.5 Sonstige Kostenparameter . . . . .	329
22.1.3 Rechenbeispiele zur Kostenformel . . . . .	330
22.1.4 Diskussion der Kostenformel . . . . .	333
22.1.5 Kraftwerkseinsatz . . . . .	335
22.1.6 Kosten beim Einsatz regenerativer Energieträger . . . . .	339
22.1.7 Kosten bei Extrapolation der Kraftwerksleistung . . . . .	340
22.2 Kostenbewertung bei Koppelproduktion . . . . .	341
22.2.1 Grenzkostenbetrachtungen bei der Kraft-Wärme-Kopplung . . . . .	341
22.2.2 Koppelproduktion bei industriellen Prozessen . . . . .	343
22.3 Kostenbewertung bei der Energienutzung . . . . .	344
22.3.1 Heizwärmerversorgung . . . . .	344
22.3.2 Einsatz von mechanischer Energie im Verkehrssektor . . . . .	346
22.3.3 Kosten der Herstellung von industriellen Produkten . . . . .	346
22.4 Bewertungskoeffizienten in der Energiewirtschaft . . . . .	347
<b>23 Optimierungsfragen . . . . .</b>	<b>349</b>
23.1 Grundsätzliche Überlegungen . . . . .	349
23.2 Mathematische Methoden der Optimierung . . . . .	350
23.3 Beispiele für die Optimierung in der Energietechnik . . . . .	353
<b>24 Ökologische Fragen . . . . .</b>	<b>359</b>
24.1 Übersicht . . . . .	359
24.2 Das Kohlendioxidproblem . . . . .	359

24.3 Störfallbetrachtungen zum Leichtwasserreaktor .....	363
24.4 Passives Sicherheitsverhalten von Reaktoren .....	366
24.5 Ökologisch-ökonomisch-technische Kompromisse .....	368
<b>25 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>371</b>
25.1 Literatur zu Kapitel 1 .....	371
25.2 Literatur zu Kapitel 2 .....	372
25.3 Literatur zu Kapitel 3 .....	372
25.4 Literatur zu Kapitel 4 .....	373
25.5 Literatur zu Kapitel 5 .....	374
25.6 Literatur zu Kapitel 6 .....	374
25.7 Literatur zu Kapitel 7 .....	375
25.8 Literatur zu Kapitel 8 .....	376
25.9 Literatur zu Kapitel 9 .....	377
25.10 Literatur zu Kapitel 10 .....	378
25.11 Literatur zu Kapitel 11 .....	379
25.12 Literatur zu Kapitel 12 .....	379
25.13 Literatur zu Kapitel 13 .....	381
25.14 Literatur zu Kapitel 14 .....	381
25.15 Literatur zu Kapitel 15 .....	382
25.16 Literatur zu Kapitel 16 .....	383
25.17 Literatur zu Kapitel 17 .....	383
25.18 Literatur zu Kapitel 18 .....	385
25.19 Literatur zu Kapitel 19 .....	386
25.20 Literatur zu Kapitel 20 .....	388
25.21 Literatur zu Kapitel 21 .....	388
25.22 Literatur zu Kapitel 22 .....	389
25.23 Literatur zu Kapitel 23 .....	390
25.24 Literatur zu Kapitel 24 .....	390
25.25 Literatur zum Anhang .....	391
<b>Abkürzungen .....</b>	<b>393</b>
<b>Anhang A. Wichtige Zahlenwerte und Diagramme .....</b>	<b>395</b>
<b>Index .....</b>	<b>403</b>