

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Übersicht über die Energiewirtschaft</b> .....	<b>1</b>
1.1 Bedeutung der Energiewirtschaft .....	1
1.2 Weltenergieversorgung .....	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> .....	<b>19</b>
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> .....	<b>43</b>
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> .....	<b>61</b>
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> .....	<b>71</b>
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> .....	<b>81</b>
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</b>	<b>Abwärmeabfuhr</b>	<b>99</b>
7.1	Übersicht	99
7.2	Kondensation	100
7.3	Frischwasserkühlung	103
7.4	Naßkühltürme	106
7.5	Trockenkühltürme	109
7.6	Hybridkühltürme	110
7.7	Vergleichende Bewertung	111
<b>8</b>	<b>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</b>	<b>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</b>	<b>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</b>	<b>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</b>	<b>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</b>	<b>Heizwärmeversorgung</b>	<b>179</b>
13.1	Übersicht	179

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

19.10	Bioenergie	292
19.11	Laufwasserenergie	294
19.12	Geothermische Energie	296
19.13	Gezeitenenergie	297
<b>20</b>	<b>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</b>	<b>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</b>	<b>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	Heizwärmeversorgung	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</b>	<b>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</b>	<b>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</b>	<b>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	378
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	384
25.19	Literatur zu Kapitel 19	386
25.20	Literatur zu Kapitel 20	387
25.21	Literatur zu Kapitel 21	388
25.22	Literatur zu Kapitel 22	389
25.23	Literatur zu Kapitel 23	389
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>