

1	Einleitung	1
	Literatur	7
2	Photovoltaik	9
2.1	Grundlagen	12
2.2	Funktionsprinzip	17
2.3	Beispielanlagen	28
2.4	Übungen	33
	Literatur	34
3	Solarthermie	35
3.1	Grundlagen	35
3.2	Funktionsprinzip	38
3.3	Beispielanlage	47
3.4	Übungen	54
	Literatur	55
4	Windenergie	57
4.1	Auswertung von Standortmessungen	60
4.2	Grundlagen	61
4.3	Funktionsprinzip	67
4.3.1	Leistungsregelung	77
4.3.2	Gitterteilung/Flügelzahl	78
4.3.3	Turbulenzen und dynamische Belastungen	80
4.3.4	Standicherheit und Turbulenzgutachten	86
4.3.5	Normen und Richtlinien	86
4.4	Beispielanlagen	87
4.4.1	Vertikalachsenrotor (DARRIEUS-Rotor)	87
4.4.2	Widerstandsläufer (SAVONIUS-Rotor)	88
4.4.3	Kleinstwindkraftanlage	90
4.4.4	Großanlage	91

4.5	Generatorbauweise und -betriebskennlinie	95
4.6	Übungen	103
	Literatur	104
5	Wasserkraft	105
5.1	Grundlagen	105
5.1.1	Wasserrad	108
5.1.2	Wasserturbine	110
5.2	Funktionsprinzip	118
5.2.1	Laufwasserkraftwerk	119
5.2.2	Speicherkraftwerk	120
5.2.3	Gezeitenkraftwerk	121
5.2.4	Wellenkraftwerk	124
5.2.5	Meereswärmekraftwerk	129
5.2.6	Osmosekraftwerk	131
5.3	Beispielanlagen	133
5.3.1	Pelton-Turbine	133
5.3.2	Francis-Turbine	134
5.3.3	Beispiele für Laufkraftwerke	135
5.3.4	Gezeitenkraftwerk	136
5.3.5	Pumpspeicherkraftwerk	137
5.4	Übungen	138
	Literatur	139
6	Erdwärme und Wärmepumpe	141
6.1	Grundlagen	141
6.1.1	Carnot-Prozess	142
6.1.2	Kältemittel	148
6.2	Funktionsprinzip	157
6.2.1	Erdkollektor und Rückwirkungen auf das Erdreich	159
6.2.2	Wärmeträgermedium	163
6.2.3	Anfahren der Anlage/Instationäre Betriebszustände/ Leistungsregelung	164
6.2.4	Nachhaltigkeit und Effizienz	165
6.2.5	Absorptionskälteanlage	167
6.3	Beispielanlagen	170
6.3.1	Messdaten einer Beispielanlage im Taunus	170
6.3.2	Messdaten einer Beispielanlage in Nordfriesland	171
6.3.3	Daten aus einer Herstelleranimation	172
6.3.4	Daten eines Kompressorherstellers	175
6.4	Übungen	176
	Literatur	177

7	Biomasse	179
7.1	Grundlagen	179
7.1.1	Biochemische Grundlagen	179
7.1.2	Verbrennung von Biomasse	187
7.1.3	Thermochemische Umwandlung	193
7.1.4	Adiabate Verbrennungstemperatur	202
7.2	Funktionsprinzipien	205
7.2.1	Holzvergasersysteme	205
7.2.2	Verkokung	211
7.2.3	Hausfeuerungsanlagen	211
7.3	Anwendungsbeispiele	217
7.4	Übungen	227
	Literatur	230
8	Biogas	233
8.1	Anlagenbeschreibung	233
8.2	Fermentation	234
8.3	Gaszusammensetzung und Aufbereitung	239
8.4	Kraft-Wärme-Kopplung	245
8.5	Betriebliche Aspekte	247
8.6	Gasprognose	253
8.7	Anlagenbeispiel	256
8.8	Betriebsdatenüberwachung	258
8.9	Übungen	261
	Literatur	262
9	Biokraftstoffe	263
9.1	Biokraftstoffe der 1. Generation	264
9.1.1	Biodiesel (Rapsölmethylester, RME)	264
9.1.2	Bioethanol	266
9.1.3	Pflanzenöl	269
9.1.4	Dimethylether (DME)	270
9.1.5	Biogas	270
9.2	Biokraftstoffe der 2. Generation	271
9.2.1	Biomass-to-Liquid (BtL)-Kraftstoffe	271
9.2.2	Bioethanol der 2. Generation	280
9.3	Projektbeispiele	281
9.3.1	Power-to-Gas	282
9.3.2	Power-to-Liquid	284
9.4	Basiswissen synthetische Kraftstoffe	287
9.4.1	Konventionelle Kraftstoffe	287
9.4.2	Synthetische Kraftstoffe	288

9.4.3	FISCHER-TROPSCH-Synthese	294
9.4.4	Kohlenstofffreie Kraftstoffe	296
9.4.5	Zusammenfassung/Bewertung	300
9.5	Übungen	301
	Literatur	302
10	Geothermische Stromerzeugung	305
10.1	Grundlagen	305
10.1.1	Hochenthalpie-Lagerstätten	307
10.1.2	Niederenthalpie-Lagerstätten	309
10.2	Funktionsbeschreibung	314
10.2.1	Entspannungsverdampfung (Flash-Evaporation)	314
10.2.2	ORC- und KALINA-Prozess	316
10.3	Beispielanlage	318
10.4	Übungen	319
	Literatur	320
11	Solare Kraftwerke	321
11.1	Parabolrinnenkraftwerk	323
11.2	Solarturmkraftwerk/Zentralreceiverkraftwerke	326
11.3	Dish-Stirling-Anlage	327
11.4	Nicht konzentrierende Kraftwerkskonzepte	328
11.4.1	Solarteichkraftwerke	328
11.4.2	Aufwindkraftwerk/Thermikkraftwerke	330
11.4.3	Fallwindkraftwerk	332
11.5	Beispielanlage	332
11.6	Übungen	337
	Literatur	340
12	Kraft-Wärme-Kopplung	341
12.1	Verbrennungsmotoren	342
12.1.1	Pflanzenölmotor	342
12.1.2	Gasmotor	342
12.1.3	Kenngrößen zur Beurteilung von Motoren	343
12.2	Dampfturbinenkraftwerk	347
12.3	Gasturbinenprozess	349
12.4	Kombinierter Gas-Dampfturbinenprozess	350
12.5	STIRLING-Motor	352
12.5.1	Kinematik	352
12.5.2	Thermodynamik	355
12.6	ORC-Prozess	359
12.7	KALINA-Prozess	361

12.8	Brennstoffzellen	363
12.9	Thermoelektrischer Generator	378
12.10	Übungen	381
	Literatur	383
13	Wasserstoff als Energieträger	385
13.1	Thermochemische Umwandlung	385
13.2	Elektrolyse	388
13.3	Thermochemische Dissoziation	393
13.4	Photochemische Herstellung	393
13.5	Biowasserstoff	394
13.6	Übungen	395
	Literatur	395
14	Speichertechnologien	397
14.1	Thermische Speicher	398
14.2	Mechanische Speicher	400
	14.2.1 Druckluftspeicher	400
	14.2.2 Schwungradspeicher	404
14.3	Elektrische Energiespeicher	406
14.4	Chemische Speicher	408
14.5	Übungen	410
	Literatur	410
15	Anhang	411
15.1	Beispieldaten Wärmeverbrauch eines Einfamilienhaus	411
15.2	Beispieldaten elektr. Verbrauch eines Einfamilienhaushalts	412
15.3	Verbrauchsdaten exemplarischer Haushaltsgeräte	413
15.4	Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsrechnung	414
	15.4.1 Bilanz	414
	15.4.2 Gewinn- und Verlustrechnung	418
	15.4.3 Finanzplanung und Finanzkontrolle	420
	15.4.4 Darlehens- und Tilgungsrechnung	422
15.5	Einführung in das Projektmanagement	423
	15.5.1 Grundlagen	423
	15.5.2 Projektphasen	425
	15.5.3 Auftragsklärung	427
	15.5.4 Planungswerkzeuge	429
	15.5.5 Kostenermittlung	434
	15.5.6 Risiko	436
	15.5.7 Projektorganisation	438

15.5.8	Projektcontrolling	440
15.5.9	Projektkommunikation	443
15.6	Periodensystem der Elemente	446
15.7	Lösungen zu den Übungen	447
15.7.1	Lösungen zu Kap. 2	447
15.7.2	Lösungen zu Kap. 3	449
15.7.3	Lösungen zu Kap. 4	452
15.7.4	Lösungen zu Kap. 5	457
15.7.5	Lösungen zu Kap. 6	465
15.7.6	Lösungen zu Kap. 7	469
15.7.7	Lösungen zu Kap. 8	480
15.7.8	Lösungen zu Kap. 10	484
15.7.9	Lösungen zu Kap. 11	485
15.7.10	Lösungen zu Kap. 12	488
15.7.11	Lösungen zu Kap. 13	490
15.7.12	Lösungen zu Kap. 14	491
	Literatur	492
	Stichwortverzeichnis	493