

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen	XI
1 Einleitung	1
2 Photovoltaik	5
2.1 Grundlagen	8
Berechnung des Sonnenstandes nach DIN 5034-2	10
2.2 Funktionsprinzip	12
2.3 Beispielanlagen	22
2.4 Übungen	27
3 Solarthermie	28
3.1 Grundlagen	28
3.2 Funktionsprinzip	30
3.3 Beispielanlage	39
3.4 Übungen	44
4 Windenergie	46
Auswertung von Standortmessungen	48
4.1 Grundlagen	49
Energieumsetzung am Rotor	53
4.2 Funktionsprinzip	55
Leistungsregelung	64
Gitterteilung / Flügelzahl	65
Turbulenzen und dynamische Belastungen	66
Standsicherheit und Turbulenzgutachten	72
Normen und Richtlinien	72
4.3 Beispielanlagen	73
Vertikalachsenrotor (DARRIEUS-Rotor)	73
Widerstandsläufer (SAVONIUS-Rotor)	74
Kleinstwindkraftanlage	76
Großanlage	77
4.4 Generatorbauweise und -betriebskennlinie	80
4.5 Übungen	87
5 Wasserkraft	88
5.1 Grundlagen	88
Wasserrad	90
Wasserturbine	92
5.2 Funktionsprinzip	99
Laufwasserkraftwerk	100
Speicherwerk	101

Gezeitenkraftwerk	102
Wellenkraftwerk	105
Meereswärmekraftwerk	110
Osmosekraftwerk	112
5.3 Beispielanlagen	113
Pelton-Turbine	113
Francis-Turbine	113
Beispiele für Laufkraftwerke	114
Gezeitenkraftwerk	115
Pumpspeicherkraftwerk	115
5.4 Übungen	116
6 Erdwärme und Wärmepumpe	117
6.1 Grundlagen	117
6.1.1 CARNOT-Prozess	117
6.1.2 Kältemittel	124
6.2 Funktionsprinzip	132
Erdkollektor und Rückwirkungen auf das Erdreich	135
Wärmeträgermedium	138
Anfahren der Anlage / Instationäre Betriebszustände / Leistungsregelung	139
Nachhaltigkeit und Effizienz	139
Absorptionskälteanlage	141
6.3 Beispielanlagen	144
Messdaten einer Beispielanlage im Taunus	144
Messdaten einer Beispielanlage in Nordfriesland	145
Daten aus einer Herstelleranimation	146
Daten eines Kompressorherstellers	149
6.4 Übungen	150
7 Biomasse	151
7.1 Grundlagen	151
7.1.1 Biochemische Grundlagen	151
7.1.2 Verbrennung von Biomasse	159
7.1.3 Thermochemische Umwandlung	165
7.2 Funktionsprinzipien	174
7.2.1 Holzvergasersysteme	174
7.2.2 Verkokung	179
7.2.3 Hausfeuerungsanlagen	180
7.3 Anwendungsbeispiele	185
7.4 Übungen	194
8 Biogas	196
8.1 Anlagenbeschreibung	196
8.2 Fermentation	196
8.3 Gaszusammensetzung und Aufbereitung	202
8.4 Kraft-Wärme-Kopplung	207
8.5 Betriebliche Aspekte	210

8.6	Gasprognose	215
8.7	Anlagenbeispiel	218
8.8	Betriebsdatenüberwachung	219
8.9	Übungen	222
9	Biokraftstoffe	223
9.1	Biokraftstoffe der 1. Generation	224
9.1.1	Biodiesel (Rapsölmethylester, RME)	224
9.1.2	Bioethanol	226
9.1.3	Pflanzenöl	228
9.1.4	Dimethylether (DME)	229
9.1.5	Biogas	230
9.2	Biokraftstoffe der 2. Generation	230
9.2.1	Biomass-to-Liquid (BtL)-Kraftstoffe	230
9.2.2	Bioethanol der 2. Generation	238
9.3	Übungen	240
10	Géothermische Stromerzeugung	241
10.1	Grundlagen	241
	Hochenthalpie-Lagerstätten	243
	Niederenthalpie-Lagerstätten	245
10.2	Funktionsbeschreibung	249
	Entspannungsverdampfung (Flash-Evaporation)	250
	ORC- und KALINA-Prozess	251
10.3	Beispielanlage	253
10.4	Übungen	254
11	Solare Kraftwerke	255
11.1	Parabolrinnenkraftwerk	257
	FRESNEL-Kollektoranlagen	258
11.2	Solarturmkraftwerk / Zentralreceiverkraftwerke	259
11.3	Dish-Stirling-Anlage	261
11.4	Nicht konzentrierende Kraftwerkskonzepte	262
	Solarteichkraftwerke	262
	Aufwindkraftwerk / Thermikkraftwerke	263
	Fallwindkraftwerk	264
11.5	Beispielanlage	265
11.6	Übungen	271
12	Kraft-Wärme-Kopplung	273
12.1	Verbrennungsmotoren	273
	Pflanzenölmotor	274
	Gasmotor	274
12.2	Dampfturbinenkraftwerk	275
12.3	Gasturbinenprozess	276
12.4	Kombinierter Gas-Dampfturbinenprozess	278

12.5	STIRLING-Motor	280
	Kinematik	280
	Thermodynamik	283
12.6	ORC-Prozess	286
12.7	KALINA-Prozess	288
12.8	Brennstoffzellen	290
12.9	Thermoelektrischer Generator	304
12.10	Übung	306
13	Wasserstoff als Energieträger	307
13.1	Thermochemische Umwandlung	307
	Gasaufbereitung	309
13.2	Elektrolyse	309
13.3	Thermochemische Dissoziation	313
13.4	Photochemische Herstellung	314
13.5	Biomwasserstoff	314
13.6	Übungen	315
ANHANG	317
A1	Beispieldaten Wärmeverbrauch eines Einfamilienhaus	317
A2	Beispieldaten elektr. Verbrauch eines Einfamilienhaushalts	317
A3	Verbrauchsdaten exemplarischer Haushaltsgeräte	318
A4	Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsrechnung	319
	A4.1 Bilanz	319
	A4.2 Gewinn- und Verlustrechnung	323
	A4.3 Finanzplanung und Finanzkontrolle	325
	A4.4 Darlehens- und Tilgungsrechnung	327
A5	Periodensystem der Elemente	328
A6	Lösungen zu den Übungen	330
	Lösungen zu Kap. 2	330
	Lösungen zu Kap. 3	331
	Lösungen zu Kap. 4	334
	Lösungen zu Kap. 5	338
	Lösungen zu Kap. 6	343
	Lösungen zu Kap. 7	347
	Lösungen zu Kap. 8	356
	Lösungen zu Kap. 10	359
	Lösungen zu Kap. 11	360
	Lösung zu Kap. 12	362
	Lösungen zu Kap. 13	363
Quellen- und Literaturhinweise	364
Sachwortverzeichnis	369