

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	26
3 Solarthermie	27
3.1 Grundlagen	27
3.2 Funktionsprinzip	29
3.3 Beispielanlage	38
3.4 Übungen	43
4 Windenergie	45
Auswertung von Standortmessungen	47
4.1 Grundlagen	48
Energieumsetzung am Rotor	52
4.2 Funktionsprinzip	54
Leistungsregelung	63
Gitterteilung / Flügelzahl	64
Turbulenzen und dynamische Belastungen	65
Standicherheit und Turbulenzgutachten	70
Normen und Richtlinien	70
4.3 Beispielanlagen	71
Vertikalachsenrotor (DARRIEUS-Rotor)	71
Widerstandsläufer (SAVONIUS-Rotor)	72
Kleinstwindkraftanlage	74
Großanlage	75
4.4 Übungen	77
5 Wasserkraft	78
5.1 Grundlagen	78
Wasserrad	80
Wasserturbine	82
5.2 Funktionsprinzip	89
Laufwasserkraftwerk	90

Speicherkraftwerk	91
Gezeitenkraftwerk	92
Wellenkraftwerk	95
Meereswärmekraftwerk	100
Osmosekraftwerk	102
5.3 Beispielanlagen	103
Pelton-Turbine	103
Francis-Turbine	103
Beispiele für Laufkraftwerke	104
Gezeitenkraftwerk	105
Pumpspeicherkraftwerk	105
5.4 Übungen	106
6 Erdwärme und Wärmepumpe	107
6.1 Grundlagen	107
6.1.1 CARNOT-Prozess	107
6.1.2 Kältemittel	114
6.2 Funktionsprinzip	122
Erdkollektor und Rückwirkungen auf das Erdreich	125
Wärmeträgermedium	128
Anfahren der Anlage / Instationäre Betriebszustände / Leistungsregelung	129
Nachhaltigkeit und Effizienz	129
Absorptionskälteanlage	131
6.3 Beispielanlagen	134
Messdaten einer Beispielanlage im Taunus	134
Messdaten einer Beispielanlage in Nordfriesland	135
Daten aus einer Herstelleranimation	136
Daten eines Kompressorherstellers	139
6.4 Übungen	140
7 Biomasse	141
7.1 Grundlagen	141
7.1.1 Biochemische Grundlagen	141
7.1.2 Verbrennung von Biomasse	149
7.1.3 Thermochemische Umwandlung	155
7.2 Funktionsprinzipien	164
7.2.1 Holzvergasersysteme	164
7.2.2 Verkokung	169
7.2.3 Hausfeuerungsanlagen	170
7.3 Anwendungsbeispiele	175
7.4 Übungen	184
8 Biogas	186
8.1 Anlagenbeschreibung	186
8.2 Fermentation	186
8.3 Gaszusammensetzung und Aufbereitung	192

8.4	Kraft-Wärme-Kopplung	196
8.5	Betriebliche Aspekte	199
8.6	Gasprognose	204
8.6	Anlagenbeispiel	207
8.6	Betriebsdatenüberwachung	208
8.7	Übungen	211
9	Biokraftstoffe	212
9.1	Biokraftstoffe der 1. Generation	213
9.1.1	Biodiesel (Rapsölmethylester, RME)	213
9.1.2	Bioethanol	215
9.1.3	Pflanzenöl	217
9.1.4	Dimethylether (DME)	218
9.1.5	Biogas	219
9.2	Biokraftstoffe der 2. Generation	219
9.2.1	Biomass-to-Liquid (BtL)-Kraftstoffe	219
9.2.2	Bioethanol der 2. Generation	227
9.3	Übungen	229
10	Geothermische Stromerzeugung	230
10.1	Grundlagen	230
	Hochenthalpie-Lagerstätten	231
	Niederenthalpie-Lagerstätten	233
10.2	Funktionsbeschreibung	237
	Entspannungsverdampfung (Flash-Evaporation)	238
	ORC- und KALINA-Prozess	239
11	Solare Kraftwerke	241
11.1	Parabolrinnenkraftwerk	243
	FRESNEL-Kollektoranlagen	244
11.2	Solarturmkraftwerk /Zentralreceiverkraftwerke	245
11.3	Dish-Stirling-Anlage	247
11.4	Nicht konzentrierende Kraftwerkskonzepte	248
	Solarteichkraftwerke	248
	Aufwindkraftwerk / Thermikkraftwerke	249
	Fallwindkraftwerk	250
12	Kraft-Wärme-Kopplung	251
12.1	Verbrennungsmotoren	251
	Pflanzenölmotor	252
	Gasmotor	252
12.2	Dampfturbinenkraftwerk	253
12.3	Gasturbinenprozess	254
12.4	Kombinierter Gas-Dampfturbinenprozess	256
12.5	STIRLING-Motor	258
	Kinematik	258

Thermodynamik	261
12.6 ORC-Prozess	264
12.7 KALINA-Prozess	266
12.8 Brennstoffzellen	268
Übung	281
12.9 Thermoelektrischer Generator	281
13 Wasserstoff als Energieträger	284
13.1 Thermochemische Umwandlung	284
Gasaufbereitung	286
13.2 Elektrolyse	286
13.3 Thermochemische Dissoziation	290
13.4 Photochemische Herstellung	291
13.5 Biowasserstoff	291
13.6 Übungen	292
ANHANG	293
A1 Beispieldaten Wärmeverbrauch eines Einfamilienhaus	293
A2 Beispieldaten elektr. Verbrauch eines Einfamilienhaushalts	293
A3 Verbrauchsdaten exemplarischer Haushaltsgeräte	294
A4 Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsrechnung	295
A4.1 Bilanz	295
A4.2 Gewinn- und Verlustrechnung	299
A4.3 Finanzplanung und Finanzkontrolle	301
A4.4 Darlehens- und Tilgungsrechnung	303
A5 Periodensystem der Elemente	304
A6 Lösungen zu den Übungen	306
Lösungen zu Kap. 2	306
Lösungen zu Kap. 3	307
Lösungen zu Kap. 4	310
Lösungen zu Kap. 5	314
Lösungen zu Kap. 6	319
Lösungen zu Kap. 7	323
Lösungen zu Kap. 8	332
Lösungen zu Kap. 12.8	335
Lösungen zu Kap. 13	336
Quellen- und Literaturhinweise	337
Sachwortverzeichnis	342