

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Photovoltaik</b>	<b>7</b>
2.1	Grundlagen	10
2.2	Funktionsprinzip	15
2.3	Beispielanlagen	26
2.4	Übungen	31
<b>3</b>	<b>Solarthermie</b>	<b>33</b>
3.1	Grundlagen	33
3.2	Funktionsprinzip	36
3.3	Beispielanlage	45
3.4	Übungen	50
<b>4</b>	<b>Windenergie</b>	<b>53</b>
4.1	Auswertung von Standortmessungen	56
4.2	Grundlagen	57
4.3	Funktionsprinzip	63
4.3.1	Leistungsregelung	73
4.3.2	Gitterteilung/Flügelzahl	74
4.3.3	Turbulenzen und dynamische Belastungen	76
4.3.4	Standsicherheit und Turbulenzgutachten	82
4.3.5	Normen und Richtlinien	82
4.4	Beispielanlagen	83
4.4.1	Vertikalachsenrotor (DARRIEUS-Rotor)	83
4.4.2	Widerstandsläufer (SAVONIUS-Rotor)	84
4.4.3	Kleinstwindkraftanlage	86
4.4.4	Großanlage	87
4.5	Generatorbauweise und -betriebskennlinie	91
4.6	Übungen	99

<b>5</b>	<b>Wasserkraft</b>	103
5.1	Grundlagen	103
5.1.1	Wasserrad	106
5.1.2	Wasserturbine	108
5.2	Funktionsprinzip	116
5.2.1	Laufwasserkraftwerk	117
5.2.2	Speicherkraftwerk	118
5.2.3	Gezeitenkraftwerk	119
5.2.4	Wellenkraftwerk	122
5.2.5	Meereswärmekraftwerk	127
5.2.6	Osmosekraftwerk	129
5.3	Beispielanlagen	130
5.3.1	Pelton-Turbine	130
5.3.2	Francis-Turbine	131
5.3.3	Beispiele für Laufkraftwerke	131
5.3.4	Gezeitenkraftwerk	132
5.3.5	Pumpspeicherwerk	133
5.4	Übungen	134
<b>6</b>	<b>Erdwärme und Wärmepumpe</b>	137
6.1	Grundlagen	137
6.1.1	Carnot-Prozess	138
6.1.2	Kältemittel	144
6.2	Funktionsprinzip	153
6.2.1	Erdkollektor und Rückwirkungen auf das Erdreich	155
6.2.2	Wärmeträgermedium	159
6.2.3	Anfahren der Anlage/Instationäre Betriebszustände/ Leistungsregelung	160
6.2.4	Nachhaltigkeit und Effizienz	161
6.2.5	Absorptionskälteanlage	163
6.3	Beispielanlagen	166
6.3.1	Messdaten einer Beispielanlage im Taunus	166
6.3.2	Messdaten einer Beispielanlage in Nordfriesland	167
6.3.3	Daten aus einer Herstelleranimation	168
6.3.4	Daten eines Kompressorherstellers	171
6.4	Übungen	172

<b>7</b>	<b>Biomasse</b>	175
7.1	Grundlagen	175
7.1.1	Biochemische Grundlagen	175
7.1.2	Verbrennung von Biomasse	183
7.1.3	Thermochemische Umwandlung	189
7.2	Funktionsprinzipien	200
7.2.1	Holzvergasersysteme	200
7.2.2	Verkokung	206
7.2.3	Hausfeuerungsanlagen	206
7.3	Anwendungsbeispiele	212
7.4	Übungen	222
<b>8</b>	<b>Biogas</b>	227
8.1	Anlagenbeschreibung	227
8.2	Fermentation	228
8.3	Gaszusammensetzung und Aufbereitung	233
8.4	Kraft-Wärme-Kopplung	239
8.5	Betriebliche Aspekte	241
8.6	Gasprognose	247
8.7	Anlagenbeispiel	250
8.8	Betriebsdatenüberwachung	252
8.9	Übungen	255
<b>9</b>	<b>Biokraftstoffe</b>	257
9.1	Biokraftstoffe der 1. Generation	258
9.1.1	Biodiesel (Rapsölmethylester, RME)	258
9.1.2	Bioethanol	260
9.1.3	Pflanzenöl	263
9.1.4	Dimethylether (DME)	264
9.1.5	Biogas	264
9.2	Biokraftstoffe der 2. Generation	265
9.2.1	Biomass-to-Liquid (BtL)-Kraftstoffe	265
9.2.2	Bioethanol der 2. Generation	274
9.3	Übungen	276
<b>10</b>	<b>Geothermische Stromerzeugung</b>	279
10.1	Grundlagen	279
10.1.1	Hochenthalpie-Lagerstätten	281
10.1.2	Niederenthalpie-Lagerstätten	283
10.2	Funktionsbeschreibung	288
10.2.1	Entspannungsverdampfung (Flash-Evaporation)	288
10.2.2	ORC- und KALINA-Prozess	290

10.3	Beispielanlage . . . . .	292
10.4	Übungen . . . . .	293
<b>11</b>	<b>Solare Kraftwerke . . . . .</b>	<b>295</b>
11.1	Parabolrinnenkraftwerk . . . . .	297
11.2	Solarturmkraftwerk/Zentralreceiverkraftwerke . . . . .	300
11.3	Dish-Stirling-Anlage . . . . .	301
11.4	Nicht konzentrierende Kraftwerkskonzepte . . . . .	302
11.4.1	Solarteichkraftwerke . . . . .	302
11.4.2	Aufwindkraftwerk/Thermikkraftwerke . . . . .	304
11.4.3	Fallwindkraftwerk . . . . .	306
11.5	Beispielanlage . . . . .	306
11.6	Übungen . . . . .	311
<b>12</b>	<b>Kraft-Wärme-Kopplung . . . . .</b>	<b>315</b>
12.1	Verbrennungsmotoren . . . . .	316
12.1.1	Pflanzenölmotor . . . . .	316
12.1.2	Gasmotor . . . . .	316
12.1.3	Kenngrößen zur Beurteilung von Motoren . . . . .	317
12.2	Dampfturbinenkraftwerk . . . . .	321
12.3	Gasturbinenprozess . . . . .	323
12.4	Kombinierter Gas-Dampfturbinenprozess . . . . .	324
12.5	STIRLING-Motor . . . . .	326
12.5.1	Kinematik . . . . .	326
12.5.2	Thermodynamik . . . . .	329
12.6	ORC-Prozess . . . . .	333
12.7	KALINA-Prozess . . . . .	335
12.8	Brennstoffzellen . . . . .	337
12.9	Thermoelektrischer Generator . . . . .	352
12.10	Übungen . . . . .	355
<b>13</b>	<b>Wasserstoff als Energieträger . . . . .</b>	<b>359</b>
13.1	Thermochemische Umwandlung . . . . .	359
13.2	Elektrolyse . . . . .	362
13.3	Thermochemische Dissoziation . . . . .	367
13.4	Photochemische Herstellung . . . . .	367
13.5	Biowasserstoff . . . . .	368
13.6	Übungen . . . . .	369

<b>14</b>	<b>Speichertechnologien</b>	371
14.1	Thermische Speicher	372
14.2	Mechanische Speicher	374
14.2.1	Druckluftspeicher	374
14.2.2	Schwungradspeicher	379
14.3	Elektrische Energiespeicher	381
14.4	Chemische Speicher	383
14.5	Übungen	385
<b>15</b>	<b>Anhang</b>	387
15.1	Beispieldaten Wärmeverbrauch eines Einfamilienhaus	387
15.2	Beispieldaten elektr. Verbrauch eines Einfamilienhaushalts	388
15.3	Verbrauchsdaten exemplarischer Haushaltsgeräte	389
15.4	Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsrechnung	390
15.4.1	Bilanz	390
15.4.2	Gewinn- und Verlustrechnung	394
15.4.3	Finanzplanung und Finanzkontrolle	396
15.4.4	Darlehens- und Tilgungsrechnung	398
15.5	Periodensystem der Elemente	400
15.6	Lösungen zu den Übungen	401
15.6.1	Lösungen zu Kap. 2	401
15.6.2	Lösungen zu Kap. 3	403
15.6.3	Lösungen zu Kap. 4	406
15.6.4	Lösungen zu Kap. 5	411
15.6.5	Lösungen zu Kap. 6	419
15.6.6	Lösungen zu Kap. 7	423
15.6.7	Lösungen zu Kap. 8	434
15.6.8	Lösungen zu Kap. 10	438
15.6.9	Lösungen zu Kap. 11	439
15.6.10	Lösungen zu Kap. 12	442
15.6.11	Lösungen zu Kap. 13	444
15.6.12	Lösungen zu Kap. 14	445
	<b>Sachverzeichnis</b>	447