

# Inhaltsverzeichnis

<b>Formelzeichen und Abkürzungen .....</b>	<b>XI</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Photovoltaik .....</b>	<b>5</b>
2.1 Grundlagen .....	8
Berechnung des Sonnenstandes nach DIN 5034-2 .....	10
2.2 Funktionsprinzip .....	12
2.3 Beispielanlagen .....	22
2.4 Übungen .....	27
<b>3 Solarthermie .....</b>	<b>28</b>
3.1 Grundlagen .....	28
3.2 Funktionsprinzip .....	30
3.3 Beispielanlage .....	39
3.4 Übungen .....	44
<b>4 Windenergie .....</b>	<b>46</b>
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
Standicherheit 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
<b>5 Wasserkraft .....</b>	<b>88</b>
5.1 Grundlagen .....	88
Wasserrad .....	90
Wasserturbine .....	92
5.2 Funktionsprinzip .....	99
Laufwasserkraftwerk .....	100
Speicherkraftwerk .....	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
<b>6</b>	<b>Erdwärme und Wärmepumpe .....</b>	<b>117</b>
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
<b>7</b>	<b>Biomasse .....</b>	<b>151</b>
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
<b>8</b>	<b>Biogas .....</b>	<b>196</b>
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
<b>9</b>	<b>Biokraftstoffe .....</b>	<b>223</b>
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
<b>10</b>	<b>Geothermische Stromerzeugung .....</b>	<b>241</b>
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
<b>11</b>	<b>Solare Kraftwerke .....</b>	<b>255</b>
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
<b>12</b>	<b>Kraft-Wärme-Kopplung .....</b>	<b>273</b>
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
<b>13</b>	<b>Wasserstoff als Energieträger .....</b>	<b>307</b>
13.1	Thermochemische Umwandlung .....	307
	Gasaufbereitung .....	309
13.2	Elektrolyse .....	309
13.3	Thermochemische Dissoziation .....	313
13.4	Photochemische Herstellung .....	314
13.5	Biowasserstoff .....	314
13.6	Übungen .....	315
<b>ANHANG</b>	<b>.....</b>	<b>317</b>
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
	<b>Quellen- und Literaturhinweise .....</b>	<b>364</b>
	<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>369</b>