

Volker Quaschnig

# Erneuerbare Energien und Klimaschutz

Hintergründe – Techniken und Planung –  
Ökonomie und Ökologie – Energiewende

3., aktualisierte und erweiterte Auflage

Mit 249 Bildern

**HANSER**

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Unser Hunger nach Energie</b>	<b>13</b>
1.1	Energieversorgung – gestern und heute	14
1.1.1	Von der französischen Revolution bis ins 20. Jahrhundert	14
1.1.2	Die Epoche des schwarzen Goldes	17
1.1.3	Erdgas – der jüngste fossile Energieträger	20
1.1.4	Atomkraft – gesplattene Energie	22
1.1.5	Das Jahrhundert der fossilen Energieträger	26
1.1.6	Das erneuerbare Jahrhundert	27
1.2	Energiebedarf – wer was wo wie viel verbraucht	28
1.3	Die SoDa-Energie	31
1.4	Energievorräte – Reichtum auf Zeit	34
1.4.1	Nicht-konventionelle Vorräte – Verlängerung des Ölzeitalters	36
1.4.2	EndeinSicht	37
1.4.3	Das Ende der Spaltung	39
1.5	Hohe Energiepreise – Schlüssel für den Klimaschutz	40
<b>2</b>	<b>Klima vor dem Kollaps?</b>	<b>42</b>
2.1	Es ist warm geworden – Klimaveränderungen heute	42
2.1.1	Immer schneller schmilzt das Eis	42
2.1.2	Naturkatastrophen kommen häufiger	45
2.2	Schuldiger gesucht – Gründe für den Klimawandel	47
2.2.1	Der Treibhauseffekt	47
2.2.2	Hauptverdächtiger Kohlendioxid	48
2.2.3	Andere Übeltäter	53
2.3	Aussichten und Empfehlungen – was kommt morgen?	56
2.3.1	Wird es in Europa bitterkalt?	58
2.3.2	Empfehlungen für einen wirksamen Klimaschutz	60
2.4	Schwere Geburt – Politik und Klimawandel	61
2.4.1	Deutsche Klimapolitik	61
2.4.2	Klimapolitik international	63
2.5	Selbsthilfe zum Klimaschutz	65

<b>3</b>	<b>Vom Energieverschwenden zum Energie- und Kohlendioxidsparen</b>	<b>66</b>
3.1	Wenig effizient – Energiever(sch)wendung heute	66
3.2	Privater Energiebedarf – zu Hause leicht gespart	70
3.2.1	Private Elektrizität – viel Geld verschleudert	70
3.2.2	Wärme – fast ohne heizen durch den Winter	73
3.2.3	Transport – mit weniger Energie weiterkommen	78
3.3	Industrie und Co – schuld sind doch nur die anderen	81
3.4	Die eigene Kohlendioxidbilanz	82
3.4.1	Direkt selbst verursachte Emissionen	82
3.4.2	Indirekt verursachte Emissionen	84
3.4.3	Gesamtemissionen	86
3.5	Ökologischer Ablasshandel	87
<b>4</b>	<b>Die Energiewende – der Weg in eine bessere Zukunft?</b>	<b>91</b>
4.1	Kohle- und Kernkraftwerke – Krücke statt Brücke	92
4.1.1	Energie- und Automobilkonzerne – aufs falsche Pferd gesetzt	92
4.1.2	Braunkohle – Klimakiller made in Germany	95
4.1.3	Kohlendioxidsequestrierung – aus dem Auge aus dem Sinn	97
4.1.4	Atomkraft – Comeback strahlend gescheitert	99
4.2	Effizienz und KWK – ein gutes Doppel für den Anfang	101
4.2.1	Kraft-Wärme-Kopplung – Brennstoff doppelt genutzt	101
4.2.2	Energiesparen – mit weniger mehr erreichen	102
4.3	Regenerative Energiequellen – Angebot ohne Ende	104
4.4	Deutschland wird erneuerbar	105
4.4.1	Runter mit dem Primärenergiebedarf	106
4.4.2	Stromerzeugung ganz ohne atomare und fossile Kraftwerke	108
4.4.3	Dämmung und regenerative Energien zur Wärmeversorgung	110
4.4.4	Effizienzsteigerung und neue Konzepte für den Verkehr	111
4.4.5	Sichere Versorgung mit regenerativen Energien	113
4.4.6	Dezentral statt zentral – weniger Leitungen für das Land	115
4.5	Gar nicht so teuer – die Mär der unbezahlbaren Kosten	117
4.6	Energiewende statt laue Energiewende	119
4.6.1	Deutsche Energiepolitik – im Schatten der Konzerne	119
4.6.2	Energiewende in Bürgerhand – eine Revolution steht ins Haus	120
<b>5</b>	<b>Photovoltaik – Strom aus Sand</b>	<b>122</b>
5.1	Aufbau und Funktionsweise	123
5.1.1	Elektronen, Löcher und Raumladungszonen	123
5.1.2	Wirkungsgrad, Kennlinien und der MPP	125
5.2	Herstellung von Solarzellen – vom Sand zur Zelle	128
5.2.1	Siliziumsolarzellen – Strom aus Sand	128
5.2.2	Von der Zelle zum Modul	130
5.2.3	Dünnschichtsolarzellen	131
5.3	Photovoltaikanlagen – Netze und Inseln	132
5.3.1	Sonneninseln	132
5.3.2	Sonne am Netz	135

5.3.3	Mehr solare Unabhängigkeit	139
5.4	Planung und Auslegung	142
5.4.1	Geplante Inseln	142
5.4.2	Geplant am Netz	144
5.4.3	Geplante Autonomie	148
5.5	Ökonomie	150
5.5.1	Was kostet sie denn?	151
5.5.2	Förderprogramme	152
5.5.3	Es geht auch ohne Mehrwertsteuer	154
5.6	Ökologie	155
5.7	Photovoltaikmärkte	156
5.8	Ausblick und Entwicklungspotenziale	158
<b>6</b>	<b>Solarthermieanlagen – mollig warm mit Sonnenlicht</b>	<b>160</b>
6.1	Aufbau und Funktionsweise	162
6.2	Solarkollektoren – Sonnensammler	164
6.2.1	Schwimmbadabsorber	164
6.2.2	Flachkollektoren	165
6.2.3	Luftkollektoren	166
6.2.4	Vakuum-Röhrenkollektor	167
6.3	Solarthermische Anlagen	169
6.3.1	Warmes Wasser von der Sonne	169
6.3.1.1	Schwerkraftsysteme	170
6.3.1.2	Systeme mit Zwangsumlauf	171
6.3.2	Heizen mit der Sonne	173
6.3.3	Solare Siedlungen	175
6.3.4	Kühlen mit der Sonne	176
6.3.5	Schwimmen mit der Sonne	177
6.3.6	Kochen mit der Sonne	178
6.4	Planung und Auslegung	179
6.4.1	Solarthermische Trinkwassererwärmung	180
6.4.1.1	Grobauslegung	180
6.4.1.2	Detaillierte Auslegung	181
6.4.2	Solarthermische Heizungsunterstützung	182
6.5	Ökonomie	185
6.5.1	Wann rechnet sie sich denn?	185
6.5.2	Förderprogramme	186
6.6	Ökologie	186
6.7	Solarthermiemärkte	187
6.8	Ausblick und Entwicklungspotenziale	189
<b>7</b>	<b>Solkraftwerke – noch mehr Kraft aus der Sonne</b>	<b>191</b>
7.1	Konzentration auf die Sonne	192
7.2	Solare Kraftwerke	194
7.2.1	Parabolrinnenkraftwerke	194
7.2.2	Solarturmkraftwerke	198

7.2.3	Dish-Stirling-Kraftwerke	200
7.2.4	Aufwindkraftwerke	201
7.2.5	Konzentrierende Photovoltaikkraftwerke	202
7.2.6	Solare Chemie	203
7.3	Planung und Auslegung	204
7.3.1	Konzentrierende solarthermische Kraftwerke	205
7.3.2	Aufwindkraftwerke	206
7.3.3	Konzentrierende Photovoltaikkraftwerke	207-
7.4	Ökonomie	207
7.5	Ökologie	208
7.6	Solkraftwerksmärkte	209
7.7	Ausblick und Entwicklungspotenziale	210
<b>8</b>	<b>Windkraftwerke – luftiger Strom</b>	<b>213</b>
8.1	Vom Winde verweht – woher der Wind kommt	214
8.2	Nutzung des Windes	217
8.3	Anlagen und Parks	221
8.3.1	Windlader	221
8.3.2	Große netzgekoppelte Windkraftanlagen	223
8.3.3	Kleinwindkraftanlagen	226
8.3.4	Windparks	228
8.3.5	Offshore-Windparks	229
8.4	Planung und Auslegung	233
8.5	Ökonomie	235
8.6	Ökologie	238
8.7	Windkraftmärkte	239
8.8	Ausblick und Entwicklungspotenziale	241
<b>9</b>	<b>Wasserkraftwerke – nasser Strom</b>	<b>243</b>
9.1	Anzapfen des Wasserkreislaufs	244
9.2	Wasserturbinen	246
9.3	Wasserkraftwerke	249
9.3.1	Laufwasserkraftwerke	249
9.3.2	Speicherwasserkraftwerke	251
9.3.3	Pumpspeicherkraftwerke	252
9.3.4	Gezeitenkraftwerke	254
9.3.5	Wellenkraftwerke	254
9.3.6	Meeresströmungskraftwerke	255
9.4	Planung und Auslegung	256
9.5	Ökonomie	258
9.6	Ökologie	259
9.7	Wasserkraftmärkte	260
9.8	Ausblick und Entwicklungspotenziale	262
<b>10</b>	<b>Geothermie – tiefgründige Energie</b>	<b>263</b>
10.1	Anzapfen der Erdwärme	264
10.2	Geothermieheizwerke und Geothermiekraftwerke	268

10.2.1	Geothermische Heizwerke	268
10.2.2	Geothermische Kraftwerke	269
10.2.3	Geothermische HDR-Kraftwerke	271
10.3	Planung und Auslegung	272
10.4	Ökonomie	273
10.5	Ökologie	274
10.6	Geothermiemärkte	275
10.7	Ausblick und Entwicklungspotenziale	276
<b>11</b>	<b>Wärmepumpen – aus kalt wird heiß</b>	<b>277</b>
11.1	Wärmequellen für Niedertemperaturwärme	277
11.2	Funktionsprinzip von Wärmepumpen	280
11.2.1	Kompressionswärmepumpen	280
11.2.2	Absorptionswärmepumpen und Adsorptionswärmepumpen	281
11.3	Planung und Auslegung	283
11.4	Ökonomie	286
11.5	Ökologie	288
11.6	Wärmepumpenmärkte	290
11.7	Ausblick und Entwicklungspotenziale	291
<b>12</b>	<b>Biomasse – Energie aus der Natur</b>	<b>292</b>
12.1	Entstehung und Nutzung von Biomasse	293
12.2	Biomasseheizungen	296
12.2.1	Brennstoff Holz	296
12.2.2	Kamine und Kaminöfen	300
12.2.3	Scheitholzkessel	301
12.2.4	Holzpelletsheizungen	302
12.3	Biomasseheizwerke und Biomassekraftwerke	304
12.4	Biotreibstoffe	306
12.4.1	Bioöl	307
12.4.2	Biodiesel	307
12.4.3	Bioethanol	308
12.4.4	BtL-Kraftstoffe	310
12.4.5	Biogas	311
12.5	Planung und Auslegung	312
12.5.1	Scheitholzkessel	312
12.5.2	Holzpelletsheizung	313
12.6	Ökonomie	315
12.7	Ökologie	317
12.7.1	Feste Brennstoffe	317
12.7.2	Biotreibstoffe	319
12.8	Biomassemärkte	320
12.9	Ausblick und Entwicklungspotenziale	321
<b>13</b>	<b>Erneuerbare Gase und Brennstoffzellen</b>	<b>323</b>
13.1	Energieträger Wasserstoff	325
13.2	Methanisierung	328

# Inhalt

13.3	Transport und Speicherung von EE-Gasen	329
	13.3.1 Transport und Speicherung von Wasserstoff	329
	13.3.2 Transport und Speicherung von erneuerbarem Methan	330
13.4	Hoffnungsträger Brennstoffzelle	333
13.5	Ökonomie	336
13.6	Ökologie	337
13.7	Märkte, Ausblick und Entwicklungspotenziale	338
<b>14</b>	<b>Sonnige Aussichten – Beispiele für eine nachhaltige Energieversorgung....</b>	<b>340</b>
14.1	Klimaverträglich wohnen	340
	14.1.1 Kohlendioxidneutrales Standardfertighaus	341
	14.1.2 Plusenergie-Solarhaus	342
	14.1.3 Plusenergiehaus-Siedlung	343
	14.1.4 Heizen nur mit der Sonne	344
	14.1.5 Null Heizkosten nach Sanierung	345
14.2	Klimaverträglich arbeiten und produzieren	346
	14.2.1 Büros und Läden im Sonnenschiff	346
	14.2.2 Nullemissionsfabrik	347
	14.2.3 Kohlendioxidfreie Schwermaschinenfabrik	347
	14.2.4 Plusenergie-Firmenzentrale	348
14.3	Klimaverträglich Auto fahren	349
	14.3.1 Abgasfreie Elektropower	350
	14.3.2 Weltumrundung im Solarmobil	351
	14.3.3 In dreiunddreißig Stunden quer durch Australien	352
	<b>14.3.4 Game over CO2!</b>	<b>354</b>
14.4	Klimaverträglich Schiff fahren und fliegen	354
	14.4.1 Moderne Segelschiffahrt	354
	14.4.2 Solarfähre am Bodensee	355
	14.4.3 Höhenweltrekord mit Solarflugzeug	356
	14.4.4 Mit dem Solarflugzeug um die Erde	357
	14.4.5 Fliegen für Solarküchen	358
14.5	Alles wird erneuerbar	360
	14.5.1 Kohlendioxidfreier Strom für die Insel	360
	14.5.2 Hybridkraftwerk für die sichere regenerative Versorgung	361
14.6	Alles wird gut	362
<b>Anhang</b>		<b>364</b>
A.1	Energieeinheiten und Vorsatzzeichen	364
A.2	Geografische Koordinaten von Energieanlagen	365
A.3	Weiterführende Informationen im Internet	368
<b>Literatur</b>		<b>369</b>
<b>Register</b>		<b>373</b>