

Volker Quaschnig

# **Erneuerbare Energien und Klimaschutz**

Hintergründe – Techniken und Planung –  
Ökonomie und Ökologie – Energiewende

4., überarbeitete und erweiterte Auflage

Mit 254 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	32
1.4	Energievorräte – Reichtum auf Zeit	35
1.4.1	Nicht-konventionelle Vorräte – Verlängerung des Ölzeitalters	36
1.4.2	EndeinSicht	38
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>43</b>
2.1	Es ist warm geworden – Klimaveränderungen heute	43
2.1.1	Immer schneller schmilzt das Eis	43
2.1.2	Naturkatastrophen kommen häufiger	47
2.2	Schuldiger gesucht – Gründe für den Klimawandel	50
2.2.1	Der Treibhauseffekt	50
2.2.2	Hauptverdächtiger Kohlendioxid	51
2.2.3	Andere Übeltäter	56
2.3	Aussichten und Empfehlungen – was kommt morgen?	58
2.3.1	Wird es in Europa bitterkalt?	61
2.3.2	Empfehlungen für einen wirksamen Klimaschutz	63
2.4	Schwere Geburt – Politik und Klimawandel	66
2.4.1	Deutsche Klimapolitik	66
2.4.2	Klimapolitik international	67
2.5	Selbsthilfe zum Klimaschutz	69

<b>3</b>	<b>Vom Energieverschwenden zum Energie- und Kohlendioxidsparen</b>	<b>71</b>
3.1	Wenig effizient – Energiever(sch)wendung heute	71
3.2	Privater Energiebedarf – zu Hause leicht gespart	75
3.2.1	Private Elektrizität – viel Geld verschleudert	75
3.2.2	Wärme – fast ohne heizen durch den Winter	78
3.2.3	Transport – mit weniger Energie weiterkommen	83
3.3	Industrie und Co – schuld sind doch nur die anderen	86
3.4	Die eigene Kohlendioxidbilanz	87
3.4.1	Direkt selbst verursachte Emissionen	87
3.4.2	Indirekt verursachte Emissionen	89
3.4.3	Gesamtemissionen	91
3.5	Ökologischer Ablasshandel	92
<b>4</b>	<b>Die Energiewende – der Weg in eine bessere Zukunft?</b>	<b>96</b>
4.1	Kohle- und Kernkraftwerke – Krücke statt Brücke	97
4.1.1	Energie- und Automobilkonzerne – aufs falsche Pferd gesetzt	97
4.1.2	Braunkohle – Klimakiller made in Germany	100
4.1.3	Kohlendioxidsequestrierung – aus dem Auge aus dem Sinn	102
4.1.4	Atomkraft – Comeback strahlend gescheitert	104
4.2	Effizienz und KWK – ein gutes Doppel für den Anfang	106
4.2.1	Kraft-Wärme-Kopplung – Brennstoff doppelt genutzt	106
4.2.2	Energiesparen – mit weniger mehr erreichen	107
4.3	Regenerative Energiequellen – Angebot ohne Ende	109
4.4	Deutschland wird erneuerbar	110
4.4.1	Auf alle Sektoren kommt es an	111
4.4.2	Energiewende im Wärmesektor	112
4.4.3	Energiewende im Verkehrssektor	115
4.4.4	Energiewende im Elektrizitätssektor	118
4.4.5	Sichere Versorgung mit regenerativen Energien	120
4.4.6	Dezentral statt zentral – weniger Leitungen für das Land	123
4.5	Gar nicht so teuer – die Mär der unbezahlbaren Kosten	125
4.6	Energierévolution statt laue Energiewende	127
4.6.1	Deutsche Energiepolitik – im Schatten der Konzerne	127
4.6.2	Energiewende in Bürgerhand – eine Revolution steht ins Haus	128
<b>5</b>	<b>Photovoltaik – Strom aus Sand</b>	<b>130</b>
5.1	Aufbau und Funktionsweise	131
5.1.1	Elektronen, Löcher und Raumladungszonen	131
5.1.2	Wirkungsgrad, Kennlinien und der MPP	133
5.2	Herstellung von Solarzellen – vom Sand zur Zelle	136
5.2.1	Siliziumsolarzellen – Strom aus Sand	136
5.2.2	Von der Zelle zum Modul	138
5.2.3	Dünnschichtsolarzellen	139
5.3	Photovoltaikanlagen – Netze und Inseln	140
5.3.1	Sonneninseln	140
5.3.2	Sonne am Netz	143

5.3.3	Mehr solare Unabhängigkeit	147
5.4	Planung und Auslegung	150
5.4.1	Geplante Inseln	150
5.4.2	Geplant am Netz	152
5.4.3	Geplante Autonomie	156
5.5	Ökonomie	158
5.5.1	Was kostet sie denn?	159
5.5.2	Förderprogramme	160
5.5.3	Es geht auch ohne Mehrwertsteuer	162
5.6	Ökologie	163
5.7	Photovoltaikmärkte	164
5.8	Ausblick und Entwicklungspotenziale	166
<b>6</b>	<b>Solarthermieanlagen – mollig warm mit Sonnenlicht</b>	<b>168</b>
6.1	Aufbau und Funktionsweise	170
6.2	Solarkollektoren – Sonnensammler	172
6.2.1	Schwimmbadabsorber	172
6.2.2	Flachkollektoren	173
6.2.3	Luftkollektoren	174
6.2.4	Vakuum-Röhrenkollektor	175
6.3	Solarthermische Anlagen	177
6.3.1	Warmes Wasser von der Sonne	177
6.3.1.1	Schwerkraftsysteme	178
6.3.1.2	Systeme mit Zwangsumlauf	179
6.3.2	Heizen mit der Sonne	181
6.3.3	Solare Siedlungen	183
6.3.4	Kühlen mit der Sonne	184
6.3.5	Schwimmen mit der Sonne	185
6.3.6	Kochen mit der Sonne	186
6.4	Planung und Auslegung	187
6.4.1	Solarthermische Trinkwassererwärmung	188
6.4.1.1	Grobauslegung	188
6.4.1.2	Detaillierte Auslegung	189
6.4.2	Solarthermische Heizungsunterstützung	190
6.5	Ökonomie	193
6.5.1	Wann rechnet sie sich denn?	193
6.5.2	Förderprogramme	194
6.6	Ökologie	194
6.7	Solarthermiemärkte	195
6.8	Ausblick und Entwicklungspotenziale	197
<b>7</b>	<b>Solkraftwerke – noch mehr Kraft aus der Sonne</b>	<b>199</b>
7.1	Konzentration auf die Sonne	200
7.2	Solare Kraftwerke	202
7.2.1	Parabolrinnenkraftwerke	202
7.2.2	Solarturmkraftwerke	206

7.2.3	Dish-Stirling-Kraftwerke	208
7.2.4	Aufwindkraftwerke	209
7.2.5	Konzentrierende Photovoltaikkraftwerke	210
7.2.6	Solare Chemie	211
7.3	Planung und Auslegung	212
7.3.1	Konzentrierende solarthermische Kraftwerke	213
7.3.2	Aufwindkraftwerke	214
7.3.3	Konzentrierende Photovoltaikkraftwerke	214
7.4	Ökonomie	215
7.5	Ökologie	216
7.6	Solkraftwerksmärkte	217
7.7	Ausblick und Entwicklungspotenziale	218
<b>8</b>	<b>Windkraftwerke – luftiger Strom</b>	<b>221</b>
8.1	Vom Winde verweht – woher der Wind kommt	222
8.2	Nutzung des Windes	225
8.3	Anlagen und Parks	229
8.3.1	Windlader	229
8.3.2	Große netzgekoppelte Windkraftanlagen	231
8.3.3	Kleinwindkraftanlagen	234
8.3.4	Windparks	236
8.3.5	Offshore-Windparks	237
8.4	Planung und Auslegung	241
8.5	Ökonomie	243
8.6	Ökologie	246
8.7	Windkraftmärkte	247
8.8	Ausblick und Entwicklungspotenziale	249
<b>9</b>	<b>Wasserkraftwerke – nasser Strom</b>	<b>251</b>
9.1	Anzapfen des Wasserkreislaufs	252
9.2	Wasserturbinen	254
9.3	Wasserkraftwerke	257
9.3.1	Laufwasserkraftwerke	257
9.3.2	Speicherwasserkraftwerke	259
9.3.3	Pumpspeicherkraftwerke	260
9.3.4	Gezeitenkraftwerke	262
9.3.5	Wellenkraftwerke	262
9.3.6	Meeresströmungskraftwerke	263
9.4	Planung und Auslegung	264
9.5	Ökonomie	266
9.6	Ökologie	267
9.7	Wasserkraftmärkte	268
9.8	Ausblick und Entwicklungspotenziale	270
<b>10</b>	<b>Geothermie – tiefgründige Energie</b>	<b>271</b>
10.1	Anzapfen der Erdwärme	272
10.2	Geothermieheizwerke und Geothermiekraftwerke	276

10.2.1	Geothermische Heizwerke	276
10.2.2	Geothermische Kraftwerke	277
10.2.3	Geothermische HDR-Kraftwerke	279
10.3	Planung und Auslegung	280
10.4	Ökonomie	281
10.5	Ökologie	282
10.6	Geothermiemärkte	283
10.7	Ausblick und Entwicklungspotenziale	284
<b>11</b>	<b>Wärmepumpen – aus kalt wird heiß</b>	<b>285</b>
11.1	Wärmequellen für Niedertemperaturwärme	285
11.2	Funktionsprinzip von Wärmepumpen	288
11.2.1	Kompressionswärmepumpen	288
11.2.2	Absorptionswärmepumpen und Adsorptionswärmepumpen	289
11.3	Planung und Auslegung	291
11.4	Ökonomie	294
11.5	Ökologie	296
11.6	Wärmepumpenmärkte	298
11.7	Ausblick und Entwicklungspotenziale	299
<b>12</b>	<b>Biomasse – Energie aus der Natur</b>	<b>300</b>
12.1	Entstehung und Nutzung von Biomasse	301
12.2	Biomasseheizungen	304
12.2.1	Brennstoff Holz	304
12.2.2	Kamine und Kaminöfen	308
12.2.3	Scheitholzkessel	309
12.2.4	Holzpelletsheizungen	310
12.3	Biomasseheizwerke und Biomassekraftwerke	312
12.4	Biotreibstoffe	314
12.4.1	Bioöl	315
12.4.2	Biodiesel	315
12.4.3	Bioethanol	316
12.4.4	BtL-Kraftstoffe	318
12.4.5	Biogas	319
12.5	Planung und Auslegung	320
12.5.1	Scheitholzkessel	320
12.5.2	Holzpelletsheizung	321
12.6	Ökonomie	323
12.7	Ökologie	325
12.7.1	Feste Brennstoffe	325
12.7.2	Biotreibstoffe	327
12.8	Biomassemärkte	328
12.9	Ausblick und Entwicklungspotenziale	330
<b>13</b>	<b>Erneuerbare Gase und Brennstoffzellen</b>	<b>331</b>
13.1	Energieträger Wasserstoff	333
13.2	Methanisierung	336

13.3	Transport und Speicherung von EE-Gasen	337
13.3.1	Transport und Speicherung von Wasserstoff	337
13.3.2	Transport und Speicherung von erneuerbarem Methan	338
13.4	Hoffnungsträger Brennstoffzelle	341
13.5	Ökonomie	344
13.6	Ökologie	345
13.7	Märkte, Ausblick und Entwicklungspotenziale	346
<b>14</b>	<b>Sonnige Aussichten – Beispiele für eine nachhaltige Energieversorgung....</b>	<b>348</b>
14.1	Klimaverträglich wohnen	348
14.1.1	Kohlendioxidneutrales Standardfertighaus	349
14.1.2	Plusenergie-Solarhaus	350
14.1.3	Plusenergiehaus-Siedlung	351
14.1.4	Heizen nur mit der Sonne	352
14.1.5	Null Heizkosten nach Sanierung	353
14.2	Klimaverträglich arbeiten und produzieren	354
14.2.1	Büros und Läden im Sonnenschiff	354
14.2.2	Nullemissionsfabrik	355
14.2.3	Kohlendioxidfreie Schwermaschinenfabrik	356
14.2.4	Plusenergie-Firmenzentrale	357
14.3	Klimaverträglich Auto fahren	358
14.3.1	Weltumrundung im Solarmobil	358
14.3.2	In dreiunddreißig Stunden quer durch Australien	359
14.3.3	Abgasfrei ausgeliefert	360
14.3.4	Elektroautos für Alle	361
14.4	Klimaverträglich Schiff fahren und fliegen	363
14.4.1	Moderne Segelschiffahrt	363
14.4.2	Solarfähre am Bodensee	364
14.4.3	Höhenweltrekord mit Solarflugzeug	365
14.4.4	Mit dem Solarflugzeug um die Erde	366
14.4.5	Fliegen für Solarküchen	367
14.5	Alles wird erneuerbar	368
14.5.1	Ein Dorf wird unabhängig	368
14.5.2	Hybridkraftwerk für die sichere regenerative Versorgung	370
14.6	Alles wird gut	371
	<b>Anhang</b>	<b>373</b>
A.1	Energieeinheiten und Vorsatzzeichen	373
A.2	Geografische Koordinaten von Energieanlagen	374
A.3	Weiterführende Informationen im Internet	377
	<b>Literatur</b>	<b>379</b>
	<b>Register</b>	<b>383</b>