

Inhalt

Vorwort zur zweiten überarbeiteten Auflage.....	x
„Daten für Deutschland“	x
Vorwort zur ersten Auflage der deutschen Ausgabe.....	xii
Vorwort des Autors, David MacKay	xiv
Wovon handelt dieses Buch?	xiv
Dies ist ein freies Buch	xiv
Wie man dieses Buch lesen sollte	xiv
Teil I: Zahlen, keine Adjektive	1
1. Motivation.....	2
Warum diskutieren wir über Energiepolitik?	5
Die Sache mit dem Klimawandel	6
Historische Verantwortung für den Klimakollaps.....	13
Warnungen an den Leser	16
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	18
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	19
2. Die Bilanz.....	24
Leistung und Energie	26
Spitzfindigkeiten.....	28
Physik und Gleichungen	29
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	30
3. Autos	31
Fragen	32
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	33
4. Wind	34
Fragen	36
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	37
5. Flugzeuge	38
Fragen	39
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	39
6a. Solar.....	41
Solarthermie	42
Photovoltaik	43
Solarfarmen	44
Sagen und Mythen	46
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	48
6b. Biomasse.....	52
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	55
7. Heizung und Kühlung	57
Brauchwassererwärmung.....	57
Wasserkocher und Kochherde.....	57
heiße Wäsche und heiße Teller.....	58
Warmluft – zu Hause und am Arbeitsplatz.....	59
Heizung im Freien und anderer Luxus.....	59
Kühlung.....	59
Kühlschränke und Gefriertruhen	59
Klimaanlagen – Air Condition.....	59

Gesamtbedarf Heizung und Kühlung.....	60
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	61
8. Wasserkraft	62
Wasserkraft in England (UK)	62
Wasserkraft in Deutschland	63
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	64
9. Licht	65
Zimmerbeleuchtung.....	65
Straßenbeleuchtung und Ampeln	65
Scheinwerfer im Verkehr	66
Die Ökonomie von Energiesparlampen	66
Sagen und Mythen	67
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	68
10. Offshore Wind	69
Offshore vor der deutschen Küste	69
Einige Vergleiche und Kosten.....	71
Verluste bei Vögeln.....	72
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	73
11. Kleinelektronik – Gadgets	77
Die Wahrheit über Ladegeräte	77
Elektrogeräte, die wirklich Strom fressen.....	78
Der versteckte Verbrauch des Informationszeitalters	79
Andere Kleingeräte.....	79
Sagen und Mythen	80
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	81
12. Wellen.....	82
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	84
13. Lebensmittel und Landwirtschaft.....	85
Die Energiekosten von Trinkmilch.....	85
Eier	86
Die Energiekosten von Fleisch	86
Dünger und andere Energiekosten der Landwirtschaft.....	87
Die Energiekosten von Minka, Rex und Flicka	88
Sagen und Mythen	88
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	89
14. Gezeiten	91
Grobe Leistungsabschätzung der Gezeitenkraft.....	93
Ankommende Gezeitenkraft.....	93
Gezeitenfarmen	94
Stauwerke	95
Tidenlagunen	97
Vorzüge der Gezeiten	97
Sagen und Mythen	98
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	99
15. Dinge des täglichen Gebrauchs.....	100
Getränkebehälter	101
Andere Verpackung.....	101
Computer	102
Batterien	102
Zeitungen, Zeitschriften und Werbepost	102
Größere Dinge	102
Der Transport der „Dinge“	103

Transport auf der Straße	103
Transport auf dem Wasser	104
Transport von Wasser und Abwasser.....	104
Einzelhandel	105
Die Signifikanz von importierten Gütern.....	106
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	107
16. Geothermie	110
Geothermie auf nachhaltiger Basis – für ewig aufrechtzuerhalten.....	111
Geothermische Leistung als Abbauprodukt	112
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	114
17. Die öffentliche Hand.....	115
Die Energiekosten der Verteidigung	115
Die Kosten der nuklearen Verteidigung.....	115
Energiekosten im Nuklearmaterial für Bomben.....	116
Universitäten.....	117
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	118
18. Können wir von Erneuerbaren Energien leben?.....	119
Reflexionen zu Rot	120
Reflexionen zu Grün	122
Bio-betriebenes Europa	124
Grüne Ambitionen treffen auf soziale Wirklichkeit	125
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	128
Teil II: Die Energiewende - Making a Difference	129
19. Jeder große Schritt zählt	130
Das vereinfachte Deutschland	132
Für den ungeduldigen Leser.....	133
20. Besserer Transport	134
Wie man besser rollt	135
Öffentliche Verkehrsmittel.....	136
Privatfahrzeuge: Technologie, Vorschriften und Anreize	138
Fahrräder	139
Weitere Möglichkeiten der Gesetzgebung.....	140
Die Verbesserung von Autos.....	141
Regeneratives Bremsen.....	141
Hybridautos.....	142
Elektroautos.....	143
Pressluftantrieb	144
Wasserstoffbetriebene Autos – wie mit dem Zeppelin.....	146
Einige Fragen zu Elektrofahrzeugen	148
Die Zukunft des Fliegens?	149
Was ist mit dem Frachttransport?.....	150
„Hey, Sie haben die magnetische Schwebetechnik noch nicht erwähnt“.....	151
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	152
21. Intelligentes Heizen	158
Coole Technologie: der Thermostat	159
Der Kampf gegen die Leckrate.....	159
Eine Fallstudie	160
Bessere Häuser	162
Die Energiekosten des Heizens.....	162
Kraft-Wärme-Kopplung	163
Wärmepumpen	164

Wärmepumpen im Vergleich mit Kraft-Wärme-Kopplung	165
Die Standardlösung ohne KWK.....	165
Kraft-Wärme-Kopplung	166
Schranken des Wachstums bei Wärmepumpen.....	169
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	172
22. Effiziente Verwendung von Elektrizität.....	173
Das Vampirjäger-Experiment.....	173
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	174
23. Nachhaltige fossile Brennstoffe?	175
Neue Kohletechnologien	176
Wann ist das Ende des „business as usual“?	176
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	177
24. Kernkraft?	179
„Nachhaltige“ Energie aus Kernspaltung.....	180
Once-Through Reaktoren, die Uran aus dem Boden verwenden.....	181
Schnelle Brüter Reaktoren, die Uran aus dem Boden verwenden	182
Once-Through, mit Uran aus den Ozeanen.....	182
Schnelle Brüter, die Uran aus den Ozeanen benutzen.....	183
Uran aus Flüssen.....	183
Wie sieht es mit den Kosten aus?.....	183
Thorium	184
Flächenverbrauch.....	185
Die Ökonomie des Rückbaus	186
Sicherheit.....	186
Eine emotionale Sicherheitsbewertung.....	188
Sagen und Mythen	190
Was ist mit der Kernfusion?	193
Lithiumfusion	194
Deuteriumfusion.....	194
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	195
25. Leben von den Erneuerbaren anderer Länder?	199
Eine Technologie mit nennenswertem Beitrag	200
Der DESERTEC-Plan	201
Photovoltaik mit Lichtbündelung.....	203
Fragen	204
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	206
26. Schwankungen und Speicherung.....	208
Wie viel schwanken Erneuerbare?.....	209
Der Umgang mit Flauten und Änderungsraten	211
Versorgungsseitige Maßnahmen zur Schwankungsanpassung	211
Pumpspeicher-Kraftwerke	212
Können wir 1200 GWh speichern?.....	213
Verbrauchsmanagement mit Elektrofahrzeugen	215
Weitere Ideen zu Verbrauchsmanagement und Speicherung	216
Stromverbund - Dänemarks Lösung	218
Eine Lösung mit zwei Stromnetzen	218
Elektroautos als Generatoren	219
Andere Speichertechnologien	220
Schwungräder.....	220
Superkondensatoren	220
Vanadium-Redox-Akkumulatoren.....	220
„ökonomische“ Lösungen.....	221

Jahreszeitliche Schwankungen	221
Windgas – Methanisierung von Überschussstrom	222
Anmerkungen	223
27. Fünf Energiepläne für Deutschland	226
Die derzeitige Situation.....	226
Gemeinsame Punkte in allen fünf Plänen.....	226
Große Mengen Elektrizität erzeugen – die Komponenten.....	228
Große Mengen Elektrizität erzeugen – Plan H.....	230
Große Mengen Elektrizität erzeugen – Plan N.....	231
Große Mengen Elektrizität erzeugen – Plan A.....	232
Große Mengen Elektrizität erzeugen – Plan G.....	232
Große Mengen Elektrizität erzeugen – Plan E.....	233
Wie diese Pläne zu CO ₂ -Saugen und Flugverkehr stehen	234
„All diese Pläne sind absurd!“	235
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	235
28. Betrachtung der Kosten	236
Ein Plan auf der Landkarte.....	236
Die Kosten des Umstiegs von fossilen Brennstoffen auf Erneuerbare	236
Andere Dinge, die Milliarden kosten.....	239
Subventionen.....	239
Transport.....	239
Besondere Anlässe.....	239
Normaler Geschäftsbetrieb	239
Normaler Regierungsbetrieb	240
Zukunftspläne.....	240
Tabaksteuer und ähnliche Spielchen	241
Weltraum.....	241
Banken.....	241
Militär	241
Ausgaben, die nicht in die Milliarden laufen	241
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	242
29. Was jetzt zu tun ist	243
Was mit der CO ₂ -Verschmutzung zu tun ist.....	243
Was mit der Energieversorgung zu tun ist.....	244
Das grüne Steuersystem.....	245
Ökosteuern.....	245
Die Markteintritts-Barriere.....	247
Das Problem kleiner Kostenunterschiede.....	247
Das Problem von Harry und Mona	248
Investitionen in Forschung und Entwicklung.....	249
Individuelle Maßnahmen	249
Nachhaltiger Individualverkehr	251
Individuelle Heizungsmaßnahmen.....	252
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	254
30. Energiepläne für Europa, Amerika und die Welt	256
Wiederholung der Berechnungen für Europa.....	257
Wind	257
Wasserkraft.....	257
Wellen	257
Gezeiten	257
Photovoltaik und Solarthermie auf den Dächern.....	257
Was noch?	258

Die Grundlast.....	258
Wiederholung der Berechnungen für Nordamerika.....	259
Wind	259
Offshore-Wind	259
Geothermie	259
Wasserkraft.....	259
Was noch?	259
Die Grundlast.....	260
Wiederholen der Berechnungen für die gesamte Welt	260
Wind	260
Wasserkraft.....	261
Gezeitenkraft	261
Wellen	261
Geothermie	261
Sonne für Energiepflanzen	261
Solarheizung, Photovoltaik, CSP-Sonnenkraftwerke	262
Die Grundlast.....	262
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	263
31. Das Letzte worüber wir sprechen sollten.....	264
CO ₂ verstehen.....	264
Einheiten	264
Wo ist der Kohlenstoff	265
Wohin geht der Kohlenstoff.....	267
Die Kosten des Einfangs.....	268
A. Chemische Technologien zum Kohlenstoffeinfang	269
B. Wie sieht's mit den Bäumen aus?	269
C. Verstärkte Verwitterung von Felsen.....	270
D. Ozeandüngung.....	270
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	272
32. Sag Ja!	274
Teil III: Technischer Anhang	275
Anhang A. Autos II.....	276
Fahrräder und der Skalierungstrick	279
Was ist mit dem Rollwiderstand?.....	280
Fahrräder	282
Züge.....	282
Geschwindigkeitsabhängigkeit der Energie	282
Elektroautos: Ist die Reichweite ein Problem?.....	283
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	284
Anhang B: Wind II	285
Die Physik der Windkraft.....	285
Variation der Windgeschwindigkeit mit der Höhe	288
Standardeigenschaften der Windmühlen.....	289
Abschätzungen anderer Autoren zur Leistung von Windfarmen pro Flächeneinheit	290
Fragen	290
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	291
Anhang C: Flugzeuge II.....	292
Wie man fliegt.....	292
Effizienz im Hinblick auf Gewicht	297
Kann man Flugzeuge verbessern?.....	298

Transport-Effizienz im Hinblick auf Passagiere	299
Kernpunkte	299
Reichweite	299
Welchen Wirkungsgrad hätte ein Wasserstoff-Flugzeug?	301
Verbesserungsmöglichkeiten bei der Flugzeug-Effizienz	301
Öko-Flugzeuge	302
Viele Boote sind auch Vögel	302
Andere Möglichkeiten, oben zu bleiben.....	304
Luftschiffe	304
Ekranoplan.....	305
Sagen und Mythen	305
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	306
Anhang D: Solar II.....	307
Photovoltaik	307
Die Kosten des Solarstroms	308
Solare Biomasse.....	310
Energiepflanzen als Kohlesubstitution	310
Erdölsubstitution	310
Englands hauptsächliche Biodiesel-Quelle, Raps	310
Ethanol aus Zuckerrüben	311
Bioethanol aus Zuckerrohr	311
Bioethanol aus Getreide in den USA.....	311
Zellulose-Ethanol aus Rutenhirse	311
Auch Jatropha hat eine geringe Leistungsdichte pro Landfläche.....	311
Wie steht es mit Algen?	312
Wie steht's mit Algen im Meer?.....	312
Wie steht's mit Algen, die Wasserstoff produzieren?	312
Nahrungsmittel für Menschen und andere Tiere.....	313
Verbrennen landwirtschaftlicher Nebenprodukte.....	313
Deponiegas.....	313
Müllverbrennung	314
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	315
Anhang E: Heizung II	316
Wärmeleitungs-Verluste.....	316
Lüftungsverluste.....	316
Energieverlust und Temperaturerfordernis (Grad-Tage).....	318
Temperaturerfordernis.....	319
Leckrate – Beispiel: mein Haus	320
Die Wirkung zusätzlicher Wärmedämmung	321
Leckraten-Verbesserung durch Innen-Wandverkleidung	322
Leckraten-Verbesserung durch Außen-Wanddämmung.....	323
Luft-Austausch.....	323
Ein energie-effizientes Haus.....	324
Kenngrößen für Häuser und Büros	325
Ein energie-effizientes Büro.....	325
Moderne Bürogebäude	325
Verbesserung des Wirkungsgrades	327
Theorie der Wärmepumpen.....	327
Trockener Boden.....	328
Heizen und der Boden	328
Erdspeicherung ohne Wände	329
Grenzen der Erdwärmepumpen	329

Die Auswirkungen externer Temperaturveränderung.....	330
Sandboden.....	331
Lehmboden.....	331
Torfboden.....	331
Thermische Masse	332
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	332
Anhang F: Wellen II.....	333
Die Physik von Wellen in tiefem Wasser.....	333
Praktische Wellenkraftwerke.....	335
Anlagen für tiefes Wasser.....	335
Anlagen für seichtes Wasser	336
Anhang G: Gezeiten II.....	337
Leistungsdichte von Gezeitenbecken	337
Die natürlichen Ressourcen der Gezeiten.....	337
Die Leistung von Tidenwellen.....	339
Effekte aus der Abstufung des Meeresbodens und der Corioliskraft.....	340
Leistungsdichte von Gezeitenstromfarmen.....	341
Abschätzung der Gezeiten-Ressourcen aus der Bodenreibung.....	343
Gezeitenbecken mit Pumpen	344
Wie man ein „dauernd laufendes“ Gezeitenkraftwerk mit zwei Becken macht.....	345
Anmerkungen	346
Anhang H: Dinge des täglichen Gebrauchs II	347
Importierte Energie.....	347
Lebenszyklus-Analyse für Gebäude	349
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	351
Anhang I: Schwankungen und Speicherung II.....	352
Speicherung großer Energiemengen: Methanisierung.....	354
Die Chemie	355
Woher kommt das CO ₂ ?.....	356
Wasserstoff als Windgas	356
Anmerkungen und Literaturhinweise.....	357
Teil IV: Nützliche Daten	358
Anhang J: Schnellreferenz	359
SI-Einheiten.....	359
Meine bevorzugten Einheiten für Energie, Leistung und Transport-Effizienz	359
Weitere Einheiten und Symbole	360
Milliarden, Millionen und die Präfixe anderer Autoren	360
Nervige Einheiten	360
Haushalte.....	360
Kraftwerke	361
Autos auf der Straße	361
Kalorien.....	362
Barrel.....	362
Gallonen.....	362
Tonnen	362
BTU und „Quad“	362
Witzige Einheiten.....	363
Tassen Tee.....	363
Doppeldeckerbusse, Albert-Halls, Wembley-Stadien.....	363
Noch mehr Volumen.....	363
Flächen.....	364

Leistung.....	364
Welt-Energieverbrauch.....	364
Nützliche Umwandlungsfaktoren	364
Zählerablesung.....	365
Brennwerte von Treibstoffen	365
Wärmekapazitäten	365
Druck	365
Geld	365
Treibhausgas-Umrechnungsfaktoren.....	366
Anhang K: Bevölkerungsdichten	369
Anhang L: Daten für Bayern.....	373
Die Bilanz	373
Wind	373
Solar	374
Wasserkraft.....	374
Restliche Werte	374
Bilanzierung	374
Literatur- und Referenzverzeichnis 1. Auflage	375
Literatur- und Referenzverzeichnis 2. Auflage	384
Umrechnungstabellen.....	387