

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I Die Energiewende bisher

<b>1</b>	<b>Energiewende 1.0</b>	<b>3</b>
1.1	Momentaufnahmen	4
1.2	Energiewende gleich Stromwende	8
1.3	Entwicklung der erneuerbaren Energien	10
1.3.1	Die ersten 25 Jahre der Energiewende in Deutschland	11
1.3.2	Die Erneuerbaren werden erwachsen	15
1.3.3	Das Auf und Ab der Photovoltaik in Deutschland	15
1.4	Energiewende – Stillstand contra Durchstarten	17
1.4.1	Kaum Fortschritte bei der Energiewende	17
1.4.2	Gründe für das Stocken der Energiewende	19
1.4.3	Engagement für die Energiewende	29
	Literatur	31
<b>2</b>	<b>Am Ende der ersten Halbzeit</b>	<b>35</b>
2.1	Der Spielplan der Energiewende	35
2.1.1	Ziele und Spielregeln	36
2.1.2	Märkte und Grundstruktur des Energiesystems	37
2.1.3	Zwei Mannschaften	38
2.1.4	Zeitlich begrenzte Spieldauer – zwei Halbzeiten	39
2.1.5	Der Schiedsrichter und die Zuschauer	39
2.2	Der Verlauf der ersten Halbzeit	40
2.2.1	Die Neuen im Markt	40
2.2.2	Probleme tauchen auf	41
2.2.3	Kurskorrekturen der Politik	46
2.2.4	Der Beginn der Ernsthaftigkeit	50
2.2.5	Das Ende der ersten Halbzeit	50
2.3	Neuorientierung	51
2.3.1	Vernachlässigung der Klimapolitik	51
2.3.2	Das Wachrütteln	54
2.3.3	Abschied von den Fossilen	56

2.3.4	Neue Energie- und Klimapolitik . . . . .	59
2.3.5	Die Herausforderungen der zweiten Halbzeit . . . . .	60
	Literatur. . . . .	60
<b>3</b>	<b>Energiewirtschaft und Industrie . . . . .</b>	<b>63</b>
3.1	Der Wandel in der Energiewirtschaft. . . . .	63
3.1.1	RWE – alte und neue Energiewelt unter einem Dach . . . . .	63
3.1.2	Die neue E.ON-Story . . . . .	70
3.1.3	Das Tauschgeschäft . . . . .	74
3.1.4	Leitmesse E-world energy & water . . . . .	76
3.2	Auf dem Weg zur Industrie 2050 . . . . .	79
3.2.1	Industrie treibt Klimaschutz voran. . . . .	79
3.2.2	Energieintensive Industrien . . . . .	81
3.2.3	Transformationspfade der Industrie bis 2050. . . . .	83
3.3	Die Automobilindustrie und das Ende des Verbrennungsmotors . . . . .	84
3.3.1	Automobiltechnik am Ende des Ölzeitalters . . . . .	84
3.3.2	Das Festhalten am Verbrennungsmotor . . . . .	87
3.3.3	Mobilität im Wandel. . . . .	89
	Literatur. . . . .	90

## Teil II Der Wandel der Energiewelt

<b>4</b>	<b>Industrielle Revolutionen und die neue Energiewelt. . . . .</b>	<b>95</b>
4.1	Die bisherigen wirtschaftlichen Revolutionen. . . . .	95
4.1.1	Charakteristika ökonomisch-gesellschaftlicher Revolutionen . . . . .	96
4.1.2	Vor den industriellen Revolutionen – die Bedarfwirtschaft. . . . .	100
4.1.3	Erste industrielle Revolution – der Siegeszug der Dampfkraft. . . . .	102
4.1.4	Die zweite industrielle Revolution – die Elektrizität, das Öl und der Verbrennungsmotor . . . . .	103
4.2	Die dritte industrielle Revolution – oder doch nur Industrie 3.0? . . . . .	106
4.2.1	Veränderungen in der Kommunikation-Energie-Matrix . . . . .	107
4.2.2	Dritte ökonomische Revolution versus Industrie 4.0. . .	109
4.3	Eine neue ökonomische Revolution? . . . . .	111
4.3.1	Kommunikation – individual und global . . . . .	111
4.3.2	Logistik – verteilt und autonom. . . . .	112
4.3.3	Energie – dezentral und regenerativ. . . . .	114
4.4	Disruptive Veränderungen in den industriellen Revolutionen . .	115
4.4.1	Merkmale disruptiver Innovationen . . . . .	116

4.4.2	Bewertung der Veränderungen in den industriellen Revolutionen .....	118
4.4.3	Disruptionen und Revolutionen – wann hat sich wirklich etwas verändert? .....	118
4.5	Die Rolle der Energie in der 4. Industriellen Revolution. ....	122
4.5.1	Die neue Kommunikation-Energie-Matrix .....	122
4.5.2	Verständnis und Definition der Energiewende. ....	124
	Literatur. ....	127
<b>5</b>	<b>Digitalisierung und gesellschaftlicher Wandel .....</b>	<b>129</b>
5.1	Die Zukunft ist heute – Szenarien für 2020. ....	130
5.1.1	Zukunftsforschung .....	130
5.1.2	<i>Horizons2020</i> – unsere Gesellschaft im Jahr 2020 ....	131
5.1.3	Die prognostizierte Energiewelt 2020 .....	136
5.1.4	Was die Szenarien nicht beschreiben .....	138
5.2	Gesellschaft im Umbruch .....	139
5.2.1	Globalisierung und Nationalstaaten .....	140
5.2.2	Starker Staat oder mehr Marktfreiheit? .....	142
5.2.3	Demografischer Wandel – mangelnde Veränderungsbereitschaft? .....	145
5.3	Digitalisierung und digitale Wirtschaftsentwicklung. ....	151
5.3.1	Digitalisierung im Mittelstand .....	151
5.3.2	Digitalisierung und digitale Transformation .....	152
5.3.3	Cyber-physische Systeme in der Industrie 4.0. ....	154
5.3.4	Unterschiedliche Bezugsebenen des digitalen Wandels .....	154
5.3.5	Veränderung der Wertschöpfung .....	156
5.3.6	Value Creation in einer digitalisierten Welt .....	159
5.3.7	Gesellschaftliche Herausforderung – Veränderung der Arbeitswelt .....	160
5.3.8	Bedeutung der Digitalisierung für die Energiewelt ....	161
	Literatur. ....	162
<b>6</b>	<b>The Value of Energy – Der Wert der Energie. ....</b>	<b>165</b>
6.1	Unsere wertvolle Welt .....	165
6.2	Der Wertbegriff in den ökonomischen Theorien .....	167
6.2.1	Arbeit, Wertschöpfung und Preisbildung .....	167
6.2.2	Vom Merkantilismus zur Neoklassik – ökonomische Werttheorien im Wandel. ....	168
6.3	Wertschöpfung im Energiesystem .....	172
6.3.1	Die Wertschöpfungskette der konventionellen Energien .....	173
6.3.2	Wertschöpfungsketten der regenerativen Energien ....	176
6.4	Energie- und Strompreisgestaltung .....	180
6.4.1	Energiepreise und Markt .....	180

6.4.2	Strompreise in Deutschland . . . . .	182
6.4.3	Stromgestehungskosten und Merit-Order-Effekt . . . . .	185
6.5	Der neue Wert der Energie . . . . .	188
6.5.1	Wertbildung bei den erneuerbaren Energien . . . . .	190
6.5.2	Wertelemente der Energie jenseits der Kosten . . . . .	191
6.5.3	Der Wert der Versorgungssicherheit . . . . .	193
6.6	Kostenlose Energie in der neuen Energiewelt? . . . . .	196
6.6.1	Infrastruktur als Voraussetzung zur Wertgenerierung . . . . .	196
6.6.2	Kostenlose Energie? . . . . .	197
6.6.3	Wem gehört die Energie? . . . . .	198
6.6.4	Eintrittsgeld für Offshore-Windparks . . . . .	200
6.7	Die neuen Wertdimensionen der Energie . . . . .	202
6.7.1	Messung des wirtschaftlichen Fortschritts . . . . .	202
6.7.2	Die neuen Wertgrößen der Energie . . . . .	203
	Literatur . . . . .	204

### Teil III Die neue Energiewelt

<b>7</b>	<b>Die Nutzensicht der Energiewende . . . . .</b>	<b>209</b>
7.1	Nutzenbetrachtung . . . . .	209
7.1.1	Wenn nicht, dann negativ . . . . .	209
7.1.2	Individueller Nutzen als Treiber . . . . .	213
7.1.3	Nutzendefinition – direkter und indirekter Nutzen . . . . .	213
7.2	Zustandsänderung Klimawandel . . . . .	216
7.2.1	Negative Zustandsänderung . . . . .	216
7.2.2	Beispiele für die Auswirkungen des Klimawandels . . . . .	217
7.2.3	Aufwand zur Vermeidung negativer Zustands- änderungen . . . . .	222
7.3	Symbiose von direktem und indirektem Nutzen . . . . .	225
7.4	Nutzen der Energiewende . . . . .	228
7.4.1	Wende zum Weniger? . . . . .	228
7.4.2	Gesamtwirtschaftlicher Nutzen der Energiewende . . . . .	229
7.4.3	Individueller Nutzen verschiedener Bezugsgruppen . . . . .	232
7.4.4	Nutzenstreben in der Marktwirtschaft . . . . .	234
	Literatur . . . . .	235
<b>8</b>	<b>Wasserstoff . . . . .</b>	<b>237</b>
8.1	Innovation Wasserstoff . . . . .	238
8.1.1	Im Anfang war der Wasserstoff . . . . .	238
8.1.2	Die neue Rolle des Wasserstoffs . . . . .	238
8.1.3	Vor 30 Jahren: Technologien für solaren Wasserstoff . . . . .	240

8.2	Wasserstofftechnologien .....	243
8.2.1	Verfahren zur Wasserstofferzeugung .....	243
8.2.2	Die Wasserstoff-Farbenlehre .....	247
8.2.3	Das Dream-Team – Wasserstoff und elektrischer Strom .....	251
8.2.4	Wasserstoff speichern. ....	254
8.2.5	Nutzung der Erdgasinfrastruktur .....	256
8.3	Die Wasserstoffpolitik in Deutschland .....	257
8.3.1	Förderung der Wasserstofftechnologie .....	258
8.3.2	Anlass für eine Nationale Wasserstoffstrategie .....	258
8.3.3	Die Politik ergreift die Initiative .....	260
8.3.4	Kernpunkte der Nationalen Wasserstoffstrategie .....	261
8.4	Marktdesign für eine Wasserstoffwirtschaft .....	264
8.4.1	Globale Wertschöpfungsketten der Wasserstoff- produktion .....	264
8.4.2	Erforderliche Wasserstoffinfrastruktur .....	266
8.4.3	Dezentralität und Regionalität – Wasserstoffprojekte in Deutschland .....	269
	Literatur. ....	272
<b>9</b>	<b>Ziele und Merkmale der neuen Energiewelt .....</b>	<b>277</b>
9.1	Ziele des neuen Energiesystems .....	277
9.1.1	Unklare Energieziele .....	277
9.1.2	Weiterentwicklung des bisherigen Zieldreiecks. ....	279
9.1.3	Zieldimension Energieeffizienz .....	281
9.1.4	Zieldimension Transparenz .....	284
9.1.5	Das erweiterte Energiezielsystem .....	285
9.1.6	Die neue Energie-Zielraumkarte .....	286
9.2	Dezentralität und Netzwerkansatz .....	289
9.2.1	Dezentralität als Merkmal des Energiesystems .....	289
9.2.2	Innovationen und Mittelstand .....	292
9.2.3	Der Netzwerkansatz .....	294
9.3	Digitalisierung und intelligente Systeme .....	296
9.3.1	Verteilte Systeme .....	297
9.3.2	Verfügbarkeit der Daten .....	298
9.3.3	Intelligente Systeme .....	299
9.3.4	Neue digitale Geschäftsmodelle .....	300
9.4	Verfügbarkeit der Energie .....	302
9.4.1	Der zukünftige Energiebedarf .....	302
9.4.2	Strom als Energieträger .....	303
9.4.3	Stromerzeugung in Deutschland .....	304
9.4.4	Puffer- und Speichermöglichkeit .....	306
9.4.5	Verantwortung für die Verfügbarkeit .....	308
	Literatur. ....	309

## Teil IV Auf dem Weg in eine neue Energiegesellschaft

<b>10 Strategien für die zweite Halbzeit</b>	315
10.1 Die Energiewelt aus Sicht der Wissenschaft	316
10.1.1 ESYS – Energiesysteme der Zukunft	316
10.1.2 Dena-Leitstudie Integrierte Energiewende	320
10.1.3 Vergleich der drei Grundsatzstudien ESYS, BDI und dena	325
10.1.4 Agora Energiewende – Thinktank und Politiklabor	325
10.1.5 Ecologic Institut – Transition in die neue Energiewelt	327
10.2 Die vier Ebenen der Energiewelt	330
10.3 Nationale Politik	333
10.3.1 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	333
10.3.2 Zukunftsbilder der Parteien	336
10.3.3 Wärmewende und Sektorkopplung	342
10.4 Anforderungen an das Marktdesign	344
10.4.1 Das alte Marktdesign wird nicht mehr funktionieren	344
10.4.2 Strom und Wasserstoff – die Energieträger der neuen Energiewelt	345
10.4.3 Wasserstoffmarktdesign	346
10.4.4 Der flexible Strommarkt	348
10.5 Mobilität in der neuen Energiewelt	351
Literatur	352
<b>11 Energiewandel in der Wirtschaft</b>	355
11.1 Neuorientierung der Energiewirtschaft	356
11.1.1 Die neue Energiewelt aus Sicht von RWE und E.ON	356
11.1.2 Siemens und die Energiezukunft	359
11.2 Die Renaissance der Kernenergie?	365
11.2.1 Das Klima retten mit Atomstrom?	366
11.2.2 Bewertung der Nutzung der Kernenergie	367
11.2.3 Abwägen oder neu denken?	370
11.3 Die Konzepte der Industrie	372
11.3.1 Szenarien der Großindustrie	372
11.3.2 Die Klimastudie des BDI	376
11.3.3 Auf dem Weg zum grünen Stahl	378
11.3.4 <i>Roadmap Chemie 2050</i>	382
11.3.5 Batterie- und Speichertechnik im industriellen Maßstab	384

---

11.4	Mittelstand, Innovationen und Start-ups . . . . .	386
11.4.1	Mittelstand und Innovationen . . . . .	386
11.4.2	Start-ups im Energiebereich. . . . .	388
	Literatur. . . . .	390
<b>12</b>	<b>Kommunale neue Energiewelt . . . . .</b>	<b>395</b>
12.1	Stadtwerke – Energiewirtschaft vor Ort. . . . .	395
12.1.1	Stadtwerk der Zukunft . . . . .	395
12.1.2	Stadtwerke als lokale Infrastrukturdienstleister. . . . .	397
12.2	Quartiersentwicklung und Sektorkopplung . . . . .	399
12.2.1	Sektorkopplung auf kommunaler Ebene . . . . .	399
12.2.2	Kommunale Wärmenetze. . . . .	400
12.2.3	Urbane Wärmewende gestalten . . . . .	401
12.2.4	Transformation des Wärmemarktes . . . . .	401
12.3	Kommunale und regionale Konzepte. . . . .	403
12.3.1	Energieland2050 . . . . .	403
12.3.2	Kommunale Mobilität . . . . .	406
12.4	Smart City – mehr als nur eine Energiefrage. . . . .	407
	Literatur. . . . .	409
<b>13</b>	<b>Wegmarken zu einer neuen Energiegesellschaft . . . . .</b>	<b>411</b>
13.1	Neues Verständnis von Energie . . . . .	411
13.2	Merkmale der neuen Energiewelt . . . . .	413
13.3	Auf dem Weg . . . . .	414
13.4	Was nun zu tun ist . . . . .	416