

Georg Erdmann • Peter Zweifel

# Energieökonomik

Theorie und Anwendungen

Zweite, verbesserte Auflage



Springer

# II

## Inhaltsverzeichnis

<b>I Vorwort zur ersten und zweiten Auflage</b> .....	<b>V</b>
<b>II Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>VII</b>
<b>III Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>XIII</b>
<b>IV Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>XVII</b>
<b>V Verzeichnis der Abkürzungen</b> .....	<b>XIX</b>
<b>1 Einführung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Philosophische und evolutionstheoretische Aspekte der Energie .....	1
1.2 Warum Energieökonomik? .....	3
1.2.1 Preise als Koordinierungsinstrument.....	4
1.2.2 Besonderheiten der Energiemärkte.....	7
1.2.3 Energiepolitik .....	9
1.3 Entwicklung der Fachrichtung „Energieökonomik“ .....	11
1.4 Energieökonomik und Ethik .....	12
Literatur .....	13
<b>2 Naturwissenschaftlich-technische Grundlagen</b> .....	<b>15</b>
2.1 Energie aus naturwissenschaftlicher Sicht .....	15
2.1.1 Physik .....	16
2.1.2 Chemie .....	17
2.1.3 Biologie .....	18
2.2 Energie aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht .....	19
2.2.1 Energieeinheiten .....	20
2.2.2 Technische Energiewandlung.....	21
2.3 Energiebilanz .....	23
2.3.1 Bruttoenergie (Primärenergie).....	24
2.3.2 Endenergie.....	26
2.3.3 Statistische Datenquellen.....	27
2.3.4 Nutzenergie .....	28
2.4 Kumulierter Energieaufwand.....	29
2.5 Energetische Input/Output-Tabelle .....	30

Literatur .....	35
<b>3 Wirtschaftlichkeitsrechnung .....</b>	<b>37</b>
3.1 Grundlagen .....	38
3.2 Zinssatz als Preis für die Nutzung von Kapital .....	43
3.3 Inflationsbereinigter Marktzins .....	44
3.4 Zinsen und direkte Steuern .....	46
3.5 Marktzins und Risiko .....	47
3.5.1 <i>Capital Asset Pricing Model (CAPM)</i> .....	48
3.5.2 Neue <i>Asset-Pricing</i> -Bewertungsverfahren .....	50
3.6 Soziale Zeitpräferenz .....	51
3.7 Realoptionen .....	55
3.7.1 Konzept zur Bewertung von Realoptionen .....	55
3.7.2 Black-Scholes-Bewertungsmodell .....	57
3.7.3 Anwendungs-Beispiel Ausgleichsenergie .....	60
Literatur .....	62
<b>4 Bottom-up-Analyse der Energienachfrage.....</b>	<b>65</b>
4.1 Grundkonzept der Prozessanalyse .....	66
4.2 Bestand an Geräten, Gebäuden, Fahrzeugen und Anlagen .....	68
4.3 Kurzfristige Bestimmungsgründe der Energienachfrage .....	73
4.4 Fallstudie Haushaltsstromnachfrage .....	77
4.5 Energieeffizienz .....	79
4.5.1 Effizienzpotential .....	83
4.5.2 Energieeffizienz und Marktversagen .....	84
4.5.3 Contracting .....	88
4.6 Innovationen und technischer Fortschritt .....	89
4.6.1 Invention: Forschung und Entwicklung .....	92
4.6.2 Innovation im engeren Sinne .....	94
4.6.3 Imitation: Diffusion und Lernkurven .....	95
Literatur .....	97
<b>5 Top-down-Analyse der Energienachfrage .....</b>	<b>99</b>
5.1 Bevölkerungswachstum .....	100
5.2 Wirtschaftswachstum .....	102
5.3 Energiepreiseffekte .....	105
5.3.1 Kurz- und langfristige Preiselastizitäten .....	105
5.3.2 Partialanalytischer Modellansatz .....	107
5.3.3 Substitution zwischen Energie und Kapital .....	111
5.4 Energienachfrage und technischer Fortschritt .....	116
Literatur .....	119
<b>6 Endliche Reserven und Nachhaltigkeit .....</b>	<b>121</b>
6.1 Ressourcen und Reserven .....	122
6.1.1 Ressourcen .....	123

6.1.2 Reichweite von fossilen Energiereserven .....	125
6.2 Einzelwirtschaftlich optimale Ressourcennutzung .....	127
6.2.1 Hotelling-Preispfad .....	127
6.2.2 Rolle von <i>Backstop</i> -Techniken.....	130
6.2.3 Rolle von Erwartungen und Erwartungsirrtümern .....	132
6.3 Gesamtwirtschaftlich optimale Ressourcennutzung .....	133
6.3.1 Der optimale Konsumpfad .....	136
6.3.2 Der optimale Abbaupfad der Reserve .....	138
6.3.3 Ursachen und Folgen von Marktversagen .....	139
6.4 Nachhaltigkeit.....	141
6.4.1 Potential an regenerativen Energiequellen .....	141
6.4.2 Hartwick-Regel für schwache Nachhaltigkeit.....	143
6.4.3 Bevölkerungswachstum und technischer Fortschritt.....	148
6.4.4 Anwendungen der Hartwick-Regel .....	148
Literatur .....	150
<b>7 Externe Kosten .....</b>	<b>153</b>
7.1 Das Coase-Theorem.....	154
7.2 Aggregierte Emissionen.....	157
7.3 Umweltpolitische Instrumente .....	160
7.3.1 Internalisierungsansätze .....	161
7.3.2 Standard-orientierte Ansätze .....	163
7.4 Messung der energiebedingten externen Kosten.....	164
Literatur .....	169
<b>8 Märkte für flüssige Energieträger .....</b>	<b>171</b>
8.1 Flüssige Energieträger .....	172
8.1.1 Eigenschaften von Erdöl.....	172
8.1.2 Reserven und Gewinnung von konventionellem Erdöl .....	174
8.1.3 Die <i>Peak-Oil</i> -These.....	176
8.1.4 Unkonventionelles Erdöl.....	178
8.1.5 Raffinerien und Erdölprodukte.....	180
8.1.6 Biogene flüssige Energieträger.....	182
8.2 Erdölwirtschaft .....	186
8.2.1 Der Beginn als vertikal integriertes Monopol .....	186
8.2.2 Globales Oligopol vertikal integrierter privater <i>Majors</i> .....	188
8.2.3 <i>OPEC</i> -Kartell der Erdöl exportierenden Länder .....	191
8.2.4 Staatseigene Erdölförderung .....	195
8.3 Preisbildung .....	199
8.3.1 Erdöl-Spotmarktpreise.....	200
8.3.2 Ölpreis-Prognosen und -Szenarien .....	204
8.3.3 Preise von Erdöl-Futures .....	208
8.3.4 Großhandelspreise von Mineralölprodukten .....	211
8.3.5 Endkundenpreise von Treibstoffen.....	213
Literatur .....	214

<b>9 Märkte für gasförmige Energieträger .....</b>	<b>217</b>
9.1 Gasförmige Energieträger .....	218
9.1.1 Eigenschaften .....	219
9.1.2 Reserven und die Gewinnung von Erdgas .....	220
9.1.3 Biogas und Bio-Erdgas .....	222
9.1.4 Wasserstoff .....	224
9.2 Erdgaswirtschaft .....	226
9.2.1 Pipeline-Transport .....	226
9.2.2 LNG-Transport .....	232
9.3 Preisbildung .....	234
9.3.1 Langfristige <i>Take-or-Pay</i> -Verträge .....	235
9.3.2 Erdgas-Sporthandel .....	238
9.3.3 Strukturierungspreise .....	243
9.4 Gasnetz-Zugang nach dem <i>Entry-Exit</i> -Modell .....	245
Literatur .....	247
<b>10 Märkte für feste Energieträger .....</b>	<b>249</b>
10.1 Festbrennstoffe .....	250
10.1.1 Kohlereserven und -förderung .....	251
10.1.2 Tagebau und Untertage-Bergbau .....	252
10.1.3 Braunkohle .....	253
10.1.4 Biogene Festbrennstoffe .....	254
10.2 Kohlewirtschaft .....	258
10.2.1 Trotz Subventionen schrumpfende Steinkohle-Förderung .....	259
10.2.2 Internationaler Steinkohlehandel .....	261
10.2.3 Preisbildung für Kesselkohle .....	263
10.2.4 Preisbildung für Koks kohle .....	266
10.2.5 Kohleverflüssigung .....	267
Literatur .....	268
<b>11 Kernenergie .....</b>	<b>269</b>
11.1 Grundlagen der Kerntechnik .....	270
11.1.1 Radioaktivität .....	271
11.1.2 Uranbrennstoff .....	273
11.1.3 Abgebrannter Brennstoff .....	274
11.2 Uranmarkt .....	276
11.3 Kernenergie-Risiken .....	279
11.3.1 Probabilistische Sicherheitsanalyse von Kernkraftwerken .....	281
11.3.2 Risiko-Bewertung mit dem $(\mu, \sigma^2)$ -Kriterium .....	283
11.3.3 Risiko-Bewertung über bekundete Präferenzen .....	287
Literatur .....	289
<b>12 Märkte für Elektrizität .....</b>	<b>291</b>
12.1 Besonderheiten des Produkts Elektrizität .....	292
12.1.1 Elektrizität und Konsumentenrente .....	293

12.1.2 Nicht-Speicherbarkeit der Elektrizität .....	294
12.1.3 Leitungsgebundenheit .....	295
12.2 Elektrizitätserzeugung.....	298
12.2.1 Kraftwerkstypen .....	298
12.2.2 Kraftwerksplanung in geschlossenen Versorgungsgebieten.....	301
12.2.3 Kraftwerks- <i>Dispatching</i> auf liberalisierten Strommärkten.....	303
12.2.4 Eigenschaften von <i>Day-ahead</i> -Strompreisen .....	305
12.2.5 Marktmacht .....	309
12.2.6 Portfolio-Management.....	312
12.2.7 Kraftwerksplanung unter Wettbewerbsbedingungen.....	315
12.3 Exkurs: Kraft-Wärme-Kopplung .....	318
12.4 Nutzung der Elektrizitätsnetze .....	322
12.4.1 Elektrizitätsnetze als natürliche Monopole.....	322
12.4.2 Optimale Netznutzungsentgelte.....	323
12.4.3 Anreizregulierung.....	328
12.4.4 Wirtschaftlicher Umgang mit Netzengpässen .....	330
12.4.5 Märkte für Regel- und Ausgleichsenergie.....	332
12.5 Unbundling .....	334
12.5.1 Modell zu den Wohlfahrtseffekten der Entflechtung .....	336
12.5.2 Vertikale Integration bei Wohlfahrtsoptimierung.....	338
12.5.3 Vertikale Integration im Monopolfall.....	339
12.5.4 <i>Unbundling</i> -Alternative bei Wohlfahrtsoptimierung.....	340
12.5.5 <i>Unbundling</i> -Alternative bei unreguliertem Netzmonopol.....	342
Literatur .....	343
<b>13 Märkte für Treibhausgas-Emissionen .....</b>	<b>345</b>
13.1 Das Treibhausproblem .....	346
13.1.1 Merkmale des Treibhausgasproblems .....	347
13.1.2 Treibhausgase.....	349
13.1.3 Treibhausgas-Reduktionsziele.....	350
13.2 Handelbare Emissionsberechtigungen .....	353
13.2.1 Grundlagen .....	353
13.2.2 Implementierung .....	355
13.2.3 Weitere flexible Mechanismen.....	359
13.3 Preisbildung für Emissionsberechtigungen.....	360
Literatur .....	364
<b>Index .....</b>	<b>367</b>