

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Der Primärenergiemarkt .....</b>	<b>1</b>
1.1 Energieformen.....	1
1.1.1 Klassifizierung der Energieformen .....	1
1.1.2 Maß- und Handelseinheiten für Energie .....	2
1.2 Struktur des Energieverbrauchs in Deutschland.....	5
1.2.1 Primärenergieverbrauch .....	5
1.2.2 Endenergieverbrauch .....	7
1.2.3 Energieträgereinsatz zur Stromerzeugung .....	8
1.2.4 Beitrag erneuerbarer Energien zur Energiebereitstellung .....	9
1.3 Herkunft u. Preisentwicklung der Primärenergieträger.....	10
1.3.1 Herkunft und Grenzübergangspreise von Rohöl.....	10
1.3.2 Herkunft und Grenzübergangspreise von Steinkohle.....	14
1.3.3 Herkunft und Grenzübergangspreise von Erdgas.....	18
1.3.4 Herkunft und Preise von Kernbrennstoff .....	23
1.3.5 Preisentwicklung von Importenergien im Vergleich .....	31
1.4 Entwicklung der Brennstoff-Verbraucherpreise.....	33
1.4.1 Preise von Kraftwerkskohle .....	33
1.4.2 Preise von Heizöl .....	34
1.4.3 Preise von Erdgas.....	36
1.5 Schlussfolgerungen .....	37
1.5.1 Lehren aus der Vergangenheit .....	37
1.5.2 Preisrelationen der Hauptenergieträger zum Rohöl .....	37
1.5.3 Preisansätze bei Wirtschaftlichkeitsrechnungen .....	39
Literaturverzeichnis .....	39
<b>2. Beschaffung leitungsgebundener Energien .....</b>	<b>41</b>
2.1 Merkmale eines liberalisierten Energiemarktes .....	41
2.1.1 Mindestanforderungen .....	41
2.1.2 Marktteilnehmer .....	42
2.1.3 Börsenhandel, Funktionsweise und Produkte .....	43
2.2 Die Energiebörse European Energy Exchange „EEX“ .....	44
2.2.1 Stromhandel an der EEX.....	45
2.2.2 Handel mit Emissionsberechtigungen an der EEX .....	51

2.2.3	Erdgashandel an der EEX .....	51
2.3	Strombeschaffung.....	53
2.3.1	Vertragliche Ausgestaltung.....	53
2.3.2	Zusammensetzung der Stromverbraucherpreise .....	55
2.3.3	Strombeschaffung mit Portfoliomangement .....	61
2.3.4	Strombezug mit Vollversorgungsvertrag .....	62
2.3.5	Entwicklung der Strompreise.....	67
2.4	Gasbeschaffung .....	68
2.4.1	Historischer Überblick – Gas-zu-Gas-Wettbewerb .....	68
2.4.2	Vertragliche Ausgestaltung.....	69
2.4.3	Zusammensetzung der Gasverbraucherpreise.....	70
2.4.4	Zugang zu Erdgasspeichern .....	73
2.4.5	Gaslieferungsverträge .....	74
2.5	Beschaffung von Fernwärme .....	77
	Literaturverzeichnis .....	79
<b>3.</b>	<b>Energierrechtliche Rahmenbedingungen.....</b>	<b>81</b>
3.1	Definitionen und Überblick.....	81
3.1.1	EU-Recht.....	81
3.1.2	Deutsches Recht.....	82
3.1.3	Internationale Abkommen.....	83
3.2	Der deutsche energierechtliche Rahmen .....	83
3.2.1	Energiewirtschaftsrecht.....	84
3.2.2	Energiesteuergesetze .....	88
3.2.3	Gesetze zur Kraft-Wärme-Kopplung .....	95
3.2.4	Gesetze zur Förderung erneuerbarer Energien.....	101
3.2.5	Konzessionsabgabenverordnung.....	115
3.3	Klimaschutzrechtliche Rahmenbedingungen .....	116
3.3.1	Internationale Klimaschutzabkommen.....	116
3.3.2	Das EU-Emissionshandelssystem - EU ETS .....	121
3.3.3	Umsetzung des Emissionshandels in Deutschland .....	123
3.3.4	Berechnungsgrundlagen, Rechenbeispiele und Analysen..	130
3.3.5	Geplante Änderungen für die 3. Handelsperiode .....	141
	Literaturverzeichnis .....	145
<b>4.</b>	<b>Investitionsrechnung in der Energiewirtschaft .....</b>	<b>147</b>
4.1	Finanzmathematische Grundlagen .....	147
4.1.1	Der Zeitwert des Geldes, Aufzinsen, Abzinsen, Barwert ..	147
4.1.2	Zinssatz und Inflation.....	149
4.1.3	Ertragsteuern – Kalkulatorischer Zinssatz .....	152
4.2	Zahlungsreihen .....	156

---

4.2.1	Aufbau von Zahlungsreihen.....	156
4.2.2	Anwendungsfälle und Beispiele.....	160
4.3	Investitionsrechnungsmethoden.....	164
4.3.1	Methodische Vorgehensweise.....	164
4.3.2	Dynamische Verfahren.....	165
4.3.3	Statische Verfahren.....	176
4.4	Planerfolgsrechnungsmodelle.....	179
4.5	Randbedingungen für Wirtschaftlichkeitsrechnungen.....	180
4.5.1	Begriffsfestlegungen.....	180
4.5.2	Kostenarten bei Energieprojekten.....	181
4.5.3	Randbedingungen für Wirtschaftlichkeitsrechnungen.....	183
	Literaturverzeichnis.....	185
<b>5.</b>	<b>Physikalisch-technisches Grundwissen.....</b>	<b>187</b>
5.1	Das internationale Einheitensystem.....	187
5.1.1	SI-Einheiten.....	187
5.1.2	Regeln für die Schreibweise von Größen und Einheiten ...	190
5.1.3	Der richtige Umgang mit Einheiten in Formeln.....	191
5.2	Basiswissen Thermodynamik.....	192
5.2.1	Allgemeine Definitionen.....	192
5.2.2	Thermodynamik der Gase und Gasgemische.....	200
5.2.3	Wasserdampfthermodynamik.....	206
5.2.4	Brennstoffkennwerte.....	209
5.2.5	Verbrennungsrechnung.....	212
5.2.6	Kreisprozesse.....	219
5.3	Basiswissen Elektrotechnik.....	222
5.3.1	Stromarten und Stromkreise.....	222
5.3.2	Drehstrommaschinen.....	233
	Literaturverzeichnis.....	240
<b>6.</b>	<b>Energieumwandlung und Emissionen.....</b>	<b>241</b>
6.1	Energieumwandlungsanlagen.....	241
6.1.1	Typen von Energieumwandlungsanlagen.....	241
6.1.2	Kessel.....	241
6.1.3	Arten von Feuerungen.....	247
6.2	Luftverunreinigende Schadstoffemissionen.....	249
6.2.1	Arten von Emissionen.....	249
6.2.2	Emissionsgrenzwerte.....	250
6.3	Emissionsminderungsmaßnahmen.....	251
6.3.1	Primärmaßnahmen zur Emissionsreduzierung.....	251
6.3.2	Sekundärmaßnahmen zur Emissionsminderung.....	253
6.4	Verfahren zur Reduzierung von CO <sub>2</sub> -Emissionen.....	258

6.4.1	Hintergrund und Zielsetzung .....	258
6.4.2	Verfahren zur CO <sub>2</sub> -Abscheidung .....	259
6.4.3	CO <sub>2</sub> -Transport.....	265
6.4.4	CO <sub>2</sub> -Speicherung .....	266
6.4.5	Vergleich der Verfahren, Energieeffizienz und Kosten .....	266
	Literaturverzeichnis .....	269
<b>7.</b>	<b>Kraftwerke, Technik und Kosten.....</b>	<b>271</b>
7.1	Begriffsdefinitionen und Kennzahlen .....	271
7.1.1	Kraftwerkstypen.....	271
7.1.2	Definition der verwendeten Kennzahlen und Begriffe .....	272
7.2	Fossilthermische Kraftwerke.....	274
7.2.1	Dampfkraftwerke .....	274
7.2.2	Gasturbinenkraftwerke.....	282
7.2.3	Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerke .....	286
7.2.4	Verbrennungsmotor-Kraftwerke .....	287
7.2.5	Stromgestehungskosten fossilthermischer Kraftwerke .....	287
7.3	Kernkraftwerke.....	295
7.3.1	Typen und Funktionsweise von Kernreaktoren .....	295
7.3.2	Kernenergieausstieg oder Ausbau.....	296
7.3.3	Der neue European Pressurized Reactor EPR.....	298
7.3.4	Stilllegung von Kernenergieanlagen.....	298
7.3.5	Stromgestehungskosten von Kernkraftwerken .....	300
7.4	Solarthermische Kraftwerke.....	303
7.4.1	Das Energieangebot der Sonne .....	303
7.4.2	Kollektorsysteme für Solarthermische Kraftwerke.....	303
7.4.3	Typen von solarthermischen Kraftwerken .....	306
7.4.4	Investitionsausgaben und Stromgestehungskosten .....	310
7.5	Photovoltaik Anlagen.....	312
7.5.1	Physikalisch-technische Grundlagen .....	312
7.5.2	PV-Module – Aufbau, Funktionsweise, Kenngrößen.....	315
7.5.3	Aufbau von Photovoltaik Anlagen.....	317
7.5.4	Kenngrößen von PV-Anlagen .....	319
7.5.5	Stromgestehungskosten.....	321
7.6	Wasserkraftwerke.....	323
7.6.1	Physikalische Grundlagen.....	323
7.6.2	Typen von Wasserkraftwerken .....	323
7.6.3	Bauarten von Wasserturbinen .....	325
7.6.4	Anlagenbestand, Stromerzeugung, Ausbauperspektiven ...	326
7.6.5	Investitionsausgaben und Betriebskosten .....	327
7.7	Windkraftanlagen.....	329

---

7.7.1	Physikalische Grundlagen.....	329
7.7.2	Anlagentechnik .....	330
7.7.3	Kenngrößen von Windkraftanlagen .....	331
7.7.4	Ermittlung des Energieertrages .....	333
7.7.5	Investitionsausgaben und Stromgestehungskosten .....	337
7.7.6	Ausbauperspektiven der Windenergie.....	342
	Literaturverzeichnis .....	345
<b>8.</b>	<b>Kraft-Wärme-Kopplung, Technik, Kostenaufteilung.....</b>	<b>347</b>
8.1	Thermodynamisch-technische Grundlagen .....	347
8.1.1	Das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung .....	347
8.1.2	Bauarten von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen .....	349
8.1.3	Aufbau und Fahrweise von Heizkraftwerken .....	350
8.1.4	Anwendungsmöglichkeiten und Betreiber .....	351
8.2	Heizkraftwerke .....	352
8.2.1	Verbrennungsmotor-Blockheizkraftwerke.....	352
8.2.2	Gasturbinen-Heizkraftwerke .....	355
8.2.3	Dampfturbinen-Heizkraftwerke .....	356
8.2.4	Gas- und Dampfturbinen-Heizkraftwerke.....	359
8.2.5	Wärmeauskopplung aus Großkraftwerken.....	360
8.3	Kennzahlen der gekoppelten Energieerzeugung .....	361
8.3.1	Thermodynamisches Modell KWK- und Kond.-Anlagen .....	361
8.3.2	Wirkungsgrad und Energienutzungsgrad .....	362
8.3.3	Die Stromkennzahl.....	364
8.3.4	Die Stromverlust-Kennziffer.....	365
8.3.5	Äquivalente Kondensationsleistung .....	366
8.3.6	Beziehungen zwischen den Kennzahlen .....	367
8.3.7	Richtwerte für Kennzahlen von KWK-Anlagen .....	369
8.3.8	Auflistung verwendeter Symbole bei den Kennzahlen .....	375
8.4	Kostenaufteilungsverfahren .....	376
8.4.1	Das Stromäquivalenzverfahren (Arbeitswertverfahren) ....	376
8.4.2	Das Exergie-Verfahren .....	381
8.4.3	Das kalorische Verfahren.....	383
8.4.4	Das Restwertverfahren.....	385
8.5	Wahl des Kostenaufteilungsverfahrens .....	390
	Literaturverzeichnis .....	392
<b>9.</b>	<b>Energietransport und -verteilung .....</b>	<b>393</b>
9.1	Stromübertragung und -verteilung .....	393
9.1.1	Technischer Aufbau der Stromnetze .....	393
9.1.2	Systemkomponenten von elektrischen Netzen.....	396
9.1.3	Das Deutsche und das Europäische Verbundnetz.....	402

9.1.4	Netzzugang und Netznutzung bei Stromnetzen .....	405
9.1.5	Genehmigung der NNE – Anreizregulierung .....	417
9.2	Erdgastransport und -verteilung .....	418
9.2.1	Technischer Aufbau von Erdgasnetzen.....	418
9.2.2	Das deutsche und europäische Erdgas-Verbundnetz .....	421
9.2.3	Auslegung und Betrieb von Erdgasnetzen .....	423
9.2.4	Netzzugang und Netznutzung bei Gasnetzen.....	428
9.3	Fernwärmeverteilung .....	432
9.3.1	Technischer Aufbau von Fernwärmenetzen.....	432
9.3.2	Grundbegriffe der Fernwärmeversorgung.....	434
9.3.3	Ausgewählte Merkmale der Fernwärmeversorgung .....	435
9.3.4	Auslegung und Betrieb von Fernwärmenetzen .....	435
9.3.5	Systemkomponenten von Fernwärmenetzen.....	438
9.3.6	Erschließungskosten der Fernwärmenetze .....	444
	Literaturverzeichnis .....	449
<b>10.</b>	<b>Abwicklung von Energieprojekten .....</b>	<b>451</b>
10.1	Phasen der Projektabwicklung.....	451
10.1.1	Projektstart .....	452
10.1.2	Planung und Vergabe .....	454
10.1.3	Bau und Inbetriebnahme .....	458
10.2	Betrieb der Anlage.....	458
	Literaturverzeichnis .....	459
	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>461</b>
	<b>Sachverzeichnis .....</b>	<b>467</b>