

Inhaltsverzeichnis

1. Der Primärenergiemarkt	1
1.1 Inhalt, Zielsetzung und Schlussfolgerungen	1
1.2 Energieformen	2
1.2.1 Klassifizierung der Energieformen	2
1.2.2 Maß- und Handelseinheiten für Energie	3
1.3 Struktur des Energieverbrauchs in Deutschland.....	5
1.3.1 Primärenergieverbrauch	5
1.3.2 Endenergieverbrauch	7
1.3.3 Energieträgereinsatz zur Stromerzeugung	9
1.3.4 Beitrag erneuerbarer Energien zur Energiebereitstellung	10
1.4 Herkunft u. Preisentwicklung der Primärenergieträger.....	11
1.4.1 Herkunft und Grenzübergangspreise von Rohöl.....	11
1.4.2 Herkunft und Grenzübergangspreise von Steinkohle.....	15
1.4.3 Herkunft und Grenzübergangspreise von Erdgas.....	20
1.4.4 Herkunft und Preise von Kernbrennstoff.....	21
1.5 Preisentwicklung von Primärenergien im Vergleich.....	30
1.6 Entwicklung der Brennstoffverbraucherpreise.....	32
1.6.1 Preise von Kraftwerkskohle	32
1.6.2 Preise von Heizöl	33
1.6.3 Preise von Erdgas.....	35
1.6.4 Preisrelationen der Hauptenergieträger zum Rohöl	36
1.7 Schlussfolgerungen	38
1.7.1 Lehren aus der Vergangenheit	38
1.7.2 Das Prinzip der Preisanlegbarkeit	38
1.7.3 Preisansätze bei Wirtschaftlichkeitsrechnungen.....	40
Literaturverzeichnis	42
 2. Beschaffung leitungsgebundener Energien	 45
2.1 Inhalt, Zielsetzung und Schlussfolgerungen	45
2.2 Merkmale eines liberalisierten Energiemarktes	45
2.2.1 Historischer Überblick und Mindestanforderungen.....	45
2.2.2 Marktteilnehmer.....	46
2.2.3 Börsenhandel, Funktionsweise und Produkte	47

2.3	Die Energiebörse „European Energy Exchange EEX“	48
2.3.1	Stromhandel an der EEX.....	50
2.3.2	Erdgashandel an der EEX	56
2.3.3	Handel mit Emissionsberechtigungen an der EEX	58
2.3.4	OTC-Handel.....	59
2.3.5	Clearing.....	60
2.4	Strombeschaffung.....	60
2.4.1	Vertragliche Ausgestaltung.....	60
2.4.2	Zusammensetzung der Stromverbraucherpreise	63
2.4.3	Strombeschaffung mit Portfoliomanagement	65
2.4.4	Strombezug mit Vollversorgungsvertrag	67
2.4.5	Der klassische Stromlieferungsvertrag	68
2.5	Gasbeschaffung	72
2.5.1	Historischer Überblick – Gas-zu-Gas-Wettbewerb	72
2.5.2	Vertragliche Ausgestaltung.....	73
2.5.3	Zusammensetzung der Gasverbraucherpreise.....	74
2.5.4	Gaslieferungsverträge	76
2.5.5	Der klassische Vollversorgungsvertrag.....	77
2.6	Beschaffung von Fernwärme	80
	Literaturverzeichnis	81
3.	Energierrechtliche Rahmenbedingungen.....	83
3.1	Inhalt, Zielsetzung und Schlussfolgerungen	83
3.2	Definitionen und Überblick.....	84
3.2.1	EU-Recht.....	84
3.2.2	Deutsches Recht.....	85
3.2.3	Internationale Abkommen.....	86
3.3	Der deutsche energierechtliche Rahmen	86
3.3.1	Energiewirtschaftsrecht.....	86
3.3.2	Energiesteuergesetze	91
3.3.3	Gesetze zur Kraft-Wärme-Kopplung	98
3.3.4	Gesetze zur Förderung erneuerbarer Energien.....	107
3.3.5	Konzessionsabgabenverordnung.....	124
3.4	Klimaschutzrechtliche Rahmenbedingungen	125
3.4.1	Internationale Klimaschutzabkommen.....	125
3.4.2	Das EU-Emissionshandelssystem - EU ETS	132
3.4.3	Die dritte Handelsperiode 2013-2020	136
3.4.4	Berechnungsgrundlagen, Rechenbeispiele und Analysen..	143
	Literaturverzeichnis	153
4.	Investitionsrechnung in der Energiewirtschaft	155

4.1	Inhalt, Zielsetzung und Schlussfolgerungen	155
4.2	Finanzmathematische Grundlagen	156
4.2.1	Der Zeitwert des Geldes, Aufzinsen, Abzinsen, Barwert ..	156
4.2.2	Zinssatz und Inflation.....	157
4.2.3	Realer Zinssatz.....	159
4.2.4	Effektiver Zinssatz	161
4.2.5	Ertragsteuern	161
4.2.6	Kalkulatorischer Zinssatz.....	163
4.3	Zahlungsreihen	165
4.3.1	Aufbau von Zahlungsreihen.....	165
4.3.2	Anwendungsfälle und Beispiele.....	169
4.4	Investitionsrechnungsmethoden	173
4.4.1	Methodische Vorgehensweise.....	173
4.4.2	Die Kapitalwertmethode	174
4.4.3	Durchschnittliche diskontierte Stromgestehungskosten.....	177
4.4.4	Die interne Zinssatzmethode.....	179
4.4.5	Die Annuitätenmethode	182
4.4.6	Amortisationsrechnung – Payback Periode	185
4.4.7	Rentabilitätsrechnung.....	187
4.5	Planerfolgsrechnungsmodelle	188
4.6	Randbedingungen für Wirtschaftlichkeitsrechnungen	190
4.6.1	Begriffsfestlegungen	190
4.6.2	Kostenarten bei Energieprojekten	191
4.6.3	Randbedingungen für Wirtschaftlichkeitsrechnungen	193
	Literaturverzeichnis	195
5.	Physikalisch-technisches Grundwissen.....	197
5.1	Inhalt, Zielsetzung und Schlussfolgerungen	197
5.2	Das internationale Einheitensystem	198
5.2.1	SI-Einheiten	198
5.2.2	Regeln für die Schreibweise von Größen und Einheiten ...	201
5.2.3	Der richtige Umgang mit Einheiten in Formeln.....	202
5.3	Basiswissen Thermodynamik.....	203
5.3.1	Allgemeine Definitionen.....	203
5.3.2	Thermodynamik der Gase und Gasgemische.....	212
5.3.3	Wasserdampfthermodynamik	218
5.3.4	Brennstoffkennwerte	221
5.3.5	Verbrennungsrechnung	224
5.3.6	Kreisprozesse	232
5.4	Basiswissen Elektrotechnik.....	235
5.4.1	Stromarten und Stromkreise.....	235

5.4.2	Drehstrommaschinen	245
	Literaturverzeichnis	253
6.	Energieumwandlung und Emissionen	255
6.1	Inhalt, Zielsetzung und Schlussfolgerungen	255
6.2	Energieumwandlungsanlagen.....	256
6.2.1	Typen von Energieumwandlungsanlagen	256
6.2.2	Bauarten von Industrie-Dampferzeugern	256
6.2.3	Bauarten von Kraftwerk-Dampferzeugern.....	260
6.2.4	Arten von Feuerungen.....	262
6.3	Luftverunreinigende Schadstoffemissionen	264
6.3.1	Arten von Emissionen.....	264
6.3.2	Emissionsgrenzwerte	265
6.4	Emissionsminderungsmaßnahmen	266
6.4.1	Primärmaßnahmen zur Emissionsreduzierung.....	266
6.4.2	Sekundärmaßnahmen zur Emissionsminderung	268
6.5	Verfahren zur Reduzierung von CO ₂ -Emissionen	273
6.5.1	Hintergrund und Zielsetzung	273
6.5.2	Verfahren zur CO ₂ -Abscheidung.....	274
6.5.3	CO ₂ -Transport	280
6.5.4	CO ₂ -Speicherung.....	281
6.5.5	Vergleich der Verfahren, Energieeffizienz und Kosten	281
	Literaturverzeichnis	284
7.	Kraftwerke, Technik und Kosten.....	285
7.1	Inhalt, Zielsetzung und Schlussfolgerungen	285
7.2	Begriffsdefinitionen und Kennzahlen	286
7.2.1	Kraftwerkstypen.....	286
7.2.2	Definition der verwendeten Kennzahlen und Begriffe	287
7.3	Fossilthermische Kraftwerke.....	290
7.3.1	Dampfkraftwerke	290
7.3.2	Gasturbinenkraftwerke.....	299
7.3.3	Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerke	303
7.3.4	Verbrennungsmotor-Kraftwerke	305
7.3.5	Stromgestehungskosten fossilthermischer Kraftwerke	305
7.4	Kernkraftwerke.....	313
7.4.1	Typen und Funktionsweise von Kernreaktoren	313
7.4.2	Kernenergieausstieg oder Ausbau.....	314
7.4.3	Der European Pressurized Reactor EPR	315
7.4.4	Stilllegung von Kernenergieanlagen.....	316
7.4.5	Stromgestehungskosten von Kernkraftwerken	318

Literaturverzeichnis	321
8. Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien	323
8.1 Inhalt, Zielsetzung und Schlussfolgerungen	323
8.2 Wasserkraftwerke	324
8.2.1 Physikalische Grundlagen	324
8.2.2 Typen von Wasserkraftwerken	325
8.2.3 Bauarten von Wasserturbinen	327
8.3 Solarstrom-Technologieübersicht	329
8.3.1 Das Energieangebot der Sonne	329
8.3.2 Stand der Technologie von solarthermischen Kraftwerken	331
8.4 Kraftwerke mit Parabolrinnen Technologie	335
8.4.1 Historischer Rückblick	335
8.4.2 Technisches Konzept	337
8.4.3 Das Solarfeld	338
8.4.4 Der Solarkollektor	340
8.4.5 Das HTF-System	341
8.4.6 Der Wärmespeicher	343
8.4.7 Der Solarkraftwerksblock	344
8.4.8 Kommerzielle Parabolrinnen Anlagen in Betrieb	345
8.5 Integrierte Parabolrinnen Solar-GuD-Kraftwerke	346
8.5.1 Technisches Konzept	346
8.5.2 Das Parabolrinnen ISCC-Kraftwerk	346
8.5.3 Parabolrinnen ISCC im kommerziellen Betrieb	347
8.6 Kraftwerke mit Fresnel-Technologie	348
8.6.1 Technisches Konzept	348
8.6.2 Das Solarfeld	349
8.6.3 Der Fresnel Kollektor	351
8.6.4 Absorbersystem	351
8.6.5 Fresnel-Anlagen kommerziellen Maßstabs in Betrieb	352
8.7 Kraftwerke mit Solarturm-Technologie	353
8.7.1 Technisches Konzept	353
8.7.2 Das Solarfeld	354
8.7.3 Die Heliostate	354
8.7.4 Der Receiver	355
8.7.5 Thermischer Energiespeicher und Kraftwerksblock	355
8.7.6 Solarturm-Anlagen kommerziellen Maßstabs in Betrieb	357
8.8 Die Parabolschüssel -Technologie	357
8.9 Photovoltaik Anlagen	358
8.9.1 Physikalisch-technische Grundlagen	358
8.9.2 Aufbau und Funktionsweise von Solarzellen	359

8.9.3	Typen von Solarzellen	360
8.9.4	PV-Module – Aufbau, Funktionsweise, Kenngrößen	362
8.9.5	Aufbau von Photovoltaik Anlagen	365
8.9.6	Kenngrößen von PV-Anlagen	366
8.9.7	Kommerzielle PV Anlagen mit Kraftwerksgröße in Betrieb	368
8.10	Windkraftanlagen	368
8.10.1	Physikalische Grundlagen	368
8.10.2	Windpotential	369
8.10.3	Anlagentechnik	372
8.10.4	Kenngrößen von Windkraftanlagen	374
8.10.5	Klassifizierung von Windkraftanlagen	375
8.10.6	Ermittlung des Energieertrages für eine WKA	377
8.10.7	Ermittlung des Energieertrages für Windparks	382
8.10.8	Ausbauperspektiven der Windenergie	383
8.11	Investitionen und Stromgestehungskosten	384
8.11.1	Technisch-wirtschaftliche Randbedingungen	384
8.11.2	Wasserkraftwerke	390
8.11.3	Parabolrinnen-Solarkraftwerke	392
8.11.4	Solarturm Kraftwerke	394
8.11.5	Photovoltaik-Kraftwerke	395
8.11.6	Windkraftanlagen	397
8.11.6	Niedrigzinsszenario für PV und Wind	401
	Literaturverzeichnis	404
9.	Kraft-Wärme-Kopplung, Technik, Kostenaufteilung	407
9.1	Inhalt, Zielsetzung und Schlussfolgerungen	407
9.2	Das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung	408
9.2.1	Bauarten von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen	410
9.2.2	Aufbau und Fahrweise von Heizkraftwerken	410
9.2.3	Anwendungsmöglichkeiten und Betreiber	412
9.3	Heizkraftwerke	412
9.3.1	Verbrennungsmotor-Blockheizkraftwerke	412
9.3.2	Gasturbinen-Heizkraftwerke	415
9.3.3	Dampfturbinen-Heizkraftwerke	417
9.3.4	Gas- und Dampfturbinen-Heizkraftwerke	420
9.3.5	Wärmeauskopplung aus Großkraftwerken	421
9.4	Kennzahlen der gekoppelten Energieerzeugung	422
9.4.1	Thermodynamisches Modell KWK- und Kond.-Anlagen	422
9.4.2	Wirkungsgrad und Energienutzungsgrad	424
9.4.3	Die Stromkennzahl	425
9.4.4	Die Stromverlust-Kennziffer	427

9.4.5	Äquivalente Kondensationsleistung.....	428
9.4.6	Beziehungen zwischen den Kennzahlen	428
9.4.7	Richtwerte für Kennzahlen von KWK-Anlagen	430
9.4.8	Auflistung verwendeter Symbole bei den Kennzahlen	435
9.5	Kostenaufteilungsverfahren	436
9.5.1	Das Stromäquivalenzverfahren (Arbeitswertverfahren)	436
9.5.2	Das Exergie-Verfahren	441
9.5.3	Das kalorische Verfahren.....	445
9.5.4	Das Restwertverfahren	446
9.6	Wahl des Kostenaufteilungsverfahrens	450
	Literaturverzeichnis	452
10.	Energietransport und -verteilung.....	453
10.1	Inhalt, Zielsetzung und Schlussfolgerungen	453
10.2	Stromübertragung und -verteilung	454
10.2.1	Technischer Aufbau der Stromnetze	454
10.2.2	Systemkomponenten von elektrischen Netzen	457
10.2.3	Das Deutsche und das Europäische Verbundnetz	462
10.3	Netzzugang und Netznutzung bei Stromnetzen.....	464
10.3.1	Pflichten der Netzbetreiber.....	464
10.3.2	Grundlagen der Netznutzung - Bilanzkreise.....	465
10.3.3	Fahrpläne und Standardlastprofile.....	465
10.3.4	Regel- und Ausgleichsenergie.....	468
10.3.5	Ausschreibung und Abrechnung von Regelenenergie.....	471
10.3.6	Genehmigung der NNE - Anreizregulierung	472
10.3.7	Bestimmung der Netznutzungsentgelte	473
10.4	Erdgastransport und -verteilung	477
10.4.1	Technischer Aufbau von Erdgasnetzen	477
10.4.2	Das deutsche und europäische Erdgas-Verbundnetz.....	480
10.4.3	Auslegung und Betrieb von Erdgasnetzen	481
10.5	Netzzugang und Netznutzung bei Gasnetzen	486
10.5.1	Grundlagen des Netzzugangs.....	487
10.5.2	Marktgebiete - virtueller Handelspunkt.....	488
10.5.3	Gasqualität-Übergreifender Erdgashandel	489
10.5.4	Netzmanagement.....	489
10.5.5	Buchung von Leistungskapazitäten.....	489
10.5.6	Handel von Leistungskapazitäten.....	490
10.5.7	Buchung von Speicherkapazitäten.....	491
10.5.8	Handel von Speicherkapazitäten.....	492
10.5.9	Kapazitätsentgelte - Entgeltgenehmigung	492
10.5.10	Bilanzkreismanagement.....	492

10.5.11	Ausgleichs- und Regelenergie.....	493
10.5.12	Die Kooperationsvereinbarung.....	495
10.6	Fernwärmeverteilung.....	495
10.6.1	Technischer Aufbau von Fernwärmenetzen.....	495
10.6.2	Grundbegriffe der Fernwärmeversorgung.....	497
10.6.3	Ausgewählte Merkmale der Fernwärmeversorgung.....	497
10.6.4	Auslegung und Betrieb von Fernwärmenetzen	498
10.6.5	Systemkomponenten von Fernwärmenetzen	501
	Literaturverzeichnis	508
11.	Abwicklung von Energieprojekten	511
11.1	Phasen der Projektabwicklung.....	511
11.1.1	Projektstart.....	512
11.1.2	Planung und Vergabe	514
11.1.3	Bau und Inbetriebnahme	518
11.2	Betrieb der Anlage.....	518
	Literaturverzeichnis	520
	Abkürzungsverzeichnis	521
	Sachverzeichnis	527
	Glossar Deutsch-Englisch.....	535