

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	VII
Verzeichnis der Bearbeiterinnen und Bearbeiter	XI
Inhaltsübersicht	XIII
Abkürzungsverzeichnis	XXVI
Literaturverzeichnis	XXXVIII
1 Einführung.....	1
1.1 Energiewende und Strommarktdesign.....	1
1.2 Kernfragen des Strommarktdesigns	3
1.3 Der Strommarkt 2.0.....	6
1.4 Energiewende als Chance für Unternehmen	9
1.5 Anpassung der Unternehmensstrategien	12
2 Grundlagen des Strommarkts.....	15
2.1 Technisch-wirtschaftliche Grundlagen der Stromwirtschaft.....	15
2.1.1 Stromerzeugung.....	15
2.1.1.1 Konventionelle Stromerzeugung	15
2.1.1.2 Erneuerbare Stromerzeugung	24
2.1.1.3 Einteilung von Kraftwerkstypen nach ihrem Verwendungszweck.....	28
2.1.2 Stromübertragung und -verteilung.....	30
2.1.3 Stromimport und -export.....	33
2.1.4 Stromverbrauch	34
2.2 Kostenstrukturen und Preise.....	36
2.2.1 Kosten der Stromerzeugung	36
2.2.1.1 Kapitalkosten.....	36
2.2.1.2 Betriebskosten	39
2.2.1.3 Brennstoffkosten	40
2.2.1.4 Kosten für CO ₂ -Emissionen	42
2.2.2 Kosten der Stromübertragung und -verteilung	43
2.2.2.1 Netzentgelte.....	43

2.2.2.2	Einflussfaktoren auf die Netzentgelte.....	45
2.2.3	Strompreis einschließlich Umlagen und Steuern.....	46
2.2.3.1	Welche Umlagen und Steuern werden erhoben?.....	46
2.2.3.2	Struktur der Preisbestandteile und Einflussgrößen.....	49
2.3	Preisbildung auf dem deutschen Strommarkt.....	53
2.3.1	Die unterschiedlichen Preisbildungsmechanismen.....	53
2.3.1.1	Over The Counter (OTC-Handel).....	54
2.3.1.2	Börsenhandel.....	55
2.3.1.3	Preisbildung an der Börse.....	59
2.3.3	Ausblick auf zukünftige Entwicklungen	63
2.4	Preisaufsicht	64
2.4.1	Kartellrechtliche Preisaufsicht.....	64
2.4.2	Markttransparenz durch das neue Strommarktgesetz	68
2.4.3	Weitere Möglichkeiten der Marktpreisaufsicht	68
2.4.3.1	ACER	68
2.4.3.2	Bundesanstalt für Finanzdienstleistungen	70
2.4.3.3	Handelsüberwachungsstelle der <i>EEX</i>	71
2.5	Bedeutung der deutschen Stromwirtschaft für Deutschland und Nachbarn	72
2.5.1	Vorgehen und verwendete Daten für die Analyse	72
2.5.2	Verflechtung der deutschen Stromwirtschaft mit weiteren Wirtschaftssektoren im In- und Ausland	74
2.5.3	Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der deutschen Stromwirtschaft	77
2.5.3.1	Bruttowertschöpfung und Bruttoinlandsprodukt	77
2.5.3.2	Beschäftigung.....	80
2.5.3.3	Treibhausgas.....	81
2.5.4	Volkswirtschaftliche Einschätzung der Energiewende.....	82
3	Der Strommarkt für die Energiewende.....	85
3.1	Politische Ziele und gesetzliche Rahmenbedingungen.....	85
3.1.1	Energiepolitik in der EU und in Deutschland.....	85
3.1.2	EU-Vorgaben und Umsetzung in deutsches Regelwerk.....	87
3.1.2.1	Binnenmarktrichtlinien.....	87
3.1.2.2	Umwelt- und klimapolitische Richtlinien.....	89
3.1.2.3	Digitalisierung des Messwesens.....	90
3.1.2.4	Beihilfenrechtlicher Rahmen.....	93

3.1.3	Oberziele in Deutschland	96
3.1.3.1	Umweltverträglichkeit.....	96
3.1.3.2	Wirtschaftlichkeit.....	99
3.1.3.3	Versorgungssicherheit.....	100
3.2	Emissionshandel.....	100
3.2.1	Logik des Emissionshandels.....	100
3.2.2	Ausgestaltung des europäischen Emissionshandels	101
3.2.3	Der Emissionshandel in der Kritik	103
3.3	Marktintegration erneuerbarer Energien	106
3.3.1	Heranführung an den Markt	106
3.3.1.1	Die Entwicklung bis zum EEG 2014.....	106
3.3.1.2	Das EEG 2017	109
3.3.1.3	Ausdehnung des Ausschreibungsmodells	114
3.3.1.4	Prozess- und Systemaspekte des EEG 2017.....	119
3.3.1.5	Exkurs: Dezentrale Erzeugungskonzepte	121
3.3.2	Bilanzkreistreue.....	124
3.4	Anreize für Neuinvestitionen in Erzeugungskapazität	128
3.4.1	Reicht der <i>Energy-only</i> -Markt aus?.....	128
3.4.2	Arten von Kapazitätsmechanismen	132
3.4.3	Investitionsanreize durch konsistente Preissignale.....	134
3.5	Kraftwerksmix für die Energiewende	138
3.5.1	Veränderung des Kraftwerksparks	138
3.5.2	Ausstieg aus der Kernenergieerzeugung	145
3.5.2.1	Änderungen des Atomgesetzes.....	145
3.5.2.2	Verfahren bei Stilllegung, Rückbau und Endlagerung	147
3.5.2.3	Finanzierung des Kernenergieausstiegs.....	149
3.5.2.4	Klageverfahren	151
3.5.3	Ausstieg aus der Stromerzeugung aus Kohle?.....	152
3.5.3.1	Stand der Diskussion.....	152
3.5.3.2	Sicherheitsbereitschaft für Braunkohle	154
3.5.3.3	Effekte des Kohleausstiegs auf die CO ₂ -Emissionen	163
3.5.4	Gaskraftwerke	166
3.5.4.1	Aktuelle Rolle der mit Erdgas befeuerten Kraftwerke	166
3.5.4.2	Wirtschaftliche Situation der Gaskraftwerke.....	168

3.6	Versorgungssicherheit.....	170
3.6.1	Europäischer Regelungsrahmen (Strom und Gas).....	170
3.6.2	Nationaler Regelungsrahmen	173
3.6.3	Vorgaben zur Abschaltkaskade	176
3.6.4	Regelenergie.....	178
3.6.5	<i>Redispatch</i>	184
3.6.6	Netzreserve.....	188
3.6.7	Kapazitätsreserve und Sicherheitsbereitschaft	190
3.7	Vernetzungen in Europa.....	192
3.7.1	Bedeutung der Grenzkuppelkapazitäten	192
3.7.2	Status Quo: Verbundnetz Strom.....	196
3.7.3	Öffnung der Märkte für Regelenergie	201
3.7.4	Auftrennung der DE-AT Strompreiszone.....	201
4	Technologien zur Umsetzung der Energiewende	203
4.1	<i>Smart Grid</i> und intelligente Messsysteme.....	203
4.1.1	<i>Smart Grid</i> in der Energiewende.....	203
4.1.2	Anforderungen an ein <i>Smart Grid</i>	204
4.1.3	<i>Smart Meter Gateway</i> und Administration.....	205
4.1.4	Typische Betriebs- und Geschäftsprozesse	209
4.1.5	IT-Architektur und Technologiestack von der Zentrale bis zum Zählerschrank	210
4.1.6	Flexibilität im Energiesystem aus Netzsicht.....	212
4.1.7	Flexibilität im Energiesystem aus Vertriebsicht	215
4.1.8	Rolle von Speichern, <i>Demand Side Management</i> und virtuellen Kraftwerken für das <i>Smart Grid</i>	216
4.1.9	<i>Smart Meter Rollout</i> und Bedeutung für das deutsche Energiesystem	217
4.1.9.1	Das Messstellenbetriebsgesetz	217
4.1.9.2	Moderne Messeinrichtung	220
4.1.9.3	Intelligente Messsysteme	222
4.2	Virtuelle Kraftwerke	223
4.2.1	Begriffsdefinition	223
4.2.2	Virtuelle Kraftwerke im <i>Smart Market</i> und im <i>Smart Grid</i> : Nutzen und Einsatzfelder	224
4.2.3	Technologien und Komponenten virtueller Kraftwerke.....	225
4.2.4	Virtuelle Kraftwerke: Eine Integrationsaufgabe in Echtzeit.....	228

4.3	Speicher.....	229
4.3.1	Überblick zu Stromspeichertechnologien.....	229
4.3.2	Marktüberblick Deutschland	231
4.3.3	Entwicklungen und Trends.....	233
4.3.4	Stromspeicher und EEG sowie Stromsteuer.....	239
4.4	<i>Power-to-X</i>	243
4.4.1	<i>Power-to-Gas</i>	243
4.4.1.1	Spartenübergreifende Systemlösung – Definition und Standortbestimmung.....	243
4.4.1.2	Produkte Wasserstoff (Technologie Elektrolyse) und Methan (Technologie Methanisierung)	245
4.4.1.3	Bedeutung als Stromspeicher und Systemdienstleister	246
4.4.1.4	Potenziale im Zusammenhang mit dem Erdgasnetz.....	247
4.4.1.5	Umsetzungsstand in Deutschland und entwicklungstechnische Tendenzen	248
4.4.1.6	Rechtliche Rahmenbedingungen	249
4.4.1.7	Kriterien für eine Standortwahl/erfolgskritische Faktoren	252
4.4.1.8	Bedeutung von Power-to-Gas für den Mobilitätssektor	253
4.4.2	<i>Power-to-Heat</i>	254
4.4.2.1	Sektorübergreifende Systemlösung – Definition und Standortbestimmung.....	254
4.4.2.2	Die Power-to-Heat-Technologie	256
4.4.2.3	Bedeutung als Systemdienstleister	257
4.4.2.4	Umsetzungsstand in Deutschland und entwicklungstechnische Tendenzen	258
4.4.2.5	Rechtliche Rahmenbedingungen	259
4.4.2.6	Kriterien für eine Standortwahl/erfolgskritische Faktoren	262
4.5	Lastmanagement (<i>Demand Side Management</i>)	265
4.5.1	Flexibilisierung des Stromsystems	265
4.5.2	<i>Demand Side Management</i>	266
4.5.3	Lastmanagement zur Integration erneuerbarer Energien.....	268
4.5.4	Die Verordnung zu abschaltbaren Lasten und sonstige Erlösmöglichkeiten.....	268
4.5.5	Arten von Lastmanagement.....	271
4.5.6	Entwicklungen im Bereich <i>Demand Side Management</i>	273
4.5.7	Potenziale von Lastmanagement	274
4.5.8	Zukünftige Herausforderungen	276

5	Energieeffizienz und Sektorkopplung	279
5.1	Energieeffizienz	279
5.1.1	Politikziel Energieeffizienz	279
5.1.2	Energieaudits und Energiemanagementsysteme.....	280
5.1.2.1	Energieaudits nach DIN EN 16247-1	280
5.1.2.2	Energiemanagementsystem nach ISO 50001	282
5.1.3	Energieeffizienz-Netzwerke	283
5.1.3.1	Bedeutung.....	283
5.1.3.2	LEEN-Managementsystem.....	285
5.1.3.3	30 Pilot-Netzwerke.....	287
5.1.3.4	Initiative Energieeffizienz-Netzwerke.....	287
5.1.3.5	Herausforderungen bei Energieeffizienz-Netzwerken.....	289
5.2	Wärme	290
5.2.1	Überblick	290
5.2.2	Rahmenbedingungen	291
5.2.3	Maßnahmen zur Umsetzung der Energiewende im Wärmemarkt.....	294
5.2.4	Weiterentwicklung rechtlicher Vorgaben im Wärmemarkt.....	299
5.2.4.1	Gebäudeenergiegesetz (RefE)	299
5.2.4.2	Mieterstromgesetz (RefE)	301
5.3	Alternative Antriebstechnologien und Lösungsansätze im Bereich Verkehr.....	302
5.3.1	Rahmenbedingungen für Mobilität und Verkehr in Deutschland.....	302
5.3.1.1	Wachsender Verkehr	302
5.3.1.2	Ansprüche an „grüne Städte“	305
5.3.1.3	Überschreitung von Schadstoff-Grenzwerten in Ballungszentren	305
5.3.1.4	Rechtliche Rahmenbedingungen	306
5.3.1.5	Klimapolitische Debatte	309
5.3.2	Alternative Antriebe als Bausteine eines künftigen Mobilitätssystems	310
5.3.2.1	Marktentwicklung und Herausforderungen	310
5.3.2.2	Elektroantrieb	311
5.3.2.3	Brennstoffzellentechnologie.....	312
5.3.2.4	Gasbetriebene Fahrzeuge.....	313

5.3.3	Spezifische Lösungsansätze für Städte und Kommunen	313
5.3.4	Ausblick und Chancen.....	317
6	Digitalisierung in der Energiewirtschaft	319
6.1	Veränderungen durch Digitalisierung	319
6.1.1	Digitalisierung als Megatrend	319
6.1.2	Veränderungen entlang der Wertschöpfungskette.....	321
6.1.3	Chancen und Herausforderungen für Energieversorger	324
6.2	<i>Data Analytics</i> als prozessübergreifende Entscheidungsgrundlage.....	326
6.2.1	Zusammenspiel der Marktteilnehmer und Auswirkungen auf die Daten- und Prozessqualität	326
6.2.2	Datenbasierte Lösungsansätze.....	329
6.2.3	Wettbewerb und Kundenwert.....	332
6.3	Datensicherheit.....	337
6.3.1	Wachsendes Gefahrenpotenzial – auch für kritische Infrastrukturen	337
6.3.2	Die Zukunft des Internetprotokolls – Chancen und Risiken.....	338
6.3.3	Das „ <i>Internet of Things</i> “ – <i>IoT</i>	340
6.3.4	Gesetzliche und regulatorische Anforderungen zur digitalen Sicherheit.....	340
6.3.4.1	Kritische Infrastrukturen	340
6.3.4.2	IT-Sicherheitsgesetz	343
6.3.4.3	IT-Sicherheitskatalog der BNetzA	345
6.3.5	Einrichtung eines Informationssicherheits- Managementsystems (ISMS).....	347
6.4	<i>Blockchain</i> -Anwendungen in der Energiewirtschaft.....	349
6.4.1	Vertrauen ohne Mittelsmann	349
6.4.2	Anwendungsbeispiele in der Energiewirtschaft	351
6.4.3	Entwicklung, Chancen und Risiken.....	357
6.5	Wandel zu einem digitalen EVU.....	360
6.5.1	Fokus auf den Faktor Mensch	360
6.5.2	Neue Formen der Zusammenarbeit, Mitsprache und Arbeitsplatzgestaltung als wichtige Bestandteile	361
6.5.3	d.quarks – elementare Bausteine der digitalen Transformation	362
6.5.3.1	Agile Kollaboration	362

6.5.3.2	Partizipation	362
6.5.3.3	Arbeitsplatzgestaltung	363
6.5.4	Entwicklung einer digitalen Kultur	364
7	Geschäftsmodelle im Strommarkt der Energiewende.....	365
7.1	Herkömmliche Geschäftsmodelle unter Druck	365
7.2	Erzeuger	370
7.2.1	Erzeugungskonzepte von der dezentralen Einzelanlage über das Großkraftwerk bis zum Anlagencluster	370
7.2.2	<i>EOM</i> , Regelleistung, Direktvermarktung, Kapazitätsmarkt: Gibt es den optimalen Markt?	371
7.2.3	Chancen, Risiken und <i>Hedging</i> strategien der Erzeugung	373
7.2.4	Stärken- und Schwächenprofile der verschiedenen Arten von Erzeugungsanlagen.....	375
7.2.5	Anlagenzugriff: Die zukünftige Rolle des Anlagen- <i>Contracting</i>	380
7.2.6	Virtuelle Kraftwerke als Geschäftsmodell	381
7.2.6.1	Marktüberblick Deutschland und Einflüsse auf europäischer Ebene.....	384
7.2.6.2	Ausblick auf die nächsten fünf Jahre.....	385
7.2.7	Veränderungen im Geschäftsmodell von Großkraftwerken	386
7.3	Handel und Beschaffung einschließlich Bilanzkreisverantwortliche	387
7.3.1	Der Energiehandel als Geschäftsmodell.....	387
7.3.2	Optimierung und <i>Dispatching</i>	389
7.3.2.1	Grundsätzliches Vorgehen.....	389
7.3.2.2	Intraday-/Day-Ahead-Handel und Regelenergie	393
7.3.2.3	Terminhandel	396
7.4	Netzbetreiber	399
7.4.1	<i>Smart Grid Operator</i>	399
7.4.2	Bereitstellung von Prozessen und IT	401
7.4.3	Nutzung der Breitbandtechnologie.....	403
7.4.4	Aufbau einer <i>E-Mobility</i> -Struktur	404
7.5	Energiedienstleistungen	406
7.5.1	Geschäftsmodell Energiedienstleister.....	406
7.5.2	Von der Energieberatung zum Energiemanagement	408

7.5.3	Wachstumschancen – Welche Themen haben Zukunftspotenzial?	411
7.5.4	Kernkompetenzen für den Dienstleistungsmarkt.....	412
7.6	Vertrieb	413
7.6.1	Kundenbedürfnisse – Was erwartet der Kunde?	413
7.6.2	Kundensegmentierung.....	416
7.6.3	Der Einfluss der Digitalisierung	417
7.6.4	Der Wandel vom <i>Commodity</i> - zum Lösungsanbieter.....	419
7.6.4.1	Serviceangebote zur Erweiterung des Produktportfolio	419
7.6.4.2	Verknüpfung mit Produkten aus dem energiefernem Bereich.....	420
7.6.4.3	<i>Whitelabel</i> -Produkte anbieten und umsetzen.....	421
7.6.4.4	Vertriebsplattformen	422
7.6.5	Kernfähigkeiten zur Umsetzung der neuen Produktwelt.....	423
7.7	Verbraucher (Industrie, Gewerbe, Haushalt, <i>Prosumer</i>)	424
7.7.1	Stromkosten.....	424
7.7.2	EEG-Umlage	426
7.7.2.1	Eigenerzeugung, Eigenversorgung, Stromspeicher und Mieterstrommodelle i.S.d. EEG 2017	426
7.7.2.2	Besondere Ausgleichsregelung gem. §§ 63 ff. EEG 2017	428
7.7.3	KWKG-Umlage.....	430
7.8	Geschäftsmodelle im Messstellenbetrieb	431
7.8.1	Einführung in die Geschäftsmodelllandschaft des Messstellenbetriebs	431
7.8.2	Geschäftsmodell des grundzuständigen Messstellenbetreibers	433
7.8.3	Geschäftsmodell des wettbewerblichen Messstellenbetreibers	435
7.8.4	Geschäftsmodell des <i>Smart Meter Gateway</i> Administrators	437
8	Investoren und ihre Transaktionsentscheidungen	441
8.1	Transaktionsumfeld im Strommarkt.....	441
8.2	Investoren.....	445
8.2.1	Überregional-integrierte Energieversorger.....	445
8.2.2	Regionale Energieversorger und Kommunen.....	447
8.2.3	Finanzinvestoren	449
8.2.4	Bürgerbeteiligungen und Privatinvestoren	451

8.3	Transaktionsobjekte im Strommarkt	453
8.3.1	Konventionelle Stromerzeugung	453
8.3.2	Erneuerbare Energien	455
8.3.3	Exkurs: Auswirkungen der EEG-Novelle auf den <i>Onshore-</i> Windenergiemarkt aus Sicht der Kapitalgeber	458
8.3.3.1	Allgemein erwartete Konsequenzen für den deutschen Onshore-Windenergiemarkt	458
8.3.3.2	Investorenzuwachs schmälert die Renditen	459
8.3.3.3	Rolle der Banken	460
8.3.3.4	Nachfrage nach Onshore-Projekten	462
8.3.4	Dezentrale Stromerzeugung und virtuelle Kraftwerke	463
8.3.5	Energiedienstleistungen und digitale Kundenlösungen	464
8.3.6	Netze und <i>Smart Grids</i>	466
8.4	Bewertung der Transaktionsobjekte	468
8.4.1	Bewertungsmethoden	468
8.4.2	Finanzielle Überschüsse und <i>Cash-Flow</i>	471
8.4.3	Energiespezifische Besonderheiten bei der Planung der <i>Cash-Flows</i>	472
8.4.4	Kapitalisierungszinssatz	474
8.4.5	Energiespezifische Besonderheiten bei der Ermittlung des Kapitalisierungszinssatzes	475
8.4.6	Transaktionswerte	477
8.5	Fazit und Ausblick	479
9	Ausblick auf Strommarkt 2030	481
	Stichwortverzeichnis	487
	Abbildungsverzeichnis	522