

Jens Müller-Merbach

# **Bewertung von Termingeschäften auf Elektrizität**

Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. Dr. h. c. Wolfgang Bühler



**RESEARCH**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Funktionsweise von Strommärkten am Beispiel Skandinaviens</b>	<b>5</b>
2.1	Technische und rechtliche Rahmenbedingungen der Stromversorgung . . . . .	5
2.2	Der skandinavische Elektrizitätsmarkt . . . . .	11
2.2.1	Liberalisierung der skandinavischen Elektrizitätswirtschaft . . . . .	13
2.2.2	Handelsgeschäfte am Spotmarkt . . . . .	14
2.2.3	Handelsgeschäfte am Terminmarkt . . . . .	16
<b>3</b>	<b>Deskriptive Statistik und Datenanalyse</b>	<b>19</b>
3.1	Beschreibung der Daten . . . . .	20
3.1.1	Spotpreisdaten . . . . .	20
3.1.2	Futurespreisdaten . . . . .	21
3.1.3	Produktions-, Verbrauchs-, Import- und Exportmengen . . . . .	22
3.1.4	Wasserreservoir . . . . .	24
3.2	Spotpreis . . . . .	25
3.2.1	Stündlicher Spotpreis . . . . .	26
3.2.2	Täglicher Spotpreis . . . . .	27
3.2.3	Erste Differenz des täglichen Spotpreises . . . . .	33
3.2.4	Wöchentlicher Spotpreis . . . . .	38
3.2.5	Erste Differenz des wöchentlichen Spotpreises . . . . .	40
3.3	Verbrauchsmenge . . . . .	43
3.3.1	Tägliche Verbrauchsmenge . . . . .	43

3.3.2	Erste Differenz der täglichen Verbrauchsmenge . . . . .	47
3.3.3	Wöchentliche Verbrauchsmenge . . . . .	50
3.3.4	Erste Differenz wöchentlicher Verbrauchsmengen . . . . .	51
3.3.5	Verbrauchsmenge und Spotpreis . . . . .	53
3.4	Futurespreise . . . . .	54
3.4.1	Tägliche Futurespreisveränderungen . . . . .	56
3.4.2	Ex-Post-Differenzen zum Spotpreis . . . . .	62
3.4.3	Korrelation der Futurespreise . . . . .	66
3.5	Wasserreservoir . . . . .	67
3.5.1	Abweichung vom Median des Wasserreservoirstands . . . . .	67
3.5.2	Erste Differenzen der Wasserreservoirabweichung . . . . .	69
3.5.3	Zusammenhang zwischen Wasserreservoir und Spotpreis . . . . .	71
<b>4</b>	<b>Modellierungsfragen und -ansätze</b>	<b>73</b>
4.1	Fragestellungen der Strommarktmodellierung . . . . .	73
4.2	Ökonometrische Modelle . . . . .	76
4.3	Reduced-Form-Modelle . . . . .	78
4.4	Gleichgewichtsmodelle . . . . .	80
<b>5</b>	<b>Bewertung im dynamischen Gleichgewichtsmodell</b>	<b>83</b>
5.1	Der ökonomische Rahmen . . . . .	83
5.1.1	Marktstruktur und Marktteilnehmer . . . . .	84
5.1.2	Stromproduktion . . . . .	85
5.1.3	Stochastische Struktur . . . . .	86
5.2	Marktgleichgewicht . . . . .	86
5.3	Bewertung von Kaskadenfutures . . . . .	90
5.4	Theoretische Analyse des Gleichgewichtsmodells . . . . .	92
5.4.1	Analyse im Ein-Perioden-Fall . . . . .	92
5.4.2	Analyse im Mehr-Perioden-Fall . . . . .	96

<b>6</b>	<b>Das Reduced-Form-Modell von Lucia und Schwartz</b>	<b>99</b>
6.1	Der ökonomische Rahmen . . . . .	100
6.2	Modellherleitung . . . . .	100
6.3	Ökonomische Analyse des Modells . . . . .	101
<b>7</b>	<b>Komparative Statik</b>	<b>103</b>
7.1	Modellspezifikation . . . . .	103
7.1.1	Spezifikation des Gleichgewichtsmodells . . . . .	104
7.1.2	Spezifikation des Reduced-Form-Modells . . . . .	105
7.1.3	Spezifikation von Zeithorizont und Zuständen . . . . .	105
7.1.4	Spezifikation des einperiodigen Gleichgewichtsmodells . . . . .	106
7.1.5	Implementierung . . . . .	106
7.2	Terminstrukturkurven . . . . .	107
7.3	Variation der Modellparameter . . . . .	113
7.3.1	Parameter der stochastischen Prozesse . . . . .	114
7.3.2	Risikoparameter . . . . .	117
7.3.3	Parameter der Marktstruktur . . . . .	119
<b>8</b>	<b>Aufbau der empirischen Studie</b>	<b>123</b>
8.1	Allgemeine Verfahrensregeln . . . . .	123
8.1.1	Wöchentliche Zustandsvariable . . . . .	123
8.1.2	Deterministische Komponente aus täglichen Daten . . . . .	124
8.1.3	Schätzperioden und Bewertungstage . . . . .	127
8.2	Schätzung des Reduced-Form-Modells . . . . .	129
8.3	Schätzung des Gleichgewichtsmodells . . . . .	132
8.4	Überprüfung der theoretischen Futurespreise . . . . .	138
8.4.1	Berechnung der Bewertungsfehler und Risikoprämien . . . . .	139
8.4.2	Analyse der Bewertungsfehler und Risikoprämien . . . . .	143
<b>9</b>	<b>Ergebnisse der empirischen Untersuchung</b>	<b>147</b>

---

9.1	Ergebnisse der Parameter- und Prozess-Schätzung des Reduced-Form-Modells . . . . .	147
9.2	Ergebnisse der Parameter- und Prozess-Schätzung des Gleichgewichtsmodells	155
9.3	Out-Of-Sample-Studie unter Risikoneutralität (Studie A) . . . . .	163
9.3.1	Univariate Fehleranalyse . . . . .	168
9.3.2	Multivariate Fehleranalyse . . . . .	174
9.4	In-Sample-Schätzung der Risikoparameter (Studie B) . . . . .	177
9.4.1	Univariate Fehleranalyse . . . . .	186
9.4.2	Analyse der Risikoprämien . . . . .	189
9.5	Out-Of-Sample-Studie risikoadjustierter Futurespreise (Studie C) . . . . .	191
9.5.1	Univariate Fehleranalyse . . . . .	194
9.5.2	Analyse der Risikoprämien . . . . .	198
<b>10</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>201</b>
<b>A</b>	<b>Einzelergebnisse der empirischen Untersuchung</b>	<b>211</b>
A.1	Out-Of-Sample-Untersuchung unter Risikoneutralität (Studie A) . . . . .	211
A.2	In-Sample-Studie (Studie B) . . . . .	215
A.3	Out-Of-Sample-Studie risikoadjustierter Futurespreise (Studie C) . . . . .	219