

Michael Wagner

876 159 757

CO₂-Emissionszertifikate – Preismodellierung und Derivatebewertung

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Rahmenbedingungen des Emissionshandels	5
2.1	Das Kyoto-Protokoll	5
2.1.1	Inhalt und Ziele	6
2.1.2	Stand der Umsetzung	9
2.2	Das EU Emissionshandelssystem (EU EHS)	10
2.2.1	Ziele	10
2.2.2	Institutioneller Rahmen	11
2.2.3	Stand der Umsetzung	16
2.3	Weitere Emissionshandelssysteme	18
2.3.1	Handelssysteme für Treibhausgase	18
2.3.2	US SO ₂ -Handelssystem	19
3	CO₂-Handel und Gestaltung von CO₂-Derivaten	23
3.1	Handel von CO ₂	23
3.1.1	Marktumfeld	24
3.1.2	Preisbildungsmechanismus	28
3.1.3	Einflussfaktoren auf CO ₂ -Preise	30
3.1.4	Vergleich von CO ₂ und anderen Gütern	34
3.2	Gestaltung von CO ₂ -Derivaten	37

3.2.1	Erfolgsfaktoren derivativer Instrumente	37
3.2.2	Bedürfnisse von Marktteilnehmern im EU EHS	41
3.2.2.1	Risiken im EU EHS	41
3.2.2.2	Ziele der Marktteilnehmer im EU EHS	43
3.2.3	Diskussion möglicher Ausgestaltungsoptionen von CO ₂ -Derivaten	44
3.3	Expertenbefragung zum Handel von CO ₂ und zur Gestaltung von CO ₂ -Derivaten	47
3.3.1	Methodik und Expertenauswahl	48
3.3.2	Inhalt des Fragebogens und Ergebnisse der Befragung	49
3.3.2.1	Relevanz der Einflussfaktoren auf CO ₂ -Preise	50
3.3.2.2	Bewertung möglicher Ausgestaltungsoptionen von CO ₂ -Derivaten	52
3.3.2.3	Bewertung der Erfolgchancen von CO ₂ -Derivaten	58
3.4	Fazit: CO ₂ -Handel und Gestaltung von CO ₂ -Derivaten	60
4	Modellierung von CO₂-Preisen	63
4.1	CO ₂ -Preismodellierung in der Literatur	64
4.2	Markteffizienz	67
4.2.1	Diskussion der Markteffizienz im EU EHS	68
4.2.2	Empirische Analyse zur Markteffizienz im EU EHS	69
4.3	Theoretisches CO ₂ -Preismodell	75
4.3.1	Modellbeschreibung	75
4.3.2	Ableitung des Spotpreisprozesses	80
4.3.2.1	Charakteristische Partialdifferentialgleichung	80
4.3.2.2	Analytische Lösung für Spezialfall	82
4.3.2.3	Numerische Lösung für allgemeinen Fall	86
4.3.3	Analyse des resultierenden Spotpreisprozesses	87

4.3.4	Modellerweiterung um Risikoaversion	91
4.3.5	Fazit: Theoretisches CO ₂ -Preismodell	93
4.4	Direkte CO ₂ -Preismodellierung	97
4.4.1	Datengrundlage	97
4.4.2	Stochastische Prozesse für direkte CO ₂ -Preismodellierung	101
4.4.2.1	Geometrisch Brownsche Bewegung	102
4.4.2.2	Ornstein-Uhlenbeck	103
4.4.2.3	Prozess mit Preisobergrenze	103
4.4.2.4	Jump-Diffusion	104
4.4.2.5	Heston-GARCH	105
4.4.2.6	Regime-Switching	106
4.4.3	Kalibrierung und Diskussion der Prozesse für die 1. Handelsperiode	107
4.4.4	Kalibrierung der Prozesse für die 2. Handelsperiode und Vergleich zur 1. Handelsperiode	114
4.4.5	Robustheitsanalyse	118
4.4.6	Out-of-Sample-Analyse	120
4.4.7	Fazit: Direkte CO ₂ -Preismodellierung	122
5	Bewertung von CO₂-Derivaten	123
5.1	CO ₂ -Derivatebewertung in der Literatur	123
5.2	Bewertung von linearen CO ₂ -Derivaten	125
5.2.1	Zusammenhang von Spot- und Terminmarkt	126
5.2.2	Datengrundlage	128
5.2.3	Empirischer Test des Cost-of-Carry-Zusammenhangs	131
5.2.4	Preisführerschaft Spot- versus Terminmarkt	140
5.2.5	Fazit: Bewertung von linearen CO ₂ -Derivaten	146
5.3	Bewertung von nichtlinearen CO ₂ -Derivaten	147

5.3.1	Risikoneutrale Bewertung	148
5.3.2	Überführung der Prozesse ins risikoneutrale Maß	149
5.3.3	Bewertung am Beispiel von europäischen Kaufoptionen	152
5.3.4	Modellrisiko bei der Bewertung	156
5.3.4.1	Definition des Modellrisikos	156
5.3.4.2	Analyse des Modellrisikos	158
5.3.4.3	Strategien zur Verringerung des Modellrisikos	160
5.3.5	Fazit: Bewertung von nichtlinearen CO ₂ -Derivaten	161
6	Zusammenfassung und Ausblick	163
A	Emissionsziele im Kyoto-Protokoll	167
B	Berechnungen zum CO₂-Preismodell	169
B.1	Herleitung von $G(t)$	169
B.2	Lösung der charakteristischen Partialdifferentialgleichung	171
B.3	Volatilität von $S(t, x_t)$ in Abhängigkeit von $G(t)$	172
C	Interviewleitfaden	175
	Literaturverzeichnis	187