

Risk Premium implied in the EU-ETS: Dynamics and Impacting Factors

Mag. Thomas Kremser¹

Dr. Margarethe Rammerstorfer²

Schlüsselwörter

EU-ETS, Carbon Dioxide, Price Dynamics, Risk Premium, Convenience Yield.

JEL Klassifikation

G12, G13, L50

Überblick

Im Zuge des Kyoto Protokolls wurde im Januar 2004 das Europäische Emissionshandelssystem (EU-ETS - European Emission Trading System) zur Reduktion von CO₂-Emissionen gegründet.³ Das EU-ETS Konzept umfasst nationale Emissions-Zuteilungspläne (NAP)⁴ für die EU-Mitgliedstaaten und basiert auf festen Emissions-Obergrenzen, was Unternehmen dazu zwingen soll ihre Emissionen zu reduzieren (gemäß den NAPs). Diese Reduktion kann mittels eigener Aktivitäten (Clean Technologies, etc.) erreicht werden oder durch den Kauf von CO₂-Verschmutzungsrechten sog. EUAs (EUAs - EU Emission Allowances). Die erste Handelsperiode erstreckte sich von 2005 bis Ende 2007. 95% der Emissionsrechte wurden in der ersten Handelsperiode kostenlos zugeteilt, d.h. nur 5% unterlagen dem EU-ETS Auktionsmechanismus. Dieser Allokationsschlüssel führte dazu, dass in der ersten Handelsperiode ein Überangebot an Verschmutzungs-Zertifikaten herrschte, was einen Rückgang des CO₂-Zertifikats-Preises zur Folge hatte. Fernerhin führte auch die fehlende Möglichkeit Zertifikate mit in die zweite Handelsperiode übertragen zu können gegen Ende des ersten Berichtszeitraums zu einem kontinuierlichen Absinken des CO₂-Zertifikats-Preises. Die zweite Periode begann Anfang 2008 und dauerte bis Dezember 2012. Hierin sind weiterhin die nationalen Zuteilungspläne (NAPs) der Europäischen Kommission die Grundlage für die kostenlose Zuteilung, sowie für den EU-ETS Auktionsmechanismus (bis zu 10%). Im Gegensatz zur ersten Handelsphase, können die Emissionsreduktionen nun auch über Projekte mit Drittstaaten realisiert werden (hierzu zählen Clean Development Plans und Joint Implementation Projects). Für zukünftige Handelsperioden, hat sich die Europäische Union darauf geeinigt Veränderungen im EU-ETS Rahmenwerk vorzunehmen, z.B. die Erhöhung des Anteils der über den EU-ETS Auktionsmechanismus zugeteilt wird. Dieser soll sich ab dem Jahr 2013 auf 20% erhöhen und dann kontinuierlich bis 2020 auf 70% steigen. Obwohl der Anteil der auktionierten und gehandelten Emissionszertifikate eher gering ist, werden diese über mehrere Warenbörsen in Europa, so z.B. der European Energy Exchange (EEX), der Intercontinental Exchange (ICE) oder dem norwegischen Nord Pool, gehandelt. Seit 2005 hat das Handelsvolumen innerhalb des EU-ETS eine Höhe von ca. 1,6 Milliarden Tonnen an CO₂ erreicht (Stand 2007).⁵ Auf lange Sicht wird das Handelsvolumen eines globalen Emissionsmarktes für CO₂-Zertifikate auf ca. 2,7 Milliarden Tonnen CO₂ geschätzt.

¹ Wirtschaftsuniversität Wien; Institute for Banking, Finance and Insurance; Anschrift: Heiligenstädter Straße 46-48, A-1190 Vienna, Austria; Email: thomas.kremser@wu.ac.at; Phone: +43-1-31336-6342

² Wirtschaftsuniversität Wien; Institute for Banking, Finance and Insurance; Anschrift: Heiligenstädter Straße 46-48, A-1190 Vienna, Austria; Email: margarethe.rammerstorfer@wu.ac.at; Phone: +43-1-31336-5995

³ Überdies wurden Certified Emissions Reductions (CERs) Zertifikate entwickelt, die organisatorisch unterhalb der EUAs (EU Emission Allowances) einzustufen sind. Bei diesen Zertifikaten handelt es sich um handelbare Instrumente, die aus Clean Development Mechanisms (CDM) Projekten entstehen.

⁴ Die nationalen Zuteilungspläne setzen sich aus zwei Komponenten zusammen – einem Makro Plan und einem Mikro-Plan. Der Makro Plan fixiert für alle nationalen Verschmutzer (Energieproduzenten, Industriebetriebe, etc.) die Höhe der zulässigen Emissionen. Innerhalb des Mikro-Plans, wird der erlaubte Verschmutzungsanteil dem jeweiligen Werk zugeordnet.

⁵ Eine Tonne CO₂ entspricht einem EUA.

Infolgedessen werden wir uns im nachfolgenden mit der Frage beschäftigen welche makroökonomischen Faktoren sowie weitere Einflussvariablen des Finanzmarktes die ex-ante Risikoprämie im CO2-Markt beeinflussen. Aus diesem Grund wird ein Zustands-Raum-Modell (State Space Model) angewandt, welches die Ermittlung der unbekannt Variable „ex-ante Risikoprämie“ ermöglicht indem die Risikoprämie aus Vergangenheitswerten des Kassa-/Spotpreises sowie des Futures-Preises von CO2 geschätzt wird. In einem zweiten Schritt wenden wir uns der Bestimmung der Einflussfaktoren zu. Hierbei ist nicht nur die Feststellung der Einflussvariablen von Interesse, sondern auch die effektive Ausrichtung ebendieser Faktoren auf die Risikoprämie. Zusätzlich zu den Variablen „Markttrendite“, „risikoloser Zinssatz“, „Commodity-Index“ sowie des Returns von Öl, werden wir auch den Einfluss der Verfügbarkeitsprämie (Convenience Yield⁶) abgeleitet nach Heaney (2002) testen. Heaney (2002) nimmt an, dass die Investoren zu maximalen Preisen handeln und folglich ermöglicht seine Ableitung der Verfügbarkeitsprämie einen Referenzwert für die maximal erreichbare Convenience Yield in einem bestimmten Markt zu bestimmen. Um die Unterschiede zwischen der ersten und der zweiten Handelsperiode deutlich zu machen, wird das Beobachtungs-Sample in ein Sub-Sample von 2005-2007 und ein Sub-Sample von 2008 bis heute aufgeteilt.

Methodik

In einem ersten Schritt ermitteln wir die theoretische ex-ante Risikoprämie, welche die Erwartungen der Marktteilnehmer an zukünftige Kassa-/Spotpreisentwicklungen des CO2-Zertifikats-Preises widerspiegelt. In einem zweiten Schritt wird die Verfügbarkeitsprämie nach Heaney (2002) für den zugrundeliegenden EU-ETS Markt bestimmt. Darauf aufbauend testen wir die zuvor determinierten Einflussfaktoren mittels eines Regressions-Modells, um deren Signifikanz und effektive Ausrichtung zu bestimmen.

Ex-ante Risikoprämie

Für die Ermittlung der (ex-ante und ex-post) Risikoprämie folgen wir dem Ansatz der in Bigman et al. (1983), Fama und French (1987), Deaves und Krinsky (1992), sowie Wei und Zhu (2006) und Weron (2008) Anwendung findet. Wir erwarten, dass der Futures-Preis ($F_{t,T}$) zum Zeitpunkt t für die Lieferung zum Zeitpunkt T, zuzüglich einer Risikoprämie (ex-ante) gleich dem erwarteten Kassa-/Spotkurs zum Zeitpunkt t+1 ist. Diese Beziehung wird durch die folgende Gleichung dargestellt:

$$F_{t,T} + RP_t^{ante} = E_t[S_{t+1}] \quad \text{(Gleichung 1)}$$

Hierbei ist die ex-ante-Risikoprämie (RP_t^{ante}) gegeben durch:

$$RP_t^{ante} = E_t[S_{t+1}] - F_{t,T}. \quad \text{(Gleichung 2)}$$

$E_t[S_{t+1}]$ stellt den erwarteten Kassa-/Spotkurs zum Zeitpunkt t+1 dar, welcher abhängig ist vom verfügbaren Informations-Set zum Zeitpunkt t.

Um die ex-ante Risikoprämie zu ermitteln, wird die von Wei und Zhu (2006) angewandt Methode übernommen. Hierbei dient das folgende Gleichungssystem (siehe Gleichung 3) als Basis, um die ex-ante Risikoprämie zu extrahieren. Gleichung 3 wird in logarithmierter Form geschätzt:

$$p_{t+1} = \alpha_1 f_t + \alpha_2 r p_t^{ante} + \epsilon_{p,t+1} \quad \text{(Gleichung 3)}^7$$

$r p_t^{ante}$ steht für die ex-ante Risikoprämie zum Zeitpunkt t. Darüber hinaus bezeichnet p_{t+1} den Kassa-/Spotpreis zum Zeitpunkt t=t+1 und bei f_t handelt es sich um den Futures-Preis zum Zeitpunkt t.

Der zukünftige Kassa-/Spotpreis ist unbekannt, weshalb die ex-ante Risikoprämie nicht direkt bestimmt werden kann. Aus diesem Grund wird ein „state-space model“ (Zustands-Raum-Modell) verwendet, welches die Kalman-Filter-Technik anwendet (für eine Diskussion dieses Ansatzes siehe z.B. Harvey (1993)).

⁶ Die Variable Verfügbarkeitsprämie (Convenience Yield) wird inkludiert, da CO2 u.a. als wichtiger Rohstoff (Inputfaktor) in der Zement- und Erdgasindustrie fungiert.

⁷ Wir nehmen an, dass die Marktteilnehmer von rationalen Erwartungen ausgehen.

Das „state-space model“ zur Bestimmung der ex-ante Risikoprämie ist durch das folgende Gleichungssystem gegeben:

$$p_t = \alpha_1 f_{t-1} + \alpha_2 r p_{t-1} + \epsilon_{p,t} \quad (\text{Gleichung 4})$$

Diese Gleichung wird auch als „Measurement-Equation“ bezeichnet und repräsentiert die Beziehung zwischen der Preis-Zeitreihe (price series) und den Zustands-Variablen (state variables). Die „Transition-Equation“ charakterisiert die Dynamik der Zustands-Variable und ist gegeben durch:

$$r p_t^{ante} = \alpha_1 r p_{t-1}^{ante} + \epsilon_{r p^{ante},t} \quad (\text{Gleichung 5})^8$$

$r p_{t-1}^{ante}$ ist die logarithmierte ex-ante Risikoprämie zum Zeitpunkt t-1. Darüber hinaus bezeichnet p_t den logarithmierten Kassa-/Spotpreis zum Zeitpunkt t=t, und f_{t-1} den zeitlich versetzten Log-Futures-Preis zum Zeitpunkt t=t-1.

Wie bereits erwähnt, kann die Variable $r p_t^{ante}$ nicht direkt beobachtet werden, weshalb sie aus bereits vorliegenden Vergangenheitswerten bestimmt werden muss (siehe Li (2008)). Zu diesem Zweck wird der Kalman-Filter angewandt um mittels der „Transition-Equation“ erste Werte von $r p_t^{ante}$ zum Zeitpunkt t - auf Basis aller bisherigen Informationen (bis zum Zeitpunkt t-1)- vorherzusagen. In einem zweiten Schritt wird p_t berechnet, indem die vorhergesagten Werte aus der „Transition-Equation“ in die „Measurement-Equation“ eingesetzt werden.

Verfügbarkeitsprämie

Heaney (2002) nimmt an, dass der zugrundeliegende Kassa-/Spotpreis und der Futures-Preis des Rohstoffes einer geometrisch-brownschen Bewegung folgen, mit dem Mittelwert μ und der Standardabweichung σ . Dieser Zusammenhang lässt sich wie folgt darstellen:

$$\begin{aligned} dS_t &= \mu S_t dt + \sigma S_t dW_t \\ dF_t &= \mu_F F_t dt + \sigma_F F_t dW_t \end{aligned} \quad (\text{Gleichung 6})$$

In diesem Gleichungssystem entspricht W einer \mathbb{P} -brownschen Bewegung.

Betrachten wir nun einen Investor, der den zugrundeliegenden Rohstoff besitzt unter der Annahme, dass dieser Investor perfekte Voraussicht hat so dass er in der Lage ist den Vermögenswert während der Laufzeit $[t, T]$ zu seinem höchsten Preis zu verkaufen. Den Erlös kann er mittels des risikolosen Zinssatzes r investieren und besitzt dann:

$$M_T^S = \max_{0 \leq \tau \leq T} \{S_\tau e^{r(T-\tau)}\} \quad (\text{Gleichung 7})$$

Wenn er auf die Möglichkeit den Vermögenswert zu verkaufen verzichtet, lässt er

$$M_T^S - S_T \geq 0 \quad (\text{Gleichung 8})$$

auf dem Tisch.

Ein rationaler Investor würde nur dann so vorgehen, sofern das Eigentum an seinem Vermögenswert Vorteile bietet die $M_T^S - S_T$ übersteigen. Der Ausdruck in Gleichung (8) ist demzufolge nichts anderes als das Auszahlungsprofil einer „floating strike lookback put“ Option auf den Basiswert „S“. No Arbitrage-Pricing legt nun nahe, dass der Zeit-t-Wert dieser Option durch den diskontierten risikoneutralen Erwartungswert der Auszahlung gegeben ist. Das heißt,

$$PV_t^S = e^{-r(T-t)} \mathbb{E}^Q [M_T^S - S_T | F_t] \quad (\text{Gleichung 9})$$

und \mathbb{Q} bezeichnet das risiko-neutrale Wahrscheinlichkeitsmaß.

⁸ Wir nehmen an, dass die ex-ante Risikoprämie aus Gleichung 5 einem AR (1)-Prozess folgt. Zhu (2002) als auch Wei und Zhu (2006) haben diese Annahme getroffen um die „Transition-Equation“ zu spezifizieren.

Gemäß Levy (1997), besitzt Gleichung 9 eine (analytische) geschlossene Lösung für den Optionspreis.

$$PV_t^S = S_t \left[\left(2 + \frac{\sigma_S^2(T-t)}{2} \right) N \left(\frac{\sqrt{\sigma_S^2(T-t)}}{2} \right) + \frac{\sqrt{\sigma_S^2(T-t)}}{2\pi} e^{-\frac{\sigma_S^2(T-t)}{8}} \right] \geq 0, \quad (\text{Gleichung 10})$$

wobei $N(\cdot)$ die kumulative Standard-Normalverteilung bezeichnet. Ausgedrückt als Anteil von S_t , kann der Barwert wie folgt geschrieben werden:

$$y_{t,T}^S = \ln \left(\frac{PV_t^S}{S_t} + 1 \right) \geq 0. \quad (\text{Gleichung 11})$$

Für einen Investor, der einen Futures-Kontrakt hält, führt eine ähnliche Argumentationskette zu folgendem Ergebnis:

$$y_{t,T}^F = \ln \left(\frac{PV_t^F}{F_{t,T}} + 1 \right) \geq 0. \quad (\text{Gleichung 12})$$

Gemäß Heaney (2002), kann der Vorteil aus dem Halten des physischen Rohstoffs (welcher nicht durch das Halten eines Futures-Kontrakts erlangt werden kann) als Differenz zwischen den abgeleiteten lookback Optionen ausgedrückt werden:

$$y_{loo} = y_{t,T}^S - y_{t,T}^F. \quad (\text{Gleichung 13})$$

Ein Vorteil dieses direkten Ansatzes ist die geringe Menge an Daten die zur Schätzung verwendet werden muss, da nur die Kassa-/Spot- und Futures-Preise, ihre Volatilität, Restlaufzeit und der risikolose Zinssatz Eingang in das Modell finden.⁹

Regressionsanalyse

Um den Einfluss von makroökonomischen und finanzwirtschaftlichen Variablen sowie der Verfügbarkeitsprämie auf die Dynamik der Risikoprämie empirisch zu überprüfen, wird folgendes Regressionsmodell angewandt und für die zugrundeliegenden Kontraktlaufzeiten spezifiziert:

$$rp_t = \alpha_0 + \alpha_1 spot_t + \alpha_2 oil_t + \alpha_3 crb_t + \alpha_4 mret_t + \alpha_5 r_t + \alpha_6 cy_{loo}_t + \epsilon_t \quad (\text{Gleichung 14})$$

$spot_t$ steht für die Rendite des Kassa-/Spotprodukts zum Zeitpunkt t . oil_t und crb_t bilden den Ölmarkt Return, sowie die Rendite des CRB-Index (Commodity Index) ab. Wie bereits erwähnt, findet auch die Rendite des Markt-Index ($mret_t$) in Form eines Aktienindex und der risikolose Zinssatz (r_t) Eingang in das Regressionsmodell, um für finanzwirtschaftliche und makroökonomische Effekt zu kontrollieren. cy_{loo}_t steht für die Verfügbarkeitsprämie die wir basierend auf Heaneys Ansatz abgeleitet haben.

Ergebnisse und Implikationen

Der Beitrag dieses Artikels zum wissenschaftlichen Diskurs betreffend der Bepreisung von Rohstoffen und der Preisdynamik von CO2-Zertifikaten ist mannigfaltig. Mit unserer Analyse des CO2-Marktes geben wir Aufschluss über die Dynamik des CO2 Preises und über die Einflussfaktoren der impliziten Risikoprämie. Ferner tragen wir zur rasch wachsenden Literatur bei die sich mit der Bepreisung von Rohstoffen befasst. Darüber hinaus ebnet wir mit unserer Untersuchung des CO2-Marktes den Weg für weitere Analysen damit Market Maker, Trader und Produzent einen effizienten CO2-Markt etablieren und optimale Handels- und Absicherungsstrategien ableiten können, sowie Investments in erneuerbare Energien und CCS (Carbon Capture & Storage) Technologien bewerten können.

Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Risikoprämie mit den zugrunde gelegten Einflussfaktoren gut erklärbar ist. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass der risikolose Zinssatz sowohl in der ersten als auch in der zweiten Handelsphase statistisch signifikant ist, wohingegen der Markt-Index keinen Einfluss auf die Risikoprämie zu haben scheint. Darüber hinaus beobachten wir einen starken Zusammenhang zwischen dem

⁹ Für die folgende Berechnung wird die Varianz eines 30-tägigen rollenden Fenster genommen, das die Volatilität weniger stark glättet als andere rekursive Annäherungsverfahren wie beispielsweise das GARCH Modell.

Commodity Index (CRB Index), welcher verschiedene international gehandelten Rohstoffe miteinbezieht, und der Risikoprämie. Fernerhin ist ein signifikanter Unterschied zwischen den Futures-Kontrakten aus der ersten und zweiten Handelsperiode ersichtlich. Dies kann u.a. mit der vorhandenen Übertragungsmöglichkeit in die dritte Handelsperiode erklärt werden.

Literatur

- Bigman, D., D. Goldfarb, and E. Schechtman, 1983, "Futures market efficiency and the time content of the information sets," *The Journal of Futures Markets*, 3, 321–334.
- Chang, E., 1985, "Return to Speculators and the Theory of Normal Backwardation," *Journal of Finance*, 40, 193–208.
- Deaves, R., and I. Krinsky, 1992, "Risk Premiums and Efficiency in the Market for Crude Oil Futures," *The Energy Journal*, 13, 93–117.
- Fama, E., and K. French, 1987, "Commodity Futures Prices: Some evidence on forecast power, premiums, and the theory of storage," *The Journal of Business*, 60, 55–73.
- Harvey, A. C., 1993, *Time Series Models*, The MIT Press.
- Haugom, E., and C. J. Ullrich, 2012, "Market efficiency and risk premia in short-term forward prices," *Energy Economics*, 34, 1931–1941.
- Heaney, R., 2002, "Approximation for convenience yield implied in commodity futures pricing," *The Journal of Futures Markets*, 22, 1005-1017.
- Hochradl, M., and M. Rammerstorfer, 2012, "The convenience yield implied in European natural gas hub trading," *Journal of Futures Markets*, 32, 459–479.
- Levy, E., 1997, "Exotic Options: The State of the Art," International Thomson Business Press, Chapter 4 Asian Options, 65-98.
- Li, R., 2008, "International Steam Coal Market Integration," Working Paper.
- Kremser, T., and M. Rammerstorfer, 2012, "The Convenience Yield implied in the European natural gas markets - The Impact of Macrofactors and Weather," Working Paper.
- Roon, F., T. Nijam, and C. Veld, 2000, "Hedging Pressure Effects in Futures Markets," *The Journal of Finance*, 55, 1437–1456.
- Wei, S. Z. C., and Z. Zhu, 2006, "Commodity convenience yield and risk premium determination: The case of the U.S. natural gas market," *Energy Economics*, 28, 523–534.
- Weron, R., 2008, "Market price of risk implied by Asian-style electricity options and futures," *Energy Economics*, 30, 1098–1115.
- Zhu, Z., 2002, "Time-varying forward bias and expected excess returns," *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 12, 119–137.