

Risk Premiums in Natural Gas Futures Markets: The Case of Predictive Performance and Bias

Mag. Thomas Kremser¹

Dr. Margarethe Rammerstorfer²

Schlüsselwörter

Natural Gas, Commodity Pricing, Market Efficiency, Risk Premium.

JEL Klassifikation

G12, G13, G14, Q40

Überblick

Die jüngsten Entwicklungen auf den Finanzmärkten, sowie die Finanzkrise aus dem Jahren 2007-2009 haben wieder einmal die Frage nach der Funktionsweise und Effizienz von Marktplätzen -auf denen Vermögenswerte gehandelt werden- aufgeworfen. Besonders im Zusammenhang mit Rohstoffen, spielt die Effizienz der zugrundeliegenden Marktplätze eine entscheidende Rolle. Im Gegensatz zu rein finanziellen Vermögenswerten können Rohstoffe bzw. darauf aufbauende derivative Instrumente (u.a. Futures, Forwards, Optionen, etc.) als Inputfaktor für die weitere Produktion verwendet bzw. direkt verbraucht werden. Dieses Working Paper wird sich daher im Folgenden mit den Auswirkungen eines potentiellen Verzerrungseffektes (bias) auf die Risikoprämie von Futures-Preisen und deren Auswirkungen für Erdgasmärkte in Europa und USA beschäftigen. Eine Theorie die es ermöglicht die Effizienz von Marktplätzen für Vermögenswerte zu überprüfen ist mit der „Efficient Market Hypothesis“ (EMH) gegeben, welche in Bezug auf Futures-Preise die folgende Frage stellt: Falls Futures-Preise „unbiased“ Prädiktoren (erwartungstreue Schätzer) für zukünftige Spotpreise sind, dann kann der betrachtete Markt als Effizient angesehen werden. Sollte die aus der EMH abgeleitete „unbiasedness hypothesis“ nicht halten, kann ein Verzerrungseffekt entstehen welcher die Kosten für Absicherungs- und Diversifizierungsmaßnahmen erheblich beeinflussen kann. Dieser Effekt wurde u.a. von Chang (1985) sowie Roon et al. (2000) beobachtet.

Um einen potentiellen Verzerrungseffekt der Risikoprämie messen zu können, analysieren wir die ex-ante und ex-post Risikoprämie im europäischen und nordamerikanischen Erdgasmarkt³. Wir erwarten, dass Händler/Trader risikoscheu sind und somit eine Prämie für das übernommene Risiko verlangen. Diese erwartete Prämie wird im vorliegenden Working Paper als ex-ante Risikoprämie bezeichnet und ist unbekannt. Zum Laufzeitende eines Futures-Kontrakts, kann die realisierte (ex-post) Risikoprämie als Differenz zwischen dem Spotpreis zum Zeitpunkt t+1 und dem jeweiligen Futures-Preis während der Laufzeit bestimmt werden. In einem zweiten Analyseschritt wird mittels eines ARMA-GARCH-Modells der Unterschied zwischen realisierter (ex-post) und erwarteter (ex-ante) Risikoprämie erklärt.

Methodik

In einem ersten Schritt ermitteln wir die theoretische ex-ante Risikoprämie, welche die Erwartungen der Marktteilnehmer an zukünftige Kassa-/Spotpreisentwicklungen widerspiegelt. Dem gegenüber gestattet die Untersuchung der ex-post Risikoprämie die tatsächlich realisierten Markterwartungen darzustellen. In einem zweiten Schritt wird der Prognosefehler -der Unterschied zwischen erwarteter und realisierter Risikoprämie-

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 Für unsere Untersuchungszwecke wird in Europa der „National Balancing Point“ betrachtet und die darauf aufbauenden Futures-Kontrakte an der ICE. Der amerikanischen Erdgasmarkt wird mittels des „Henry Hub“ abgebildet dessen Futures-Kontrakte an der NYMEX gehandelt werden.

untersucht und darauf aufbauend ein ARMA-GARCH-Modell spezifiziert. Dies ermöglicht es uns die Einflussfaktoren die den Mittelwert und die Varianz des Prognosefehlers beeinflussen zu analysieren um deren 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) angewandte 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:

$$p_{t+1} = \alpha_1 f_t + \alpha_2 rp_t^{ante} + \epsilon_{p,t+1} \quad (\text{Gleichung 3})^4$$

rp_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)).

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

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

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:

$$rp_t^{ante} = \alpha_1 rp_{t-1}^{ante} + \epsilon_{rp^{ante},t} \quad (\text{Gleichung 5})^5$$

rp_{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 rp_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 rp_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.

⁴ Wir nehmen an, dass die Marktteilnehmer von rationalen Erwartungen ausgehen.

⁵ 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.

Ex-post Risikoprämie

Um die ex-post Risikoprämie ($RP_{t,t+1}^{post}$) zu ermitteln verweisen wir wieder auf Gleichung 1. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass zum Laufzeitende des Futures-Kontrakts alle benötigten Informationen zur Bestimmung der ex-post Risikoprämie vorliegen, weshalb diese Werte direkt in Gleichung 1 eingesetzt werden. Daraus folgt:

$$RP_t^{post} = S_{t+1} - F_{t,T} \quad (\text{Gleichung 6})$$

Bei RP_t^{post} handelt es sich um die realisierte Risikoprämie, die alle markt-relevanten Informationen enthält.

Forecast Error/Prognosefehler

Die Differenz zwischen dem erwarteten Kassa-/Spotkurs ($E_t[S_{t+1}]$) und realisiertem Kassa-/Spotpreis (S_{t+1}) wird als Prognosefehler bezeichnet. Dieser Prognosefehler kann durch die nachfolgenden Gleichungen dargestellt werden und ist der Ausgangspunkt um Einflussfaktoren zu determinieren und analysieren, die zu dieser Differenz führen.

Die Gleichung für den Prognosefehler ist gegeben durch:

$$\begin{aligned} RP_t^{post} &= S_{t+1} - F_{t,T} \\ RP_t^{post} &= (E_t[S_{t+1}] - F_{t,T}) + (E_t[S_{t+1}] - S_{t+1}) \\ RP_t^{post} &= RP_t^{ante} + FE_t \end{aligned} \quad (\text{Gleichung 7})$$

Gemäß Haugom und Ullrich (2012), wird der Prognosefehler (FE_t) als die Differenz zwischen dem erwarteten Kassa-/Spotkurs ($E_t[S_{t+1}]$) und dem realisierten Kassa-/Spotpreis (S_{t+1}) definiert. Der Prognosefehler ist demzufolge ein guter Indikator um die Einflussfaktoren zu bestimmen, welche den Mittelwert und die Varianz der Risikoprämie beeinflussen.

GARCH-Modellierung

Um die wesentlichen Einflussfaktoren des Prognosefehlers (FE_t) zu bestimmen, schätzen wir ein GARCH-Modell. Dieses Vorgehen erlaubt es uns die effektive Ausrichtung der Einflussfaktoren auf den Mittelwert und die Varianz des Prognosefehlers zu analysieren (siehe hierfür z.B. Kremser und Rammerstorfer (2012) für einen ähnlichen Ansatz).

Wir schätzen daher das folgende Modell:

$$FE_t = \alpha_0 + \alpha_1 SPRET_t + \alpha_2 R_{m,t} + \alpha_3 CRB_t + \alpha_4 CRET_t + \alpha_5 LIQ_t + \epsilon_t \quad (\text{Gleichung 8})$$

mit $\epsilon_t | Q_{t-1} \sim (0, \sigma_t)$

$$\sigma_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \beta_i \epsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \gamma_j h_{t-j} + \delta_1 VOLUME_t + \delta_2 VOIL_t + \delta_3 SADum_t + \delta_4 SEADum_t \quad (\text{Gleichung 9})$$

FE_t beschreibt die Gleichung des Mittelwertes und σ_t die Varianz-Gleichung des GARCH-Modells. Das Informations-Set bis zum Zeitpunkt (t-1) wird mittels von Q_{t-1} dargestellt. Fernerhin bezeichnet h_t die bedingte Varianz des Fehlerterms aus Gleichung 8.

Aufgrund von Autokorrelationen in den Residuen bzw. quadrierten Residuen (wie auch in Hochradl und Rammerstorfer (2012) gezeigt), werden autoregressive Terme sowie Terme für den gleitenden Durchschnitt in das GARCH-Modell aufgenommen, um die Entwicklung des Prognosefehlers für die verschiedenen Hubs und Kontrakt-Laufzeiten bestmöglich zu modellieren.

Darüber hinaus werden verschiedene Einflussfaktoren in Gleichung 8 und 9 aufgenommen, um die effektive Ausrichtung dieser Variablen auf den Prognosefehler darzustellen. Die betrachteten Einflussfaktoren sowie deren erwartete Einwirkungen auf den Prognosefehler sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

Einflussfaktor	Abkürzung	Ausrichtung	Literatur
Financial Market Return	SPRET _t	-	Fama und French / Bailey und Chan
Risk Free Rate	R _{m,t}	-	Pindyck

Commodity Index	CRB _t	+	McKenzie et al.
Crude Oil Return	CRET _t	+	Brown und Yücel
Liquidity	LIQ _t	+	Sarr und Lybeck
Volume	VOLUME _t	+	Sarr und Lybeck
Crude Oil Volatility	VOIL _t	+	Brown und Yücel
Storage Announcement D.	SADum _t	+	Linn und Zhu / Mu
Seasonal D	SEADum _t	-	Fama und French / Cartea und Williams

Ergebnisse und Implikationen

Für Europa beobachten wir über alle Laufzeiten (ausgenommen hiervon ist der 9-monatige Futures-Kontrakt) eine positive Risikoprämie (Mittelwert), während das Gegenteil beobachtbar ist für den amerikanischen Erdgasmarkt. Darüber hinaus stellen wir fest, dass der US-Erdgasmarkt als effizient betrachtet werden kann, da die Differenz zwischen realisierter und erwarteter Risikoprämie (Forecast Error - Prognosefehler) äußerst gering ist. Für den europäischen National Balancing Point ist dies jedoch nicht der Fall. Fernerhin kann die Varianz der Prognosefehler für beide Handelsplätze mittels des zugrundeliegenden ARMA-GARCH-Modells gut erklärt werden. Der Mittelwert hingegen ist mit den gewählten Faktoren nicht gut erklärbar. Des Weiteren spielen preis- als auch volumen-basierte Liquiditäts-Faktoren für Handelsplätze mit geringer Handelsvolumina (National Balancing Point) eine entscheidende Rolle.

Der Beitrag dieses Working Papers zur bestehende wissenschaftlichen Literatur die sich mit Prognose- und Effizienzmessung an Rohstoffmärkten befasst ist vielfältig. Erstens tragen wir mit den präsentierten Resultaten zum wachsenden Forschungsfeld bei, welches sich mit Fakten und Erwartungen in Rohstoffmärkten befasst. Zweitens, ermöglichen wir mittels der gewählten Forschungsfrage und dem zugrundeliegenden Forschungsdesign den Unterschied zwischen entwickelten und sich entwickelnden Märkten (US Henry Hub vs National Balancing Point) quantitativ sichtbar zu machen. Darüber hinaus zeigen wir, dass Liquidität gemessen über Bid-Ask-Spreads eine wichtige Rolle für die Erwartungen in beiden Märkten spielt, obgleich sie an Handelsplätzen mit geringerem Handelsvolumen von größerer Bedeutung ist.

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.
- Hochradl, M., and M. Rammerstorfer, 2012, "The convenience yield implied in European natural gas hub trading," *Journal of Futures Markets*, 32, 459–479.
- 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.