

Sector : Internationale economie
Afdeling/Project : De olieprijs op middellange termijn
Samensteller(s) : Jan Lemmen
Nummer : 159
Datum : 1 augustus 2006

De olieprijs: een econometrische verkenning

Het voorliggende memorandum is in zijn geheel gewijd aan twee prijzen van olie, de spotprijs voor olielevering in het heden en de futuresprijs voor olielevering in de toekomst. Dit memorandum beantwoordt twee vragen over deze prijzen: *Wat zijn de tijdreeks eigenschappen van deze olieprijsen?* Uit de uitgevoerde toetsen blijkt dat spot- en futuresprijzen niet-stationair zijn, wat betekent dat schokken tot permanente wijzigingen in deze prijzen zullen leiden. *Wat zeggen futuresprijzen over toekomstige olieprijsen?* Het ligt meestal niet meteen voor de hand om futuresprijzen als voorspeller voor toekomstige spotprijzen te gebruiken. Een futurescontract wordt immers gesloten om zeker te zijn van een toekomstige prijs; het bevat dus een risicopremie om de onzekerheid over de toekomstige spotprijs af te kopen. We gaan hier na of de futuresprijs door de aanwezigheid van een risicopremie een slechte voorspeller is van de toekomstige spotprijs. De prijzen van futures blijken inderdaad slechte voorspellers van toekomstige olieprijsen. In alle gevallen is sprake van grote negatieve voorspelfouten (onderschatting), en van voorspelfouten die oplopen met de lengte van de voorspelhorizon. Geven futuresprijzen nog een redelijke indicatie voor de spotprijzen op de zeer korte termijn (3 maanden vooruit), voor het ramen van spotprijzen op korte (1 jaar en 2 jaren vooruit) en middellange termijn (4 jaren vooruit) zijn futuresprijzen minder geschikt dan spotprijzen (random walk). We vergelijken hier uitsluitend een futuresprijs- met een naïeve spotprijstraming van de toekomstige olieprijs. Een fundamenteel oliemarktmodel zal gebruik maken van veel meer structurele variabelen om olieprijsen te voorspellen. De onderhavige analyse doet dus niets af aan de waarde van fundamentele analyses van olieprijsen voor de lange termijn.

¹ De auteur dankt George Gelauff, Albert van der Horst, Douwe Kingma, Machiel Mulder en Wim Suyker voor waardevol commentaar. Mayke Kok en Twan Verschaeren hebben de grafieken en tabellen opgemaakt.

1 Inleiding

Hoewel de wereldeconomie de olieprijsstijging tot nu toe goed heeft kunnen opvangen, blijven beleidsmakers zich zorgen maken over de ontwikkeling van toekomstige olieprijsen. De olieprijs is in twee jaar tijd – tussen 2003 en de het voorjaar van 2006 – verdubbeld van ongeveer 30 naar 70 dollar. Was deze olieprijsstijging te voorspellen geweest met futuresprijzen van olie? Gaat de olieprijs verder stijgen, of gaat de olieprijs weer dalen? Vormen futuresprijzen van olie een goede voorspeller van toekomstige olieprijsen?

Als futuresprijzen van olie gemiddeld correct vooruitlopen op de toekomstige olieprijsen, dan kunnen beleidsmakers zich op deze marktinformatie baseren.¹ Als futuresprijzen echter een misleidende indicator zijn van toekomstige olieprijsen, dan moeten beleidsmakers met de tekortkomingen van futuresprijzen rekening houden. De onzekerheid over de verwachte olieprijs zet aan tot voorzichtigheid. Men speelt slechts gedeeltelijk in op mogelijke veranderingen in de verwachte olieprijs, zeker als de schade voor de wereldeconomie nog beperkt is. Maar een vooruitziend beleid houdt rekening met toekomstige wijzigingen in olieprijsen. Door bijtijds de bakens te verzetten, zouden beleidsmakers de antwoordtijd kunnen bekorten (Barten, 1989, pag. 292).

Een manier om aan te geven hoe onzeker de deskundigen zijn over waar de olieprijs naartoe gaat, is de volatiliteit die impliciet in de prijs van opties op oliefutures zit. Met de Black-Scholes (1973) formule kan men berekenen dat de impliciete volatiliteit besloten in de huidige waarde van de opties op West Texas Intermediate (WTI) futures verhandeld op de New York Mercantile Exchange (NYMEX) correspondeert met een jaarlijkse standaardafwijking van 32%. Bij een huidige WTI olieprijs van 70 dollar (9 juni 2006) impliceert dat een bandbreedte van 47,6-92,4 dollar.²

Alleen al de onverwachte stijging van de olieprijs rechtvaardigt meer onderzoek naar de voorspelmodellen van de olieprijs. Dit memorandum vormt het *eerste deel* van dat onderzoek. De spotolieprijs of contante olieprijs is de prijs vastgelegd in een contract aangegaan in het heden om olie in het heden te kopen (long spotcontract) of te verkopen (short spotcontract). De futures- of termijnolieprijs is de prijs vastgelegd in een contract aangegaan in het heden om in

¹ Oliefutures worden gebruikt door diverse instituten om de toekomstige olieprijs te ramen. Zo gebruikt de ECB al sinds het begin van haar ramingen oliefutures. Ook de Europese Commissie gebruikt oliefutures, hoewel het gebruik van oliefutures in de Cie-voorspellingen nu serieus wordt heroverwogen. De OESO prikt op een bepaald moment de spotprijs en houdt deze daarna constant (random walk). Voor de middellange termijn gaat de OESO uit van een reëel constante olieprijs.

² Berekend met optieprijsen op oliefutures, <http://futures.tradingcharts.com/marketquotes/index.php3?market=CL> en de Black-Scholes formule, <http://www.wallstreetmodels.com/Derivatives/Options/bsFuture.html>. Zie Econbrowser, 2006, http://www.econbrowser.com/archives/2006/02/oil_at_1530_a_b.html.

de toekomst olie te kopen (long futurescontract) of te verkopen (short futurescontract). Het ligt meestal niet meteen voor de hand om futuresprijzen als voorspeller voor toekomstige spotprijzen te gebruiken. Een futurescontract wordt immers gesloten om zeker te zijn van een toekomstige prijs; het bevat dus een risicopremie om de onzekerheid over de toekomstige spotprijs af te kopen. De futuresprijs wordt dus door de aanwezigheid van een risicopremie een slechte voorspeller van de toekomstige spotprijs. We zullen nagaan of de slechte voorspelkwaliteit van futuresprijzen in ons olieprijsonderzoek ook bevestigd wordt. Diverse voorspelmodellen voor de toekomstige spotolieprijs gebaseerd op de oliefuturesprijs zullen worden geformuleerd.

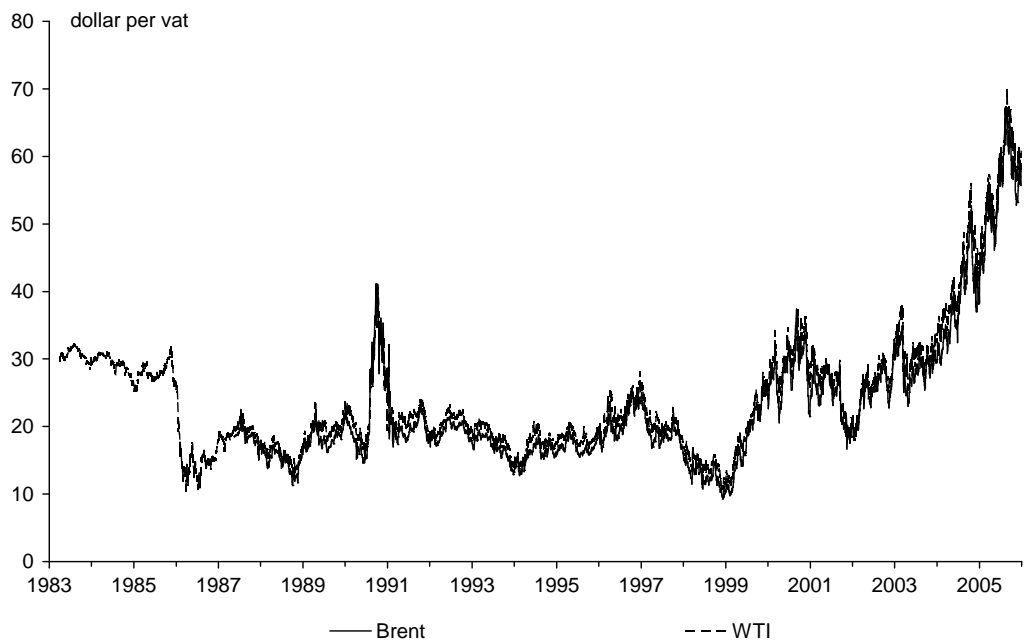
Het *tweede deel* van het olieprijsonderzoek formuleert een fundamenteel oliemarktmodel om toekomstige olieprijsen te voorspellen; in dit model zal expliciet vraag en aanbod worden gemodelleerd. We maken hier uitsluitend gebruik van huidige spot- en futuresprijzen van olie om toekomstige olieprijsen voor een periode van 3 maanden, 1, 2 en soms 4 jaar te voorspellen. Een fundamenteel oliemarktmodel zal gebruik maken van veel meer structurele variabelen om olieprijsen te voorspellen. De onderhavige analyse doet dus niets af aan de waarde van fundamentele analyses van olieprijsen voor de lange termijn.

De centrale vraag in beide deelonderzoeken is wel hetzelfde: reflecteert de recente stijging in de olieprijs structurele en permanente of cyclische en tijdelijke factoren? Een manier om deze vraag te benaderen is om met regressie-analyse de toekomstige spotprijs te voorspellen met de huidige futuresprijs (Hoofdstuk 4). Een andere manier is om de tijdreeks eigenschappen van spot- en futuresprijzen te analyseren (Hoofdstuk 2).

Het verloop van de Brent en WTI spotprijs staat in Figuur 1.1 weergegeven. Het verloop van de WTI en Brent spotprijs is vrijwel identiek aan elkaar, al ligt de WTI spotprijs meestal iets boven de Brent spotprijs. De reeks voor WTI begint ongeveer vier jaar eerder dan die voor Brent (zie Appendix 1). Vanwege de langere steekproef richten we ons vooral op de WTI reeks. De resultaten voor Brent zijn vergelijkbaar met die voor WTI.

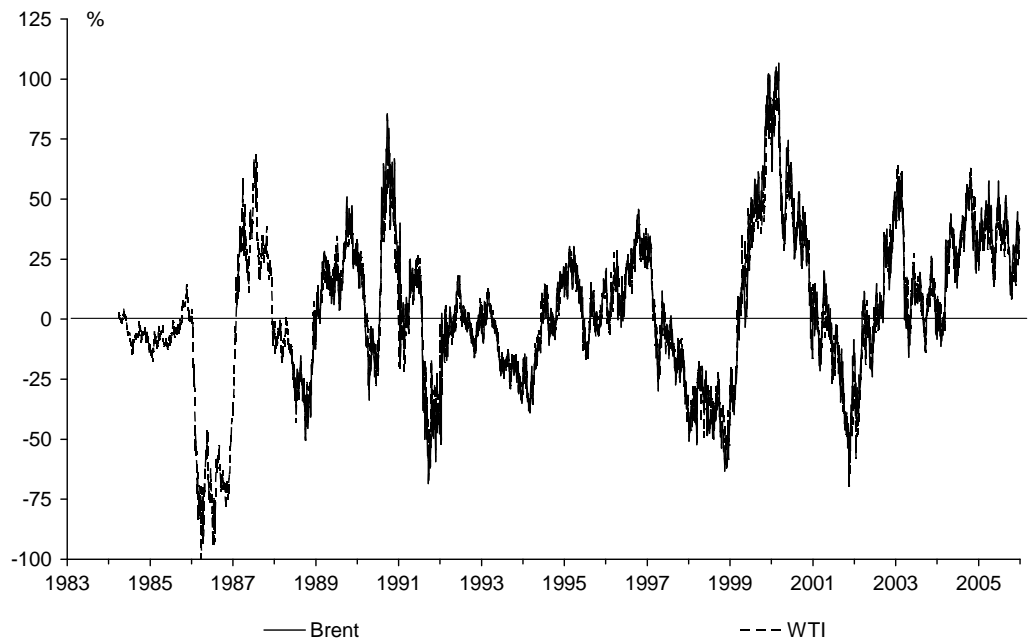
De prijs van olie is in het nabije verleden ruwweg driemaal sterk gestegen: de eerste keer in 1990-1991 (Koeweit invasie), de tweede keer 1999-2001 (Tweede Golfoorlog), en de derde keer in 2003-2006. Verder zijn er forse uitbijters naar beneden in de periode 1985-1986 en naar boven in de periode 1990-1991.

Figuur 1.1 Het historische verloop van de Brent en WTI spotprijs



Figuur 1.2 toont de procentuele stijging van de Brent en WTI spotprijs. De procentuele stijging van de spotprijs tussen 2003 en de zomer van 2006 valt nog wel mee wanneer deze vergeleken wordt met eerdere stijgingen van de spotprijs.

Figuur 1.2 De jaarlijkse procentuele verandering van de Brent en WTI spotprijs

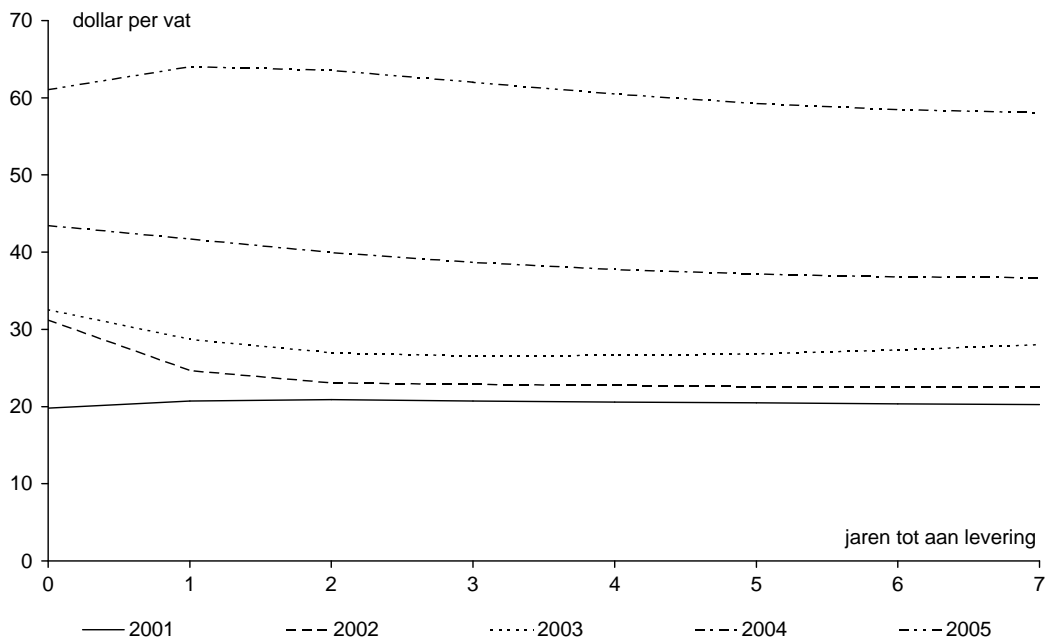


Het Internationaal Energie Agentschap (IEA/OECD) (2005) concludeert in zijn *World Energy Outlook 2005* dat aan de recente stijging van de olieprijs vooral cyclische en tijdelijke verklaringen ten grondslag liggen. Door een lange reeks van incidenten is de olieprijs gestegen. Nu is de olieprijs inderdaad erg volatiel, en menig voorspeller gaat er van uit dat wat omhoog gaat ook weer omlaag gaat. Maar er bestaan ook indicaties dat de oliemarkt fundamenteel is veranderd. Zo lijkt vraag en aanbod van olie de afgelopen jaren minder gevoelig geworden voor prijsveranderingen. Een grote prijswijziging lokt maar kleine wijzigingen in vraag en aanbod uit. Pas als de hoge olieprijs permanent wordt, komen aanpassingsprocessen in vraag en aanbod ten volle op gang.³

De december futuresprijzen voor levering van olie tot 7 jaar in de toekomst zijn de afgelopen vijf jaar langzaam maar zeker gestegen (Figuur 1.3). Dat betekent niets anders dan dat volgens de termijnmarkten de eerdere aannames over vraag en aanbod van olie blijkbaar steeds incorrect waren. Gedurende de laatste drie jaar is de langetermijnolieprijs – die van de 7-jarige WTI olieprijsen – met minstens 30 dollar opwaarts bijgesteld. De 7-jarige futuresprijzen bleven gedurende 1990-2002 rond de 20 dollar per vat fluctueren, terwijl de spotprijzen fluctueerden tussen 11 en 40 dollar (Greenspan, 2004). Maar sinds begin 2004 zijn olievaten voor levering 7 jaar in de toekomst niet meer onder de 27 dollar verhandeld, en komen intussen ver boven de 30 dollar uit. Blijft natuurlijk de vraag of het hier gaat om een tijdelijke of permanente stijging in de tijdscurve van WTI olieprijsen. Met andere woorden, hoe waarschijnlijk is het dat de olieprijs weer terugkeert naar zeg 30 dollar per vat? Deze vraag zullen we in Hoofdstuk 2 trachten te beantwoorden met econometrische technieken.

³ Deze trage en geleidelijke aanpassing is niet noodzakelijk irrationeel. Gedeeltelijk is zij onvermijdelijk, gedeeltelijk is snelle aanpassing, zo al mogelijk, te duur. De kosten van veranderingen zijn zo hoog dat op veranderingen die klein zijn of voorbijgaand van aard in het geheel niet wordt gereageerd. Pas als de verandering een drempelwaarde bereikt, dus zich geleidelijk heeft opgehoopt, komt er een waarneembare reactie.

Figuur 1.3 Tijdscurve van WTI olieprijsen, ultimo jaar

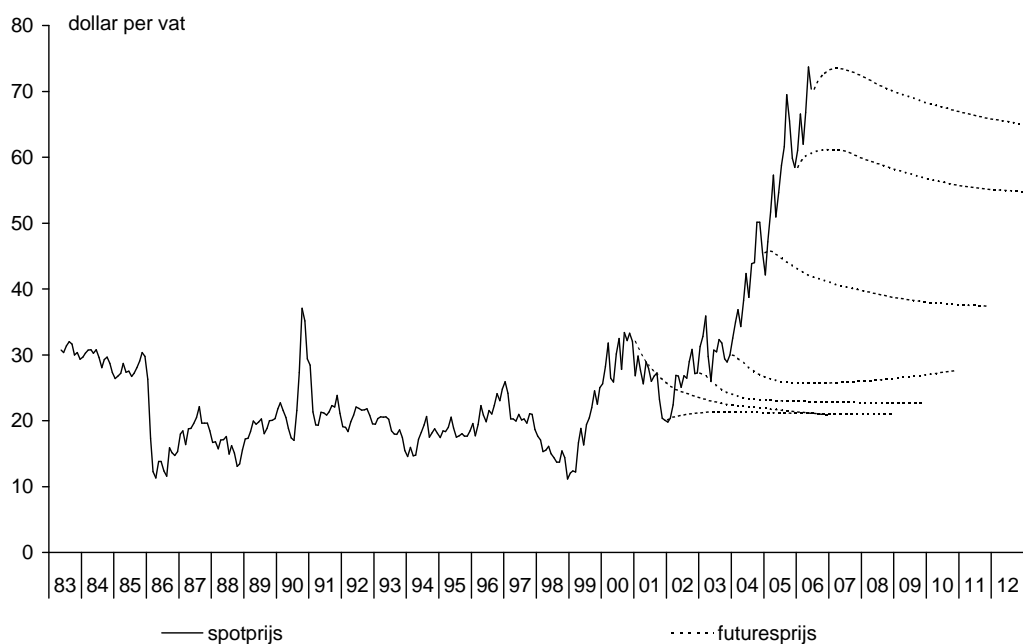


We plaatsen nog twee kanttekeningen bij het gebruik van 7-jarige futuresprijzen als voorspeller van langetermijnolieprijzen. Ten eerste, het blijft lastig om met futuresprijzen na te gaan of de langetermijnolieprijs is verschoven. De termijncontracten lopen tot 7 jaar in de toekomst, wat eerder een middellange-termijn dan een lange-termijn horizon betreft. Met een 7 jaar vooruit olieprijs hebben we het over de olieprijs in 2012, niet over die van 2030 of 2040. Een 7-jarige futuresprijs is geen langetermijnolieprijs. Maar bij gebrek aan bijvoorbeeld 30-jarige oliefutures, is het gebruik van een 7-jarige futuresprijs waarschijnlijk wel de beste benadering van een langetermijnolieprijs. Op de tweede plaats is de liquiditeit van langere contracten beduidend geringer dan van kortere contracten. De beperkte liquiditeit van langere oliefutures is een bron van zorg voor een voorspeller. De langere futurescontracten waarmee we tot 7 jaar vooruit olieprijs kunnen voorspellen, zijn pas recentelijk beschikbaar gekomen. De historie van de langere futurescontracten biedt dus nog weinig houvast voor de voorspeller. Maar anderzijds blijken langere contracten ondanks de beperktere liquiditeit niet volatieler dan kortere contracten.

In Figuur 1.4 staat het historische verloop van WTI spotprijs sinds 1983 en het verloop van de december WTI futuresprijzen sinds 2000 en het verloop van de juni 2006 WTI futuresprijzen (zie voor vergelijkbare figuren Centraal Planbureau (CPB), 2001, Centraal Economisch Plan 2001, kader Olievoorraden en prijzen op spot- en termijnmarkt, pag. 53, De Nederlandsche Bank (DNB), 2005, Kwartaalbericht September 2005, Grafiek 4 Brent olieprijs, pag. 22 en Internationale Monetaire Fonds (IMF), 2006, World Economic Outlook, april, Figure 1.20 Crude

Oil Prices, Futures, and Petroleum Product Prices, pag. 55). Het is al meteen duidelijk dat de voorspelkracht van oliefutures niet goed is. De ontwikkeling van de oliefutures valt immers vrijwel nooit samen met de werkelijke ontwikkeling van de olieprijs uitgezonderd de daling van de olieprijs bij het begin van de Tweede Golfoorlog die goed werd voorspeld door futuresprijzen. De futurescurves zijn bovendien hoe langer hoe vlakker geworden. Het valt op dat tot en met ruwweg 2003 de oliefutures in de richting van het langjarige gemiddelde tenderden. Daarna zijn futurescurves vlakker en bewegen ze juist relatief sterk mee met de spotprijzen. Verder valt op dat bij de december 2005 en de juni 2006 futures olielevering één jaar en twee jaren in de toekomst (december 2006/2007, juni 2007/2008) duurder is dan directe spot levering.⁴ Als de huidige futuresprijs boven de huidige spotprijs ligt, dan spreken we van een marktsituatie die contango wordt genoemd.⁵ De futuresprijs voor olielevering drie jaren in de toekomst (december 2008, juni 2009) ligt echter weer onder de spotprijs (backwardation).

Figuur 1.4 Prijzen op WTI spot- en futuresmarkt (maandgemiddelden)



Dit memorandum is als volgt opgebouwd. Hoofdstuk 2 onderzoekt of een schok tot een tijdelijke of permanente wijziging in de olieprijs leidt. In technische woorden, Hoofdstuk 2 onderzoekt of spot- en futuresprijzen stationair zijn. We maken daarbij gebruik van de belangrijkste twee toetsen op stationariteit: de Augmented-Dickey-Fuller en de Phillips-Perron

⁴ Dit is een teken dat er geen direct tekort aan olie was. Een premie voor snelle levering (spotprijs hoger dan futuresprijs) leidt ertoe dat meer voorraden op de markt worden gebracht. Een korting voor snelle levering (spotprijs lager dan futuresprijs) prikkelt de markt de olie op te slaan totdat de spotprijs is gestegen naar een hoger niveau.

⁵ Zie Appendix 2 voor een beschrijving van de relatie tussen de huidige futuresprijs en de huidige spotprijs.

toets. Hoofdstuk 3 bespreekt de literatuur over het voorspellen van olieprijsen met futuresprijsen. In Hoofdstuk 4 vragen we ons af wat futuresprijsen zeggen over toekomstige olieprijsen? Is de futuresprijs een goede voorspeller van de toekomstige spotprijs? We vergelijken de nauwkeurigheid van voorspelmodellen gebaseerd op de futuresprijs met de nauwkeurigheid van de onveranderde olieprijs (random walk voorspelmodel). Hoofdstuk 5 sluit af met enkele concluderende opmerkingen over de betekenis van oliefutures voor de olieprijsvoorspellingen van het CPB.

2 Wat zijn de tijdreeks eigenschappen van olieprijsen?

Een directe manier om na te gaan of schokken tot tijdelijke of permanente wijzigingen in WTI spot- en futuresprijsen leiden, is het uitvoeren van stationariteitstoetsen. We toetsen de futuresprijs ten behoeve van de raming van de kortetermijnolieprijs voor Centraal Economisch Plan/Macro Economische Verkenning (CEP/MEV) (3 maanden, 1 jaar en 2 jaren vooruit) en de middellangetermijnolieprijs ten behoeve van de raming van de middellangetermijnolieprijs voor de middellange-termijnverkenning (MLT) (4 jaren vooruit) op stationariteit tegen een eerste-verschillen-stationair alternatief (regressie met alleen contante term) of tegen een trend-stationair alternatief (regressie met een constante en een trend term). We gaan ook na of de WTI spot reeks en *enkele december WTI* futures reeksen stationair zijn of niet

Het eerste orde autoregressieve AR(1) proces voor de spotprijs S_t (of futuresprijs $F_{t,k}$) heet een stationair proces indien:

$$(1) \quad S_t = c + \varphi S_{t-1} + \varepsilon_t \quad |\varphi| < 1$$

waarbij de term $t-1$ in geval van dactijfers staat voor gisteren.⁶ In dat geval is S_t stationair met verwachting $E[S_t] = \mu$ waarbij $\mu = c/(1-\varphi)$ en $Cov[S_t, S_{t-k}] = \rho_k = \varphi^k$. Omdat $\lim_{k \rightarrow \infty} \varphi^k = 0$, is het effect dat een schok ε_t op toekomstige waarden van S_t heeft steeds kleiner, en op den duur nul. Als we links en rechts S_{t-1} van (1) aftrekken, ontstaat:

$$(2) \quad \Delta S_t = c + (\varphi - 1)S_{t-1} + \varepsilon_t = (\varphi - 1)(S_{t-1} - \mu) + \varepsilon_t$$

Deze vergelijking geeft aan dat een essentiële eigenschap van het stationaire AR(1) proces is dat afwijkingen van het gemiddelde gecorrigeerd worden: als S_t groter is dan zijn verwachting μ , dan zal in de volgende periode (de volgende dag) de toename in S_t (ΔS_t) lager

⁶ Omdat de spotprijs S_t (en de futuresprijs $F_{t,k}$) een verwachting ongelijk aan nul heeft, voegen we meteen een constante term toe. Als het proces S_t ($F_{t,k}$) een lineaire trend heeft, voegen we zowel een constante als een trend term toe.

worden, opdat er een terugkeer naar het gemiddelde plaatsvindt. Dit is het eenvoudigste voorbeeld van een fouten-correctie mechanisme. S_t blijft enige perioden achter elkaar boven of onder zijn verwachting, maar keert op den duur toch weer terug.

Als $\varphi = 1$ dan wordt het proces S_t :

$$(3) \quad S_t = c + S_{t-1} + \varepsilon_t \quad |\varphi = 1|$$

Dit noemen we een ‘willekeurige wandeling’ (*random walk*), met *drift* als $c \neq 0$. De reeks heeft dan één eenheidswortel (*unit root*). In dat geval is S_t niet stationair en is de verwachting $E[S_t] = S_0 + \alpha t$, de covariantie $Cov[S_t, S_{t-k}] = \rho_k = \sigma_\varepsilon^2(t-k)$ en variantie $Var[S_t] = t\sigma_\varepsilon^2$ met σ_ε^2 de variantie van ε_t . Het eerste-verschil van S_t gedefinieerd als $\Delta S_t = c + \varepsilon_t$, is echter wel stationair. Een proces waarvan we het eerste-verschil moeten nemen om stationariteit te verkrijgen, noemen we geïntegreerd van orde 1. Een opvallend verschil met (2) is dat S_t nu het grootste gedeelte van de steekproef boven zijn verwachting blijft, en geen neiging vertoont naar die verwachting terug te keren. Een schok ε_t heeft een permanent effect op S_t (zie Boswijk, 1991). Vaak echter is een trend overduidelijk aanwezig in macro-economische reeksen en wil men nagaan of de spotprijs S_t (of de futuresprijs $F_{t,k}$) in afwijking van zijn trend, al dan niet-stationair is. Het trend-stationaire AR(1) proces luidt:

$$(4) \quad S_t = c + \varphi S_{t-1} + \beta t + \varepsilon_t \quad |\varphi < 1|$$

Dit proces heeft verwachting $E[S_t] = \mu + \tau t$ waarbij $\mu = (\alpha - \varphi \tau) / (1 - \varphi)$, $\mu = (c - \varphi \tau) / (1 - \varphi)$ en $\tau = \beta / (1 - \varphi)$.⁷ We herschrijven (4) voor S_t tot $\Delta S_t = \tau + (\varphi - 1)(S_{t-1} - \mu - \tau(t-1)) + \varepsilon_t$ met daarin net als in (2) een fouten-correctie mechanisme. Als S_t van zijn verwachting af ligt, leidt dit tot een aanpassing in de toename van S_t . In tegenstelling tot een random walk met drift, keert dit proces regelmatig terug naar zijn verwachting, en hebben de schokken ε_t een tijdelijk effect.

Tabel 2.1 toont de resultaten van de belangrijkste twee toetsen op één eenheidswortel in de WTI spot- en futuresprijzen. We hebben hiervoor zowel de Augmented-Dickey-Fuller (ADF) als de Phillips-Perron (PP) toets gebruikt. De PP-toets gaat uit van dezelfde regressie als de ADF-toets. De toetsen op één eenheidswortel zijn gebaseerd op de t-waarde van φ in (1) en (4). Bij de PP-toets wordt verder nog rekening gehouden met een bias-correctie waarbij de standaardfout van de kleinste-kwadraten schatter van φ is gecorrigeerd voor autocorrelatie en eventuele heteroskedasticiteit in de storingen ε_t . De kritieke waarden van de PP-toets zijn gelijk aan die van de ADF-toets.

⁷ Een trend term is alleen opgenomen in de regressies als de coëfficiënt β significant verschilt van nul.

Het gaat om de ADF en de PP t-toetsen. Bijvoorbeeld de t-waarde van $-2,28$ behorende bij de coëfficiënt $(\varphi-1)$ in de *getransformeerde* vergelijking (4) $\Delta S_t = c + (\varphi-1)S_{t-1} + \beta t + \varepsilon_t$ op de WTI spotprijs (tweede kolom, tweede regel in Tabel 2.1) is niet kleiner dan de kritieke waarden van de ADF-toets $-3,96$ of $-3,41$ bij een 1% respectievelijk 5% significantieniveau. Daar de kritieke waarden variëren naar gelang de steekproefomvang is het handiger om in Tabel 2.1 met de kanswaarde te werken. De kans dat bij een schatting van de coëfficiënt $(\varphi-1)$ een waarde kleiner dan $-2,28$ wordt gevonden bedraagt $0,44$. Doordat de kanswaarde niet onder de significantieniveaus $0,01$ of $0,05$ ligt, kunnen de ADF- en de PP-toets de nulhypothese van één eenheidswortel in de WTI spotprijs (de nulhypothese luidt $(\varphi-1)=0$) niet verwerpen. De WTI spotprijs is dus niet-stationair. Overigens moeten alle onderstaande resultaten voorzichtig geïnterpreteerd worden omdat de ADF- en PP-toets notoir zwak zijn over een korte tijdsspanne.

Uit de uitgevoerde toetsen blijkt dat de nulhypothese van één eenheidswortel in de dagelijkse WTI spot- en futuresprijzen niet kan worden verworpen tegen de alternatieve hypothese van een AR(1) proces met een constante term of een AR(1) proces met een constante en een trend term (als de trend term significant is).⁸ Dat betekent dat zowel spot- als futuresprijzen niet terugkeren naar een gemiddelde (geen *mean reversion*) en ook niet fluctueren rond een bepaalde trend (geen *trend-stationariteit*). De ADF- en PP-toets accepteren dus met gemak de nulhypothese van één eenheidswortel. We hebben ook getoetst of de eerste-verschillen van de spot- en futuresprijzen – reeksen ΔS_t en $\Delta F_{t,k}$ – stationair zijn, en dat was het geval (vanwege ruimtegebrek hier niet gerapporteerd). Olieprijzen bevatten dus niet twee eenheidswortels.

⁸ De hypothese van één eenheidswortel wordt ook niet verworpen als met maandcijfers van WTI wordt gewerkt. Een correlogram-analyse wijst in alle gevallen eveneens in de richting van een random walk proces.

Tabel 2.1 Toetsen op één eenheidswortel in WTI spot- en futuresprijzen

	Augmented Dickey-Fuller t-toetsgrootheid [kanswaarde] ^a	Steekproefperiode [aantal vertragingen, constante, trend]	Phillips-Perron t-toetsgrootheid [kanswaarde] ^b	Steekproefperiode [bandbreedte, constante, trend]
WTI spot	- 2,28 [0,44]	4/04/1983- 30/12/2005 [0,c,t]	- 2,08 [0,55]	4/04/1983- 30/12/2005 [11,c,t]
3-maands futures	- 1,51 [0,52]	01/01/1999- 30/12/2005 [0,c]	- 1,42 [0,57]	01/01/1999- 30/12/2005 [2,c]
1-jaars futures	- 1,47 [0,54]	01/01/1999- 30/12/2005 [0,c]	- 1,48 [0,54]	01/01/1999- 30/12/2005 [1,c]
2-jaars futures	- 1,92 [0,32]	01/01/1999- 30/12/2005 [0,c]	- 1,92 [0,32]	01/01/1999- 30/12/2005 [2,c]
4-jaars futures	- 0,98 [0,60]	01/01/1999- 30/12/2005 [0,c]	- 1,19 [0,52]	01/01/1999- 30/12/2005 [2,c]
WTI futures december 2006	1,84 [1,00]	24/11/1999- 30/12/2005 [0,1,c]	1,86 [1,00]	24/11/1999- 30/12/2005 [11,c]
WTI futures december 2007	1,88 [1,00]	9/01/2001- 30/12/2005 [0,1,c]	1,67 [1,00]	9/01/2001- 30/12/2005 [5,c]
WTI futures december 2008	- 1,36 [0,87]	21/11/2001- 30/12/2005 [2,c,t]	- 1,38 [0,87]	21/11/2001- 30/12/2005 [4,c,t]
WTI futures december 2009	- 1,92 [0,64]	2/12/2002- 30/12/2005 [2,c,t]	- 1,83 [0,69]	2/12/2002- 30/12/2005 [1,c,t]
WTI futures december 2010	- 2,42 [0,37]	21/11/2003- 30/12/2005 [2,c,t]	- 2,30 [0,43]	21/11/2003- 30/12/2005 [1,c,t]
WTI futures december 2011	- 1,19 [0,68]	22/11/2004- 30/12/2005 [0,c]	- 1,20 [0,68]	22/11/2004- 30/11/2005 [2,c]
WTI futures december 2012	- 1,12 [0,69]	21/11/2005- 30/12/2005 [0,c]	- 1,31 [0,61]	21/11/2005- 30/12/2005 [2,c]

^a De ADF-toets wordt gebruikt om de nulhypothese van één eenheidswortel te toetsen. Het aantal vertragingen is bepaald door het Schwarz informatie criterium te minimaliseren.

^b De PP-toets wordt gebruikt om de nulhypothese van één eenheidswortel te toetsen, en past de standaard ADF-toets aan voor autocorrelatie gebruikmakend van niet-parametrische procedures. Bartlett kernel schatting is gebruikt en bandwijdte schattingen zijn gemaakt volgens de Newey-West procedure.

Niet-stationariteit van de spot- en futuresprijzen impliceert voor de tijdreeks eigenschappen dat een schok op deze olieprijs een permanent effect⁹ zal hebben. Olieprijzen vertonen random walk gedrag. In dat geval moet dus een eerste-verschillen-stationair of fouten-correctie model¹⁰ worden gebruikt om olieprijs te voorspellen. Een voorspelmodel moet op de verandering in olieprijs zijn gebaseerd en niet op het niveau van olieprijs (zie Hoofdstuk 4).

⁹ In ieder geval tot de volgende schok.

¹⁰ Als spot- als futuresprijzen niet-stationair maar wel gecoïntegreerd zijn (zie Hoofdstuk 4).

3 Literatuur over het voorspellen van olieprijsen met futuresprijsen

Het gebruik van de futuresprijs als optimale voorspeller voor de toekomstige spotprijs stoelt op de gedachte van zowel een efficiënte markt (in de futuresprijs zit naar verwachting alle informatie van marktpartijen verrat zodat er geen winstgevend arbitrage mogelijkheden bestaan) en zuiverheid (de voorspelfout van de futuresprijsvoorspelling van de toekomstige spotprijs is gemiddeld genomen nul).

Wat is eigenlijk de relatie tussen de *huidige* futuresprijs en de *toekomstige* spotprijs? Definieer $F_{t,k}$ als de futuresprijs op tijdstip t voor levering van olie op tijdstip $t+k$ overeengekomen tussen kopers en verkopers van olie, S_{t+k} als de spotprijs op tijdstip $t+k$ overeengekomen tussen kopers en verkopers van olie. Definieer vervolgens $E(S_{t+k}|I_t) = E_t(S_{t+k})$ als de op tijdstip t verwachte spotprijs voor tijdstip $t+k$ gegeven de informatieverzameling I_t op tijdstip t . De futuresprijs is een *efficiënte* en *zuivere* voorspeller van de toekomstige spotprijs als geldt dat $F_{t,k} = E_t S_{t+k}$. Met andere woorden, er is geen betere voorspeller van de toekomstige spotprijs dan de futuresprijs. De hypothese $F_{t,k} = E_t S_{t+k}$ veronderstelt dus allereerst dat de oliemarkten *efficiënt* zijn. Alle (publiek) beschikbare informatie zit al in de prijs verrat zodat geen winstgevend arbitragemogelijkheden bestaan. In een efficiënte markt komt alle nieuwe informatie ook onmiddellijk tot uitdrukking in de prijzen. De futuresprijs zal omhoog of omlaag gaan wanneer de markt zijn visie voor de toekomstige spotprijs verandert. De hypothese $F_{t,k} = E_t S_{t+k}$ veronderstelt op de tweede plaats dat de marktdeelnemers *risico-neutraal* zijn. Als alle marktdeelnemers risiconutraal zijn, verlangen zij geen risicopremie voor het prijsrisico van het op voorraad aanhouden van olie; dat wil zeggen het risico dat op de verplichte leverdatum de spotprijs hoger is dan de futuresprijs. Als marktdeelnemers echter *risico-avers* of *risico-zoekend* zijn dan krijgen we een tijdsvariërende positieve of negatieve risicopremie. De positieve of negatieve risicopremie weerspiegelt het risico dat de futuresprijs lager of hoger is dan de toekomstige spotprijs. Dat betekent niet dat de futuresmarkt inefficiënt is maar alleen de aanwezigheid van een risicopremie voor het prijsrisico dat marktdeelnemers nemen (zie ook Appendix 2). Door de aanwezigheid van een risicopremie wijkt de futuresprijs af van de toekomstige spotprijs.

Maar als de voorspelfouten van die de futuresprijs maakt gemiddeld genomen nul zijn, dus als de futuresmarkt de toekomstige olieprijs even vaak over- als onderschat, dan is de futuresprijs wel een *zuivere* voorspeller van de toekomstige spotprijs. Natuurlijk geldt voor een inefficiënte futuresmarkt dat de futuresprijs automatisch een *onzuivere* voorspeller is van de toekomstige spotprijs. Onderstaand kader (pag. 13) berekent nog op een andere manier de risicopremie. De conclusie in dit kader is dat sprake lijkt van een tijdsvariërende positieve risicopremie. De

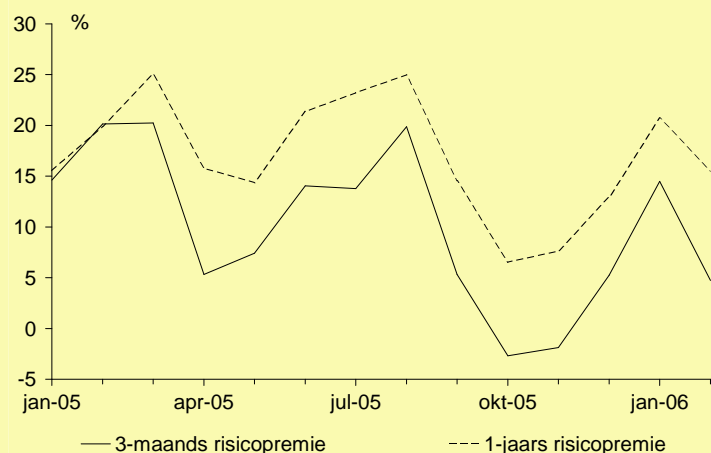
futuresprijs is door de aanwezigheid van een positieve risicopremie wel een *onzuivere* voorspeller geworden van de toekomstige spotprijs. Blijkbaar wordt in de oliemarkt een risicopremie verlangd om onzekerheid over de toekomstige spotprijs af te kopen.

De literatuur is niet eenduidig over de efficiëntie, risiconeutraliteit en zuiverheid van de oliefuturesmarkt. Sommige studies vinden dat de oliemarkt efficiënt is terwijl andere studies vinden van niet. Bijvoorbeeld, Green en Mork (1991) vinden dat de WTI futuresmarkt tussen 1975 en 1985 niet efficiënt was. Maar Serletis (1991) vindt wel bewijs voor efficiëntie in de oliemarkt. Brenner en Kroner (1995) suggereren dat de inconsistenties tussen futuresprijzen en toekomstige spotprijzen het gevolg zijn van *carrying costs* en niet het gevolg zijn van marktinefficiënties. Moosa en Al-Loughani (1994) testen risiconeutraliteit (geen risicopremie) en marktefficiëntie tegelijkertijd door zich te richten op de eigenschappen van spot- en futuresprijzen in de context van cointegratie. Deze auteurs vinden bewijs voor een inefficiënte WTI futuresmarkt en voor een tijdsvariërende risicopremie. De tijdsvariërende risicopremie kan volgens de auteurs goed worden gemodelleerd met een GARCH proces. Inefficiënties worden volgens Avsar en Gross (2001) vaak overdreven in jonge, ondiepe, en dunne futuresmarkten waar voorspelfouten aangeven dat de markt nog op zoek is naar het echte marktmodel. Pagano en Pisani (2006) vinden systematische ex post voorspelfouten van de oliefutures vanwege het bestaan van een risicopremie. Pagano en Pisani verklaren deze risicopremie als volgt: “In fact, since the oil spot price covaries positively with overall economic activity, this creates an undiversifiable risk for holders of oil who, as a reward, will expect over the holding period an average spot price higher than futures price currently quoted. As a consequence, futures oil prices forecast would yield a significant ex post error.” Door bij de futuresvoorspelling rekening te houden met een tijdsvariërende risicopremie komen Pagano en Pisani tot betere voorspellingen vergeleken met een random walk of een gewone futures voorspelling, in het bijzonder vanaf een voorspelhorizon vanaf 6 maanden. Coimbra en Esteves (2004) documenteren een negatieve vertekening in oliefutures (onderschatting) welke gecorrigeerd blijkt te zijn met verwachtingsfouten van de markt ten aanzien van de groei van de wereldeconomie.

De 3-maands en 1-jaars risicopremie in de WTI oliemarkt

De risicopremie is hier gedefinieerd als het verschil tussen de futuresprijs en de verwachte toekomstige spotprijs volgens Consensus Forecasts over dezelfde horizon. Het verschil uitgedrukt als percentage van de huidige spotprijs vormt dan een maatstaf voor de relatieve grootte van de risicopremie. De 1-jaars risicopremie is dus iets groter dan de 3-maands risicopremie. De risicopremies zijn ook volatiel en gemiddeld positief. Bij een positieve (negatieve) premie is de futuresprijs hoger (lager) dan de Consensus prijsvoorspelling. De gemiddelde grootte van de risicopremie varieert van ongeveer 6 dollar (10%) over een 3-maands horizon tot ongeveer 10 dollar (17%) over een 1-jaars horizon (gedurende januari 2005-februari 2006 – de periode waarvoor op het CPB Consensus Forecasts data beschikbaar waren). Tot slot is een nuancering op zijn plaats. Consensus Forecasts is de verwachting van economen van financiële instellingen, terwijl futures die van oliehandelaren zijn, en dat kunnen heel andere werelden zijn.

Eind van de maand	Spot	3-maands futures	3-maands Consensus	1-jaars futures	1-jaars Consensus	Futures minus Consensus (3-maands)	Futures minus Consensus (1-jaars)	3-maands risicopremie (%)	1-jaars risicopremie (%)
jan-05	48,2	48,5	41,4	46,1	38,6	7,1	7,5	14,6	15,6
feb-05	51,8	52,3	41,9	49,5	39,1	10,4	10,4	20,2	19,9
mrt-05	55,4	56,4	45,2	55,8	41,7	11,2	14,1	20,2	25,0
apr-05	49,7	51,5	48,8	52,8	44,7	2,7	8,1	5,3	15,8
mei-05	52,0	52,8	48,9	53,0	45,4	3,9	7,6	7,4	14,4
jun-05	56,5	57,6	49,7	59,0	46,7	7,9	12,3	14,1	21,4
jul-05	60,6	61,7	53,3	63,2	48,9	8,4	14,3	13,8	23,2
aug-05	69,0	69,4	55,7	68,9	51,6	13,7	17,3	19,9	25,0
sep-05	66,3	66,2	62,7	66,8	57,2	3,5	9,6	5,3	14,5
okt-05	59,8	60,4	62,0	61,2	57,3	-1,6	3,9	-2,7	6,5
nov-05	57,3	58,2	59,3	60,1	55,6	-1,1	4,5	-1,9	7,6
dec-05	61,0	61,9	58,7	64,0	56,0	3,2	8,0	5,2	12,9
jan-06	67,9	68,7	58,9	70,7	56,5	9,8	14,2	14,5	20,7
feb-06	61,4	63,0	60,1	67,3	57,5	2,9	9,8	4,7	15,5
Gemiddelde:						5,9	10,1	10,1	17,0



Chinn, LeBlanc en Coibion (2005) vinden dat WTI futuresprijzen tussen januari 1999 en oktober 2004 zuivere voorspellingen afgaven. De voorspelfouten zijn echter groot: de futuresprijs kan slechts een klein gedeelte van de olieprijsvariabiliteit verklaren. Volgens Chinn et al. (2005) doen tijdreeksmodellen die de olieprijs voorspellen op basis van vertragingen in de eigen prijs (in dit geval een ARIMA(1,1,1)-model) het niet beter en meestal slechter dan een voorspelling met een eenvoudig random walk of futures model.¹¹ Volgens Wu en McCallum (2005) is de WTI futures geen zuivere voorspeller van toekomstige olieprijsen. Futuresprijzen voorspellen dichterbij liggende olieprijsen wel beter dan verderweg liggende olieprijsen.

4 Wat zeggen futuresprijzen over toekomstige olieprijsen?

We gaan hier na of de (zeer) kortetermijnolieprijs voor CEP/MEV (3 maanden¹², 1 jaar en 2 jaren vooruit) en de middellangetermijnolieprijs voor MLT (4 jaren vooruit) goed is te voorspellen met futuresprijzen. We onderzoeken dus in tegenstelling tot de literatuur ook de nauwkeurigheid van futuresprijzen over voorspelhorizonnen langer dan 1 jaar. We formuleren vier verschillende voorspelmodellen voor de toekomstige WTI spotprijs.

(1) Het random walk voorspelmodel

Het eenvoudigste voorspelmodel – het *random walk* (zonder drift) voorspelmodel – voorspelt dat de toekomstige spotprijs op het huidige niveau blijft:

$$(5) \quad E_t S_{t+k} = S_t$$

Deze ‘geen-verandering-raming’ wordt in de CPB-terminologie de naïeve raming of technische veronderstelling genoemd. Het *random walk* voorspelmodel vormt de zogenoemde ‘benchmark’ waartegen we de voorspelfouten van andere voorspelmodellen zullen evalueren.

(2) Het futures voorspelmodel

Het tweede voorspelmodel is het *futures* voorspelmodel. Het *futures* voorspelmodel stelt dat de toekomstige olieprijs gelijk is aan de huidige futuresprijs:

$$(6) \quad E_t S_{t+k} = F_{t,k}$$

Om licht te werpen op huidige spot- en futuresprijzen al dan niet informatie bevatten over toekomstige spotprijzen of andersom zijn zogenoemde Granger-causaliteitstoetsen uitgevoerd.

¹¹ Dit model lijkt op een random walk model.

¹² De voorspelhorizon van 3 maanden past bij de voorspelfrequentie op het CPB die op kwartaalbasis is.

Het basisprincipe van de Granger-causaliteitsanalyse is de analyse of vertraagde waarden van de ene reeks helpen bij het verbeteren van de verklaring van de andere reeks. De Granger-niet-causaliteitshypothese kan dan vervolgens getoetst worden met een Wald-toets. De conventionele Granger-causaliteitsanalyse veronderstelt stationariteit, vandaar dat we werken met eerste-verschillen van spotprijzen en futuresprijzen – die zoals we hebben aangetoond in Hoofdstuk 2 – wel stationair zijn.¹³ We verwachten dat $\Delta F_{t,k}$ (*futures* voorspelmodel) en ΔS_t (*random walk* voorspelmodel) Granger-causaliteit met $\Delta E_t S_{t+k}$ vertonen en niet andersom. Als de Granger-causaliteit loopt van de huidige spotprijs of huidige futuresprijs naar de toekomstige spotprijs betekent dat in een voorspelmodel dat de toekomstige spotprijs de afhankelijke variabele is en de huidige spotprijs of de huidige futuresprijs de onafhankelijke variabele. Als de Granger-causaliteit andersom loopt dan is het erg moeilijk om huidige spotprijzen en huidige futuresprijzen te gebruiken om toekomstige spotprijzen te voorspellen. We verwachten ook dat de Granger-causaliteit van $\Delta F_{t,k}$ met $\Delta E_t S_{t+k}$ sterker is dan die van ΔS_t . De empirie moet hier dus uitsluitsel geven.

De Granger-causaliteitstoetsen (Tabel 4.1) signaleren dat wat we verwachten te vinden – dat het *futures* voorspelmodel en het *random walk* voorspelmodel Granger-causaliteit met toekomstige spotprijzen vertonen – er ook in een aantal gevallen uit lijkt te komen. Dat wat we ook verwachten te vinden – dat toekomstige spotprijzen geen Granger-causaliteit met de huidige futuresprijzen en huidige spotprijzen vertonen – lijkt er eveneens uit te komen. Verder vinden we dat de huidige spotprijs meer informatie lijkt te bevatten over de toekomstige spotprijs dan de huidige futuresprijs over een 12-maands en 24-maands voorspelhorizon dan over een 3-maands voorspelhorizon. De huidige spotprijs lijkt dus over een 1-jaars en 2-jaars voorspelhorizon beter te presteren als voorspeller van de toekomstige spotprijs dan de huidige futuresprijs. Deze uitkomst ondersteunt dus *niet* het gebruik van futuresprijzen voor het ramen van toekomstige spotprijzen over betreffende voorspelhorizonnen.

¹³ In logaritmen, vandaar kleine letters. Daarmee is het eerste-verschil een benadering van de groei

Tabel 4.1 Granger-causaliteitstoetsen WTI (in logaritmen, voorspelhorizon in maanden, 2 vertragingen)

Nulhypothese	Waarnemingen	F-toetswaarde	Kanswaarde ^a
$\Delta f_{t,3}$ Granger causes niet Δs_{t+3}	79	0,80	0,45
Δs_{t+3} Granger causes niet $\Delta f_{t,3}$		2,63	0,08
Δs_t Granger causes niet Δs_{t+3}	79	0,66	0,52
Δs_{t+3} Granger causes niet Δs_t		2,55	0,09
$\Delta f_{t,12}$ Granger causes niet Δs_{t+12}	70	1,48	0,23
Δs_{t+12} Granger causes niet $\Delta f_{t,12}$		2,08	0,13
Δs_t Granger causes niet Δs_{t+12}	70	5,05	0,01**
Δs_{t+12} Granger causes niet Δs_t		1,52	0,23
$\Delta f_{t,24}$ Granger causes niet Δs_{t+24}	58	3,40	0,04*
Δs_{t+24} Granger causes niet $\Delta f_{t,24}$		0,08	0,92
Δs_t Granger causes niet Δs_{t+24}	58	5,19	0,01**
Δs_{t+24} Granger causes niet Δs_t		1,07	0,35

^a De nulhypothese van Granger-niet-causaliteit wordt verworpen als de kanswaarde onder de significantieniveaus 0,01 of 0,05 ligt.

* significant bij 5% significantieniveau

** significant bij 1% significantieniveau

(2) Het futures-spread model

Het *futures-spread* voorspelmodel stelt dat de toekomstige olieprijsverandering gelijk is aan de huidige futuresprijs in afwijking van de huidige spotprijs in logaritme:

$$(7) \quad E_t s_{t+k} - s_t = f_{t,k} - s_t$$

We gebruiken dit *futures-spread* model om de geraamde verandering impliciet in de 3-maands, 1-jaars, 2-jaars en 4-jaars futuresprijs te vergelijken met die van het random walk model.¹⁴

Tabel Raming-realisatie in Appendix 3 rapporteert de gerealiseerde olieprijsverandering $(s_{t+3} - s_t)$, de met het *futures-spread* model geraamde olieprijsverandering $(f_{t,3} - s_t)$, en de voorspelfout $(f_{t,3} - s_t) - (s_{t+3} - s_t)$ over een 3-maands voorspelhorizon.

Om de nauwkeurigheid van de voorspelling te meten, berekenen we de gemiddelde (absolute) voorspelfout en de wortel uit het gemiddelde van de gekwadrateerde voorspelfouten (Tabel 4.2). De voorspelfouten van het *futures-spread* voorspelmodel worden tevens vergeleken met de voorspelfouten van het *random walk* voorspelmodel. Hetzelfde doen we ook voor de andere voorspelhorizonen.

¹⁴ Het *futures-spread* voorspelmodel is vrijwel identiek aan het *futures* voorspelmodel. In het *futures-spread* voorspelmodel wordt zowel de huidige futuresprijs als de gerealiseerde toekomstige spotprijs geschaald met de huidige spotprijs.

Tabel 4.2 **Nauwkeurigheid WTI ramingen**

	<i>Futures</i>			<i>Random walk</i>		
	Gemiddelde voorspelfout	Gemiddelde absolute voorspelfout	De wortel uit het gemiddelde van de gekwadrateerde voorspelfouten	Gemiddelde voorspelfout	Gemiddelde absolute voorspelfout	De wortel uit het gemiddelde van de gekwadrateerde voorspelfouten
WTI 3-maands	-6,0	12,6	15,8	-5,3	12,7	16,1
WTI 1-jaar	-29,1	33,2	38,1	-18,6	27,3	33,7
WTI 2-jaar	-45,5	45,5	52,7	-29,0	37,0	43,5
WTI 4-jaar	-74,6	74,6	77,3	-70,0	70,0	78,5

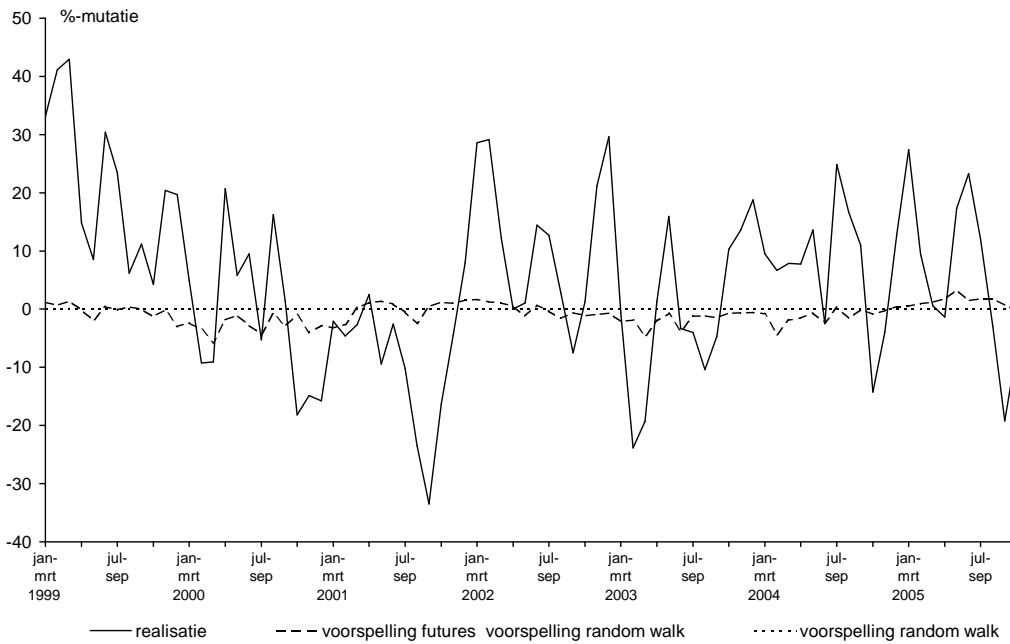
De *grootte* van de verandering wordt meestal niet juist voorspeld. De nauwkeurigheid van zowel het *random walk* als het *futures-spread* voorspelmodel is slecht doordat de voorspelfouten groot zijn. De gerealiseerde olieprijsverandering wordt bovendien zowel door het *futures-spread* als het *random walk* voorspelmodel systematisch onderschat. De gemiddelde voorspelfout van het *futures-spread* model is ook meer negatief dan die voor het *random walk* voorspelmodel. Dat is een logisch gevolg van stijgende spotprijzen en dalende futuresprijzen (zie Figuur 1.4).

De negatieve gemiddelde voorspelfout voor de verwachte spotprijs resulteert dus in een positieve risicopremie die marktdeelnemers zullen eisen. De gemiddelde voorspelfout is niet nul – wat zou wijzen op zuivere (onvertekende) schatters. Voor een 3-maands voorspelhorizon is de nauwkeurigheid van het *futures-spread* voorspelmodel net iets groter dan van het *random walk* voorspelmodel. Het gaat daarbij om de nauwkeurigheid gemeten met de wortel uit het gemiddelde van de gekwadrateerde voorspelfouten en de nauwkeurigheid gemeten met het gemiddelde van de absolute voorspelfouten. De nauwkeurigheid gemeten als het gemiddelde van de voorspelfouten van het *random walk* voorspelmodel over een 3-maands voorspelhorizon is echter net iets beter dan die van het *futures-spread* voorspelmodel. Zowel voor het *random walk* voorspelmodel als voor het *futures-spread* voorspelmodel neemt de nauwkeurigheid van de raming af met de lengte van de voorspelhorizon. Voor een 1-, 2-, en 4-jaars voorspelhorizon is een *random walk* voorspelling te verkiezen boven een *futures-spread* voorspelling.

Het *random walk* en het *futures-spread* voorspelmodel geven slechte voorspellingen van toekomstige spotprijzen. Dit resultaat is dus consistent met de gevonden tijdreeks eigenschappen van olieprijsen in Hoofdstuk 2. We vonden daar dat spot- en futuresprijzen geen neiging vertoonden naar hun verwachting of trend terug te keren. Als ze dat wel zouden doen, dan zouden we met de huidige spot- en futuresprijzen wel goede voorspellingen kunnen maken.

De voorspelde en gerealiseerde olieprijsverandering is ook weergegeven in Figuren 4.1-4.3.¹⁵ De *futures-spread* wijst dikwijls niet in de juiste *richting* qua teken van de gerealiseerde verandering van de olieprijs. Figuur 4.1 zegt eigenlijk al genoeg, namelijk dat voorspellingen met het futures-spread of random walk voorspelmodel zeer slecht zijn.

Figuur 4.1 Voorspelde versus gerealiseerde WTI olieprijsverandering (3-maands)

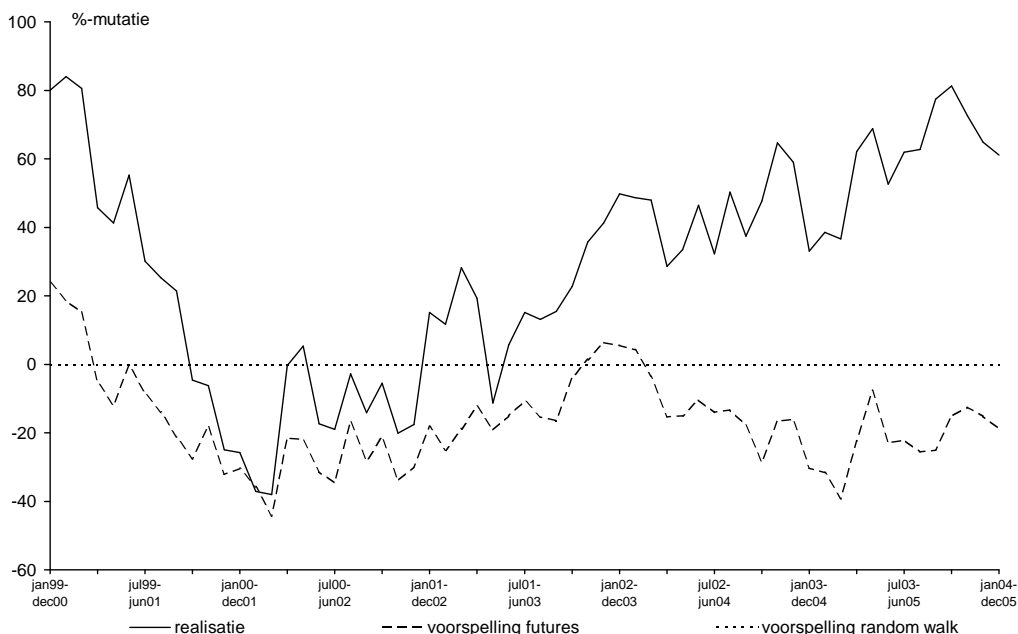


Figuur 4.2 WTI futures-spread voorspelde versus gerealiseerde WTI olieprijsverandering (1-jaars)



¹⁵ Vanwege de weinige data hebben we de 4-jaars voorspellingen niet getekend.

Figuur 4.3 WTI futures-spread voorspelde versus gerealiseerde WTI olieprijsverandering (2-jaars)



Hiervoor hebben we in Tabel 4.2 en Figuren 4.1-4.3 al laten zien dat de futures-spread weinig voorspellende waarde bezit voor toekomstige spotprijzen. We kunnen dat resultaat nog op een aantal andere manieren bevestigen. We regresseren daartoe de gerealiseerde spotprijsverandering op een constante term en de k-maands futures-spread:

$$(8) \quad (s_{t+k} - s_t) = \beta_1 + \beta_2(f_{t,k} - s_t) + \omega_{t+k}$$

Als de puntschatting $\beta_2 > 0$ voor de futures-spread positief is, duidt dat erop dat de futures-spread over voorspellende waarde beschikt. Overigens impliceert een constante term $\beta_1 > 0$ dat een stijging van de olieprijs verwacht wordt zelfs als $f_{t,k} = s_t$.

De coëfficiënt van de constante term wijkt voor iedere voorspelhorizon significant van nul af en is positief (Tabel 4.3). De futures-spread is dan geen zuivere voorspeller van de toekomstige spotprijsverandering. De positieve constante term duidt bovendien op een opwaartse trend. Ook als $f_{t,k} = s_t$ zal de verwachte spotprijs stijgen. De parameter β_2 van de futures-spread wijkt significant van nul af en is positief. Dat betekent dat de futures-spread enige voorspellende waarde heeft. De positieve coëfficiëntschatting β_2 pakt ook iets van de opwaartse trend in olieprijsen op.

Tabel 4.3 Regressie-analyse van futures-spread voorspelling, periode 1-1-1999 – 31-12-2005

WTI, voorspelhorizon	Schattingresultaten
WTI, 3-maands	$(s_{t+3} - s_t) = 7,5^{**} + 3,0^{**}(f_{t,3} - s_t) + \omega_{t+3} \quad R^2 = 0,13 \quad DW = 0,75$ [2,7] [1,0]
WTI, 12-maanden	$(s_{t+12} - s_t) = 37,7^{**} + 1,8^{**}(f_{t,12} - s_t) + \omega_{t+12} \quad R^2 = 0,29 \quad DW = 0,21$ [6,4] [0,4]
WTI, 24-maanden	$(s_{t+24} - s_t) = 52,7^{**} + 1,4^{**}(f_{t,24} - s_t) + \omega_{t+24} \quad R^2 = 0,36 \quad DW = 0,13$ [5,1] [0,3]

Newey-West standaardfouten staan tussen vierkante haken.

* significant bij 5% significantieniveau

** significant bij 1% significantieniveau

We hebben ook onderzocht of een *futures-spread* voorspelling additionele informatie biedt tegenover een *autoregressieve term* $(s_t - s_{t-k})$ die informatie uit het verleden meepakt. De coëfficiënt voor de autoregressieve term wijkt niet significant van nul af, terwijl die voor de futures-spread wel significant van nul afwijkt. Informatie uit het verleden helpt niet bij het voorspellen. Blijkbaar levert het gebruik van alleen de termijnmarkt *efficiënte* voorspellingen op (vanwege ruimtegebrek hier niet gerapporteerd).

Levert het *random walk* voorspelmodel *significant* betere voorspellingen dan het *futures-spread* voorspelmodel? De hiervoor beschreven conclusie dat het random walk model meestal nauwkeuriger voorspelt dan het futures-spread model is nog voorbarig omdat volgens Diebold en Mariano (1994) behalve de raming zelf ook de variantie-covariantiestructuur van de voorspelfouten die de futures-spread c.q. het random walk voorspelmodel maken, bepalend is voor de nauwkeurigheid van de ramingen. We hebben tot nu toe nog geen rekening gehouden met heteroskedasticiteit en autocorrelatie in de voorspelfouten. Heteroskedasticiteit (de clustering van voorspelfouten) is een typisch fenomeen van voorspellingen op basis van hoogfrequente data. Bovendien is er als gevolg van de combinatie van 3-maands, 1-jaars, 2-jaars en 4-jaars voorspelhorizonnen en dagelijkse data sprake van het zogenoemde *overlapping samples* probleem. Dit probleem veroorzaakt autocorrelatie in de voorspelfouten (voorspelfouten hangen positief met elkaar samen). Daardoor zijn de standaardbewijzen voor consistentie (en efficiëntie) van kleinste-kwadraten in een regressiemodel niet zonder meer geldig. We mogen alleen zogenoemde heteroskedasticiteit- en autocorrelatie-consistente standaardfouten – ook wel Newey-West (1987) standaardfouten genoemd – gebruiken om t-toetsen te berekenen. Diebold en Mariano houden in hun toets wel rekening met heteroskedasticiteit en autocorrelatie van de voorspelfouten. In de Diebold-Mariano toets wordt het verlies-verschil ('loss differential') – dat is de absolute voorspelfout van de raming op basis van het futures-spread model minus de absolute voorspelfout van de raming op basis van het random walk model – geresseerd op een constante. De geschatte waarde van de constante is

dan simpelweg het gemiddelde verlies-verschil. De bij dit gemiddelde verlies-verschil behorende Newey-West standaardfout kan worden gebruikt om te onderzoeken of het verlies-verschil significant afwijkt van nul of niet. Als het verliesverschil significant afwijkt van nul dan is de futures-spread een slechtere voorspeller dan het random walk model. Tabel 4.4 toont de resultaten van deze Diebold-Mariano toets.

Tabel 4.4 Diebold-Mariano toets

Voorspelhorizon	Constante term	Newey-West standaardfout
3 maanden	-0,2	0,2
1 jaar	5,8*	2,2
2 jaren	8,5**	2,8
4 jaren	4,6	13,2

* significant bij 5% significantieniveau

** significant bij 1% significantieniveau

Gemakkelijk valt te zien dat voor zowel het 1- en 2-jaar voorspelhorizon het verlies-verschil significant afwijkt van nul, wat betekent dat de futuresprijs ook volgens de Diebold-Mariano toets geen betere voorspeller is dan de huidige spotprijs. Het verliesverschil bij een 3-maands en een 4-jaars voorspelhorizon is niet significant. Het futures-spread voorspelmodel doet het bij deze horizonnen niet significant beter of slechter dan het random walk voorspelmodel. Met andere woorden, er is dus geen statistisch verschil in onnauwkeurigheid waarneembaar voor de 3-maands en 4-jaars voorspelhorizon.

Levert het *random walk* en het *futures-spread* voorspelmodel zuivere voorspellingen? Definieer de ex post voorspelfout van het *futures-spread* voorspelmodel als

$V_{k, \text{futures-spread}} = (f_{t,k} - s_t) - (s_{t+k} - s_t)$ en de ex post voorspelfout van het *random walk* voorspelmodel als $V_{k, \text{random walk}} = -(s_{t+k} - s_t)$. De voorspelfouten van beide modellen kunnen

worden geïnterpreteerd als een risicopremie daar de voorspelfout in feite de onverwachte olieprijsverandering weerspiegelt. Wanneer beide voorspelmodellen zuivere voorspellers afleveren dan mag de gemiddelde voorspelfout niet significant van nul afwijken. We controleren dit door de volgende regressie uit te voeren voor alle voorspelhorizonnen:

$V_k = \alpha + \varepsilon_{t+k}$ waarbij α een constante is die de gemiddelde ex post voorspelfout meet en ε een storingsterm is. We gebruiken wederom Newey-West standaardfouten. Uit Tabel 4.5 volgt dat beide voorspelmodellen geen zuivere voorspellingen afleveren over de onderzochte voorspelhorizonnen.

Tabel 4.5 Toets op zuiverheid WTI voorspellingen

Voorspelmodel: voorspelhorizon	Constance term	Newey-West standaardfout
Futures-spread: 3 maanden	-6,0*	2,3
Futures-spread: 1 jaar	-29,1**	5,4
Futures-spread: 2 jaren	-45,5**	6,6
Futures-spread: 4 jaren	-74,6**	12,4
Random walk: 3 maanden	-5,3*	2,4
Random walk: 1 jaar	-18,6**	6,0
Random walk: 2 jaren	-29,0**	7,7
Random walk: 4 jaren	-70,0**	18,2

* significant bij 5% significantieniveau

** significant bij 1% significantieniveau

Concluderend, de resultaten in Tabellen 4.3-4.5 bevestigen de informatie uit Tabel 4.2.

(4) Het fouten-correctie voorspelmodel

Een vierde voorspelmodel – het *fouten-correctie* voorspelmodel biedt nog een alternatief voorspelmodel voor (1)-(3). Het fouten-correctie voorspelmodel zal naar verwachting een betere voorspelprestatie leveren als futuresprijzen en toekomstige spotprijzen niet-stationair zijn, en als futuresprijzen en toekomstige spotprijzen gecointegreerd zijn.

Om causale verbanden tussen niet-stationaire reeksen te onderzoeken, wordt de cointegratie benadering aangeraden. Volgens Engle en Granger (1987) zijn twee of meer niet-stationaire variabelen (in dit geval huidige futuresprijzen en toekomstige spotprijzen) gecointegreerd als er een lineaire combinatie bestaat die stationair is. Engle en Granger hebben ook formeel bewezen de overeenkomst tussen cointegratie en het fouten-correctie mechanisme. Het *Granger Representatie Theorema* stelt dat als een groep variabelen is gecointegreerd, dan moet het ook een fouten-correctie mechanisme hebben en vice versa. In dat geval zorgt een fouten-correctie mechanisme ervoor dat positieve of negatieve afwijkingen van het langetermijnpad aanleiding geven tot correcties in tegengestelde richting. Toekomstige spotprijzen en futuresprijzen zullen dan niet al te ver van elkaar liggen.

We passen daarom de Engle-Granger (1987) twee-staps procedure toe. We zijn hier allereerst geïnteresseerd in de schatting van de cointegratie parameter die de langetermijnrelatie tussen toekomstige spotprijzen en futuresprijzen weerspiegelt. We beginnen daarom met de *eerste stap* uit de Engle-Granger twee-staps procedure: het schatten van de cointegratie regressie – een statische regressievergelijking (dat wil zeggen een vergelijking zonder vertragingen) in niveaus. Als de residuen van de cointegratie regressie stationair zijn, hebben we cointegratie tussen huidige futuresprijzen en toekomstige spotprijzen aangetoond. We mogen dan in de *tweede stap*

een fouten-correctie voorspelmodel afleiden waarin rekening wordt gehouden met de langetermijnrelatie tussen futuresprijzen en toekomstige spotprijzen.

De *eerste stap* betreft dus het schatten van de Engle-Granger coïntegratie regressie

$$(9) \quad s_{t+k} = \beta_1 + \beta_2 f_{t,k} + \varepsilon_{t+k}$$

waarbij β_2 de coïntegratie parameter is. De Engle-Granger coïntegratie regressie kan gewoon met de kleinste-kwadraten methode geschat worden (Tabel 4.6). Vervolgens wordt getoetst op één eenheidswortel in de residuen. Als deze residuen stationair zijn, dan mogen we ze gebruiken in een fouten-correctie model. Merk op dat we niet over voldoende data beschikken om de Engle-Granger coïntegratie regressie voor de 4-jaar voorspelhorizon te schatten.

Tabel 4.6 Schatting coïntegratie regressie, periode 1-1-1999 – 31-12-2005

Voorspelhorizon k in maanden, methode	Coïntegratie regressie, ADF en PP-toets op residuen
3 maanden, Engle-Granger 1 ^{ste} stap	$s_{t+3} = 0,48 + 0,87 f_{t,3} + \varepsilon_{t+3}$ $R^2 = 0,81$ $ADF = -3,1^*$ $PP = -5,4^*$ [0,22] [0,06]
12 maanden, Engle-Granger 1 ^{ste} stap	$s_{t+12} = 0,97 + 0,79 f_{t,12} + \varepsilon_{t+12}$ $R^2 = 0,43$ $ADF = -2,0$ $PP = -1,8$ [0,58] [0,18]
24 maanden, Engle-Granger 1 ^{ste} stap	$s_{t+24} = -0,62 + 1,35 f_{t,24} + \varepsilon_{t+24}$ $R^2 = 0,37$ $ADF = -1,5$ $PP = -1,4$ [1,33] [0,44]

Newey-West standaardfouten staan tussen vierkante haken.

* significant bij 5% significantieniveau

Opvallend is de hoge R^2 van de coïntegratie regressies en de lage standaardfout (vooral voor de 3-maands voorspelhorizon). Dit is een kenmerkend verschijnsel in regressies met geïntegreerde variabelen als afhankelijke en onafhankelijke variabelen. Een dergelijke regressie wordt een schijnregressie (*spurious regression*) genoemd. Dit houdt in dat de correlatie tussen geïntegreerde reeksen vaak significant lijkt, zelfs als die reeksen in werkelijkheid geen enkel verband hebben. Een hoge R^2 betekent nog niet dat toekomstige spotprijs en futuresprijs geïntegreerd zijn. Hiertoe moet getoetst worden of de residuen stationair zijn. De ADF- en PP-toetsen verwerpen niet-stationariteit van de residuen voor de 3-maands horizon, maar niet voor de 1-jaars en 2-jaars horizon. We kunnen concluderen dat futuresprijzen en toekomstige spotprijzen alleen geïntegreerd zijn over een 3-maands voorspelhorizon.

De afwijking van het langetermijnpad is zoals gezegd de fout die gedeeltelijk in de daaropvolgende periode wordt gecorrigeerd. De snelheid waarmee de spotprijs de futuresprijs nadert, wordt bepaald door de *tweede stap* waarbij de verandering in de olieprijs (het eerste verschil van het niveau van de gerealiseerde toekomstige spotolieprijs) wordt geschat. Als

prijzen gecointegreerd zijn, dan kan in de *tweede stap* een fouten-correctie voorspelmodel worden geschat van de vorm:

$$(10) \quad \Delta s_{t+k} = \alpha + \beta_0 \Delta f_{t,k} + \lambda \varepsilon_{t-1} + \sum_{j=1}^n A_j \Delta s_{t+k-j} + \sum_{i=1}^m B_i \Delta f_{t-i,k} + \mu_{t+k}$$

met ε_t de residuen van de cointegratie regressie (9). Voor de kleinste-kwardraten schatting hebben we het model nog uitgebreid met een constante term α en met maximaal 4 vertragingen

van toekomstige spot- $\sum_{i=1}^4 A_i \Delta s_{t+k-i}$ en futuresprijzen $\sum_{j=1}^4 B_j \Delta f_{t-j,k}$ zodat de

storingsterm μ witte ruis is (Tabel 4.7, regels Engle-Granger, 2^{de} stap).

Tabel 4.7 Schatting fouten-correctie voorspelmodel, periode 1-1-1999 – 31-12-2005

Voorspelhorizon k (in maanden), fouten-correctie voorspelmodel	Schattingenresultaten
3 maanden, Engle-Granger 2 ^{de} stap	$\Delta s_{t+3} = 0,01 + 0,31 \Delta f_{t,3} - 0,39 \varepsilon_{t+3-1} + \zeta_{t+3}$ $adj.R^2 = 0,15$ $DW = 2,0$ [0,01][0,16] [0,19]
3 maanden, ongerestricteerd	$\Delta s_{t+3} = 0,19 + 0,31 \Delta f_{t,3} - 0,39 [s_{t+3-1} - 0,88 f_{t-1,3}] + \zeta_{t+3}$ $adj.R^2 = 0,14$ $DW = 2,0$ [0,15][0,16] [0,19]
12 maanden, Engle-Granger 2 ^{de} stap	$\Delta s_{t+12} = 0,01 - 0,15 \Delta f_{t,12} - 0,02 \varepsilon_{t+12-1} + \zeta_{t+12}$ $adj.R^2 = -0,01$ $DW = 2,1$ [0,01][0,17] [0,06]
12 maanden, ongerestricteerd	$\Delta s_{t+12} = 0,08 - 0,16 \Delta f_{t,12} - 0,02 [s_{t+12-1} - 0,17 f_{t-1,12}] + \zeta_{t+12}$ $adj.R^2 = -0,03$ $DW = 2,1$ [0,11][0,17] [0,06]
24 maanden, Engle-Granger 2 ^{de} stap	$\Delta s_{t+24} = 0,008 - 0,07 \Delta f_{t,24} - 0,05 \varepsilon_{t+24-1} + 0,57 \Delta f_{t-1,24} + \zeta_{t+24}$ $adj.R^2 = 0,05$ $DW = 1,7$ [0,01][0,27] [0,03] [0,22]
24 maanden, ongerestricteerd	$\Delta s_{t+24} = -0,36 - 0,03 \Delta f_{t,24} - 0,05 [s_{t+24-1} - 3,7 f_{t-1,24}] + 0,58 \Delta f_{t-1,24} + \zeta_{t+24}$ $adj.R^2 = 0,06$ $DW = 1,7$ [0,20][0,03] [0,07] [0,24]

Newey-West standaardfouten staan tussen vierkante haken.

Een andere manier om de cointegratie parameter te schatten, gaat uit van een dynamisch model met één afhankelijke variabele (in dit geval de toekomstige spotprijs) en één onafhankelijke variabele (in dit geval de futuresprijs). Uit simulaties is gebleken dat deze alternatieve methode in kleine steekproeven efficiëntere schattingen oplevert (Boswijk, 1991). We leiden een eenvoudig ongerestricteerde fouten-correctie voorspelmodel af uit het *Autoregressive Distributed Lag ADL (1,1)-model* in logaritmische vorm:

$$(11) \quad s_{t+k} = \phi s_{t+k-1} + \beta_0 f_{t,k} + \beta_1 f_{t-1,k} + \zeta_{t+k}$$

Na transformatie krijgen we: $\Delta s_{t+k} = (\varphi - 1)s_{t+k-1} + \beta_0 \Delta f_{t,k} + (\beta_0 + \beta_1)f_{t-1,k} + \zeta_{t+k}$ en het fouten-correctie voorspelmodel wordt dan:

$$(12) \quad \Delta s_{t+k} = \beta_0 \Delta f_{t,k} + \lambda [s_{t+k-1} - \theta f_{t-1,k}] + \zeta_{t+k} \quad \text{met } \lambda = (\varphi - 1) \text{ en } \theta = -(\beta_0 + \beta_1)/(\varphi - 1)$$

Het voordeel van vergelijking (12) tegenover het gebruik van de voorspelfouten ε_{t+k} uit de cointegratie regressie (9) is dat alle parameters in (12) geen restricties zijn opgelegd en dus geschat worden. Voor de kleinste-kwardraten schatting breiden we het model wederom uit met

een constante term α en met maximaal 4 vertragingen van toekomstige spot- $\sum_{i=1}^4 A_i \Delta s_{t+k-i}$ en

futuresprijzen $\sum_{j=1}^4 B_j \Delta f_{t-j,k}$ zodat de storingsterm ζ witte ruis is.

$$(13) \quad \Delta s_{t+k} = \alpha + (\varphi - 1)s_{t+k-1} + \beta_0 \Delta f_{t,k} + (\beta_0 + \beta_1)f_{t-1,k} + \sum_{i=1}^4 A_i \Delta s_{t+k-i} + \sum_{j=1}^4 B_j \Delta f_{t-j,k} + \zeta_{t+k}$$

De schattingsresultaten zijn wederom samengevat in Tabel 4.7 zodat onderlinge vergelijking mogelijk is. De coëfficiëntschattingen van de beide fouten-correctie modellen (Engle-Granger 2^{de} stap en ongerestricteerd) verschillen niet veel. WTI futuresprijzen zijn in ieder geval geen nauwkeurige voorspellers. De adj. R² van de fouten-correctie voorspelmodellen is niet groot. De coëfficiënt $(\varphi - 1)$ blijkt alleen voor de 3-maands voorspelhorizonnen significant van nul af te wijken. Dus we vinden wederom dat alleen voor een 3-maands voorspelhorizon cointegratie kan worden aangetoond.¹⁶ De coëfficiënt λ van de fouten-corrigerende term is ook alleen significant afwijkend van nul in het 3-maands fouten-correctie voorspelmodel. Bij langere voorspelhorizonnen verdwijnt fouten-correctie vrijwel helemaal en wordt de coëfficiënt λ insignificant. Toekomstige spotprijzen en huidige futuresprijzen over langere voorspelhorizonnen blijven dus ver van elkaar liggen. Het fouten-correctie voorspelmodel gaat steeds slechter op voor langere voorspelhorizonnen.

Uit de ongerestricteerde fouten-correctie modellen vallen ook de langetermijnaanpassingsparameters θ te halen. De parameter blijkt alleen voor het 3-maands voorspelmodel (Tabel 4.7, regels ongerestricteerd) nagenoeg dezelfde omvang te hebben als de cointegratie parameter uit de cointegratie regressie (9) in Tabel 4.6. Het verhaal is dat op lange termijn de toekomstige spot- en huidige futuresprijs positief samenhangen. De toekomstige spotprijs is op langere termijn te verklaren uit de huidige futuresprijs, dus $s_{t+k} = \theta f_{t,k} + \varepsilon$ met ε het residu en θ positief. We nemen in de fouten-correctie vergelijking de residuen van de langetermijnvergelijking op, en we verwachten dus $\varepsilon = [s_{t+k} - \theta f_{t,k}]$ als verklarende variabele.

¹⁶ Herinner dat alleen voor de 3-maands voorspelhorizon cointegratie met de Engle-Granger 1^{ste} stap kon worden aangetoond.

Als $\varepsilon = (s_{t+k} - \theta f_{t,k}) > 0$ of < 0 dan is $\Delta s_{t+k} < 0$ of $\Delta s_{t+k} > 0$ zodat fouten-correctie optreedt. Het fouten-correctie mechanisme zorgt er bij de 3-maands voorspelhorizon voor dat positieve of negatieve afwijkingen van het langetermijnpad aanleiding geven tot correcties in tegengestelde richting. Spotprijzen over 3-maanden en huidige 3-maands futuresprijzen zullen dan op de langere termijn niet al te ver van elkaar liggen.

5 Concluderende opmerkingen

Het voorliggende memorandum rapporteerde verscheidene econometrische analyses van de WTI olieprijs. Wat betekenen de bovenstaande resultaten in de praktijk? We hadden verwacht dat de huidige futuresprijs betere informatie bevatte over de toekomstige spotprijs dan de huidige spotprijs. Onze resultaten tonen echter aan dat dat niet het geval was. Alleen over een voorspelhorizon van 3 maanden (de zeer korte termijn) was een op de futuresprijs gebaseerde voorspelling iets nauwkeuriger dan een op de spotprijs gebaseerde voorspelling. Het ging daarbij om de nauwkeurigheid gemeten met de wortel uit het gemiddelde van de gekwadeerde voorspelfouten en de nauwkeurigheid gemeten met het gemiddelde van de absolute voorspelfouten. Voor het ramen van toekomstige spotprijzen op korte (1- of 2-jaars voorspelhorizon) en middellange termijn (4-jaars voorspelhorizon) blijken de futuresprijzen minder geschikt. Voor een MEV-voorspelling van de olieprijs in het lopende jaar is een futures voorspelling dus licht te verkiezen boven een random walk voorspelling. Ingeval van een MEV-voorspelling van de olieprijs voor het lopende jaar beschikken we immers over ongeveer 6 maanden realisaties, zodat we niet zo ver meer vooruit voorspellen. Voor een CEP-voorspelling van de olieprijs voor het lopende en het komende jaar en voor een MEV-voorspelling van de olieprijs voor het komende jaar is een *random walk* voorspelling te verkiezen boven een voorspelling op basis van futuresprijzen. Voor een MLT-voorspelling is een *random walk* voorspelling te verkiezen boven een voorspelling met futuresprijzen.

In alle gevallen is overigens sprake van grote voorspelfouten, en van voorspelfouten die oplopen naarmate de voorspelhorizon langer wordt. Zowel futures als random walk voorspelmodellen blijken slechte voorspellers van toekomstige olieprijsen. De gerealiseerde olieprijsverandering wordt zowel door het futures-spread als het random walk voorspelmodel systematisch onderschat (negatieve gemiddelde voorspelfout). In toekomstig onderzoek zal de voorspelkwaliteit van futures en random walk voorspelmodellen dan ook vergeleken dienen te worden met die van een fundamenteel oliemarktmodel.¹⁷

¹⁷ Voor een faire vergelijking zal de raming daarbij op dezelfde datum moeten plaatsvinden.

Literatuur

Barten, A.P., 1989, *Econometrische lessen*, Academic Service, Schoonhoven.

Black, F. en M. Scholes (1973), The pricing of options and corporate liabilities, *Journal of Political Economy*, vol. 81, pag. 637-654.

Boswijk, H.P., 1991, Eenheidswortels, fouten-correctie modellen en cointegratie, Vakgroep Actuariaal en Econometrie, Universiteit van Amsterdam, & Tinbergen Instituut.

Campbell, P., B.-E. Orskaug en R. Williams, 2006, The Forward Market for Oil, Bank of England Quarterly Bulletin, pag. 66-74,
<http://www.bankofengland.co.uk/publications/quarterlybulletin/qb0601.pdf>

Brenner, R.J. en K.F. Kroner, 1995, Arbitrage, Cointegration, and Testing the Unbiasedness Hypothesis in Financial Markets, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, vol. 35, nr. 1, pag. 23-42.

Chinn, M., M. LeBlanc en O. Coibion, 2005, The Predictive Characteristics of Energy Futures: Recent Evidence for Crude Oil, Natural Gas, Heating Oil and Gasoline, NBER Working Paper 11033, <http://www.nber.org/papers/w11033/.pdf>

Coimbra, C. en P.S. Esteves, 2004, Oil Prices Assumptions in Macroeconomic Forecasting: Should we follow Futures Market Expectations?, Banco de Portugal Economics Research Department Working Paper 4-04, <http://www.bportugal.pt/publish/wp/2004-4.pdf>

CPB, 2001, CEP 2001, Kader Olievoorraden en prijzen op spot- en termijnmarkt, Sdu Uitgevers, Den Haag, pag. 53, <http://www.cpb.nl/nl/pub/cepmev/cep/2001/kaders/kader09.pdf>

Diebold, F.X. en R.S.Mariano, 1994, Comparing Predictive Accuracy, *Journal of Business & Statistics*, vol. 13, nr. 2, pag. 253-263.

De Nederlandsche Bank (DNB), 2005, Kwartaalbericht September 2005, Amsterdam.

Engle, R.F. en C.J.W. Granger, 1987, Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing, *Econometrica*, vol. 55, nr. 2, pag. 251-276.

Econbrowser, 2006, Oil at \$15-30 a barrel?, Analysis of current economic conditions and policy, 22 februari, http://www.econbrowser.com/archives/2006/02/oil_at_1530_a_b.html

French, M.W., 2005, Why and When do Spot Prices of Crude Oil Revert to Futures Price Levels?, Federal Reserve Board Finance and Economics Discussion Series 30, Washington, <http://www.federalreserve.gov/pubs/feds/2005/200530/200530pap.pdf>

Green, S.I. en K.A. Mork, 1991, Toward Efficiency in the Crude Oil Market, *Journal of Applied Econometrics*, vol. 6, pag. 45-66.

Greenspan, A., 2004, Oil, Remarks by Chairman Alan Greenspan to the National Italian American Foundation, Washington, D.C., October 15, Federal Reserve Board, Washington, <http://www.federalreserve.gov/BOARDDOCS/Speeches/2004/200410152/default.htm>

Hotelling, H., 1931, The Economics of Exhaustible Resources, *The Journal of Political Economy*, vol. 39, nr. 2, pag. 137-175.

Hull, J.C., 1998, *Introduction to Futures and Options Markets*, Third Edition, Prentice Hall, New Jersey.

IEA/OECD, 2005, *World Energy Outlook 2005, Middle East and North Africa Insights*, Paris.

IMF, 2005, Will the Oil Market continue to be tight?, *World Economic Outlook*, april, pag. 157-183, Washington, www.imf.org.

IMF, 2006, *World Economic Outlook*, april, Washington.

Kingma, D. en W. Suyker, 2005, Veel gestelde vragen over olie en de wereldeconomie, 2^e versie 15 juni (1^e versie 17 september 2004), CPB Memorandum 95, Den Haag, <http://www.cpb.nl/nl/pub/cpbreeksen/memorandum/95/>

Litzenberger, R.H. en N. Rabinowitz, 1995, Backwardation in oil futures markets: theorie en empirical evidence, *Journal of Finance*, vol. 50, nr. 5, pag. 1517-1545.

Moosa, I.A. en N.E. Al-Loughani, 1994, Unbiasedness and time varying risk premia in the crude oil futures market, *Energy Economics*, vol. 16, nr. 2, pag. 99-105.

Newey, W.K. en K.D. West, 1987, A Simple, Positive Semi-Definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix, *Econometrica*, vol. 55, nr. 3, pag. 703-708.

Pindyck, R. (2001), The dynamics of commodity spot and futures markets: a primer, *The Energy Journal*, vol. 22, pag. 1-29.

Serletis, A., 1991, Rational Expectations, Risk and Efficiency in Energy Futures Markets, *Energy Economics*, vol. 13, nr. 2, pag. 111-115.

Wu, T. en A. McCallum, 2005, Do Oil Futures Prices Help Predict Future Oil Prices?, *FRBSF Economic Letter* 38, pag. 1-3.

Appendix 1 Gebruikte tijdreeksen van olieprijsen

De gebruikte tijdreeksen van spotprijzen en futuresprijzen van Brent en WTI olie zijn afkomstig van Datastream. Brent spotprijzen zijn beschikbaar in Datastream sinds 20 mei 1987. WTI spotprijzen zijn beschikbaar sinds 4 april 1983. Futuresprijzen voor Brent maken toekomstige levering van olie mogelijk vanaf oktober 2003. Futuresprijzen voor WTI maken toekomstige levering van olie mogelijk vanaf maart 1993. Merk op dat het WTI spotcontract op NYMEX in feite een 1-maands futurescontract is. Dat komt doordat spot olie pas één maand na de transactie fysiek wordt geleverd. De spotprijs en de 1-maands futuresprijs van WTI zijn dan ook vrijwel hetzelfde, uitgezonderd enkele kleine verschillen vanwege (iets) uiteenlopende sluitingstijden van de spot- en futuresmarkt. Onderstaande tabel geeft een idee van de beschikbare tijdreeksen van spotprijzen en futuresprijzen (alleen die van december).

Brent en WTI spotprijzen en december futuresprijzen

<i>Datastream code</i>	<i>Omschrijving</i>	<i>Periode</i>
OILBRNP	Crude Oil-Brent Dated FOB U\$/BBL	20/05/1987-
LLC1203	IPE-CRUDE OIL DEC 2003 - SETT. PRICE - U\$/BL	08/09/2003-13/11/2003
LLC1204	IPE-CRUDE OIL DEC 2004 - SETT. PRICE - U\$/BL	08/09/2003-15/11/2004
LLC1205	IPE-CRUDE OIL DEC 2005 - SETT. PRICE - U\$/BL	08/09/2003-15/11/2005
LLC1206	IPE-CRUDE OIL DEC 2006 - SETT. PRICE - U\$/BL	14/11/2003-
LLC1207	IPE-CRUDE OIL DEC 2007 - SETT. PRICE - U\$/BL	16/11/2004-
LLC1208	IPE-CRUDE OIL DEC 2009 - SETT. PRICE - U\$/BL	07/02/2005-
LLC1209	IPE-CRUDE OIL DEC 2008 - SETT. PRICE - U\$/BL	07/02/2005-
LLC1210	IPE-CRUDE OIL DEC 2010 - SETT. PRICE - U\$/BL	07/02/2005-
LLC1211	IPE-CRUDE OIL DEC 2011 - SETT. PRICE - U\$/BL	07/02/2005-
LLC1212	IPE-CRUDE OIL DEC 2012 - SETT. PRICE - U\$/BL	17/05/2005-
CRUDOIL	Crude Oil-WTI Spot Cushing U\$/BBL	04/04/1983-
NCL1299	NYM-LIGHT CRUDE OIL DEC 1999 - SETT. PRICE - U\$/BL	01/05/1995-19/11/1999
NCL1200	NYM-LIGHT CRUDE OIL DEC 2000 - SETT. PRICE - U\$/BL	03/01/1997-17/11/2000
NCL1201	NYM-LIGHT CRUDE OIL DEC 2001 - SETT. PRICE - U\$/BL	13/01/1997-21/11/2001-
NCL1202	NYM-LIGHT CRUDE OIL DEC 2002 - SETT. PRICE - U\$/BL	23/01/1997-20/11/2002
NCL1203	NYM-LIGHT CRUDE OIL DEC 2003 - SETT. PRICE - U\$/BL	28/01/1997-20/11/2003
NCL1204	NYM-LIGHT CRUDE OIL DEC 2004 - SETT. PRICE - U\$/BL	26/11/1997-19/11/2004
NCL1205	NYM-LIGHT CRUDE OIL DEC 2005 - SETT. PRICE - U\$/BL	30/12/1998-18/11/2005
NCL1206	NYM-LIGHT CRUDE OIL DEC 2006 - SETT. PRICE - U\$/BL	24/11/1999-
NCL1207	NYM-LIGHT CRUDE OIL DEC 2007 - SETT. PRICE - U\$/BL	09/01/2001-
NCL1208	NYM-LIGHT CRUDE OIL DEC 2008 - SETT. PRICE - U\$/BL	21/11/2001-
NCL1209	NYM-LIGHT CRUDE OIL DEC 2009 - SETT. PRICE - U\$/BL	02/12/2002-
NCL1210	NYM-LIGHT CRUDE OIL DEC 2010 - SETT. PRICE - U\$/BL	21/11/2003-
NCL1211	NYM-LIGHT CRUDE OIL DEC 2011 - SETT. PRICE - U\$/BL	22/11/2004-
NCL1212	NYM-LIGHT CRUDE OIL DEC 2012 - SETT. PRICE - U\$/BL	21/11/2005-

Appendix 2 Hotelling model, contango en backwardation

Het Hotelling model

Wat is eigenlijk de relatie tussen de *huidige* futuresprijs en de *huidige* spotprijs? Het standaard model voor uitputbare¹⁸ en opslagbare grondstoffen (en dus voor olie) onder volledige mededinging is dat van Hotelling (1931).¹⁹ De huidige termijnprijs voor levering van olie kan als volgt uit de huidige spotprijs berekend worden (notatie zoals in Hull, 1998, zie ook Campbell, Orskaug en Williams, 2006): $F_{t,k} = S_t e^{r_{t,k} \times T}$ met $F_{t,k}$ is de huidige termijnprijs of futuresprijs op tijdstip t voor levering van olie op tijdstip $t+k$, S_t is de huidige contante prijs of spotprijs van olie op tijdstip t , $r_{t,k}$ is de huidige risicovrije k -perioden nominale rente op jaarbasis op tijdstip t uitgedrukt in continue tijd, $t=0, \dots, T$ is de leverdatum van olie in jaren eveneens uitgedrukt in continue tijd. De vergelijking $F_{t,k} = S_t e^{r_{t,k} \times T}$ gaat alleen op als we afzien van imperfecties zoals transactie- en informatiekosten, margin vereisten en risicopremies.²⁰ De huidige futuresprijs of leveringsprijs van een long²¹ futurescontract om Brent olie over drie maanden te kopen is $F_{t,k} = S_t e^{r_{t,k} \times T} = 69,3 \times e^{0,02953 \times 0,25} = 69,8$ waarbij $S_t = 69,3$ de huidige spotprijs van Brent is (9 juni 2006), $r_{t,k} = 2,953\% = 0,02953$ de huidige 3-maands risicovrije nominale rente in het eurogebied en $T = 3$ maanden (0,25 jaar in continue tijd).

Contango en backwardation

Laten we voor het gemak de huidige situatie (juni 2006) van een oliemarktdeelnemer als uitgangspunt nemen. Een oliehandelaar ziet de juni spotprijs, de juni prijs van het december 2006 futurescontract en maakt een verwachting van de december 2006 spotprijs. De eerste twee prijzen zijn dus nu al bekend, de derde prijs weten we pas over zes maanden. Er bestaan namelijk twee afzonderlijke arbitrage-relaties tussen deze drie prijzen die het gevolg zijn van twee afzonderlijke handelstrategieën.

De eerste is de arbitrage-relatie tussen de juni spotprijs S_t en de verwachting die handelaren in juni vormen over de december spotprijs $E_t S_{t+6}$. De handelsstrategie die zij entameren is er één van nu geld lenen om vandaag fysieke levering van olie te ontvangen door deze olie te kopen tegen de juni spotprijs en de olie zes maanden later tegen de dan geldende december spotprijs weer te verkopen, en de opbrengsten te gebruiken om de lening af te betalen. In evenwicht zal de verwachting van de december spotprijs die handelaren vormen in juni gelijk zijn aan de juni

¹⁸ Volgens de aanhangers van *peak oil* raken oliebronnen uitgeput en heeft de wereldwijde olieproductie zijn hoogste punt bereikt. Het oplopen van de olieprijs vormt daarvan de eerste indicatie.

¹⁹ Het tweede deel van de verkenning zal meer ingaan op het Hotelling model.

²⁰ Hoewel het Hotelling model in de praktijk te simplistisch is, halen we toch dit model aan omdat het de basistheorie is voor uitputbare en opslagbare grondstoffen.

²¹ Degene die de onderliggende waarde (ruwe olie) van het futurescontract ontvangt, bezit een 'long' positie.

spotprijs plus de rentekosten: $E_t S_{t+6} = S_t e^{r_{t,6} \times T}$ Als de verwachte december spotprijs hoger is dan dit getal $E_t S_{t+6} > S_t e^{r_{t,6} \times T}$ dan kunnen handelaren een verwachte winst maken door nu meer fysieke levering van olie te nemen (welke actie de juni spotprijs omhoog drijft) om een grotere hoeveelheid olie in december te verkopen (die de december spotprijs naar beneden drijft). Zulke arbitrage zal ervoor zorgen dat er evenwicht komt $E_t S_{t+6} = S_t e^{r_{t,6} \times T}$. Hierbij is echter nog geen rekening gehouden met de *opslagkosten* $u_{t,6}$ die ervoor zorgen dat de verwachte december spotprijs nog hoger zal zijn de juni spotprijs $E_t S_{t+6} = S_t e^{(r_{t,6} + \mu_{t,6}) \times T}$. Hotelling hield geen rekening met de opslagkosten van olie. Daarnaast moet ook nog rekening gehouden worden met de mogelijkheid dat de fysieke levering van olie in december meer oplevert dan de verwachte december spotprijs – de *convenience yield* genoemd; iets waarmee Hotelling ook geen rekening hield. Aan het fysieke bezit van olie (olievoorraden) zitten namelijk voordelen die niet aan het bezit van een futurescontract zitten (een futurescontract kun je niet consumeren). Dus voor financiële activa is de convenience yield nul, maar voor olie is de convenience yield positief. Te denken valt aan het behoud van belangrijke klanten, de vergroting van het marktaandeel, of de mogelijkheid het productieproces gaande te houden ondanks een toekomstig tekort aan olie (Pindyck, 2001, pag. 2.). Het bezit van olie kan bovendien diversificatievoordelen opleveren (Campbell et al, 2006, pag. 71). Deze *convenience yield* $y_{t,k}$ zorgt ervoor dat de verwachte december spotprijs onder de huidige spotprijs zal liggen $E_t S_{t+6} = S_t e^{(r_{t,6} + \mu_{t,6} - y_{t,6}) \times T}$ Door rentekosten, opslagkosten en convenience yield kan in evenwicht, de verwachte december spotprijs dus hogere of lager zijn dan de juni spotprijs. Als we de uitdrukking *cost of carry* gebruiken voor de rente- plus opslagkosten minus de convenience yield, dan kunnen de evenwichtsrelatie karakteriseren als de verwachte december spotprijs gelijk aan de juni spotprijs plus de cost of carry: $E_t S_{t+6} = S_t e^{c_{t,6} \times T}$

De tweede arbitrage relatie is tussen de prijs van het december futurescontract en de verwachting dat de handelaren vormen in juni over de december spotprijs. Hier is de arbitrage strategie is er één van het kopen van het december futurescontract om fysieke levering te krijgen van olie in december, om deze olie te verkopen tegen de verwachte december spotprijs als de olie wordt geleverd in december. Als de december futuresprijs lager is dan de verwachte december spotprijs, dan is er een verwachte winst te maken, omdat de olie in december tegen een lagere prijs wordt ingekocht dan verkocht. Als meer handelaren deze strategie entameren, zal de prijs van het futurescontract worden opgedreven en de verwachte december spotprijs naar beneden worden gedreven. In evenwicht zal de verwachte december spotprijs gelijk te zijn aan de prijs van het december futurescontract in juni: $E_t S_{t+6} = F_{t,6}$

Door optelling van beide arbitrage strategieën resulteert een derde arbitrage relatie namelijk dat de juni prijs van een december futurescontract gelijk moet zijn aan de juni spotprijs plus de cost of carry. $F_{t,6} = S_t e^{c_{t,6} \times T}$

Concluderend, de evenwichtsvergelijking $F_{t,k} = S_t e^{c_{t,k} \times T}$ suggereert dat de futuresprijs op de eerste plaats zal stijgen met het verstrijken van de tijd; dus naarmate de levering van olie verder weg ligt in de toekomst. De futuresprijs zal op de tweede plaats stijgen met de financiële kosten verbonden aan het op voorraad houden van olie in de vorm van de *opportunity* rentekosten.^{22 23} De futuresprijs stijgt op de derde plaats met de opslagkosten verbonden aan het op voorraad houden van olie. De futuresprijs zal echter dalen met de convenience yield.

Als de huidige futuresprijs boven de huidige spotprijs ligt dan spreken we van een situatie die contango wordt genoemd. Het meestal in de praktijk waargenomen patroon is er echter één van dalenden futuresprijzen – een situatie die backwardation wordt genoemd. Als de convenience yield hoger is dan de rente- plus opslagkosten, dan zullen huidige futuresprijzen onder de huidige spotprijs liggen. De omvang van de convenience yield in relatie tot de omvang van de rente- en opslagkosten bepaalt dus of de huidige futuresprijzen hoger of lager zijn dan de huidige spotprijs.

²² De opportunity kosten verbonden aan het op voorraad houden van olie worden hier gerepresenteerd door de risicovrije rente. French (2005) werkt met een risicovolle rente door bij de risicovrije rente een risicopremie op te tellen.

²³ Hotelling (1931) schrijft: “[...] given certain assumptions, the opportunity cost of storing oil is the foregone interest rate. Therefore, in theory, the expected rate of return on holding oil should be identical to the interest rate; in other words, the price of oil is expected to appreciate at the interest rate.”

Appendix 3 Raming-realisatie futures-spread en random walk voorspelmodel

Raming-realisatie WTI (3 maanden vooruit, %-mutaties)^a

	Realisatie	Voorspelling futures	Voorspelfout futures	Gekwadrateerde voorspelfout futures	Voorspelfout random walk	Gekwadrateerde voorspelfout random walk
1/01/1999-31/03/1999	33,1	1,2	- 32,0	1021,3	- 33,1	1096,4
1/02/1999-30/04/1999	41,1	0,6	- 40,5	1639,7	- 41,1	1692,3
1/03/1999-31/05/1999	43,0	1,4	- 41,6	1728,3	- 43,0	1844,9
1/04/1999-30/06/1999	14,8	- 0,1	- 14,9	222,2	- 14,8	218,6
3/05/1999-30/07/1999	8,5	- 2,0	- 10,5	110,7	- 8,5	72,9
1/06/1999-31/08/1999	30,4	0,4	- 30,0	901,6	- 30,4	923,7
1/07/1999-30/09/1999	23,5	- 0,1	- 23,6	555,3	- 23,5	550,5
2/08/1999-29/10/1999	6,2	0,4	- 5,8	33,3	- 6,2	38,0
1/09/1999-30/11/1999	11,2	0,0	- 11,1	124,0	- 11,2	125,0
1/10/1999-31/12/1999	4,3	- 1,3	- 5,6	31,2	- 4,3	18,2
1/11/1999-31/01/2000	20,4	- 0,1	- 20,5	421,8	- 20,4	416,4
1/12/1999-29/02/2000	19,7	- 3,0	- 22,6	511,6	- 19,7	386,3
3/01/2000-31/03/2000	5,0	- 2,4	- 7,3	53,7	- 5,0	24,5
1/02/2000-28/04/2000	- 9,3	- 3,5	5,8	33,4	9,3	86,0
1/03/2000-31/05/2000	- 9,1	- 5,7	3,3	11,0	9,1	81,9
1/04/2000-30/06/2000	20,7	- 1,9	- 22,5	508,3	- 20,7	427,4
1/05/2000-31/07/2000	5,8	- 1,1	- 6,9	47,7	- 5,8	33,8
1/06/2000-31/08/2000	9,5	- 2,8	- 12,3	150,1	- 9,5	90,1
3/07/2000-30/09/2000	- 5,3	- 4,3	1,0	0,9	5,3	27,8
1/08/2000-31/10/2000	16,2	- 0,8	- 17,0	289,1	- 16,2	263,9
1/09/2000-30/11/2000	1,3	- 2,9	- 4,3	18,1	- 1,3	1,8
1/10/2000-31/12/2000	- 18,2	- 1,0	17,2	295,3	18,2	330,6
1/11/2000-31/01/2001	- 14,9	- 4,0	10,9	118,6	14,9	221,3
1/12/2000-28/02/2001	- 15,7	- 2,8	13,0	168,1	15,7	248,0
1/01/2001-30/03/2001	- 2,1	- 3,2	- 1,1	1,3	2,1	4,3
1/02/2001-30/04/2001	- 4,6	- 2,6	2,0	4,1	4,6	21,4
1/03/2001-31/05/2001	- 2,7	0,2	2,9	8,2	2,7	7,2
2/04/2001-29/06/2001	2,5	1,1	- 1,4	1,9	- 2,5	6,3
1/05/2001-31/07/2001	- 9,4	1,4	10,8	116,4	9,4	88,7
1/06/2001-31/08/2001	- 2,5	0,9	3,4	11,5	2,5	6,4
2/07/2001-28/09/2001	- 10,2	- 0,5	9,8	95,1	10,2	104,4
1/08/2001-31/10/2001	- 23,5	- 2,5	21,0	441,1	23,5	550,4
3/09/2001-30/11/2001	- 33,5	0,4	33,9	1151,4	33,5	1121,8
1/10/2001-31/12/2001	- 16,3	1,2	17,5	305,8	16,3	265,4
1/11/2001-31/01/2002	- 4,5	1,0	5,5	30,2	4,5	20,4
3/12/2001-28/02/2002	7,9	1,5	- 6,4	40,5	- 7,9	62,4
1/01/2002-29/03/2002	28,6	1,7	- 26,9	726,3	- 28,6	818,2
1/02/2002-30/04/2002	29,2	1,2	- 27,9	780,7	- 29,2	850,3
1/03/2002-31/05/2002	12,3	1,1	- 11,2	126,0	- 12,3	151,1

Raming-realisatie WTI (3 maanden vooruit, %-mutaties), vervolg^a

	Realisatie	Voorspelling futures	Voorspelfout futures	Gekwadra- teerde voorspelfout futures	Voorspelfout random walk	Gekwadra- teerde voorspelfout random walk
1/04/2002-28/06/2002	0,0	0,5	0,5	0,2	0,0	0,0
1/05/2002-31/07/2002	1,0	-1,2	-2,2	5,0	-1,0	1,1
3/06/2002-30/08/2002	14,5	0,7	-13,7	188,7	-14,5	208,9
1/07/2002-30/09/2002	12,7	-0,3	-13,0	168,8	-12,7	160,2
1/08/2002-31/10/2002	2,8	-1,6	-4,4	19,3	-2,8	7,8
2/09/2002-29/11/2002	-7,5	-0,6	6,9	47,6	7,5	56,6
1/10/2002-31/12/2002	1,3	-1,1	-2,4	5,9	-1,3	1,7
1/11/2002-31/01/2003	21,2	-0,9	-22,1	488,7	-21,2	448,6
2/12/2002-28/02/2003	29,7	-0,7	-30,4	921,4	-29,7	879,4
1/01/2003-31/03/2003	-0,6	-2,1	-1,4	2,0	0,6	0,4
3/02/2003-30/04/2003	-23,8	-1,9	21,9	480,4	23,8	567,8
3/03/2003-30/05/2003	-19,3	-4,7	14,6	214,0	19,3	372,8
1/04/2003-30/06/2003	1,3	-2,0	-3,3	11,1	-1,3	1,8
1/05/2003-31/07/2003	15,9	-0,7	-16,7	278,2	-15,9	254,3
2/06/2003-29/08/2003	-3,4	-3,8	-0,4	0,2	3,4	11,3
1/07/2003-30/09/2003	-4,0	-1,3	2,8	7,7	4,0	16,2
1/08/2003-31/10/2003	-10,4	-1,2	9,2	85,4	10,4	108,6
1/09/2003-28/11/2003	-4,7	-1,5	3,2	10,1	4,7	21,8
1/10/2003-31/12/2003	10,2	-0,7	-11,0	120,2	-10,2	105,0
3/11/2003-30/01/2004	13,6	-0,7	-14,3	203,8	-13,6	185,4
1/12/2003-27/02/2004	18,8	-0,6	-19,4	376,4	-18,8	353,3
1/01/2004-31/03/2004	9,5	-0,8	-10,3	106,0	-9,5	89,5
2/02/2004-30/04/2004	6,6	-4,4	-11,0	121,4	-6,6	44,0
1/03/2004-31/05/2004	7,9	-1,9	-9,8	95,8	-7,9	61,9
1/04/2004-30/06/2004	7,8	-1,6	-9,3	87,0	-7,8	60,4
3/05/2004-30/07/2004	13,6	-0,6	-14,2	202,5	-13,6	185,0
1/06/2004-31/08/2004	-2,5	-2,3	0,2	0,0	2,5	6,2
1/07/2004-30/09/2004	24,8	0,3	-24,6	604,2	-24,8	616,9
2/08/2004-29/10/2004	16,6	-1,5	-18,2	330,9	-16,6	277,2
1/09/2004-30/11/2004	11,0	-0,1	-11,1	124,1	-11,0	121,6
1/10/2004-31/12/2004	-14,3	-0,9	13,4	179,5	14,3	203,9
1/11/2004-31/01/2005	-3,9	-0,3	3,7	13,4	3,9	15,4
1/12/2004-28/02/2005	12,8	0,5	-12,3	151,7	-12,8	163,3
3/01/2005-31/03/2005	27,4	0,5	-26,9	723,8	-27,4	750,8
1/02/2005-29/04/2005	9,4	0,9	-8,5	71,9	-9,4	88,5
1/03/2005-31/05/2005	0,6	1,2	0,6	0,4	-0,6	0,3
1/04/2005-30/06/2005	-1,4	1,7	3,1	9,7	1,4	1,9
2/05/2005-29/07/2005	17,3	3,3	-14,0	196,9	-17,3	300,5
1/06/2005-31/08/2005	23,3	1,5	-21,8	477,2	-23,3	543,7
1/07/2005-30/09/2005	12,0	1,8	-10,2	104,6	-12,0	143,9
1/08/2005-31/10/2005	-3,0	1,8	4,8	22,9	3,0	8,9
1/09/2005-30/11/2005	-19,2	0,7	19,9	397,5	19,2	369,5
3/10/2005-30/12/2005	-7,0	-0,3	6,7	45,3	7,0	49,3

Raming-realisatie WTI (3 maanden vooruit, %-mutaties), vervolg^a

Gemiddelde voorspelfout futures	Wortel uit het gemiddelde van de gekwadra- teerde voorspelfou- ten futures	Gemiddelde voorspelfout random walk	Wortel uit het gemiddelde van de gekwadra- teerde voorspelfou- ten random walk
- 6,0	15,8	- 5,3	16,1

^a Minteken duidt op onderschatting.

Raming-realisatie WTI (1 jaar vooruit, %-mutaties)^a

	Realisatie	Voorspelling futures	Voorspelfout futures	Gekwadra- teerde voorspelfout futures	Voorspelfout random walk	Gekwadra- teerde voorspelfout random walk
1/01/1999-31/12/1999	75,4	13,4	- 61,9	3836,2	- 75,4	5678,0
1/02/1999-31/01/2000	80,3	9,5	- 70,7	5003,6	- 80,3	6445,2
1/03/1999-29/02/2000	91,2	8,7	- 82,5	6800,7	- 91,2	8309,0
1/04/1999-30/03/2000	48,1	- 4,9	- 53,0	2811,3	- 48,1	2312,8
3/05/1999-28/04/2000	31,1	- 11,2	- 42,3	1786,9	- 31,1	968,1
1/06/1999-31/05/2000	57,5	- 1,5	- 59,1	3489,9	- 57,5	3310,0
1/07/1999-30/06/2000	51,6	- 5,8	- 57,4	3298,7	- 51,6	2662,2
2/08/1999-31/07/2000	29,4	- 7,8	- 37,1	1379,5	- 29,4	862,3
1/09/1999-31/08/2000	41,0	- 14,2	- 55,2	3050,6	- 41,0	1683,5
1/10/1999-29/09/2000	22,9	- 19,7	- 42,6	1812,9	- 22,9	522,5
1/11/1999-31/10/2000	37,2	- 10,8	- 48,0	2304,9	- 37,2	1383,2
1/12/1999-30/11/2000	30,2	- 24,9	- 55,2	3046,6	- 30,2	914,9
3/01/2000-29/12/2000	4,7	- 22,4	- 27,1	732,0	- 4,7	22,0
1/02/2000-31/01/2001	1,6	- 22,8	- 24,4	595,5	- 1,6	2,5
1/03/2000-28/02/2001	- 14,9	- 29,0	- 14,1	199,9	14,9	222,1
3/04/2000-30/03/2001	- 0,6	- 12,9	- 12,4	153,3	0,6	0,3
1/05/2000-30/04/2001	9,6	- 11,4	- 21,0	440,2	- 9,6	91,6
1/06/2000-31/05/2001	- 6,0	- 17,2	- 11,3	126,6	6,0	35,8
3/07/2000-29/06/2001	- 21,4	- 21,4	0,0	0,0	21,4	459,4
1/08/2000-31/07/2001	- 5,4	- 8,0	- 2,7	7,1	5,4	28,7
1/09/2000-31/08/2001	- 20,4	- 17,2	3,1	9,9	20,4	414,7
1/10/2000-28/09/2001	- 31,7	- 10,2	21,5	462,3	31,7	1007,0
1/11/2000-31/10/2001	- 45,2	- 15,4	29,8	887,4	45,2	2042,1
1/12/2000-30/11/2001	- 49,8	- 19,8	30,0	901,1	49,8	2479,1
1/01/2001-31/12/2001	- 30,5	- 11,1	19,3	374,0	30,5	929,3
1/02/2001-31/01/2002	- 42,6	- 16,0	26,7	710,4	42,6	1815,8
1/03/2001-28/02/2002	- 24,0	- 8,1	16,0	254,7	24,0	577,0
2/04/2001-29/03/2002	2,9	- 3,9	- 6,8	46,2	- 2,9	8,4
1/05/2001-30/04/2002	- 5,9	- 8,5	- 2,6	7,0	5,9	34,5
1/06/2001-31/05/2002	- 9,8	- 5,9	3,9	15,0	9,8	95,5
2/07/2001-28/06/2002	3,5	- 4,1	- 7,6	57,9	- 3,5	12,4
1/08/2001-31/07/2002	0,9	- 8,5	- 9,4	88,7	- 0,9	0,9
3/09/2001-30/08/2002	6,2	- 8,1	- 14,3	204,3	- 6,2	38,8
1/10/2001-31/09/2002	26,8	0,7	- 26,2	684,6	- 26,8	720,9
1/11/2001-31/10/2002	29,0	2,7	- 26,3	689,9	- 29,0	839,6
3/12/2001-29/11/2002	29,2	5,0	- 24,2	583,9	- 29,2	850,6
1/01/2002-31/12/2002	45,7	4,7	- 41,0	1679,3	- 45,7	2085,8
1/02/2002-31/01/2003	49,8	3,2	- 46,6	2171,7	- 49,8	2478,9
1/03/2002-28/02/2003	49,2	- 1,0	- 50,2	2516,8	- 49,2	2418,7
1/04/2002-31/03/2003	14,4	- 8,3	- 22,7	513,2	- 14,4	206,1

^a Minteken duidt op onderschatting.

Raming-realisatie WTI (1 jaar vooruit, %-mutaties), vervolg^a

	Realisatie	Voorspelling futures	Voorspelfout futures	Gekwadra- teerde voorspelfout futures	Voorspelfout random walk	Gekwadra- teerde voorspelfout random walk
1/05/2002-30/04/2003	- 3,5	- 9,1	- 5,6	31,5	3,5	12,2
3/06/2002-30/05/2003	16,5	- 5,3	- 21,8	476,3	- 16,5	272,3
1/07/2002-30/06/2003	11,8	- 8,0	- 19,8	390,2	- 11,8	138,4
1/08/2002-31/07/2003	14,2	- 8,4	- 22,6	511,6	- 14,2	202,6
2/09/2002-29/08/2003	9,2	- 11,4	- 20,6	423,3	- 9,2	85,1
1/10/2002-30/09/2003	- 5,3	- 20,1	- 14,8	218,9	5,3	28,4
1/11/2002-31/10/2003	7,1	- 11,1	- 18,3	333,2	- 7,1	50,6
2/12/2002-28/11/2003	10,8	- 11,5	- 22,2	495,0	- 10,8	116,2
1/01/2003-31/12/2003	4,1	- 23,7	- 27,8	772,8	- 4,1	17,1
3/02/2003-30/01/2004	1,1	- 20,2	- 21,3	453,7	- 1,1	1,3
3/03/2003-27/02/2004	0,8	- 26,0	- 26,8	719,1	- 0,8	0,7
1/04/2003-31/03/2004	18,4	- 15,2	- 33,6	1128,8	- 18,4	336,9
1/05/2003-30/04/2004	36,2	- 5,2	- 41,4	1716,7	- 36,2	1309,6
2/06/2003-31/05/2004	26,1	- 17,6	- 43,8	1914,5	- 26,1	681,9
1/07/2003-30/06/2004	19,7	- 15,4	- 35,1	1232,7	- 19,7	387,5
1/08/2003-30/07/2004	30,4	- 17,4	- 47,8	2283,8	- 30,4	922,0
1/09/2003-31/08/2004	28,2	- 17,3	- 45,4	2064,4	- 28,2	793,5
1/10/2003-30/09/2004	52,5	- 11,0	- 63,5	4028,1	- 52,5	2752,9
3/11/2003-29/10/2004	58,2	- 9,5	- 67,6	4576,3	- 58,2	3386,4
1/12/2003-30/11/2004	49,4	- 11,2	- 60,6	3675,7	- 49,4	2441,8
1/01/2004-31/12/2004	28,9	- 13,5	- 42,4	1795,2	- 28,9	835,6
2/02/2004-31/01/2005	32,1	- 16,6	- 48,7	2372,8	- 32,1	1029,1
1/03/2004-28/02/2005	33,9	- 15,5	- 49,3	2435,0	- 33,9	1148,9
1/04/2004-31/03/2005	48,0	- 11,4	- 59,4	3533,3	- 48,0	2305,9
3/05/2004-29/04/2005	30,3	- 12,6	- 43,0	1847,3	- 30,3	920,4
1/06/2004-31/05/2005	20,5	- 12,9	- 33,4	1117,4	- 20,5	419,8
1/07/2004-30/06/2005	37,8	- 7,5	- 45,3	2049,1	- 37,8	1426,0
2/08/2004-29/07/2005	32,3	- 11,4	- 43,7	1911,1	- 32,3	1046,4
1/09/2004-31/08/2005	44,9	- 9,0	- 53,9	2905,4	- 44,9	2015,7
1/10/2004-30/09/2005	27,9	- 13,6	- 41,5	1721,8	- 27,9	777,4
1/11/2004-31/10/2005	17,6	- 7,5	- 25,1	712,2	- 17,6	308,7
1/12/2004-30/11/2005	23,1	- 4,3	- 27,5	785,2	- 23,1	535,1
3/01/2005-30/12/2005	37,1	- 3,0	- 40,1	1607,1	- 37,1	1374,7
			Gemiddelde voorspelfout futures	Wortel uit het gemiddelde van de gekwadra- teerde voorspelfou- ten futures	Gemiddelde voorspelfout random walk	Wortel uit het gemiddelde van de gekwadra- teerde voorspelfou- ten random walk
			- 29,1	38,1	- 18,6	33,7

^a Minteken duidt op onderschatting.

Raming-realisatie WTI (2 jaren vooruit, %-mutaties)^a

	Realisatie	Voorspelling futures	Voorspelfout futures	Gekwadra- teerde voorspelfout futures	Voorspelfout random walk	Gekwadrat- eerde voorspelfout random walk
1/01/1999-29/12/2000	80,0	- 23,9	- 56,2	3154,7	- 80,0	6407,3
1/02/1999-31/01/2001	84,0	18,7	- 65,3	4261,8	- 84,0	7058,0
1/03/1999-28/02/2001	80,6	15,3	- 65,3	4264,8	- 80,6	6495,1
1/04/1999-30/03/2001	45,8	- 5,2	- 50,9	2595,2	- 45,8	2094,0
3/05/1999-30/04/2001	41,3	- 12,1	- 53,3	2843,0	- 41,3	1703,1
1/06/1999-31/05/2001	55,3	- 0,3	- 55,6	3088,6	- 55,3	3054,6
1/07/1999-29/06/2001	30,2	- 8,4	- 38,6	1490,1	- 30,2	909,8
2/08/1999-31/07/2001	25,3	- 14,0	- 39,3	1541,6	- 25,3	638,7
1/09/1999-31/08/2001	21,4	- 21,3	- 42,7	1821,6	- 21,4	458,8
1/10/1999-28/09/2001	- 4,6	- 27,6	- 23,0	528,0	4,6	21,0
1/11/1999-31/10/2001	- 6,2	- 17,9	- 11,8	138,3	6,2	38,2
1/12/1999-30/11/2001	- 24,9	- 32,1	- 7,2	51,6	24,9	622,4
3/01/2000-31/12/2001	- 25,8	- 30,4	- 4,7	21,7	25,8	665,2
1/02/2000-31/01/2002	- 37,1	- 35,8	1,3	1,8	37,1	1376,4
1/03/2000-28/02/2002	- 38,0	- 44,3	- 6,3	39,9	38,0	1445,1
3/04/2000-29/03/2002	- 0,4	- 21,5	- 21,1	445,5	0,4	0,1
1/05/2000-30/04/2002	5,3	- 21,9	- 27,2	740,7	- 5,3	27,8
1/06/2000-31/05/2002	- 17,4	- 31,3	- 14,0	194,8	17,4	301,1
3/07/2000-28/06/2002	- 19,0	- 34,6	- 15,6	243,0	19,0	360,5
1/08/2000-31/07/2002	- 2,7	- 16,6	- 13,8	191,1	2,7	7,5
1/09/2000-30/08/2002	- 14,1	- 28,2	- 14,1	197,6	14,1	199,8
2/10/2000-30/09/2002	- 5,5	- 21,2	- 15,7	246,0	5,5	30,5
1/11/2000-31/10/2002	- 20,1	- 34,0	- 13,9	194,0	20,1	402,6
1/12/2000-29/11/2002	- 17,6	- 30,0	- 12,4	153,3	17,6	309,5
1/01/2001-31/12/2002	15,2	- 18,2	- 33,4	1116,3	- 15,2	230,6
1/02/2001-31/01/2003	11,7	- 25,1	- 36,8	1353,2	- 11,7	136,7
1/03/2001-28/02/2003	28,2	- 18,9	- 47,1	2218,8	- 28,2	795,0
2/04/2001-31/03/2003	19,3	- 12,3	- 31,7	1002,1	- 19,3	373,0
1/05/2001-30/04/2003	- 11,3	- 19,2	- 7,8	61,6	11,3	128,5
1/06/2001-30/05/2003	5,7	- 15,1	- 20,8	433,5	- 5,7	32,9
2/07/2001-30/06/2003	15,1	- 10,6	- 25,7	662,8	- 15,1	228,0
1/08/2001-31/07/2003	13,1	- 15,3	- 28,4	807,0	- 13,1	171,8
3/09/2001-29/08/2003	15,5	- 16,5	- 31,9	1020,4	- 15,5	238,8
1/10/2001-30/09/2003	22,8	- 3,9	- 26,6	708,3	- 22,8	518,0
1/11/2001-31/10/2003	35,7	1,4	- 34,3	1177,1	- 35,7	1276,0
3/12/2001-28/11/2003	41,2	6,3	- 34,9	1219,5	- 41,2	1700,8
1/01/2002-31/12/2003	49,8	5,5	- 44,3	1962,7	- 49,8	2481,1
1/02/2002-30/01/2004	48,6	4,2	- 44,4	1973,3	- 48,6	2366,7
1/03/2002-27/02/2004	47,9	- 3,5	- 51,4	2641,6	- 47,9	2298,7

^a Minteken duidt op onderschatting.

Raming-realisatie WTI (2 jaren vooruit, %-mutaties), vervolg^a

	Realisatie	Voorspelling futures	Voorspelfout futures	Gekwadrat- eerde voorspelfout futures	Voorspelfout random walk	Gekwadra- teerde voorspelfout random walk
1/04/2002-31/03/2004	28,6	- 15,3	- 43,9	1929,8	- 28,6	818,0
1/05/2002-30/04/2004	33,5	- 15,1	- 48,5	2354,3	- 33,5	1119,6
3/06/2002-31/05/2004	46,4	- 10,4	- 56,8	3231,1	- 46,4	2155,8
1/07/2002-30/06/2004	32,3	- 14,0	- 46,3	2143,3	- 32,3	1041,7
1/08/2002-30/07/2004	50,3	- 13,3	- 63,6	4049,3	- 50,3	2532,5
2/09/2002-31/08/2004	37,4	- 17,8	- 55,2	3048,2	- 37,4	1398,1
1/10/2002-30/09/2004	47,7	- 28,6	- 76,3	5821,7	- 47,7	2270,6
1/11/2002-29/10/2004	64,6	- 16,6	- 81,2	6589,4	- 64,6	4175,4
2/12/2002-30/11/2004	59,0	- 16,1	- 75,1	5639,3	- 59,0	3485,2
1/01/2003-31/12/2004	33,0	- 30,4	- 63,4	4021,8	- 33,0	1092,1
3/02/2003-31/01/2005	38,6	- 31,6	- 70,2	4929,5	- 38,6	1488,0
3/03/2003-28/02/2005	36,6	- 39,2	- 75,9	5754,9	- 36,6	1342,8
1/04/2003-31/03/2005	62,1	- 22,4	- 84,5	7141,5	- 62,1	3855,5
1/05/2003-29/04/2005	68,8	- 7,7	- 76,4	5842,7	- 68,8	4730,1
2/06/2003-31/05/2005	52,6	- 22,9	- 75,5	5701,0	- 52,6	2762,8
1/07/2003-30/06/2005	61,9	- 22,1	- 84,0	7050,2	- 61,9	3829,3
1/08/2003-29/07/2005	62,8	- 25,6	- 88,3	7802,6	- 62,8	3941,4
1/09/2003-31/08/2005	77,5	- 25,0	- 102,5	10505,4	- 77,5	5999,2
1/10/2003-30/09/2005	81,3	- 15,1	- 96,5	9304,7	- 81,3	6611,7
3/11/2003-31/10/2005	72,6	- 12,5	- 85,1	7236,0	- 72,6	5265,3
1/12/2003-30/11/2005	64,8	- 15,2	- 80,0	6400,0	- 64,8	4202,8
1/01/2004-30/12/2005	61,1	- 18,8	- 79,8	6374,7	- 61,1	3730,0
			Gemiddelde voorspelfout futures	Wortel uit het gemiddelde van de Gekwadra- teerde voorspelfou- ten futures	Gemiddelde voorspelfout random walk	Wortel uit het gemiddelde van de gekwadra- teerde voorspelfou- ten random walk
			- 45,5	52,7	- 29,0	43,5

^a Minteken duidt op onderschatting.

Raming- realisatie WTI (4 jaren vooruit, %-mutaties)^a

	Realisatie	Voorspelling futures	Voorspelfout futures	Gekwadratee rde voorspelfout futures	Voorspelfout random walk	Gekwadratee rde voorspelfout random walk
1/01/1999– 31/12/2002	95,2	35,0	– 60,2	3627,7	– 95,2	9069,0
3/01/2000– 31/12/2003	24,0	– 34,0	– 58,0	3360,6	– 24,0	576,9
1/01/2001– 31/12/2004	48,2	– 23,5	– 71,7	5139,4	– 48,2	2326,3
1/01/2002– 30/12/2005	112,7	4,1	– 108,6	11799,1	– 112,7	12698,1
				Wortel uit het gemiddelde van de Gemiddelde voorspelfout futures	Gemiddelde voorspelfout random walk	Wortel uit het gemiddelde van de gekwadrateerde voorspelfouten random walk
			– 74,6	77,3	– 70,0	78,5

^a Minteken duidt op onderschatting.

Raming-realisatie Brent (3 maanden vooruit, %-mutaties)^a

	Realisatie	Voorspelling futures	Voorspelfout futures	Gekwadra- teerde voorspelfout futures	Voorspelfout random walk	Gekwadra- teerde voorspelfout random walk
1/10/2003-31/12/2003	4,9	- 3,3	- 8,2	67,6	- 4,9	24,0
3/11/2003-30/01/2004	6,1	- 2,0	- 8,1	66,3	- 6,1	37,6
1/12/2003-27/02/2004	15,3	- 1,8	- 17,1	293,3	- 15,3	233,6
1/01/2004-31/03/2004	7,0	0,0	- 7,0	49,1	- 7,0	49,6
2/02/2004-30/04/2004	14,1	- 0,9	- 14,9	222,3	- 14,1	197,4
1/03/2004-31/05/2004	7,2	- 4,9	- 12,1	146,8	- 7,2	51,9
1/04/2004-30/06/2004	4,8	- 2,9	- 7,7	58,9	- 4,8	22,6
3/05/2004-30/07/2004	15,9	- 4,2	- 20,1	404,0	- 15,9	251,7
1/06/2004-31/08/2004	0,3	- 2,0	- 2,2	5,1	- 0,3	0,1
1/07/2004-30/09/2004	28,6	2,1	- 26,6	705,5	- 28,6	819,5
2/08/2004-29/10/2004	12,9	- 6,5	- 19,4	375,5	- 12,9	166,1
1/09/2004-30/11/2004	6,4	0,1	- 6,2	39,1	- 6,4	40,9
1/10/2004-31/12/2004	- 15,8	- 1,7	14,1	198,4	15,8	249,3
1/11/2004-31/01/2005	- 3,6	2,4	6,0	35,8	3,6	12,8
1/12/2004-28/02/2005	17,9	10,2	- 7,6	58,3	- 17,9	318,7
3/01/2005-31/03/2005	33,1	6,0	- 27,1	733,3	- 33,1	1093,4
1/02/2005-29/04/2005	11,7	0,0	- 11,7	136,0	- 11,7	136,5
1/03/2005-31/05/2005	- 0,8	- 3,3	- 2,5	6,2	0,8	0,7
1/04/2005-30/06/2005	3,3	6,2	2,9	8,4	- 3,3	10,9
2/05/2005-29/07/2005	20,0	5,3	- 14,7	216,5	- 20,0	398,5
1/06/2005-31/08/2005	28,4	6,7	- 21,6	468,7	- 28,4	805,2
1/07/2005-30/09/2005	8,9	3,2	- 5,7	33,0	- 8,9	80,0
1/08/2005-31/10/2005	- 3,4	1,4	4,8	22,8	3,4	11,3
1/09/2005-30/11/2005	- 23,0	1,4	24,5	597,8	23,0	530,2
3/10/2005-30/12/2005	- 5,9	2,7	8,6	74,1	5,9	34,6
			Gemiddelde voorspelfout futures	Wortel uit het gemiddelde van de Gekwadra- teerde voorspelfou- ten futures	Gemiddelde voorspelfout random walk	Wortel uit het gemiddelde van de Gekwadra- teerde voorspelfou- ten random walk
			- 7,2	14,2	- 7,8	14,9

^a Minteken duidt op onderschatting.

Raming-realisatie Brent (1 jaar vooruit, %-mutaties)^a

	Realisatie	Voorspelling futures	Voorspelfout futures	Gekwadra- teerde voorspelfout futures	Voorspelfout random walk	Gekwadra- teerde voorspelfout random walk
1/10/2003-30/09/2004	50,6	- 12,7	- 63,3	4003,4	- 50,6	2559,3
3/11/2003-29/10/2004	54,7	- 9,5	- 64,2	4123,8	- 54,7	2992,5
1/12/2003-30/11/2004	43,5	- 9,7	- 53,2	2829,4	- 43,5	1893,8
1/01/2004-31/12/2004	29,0	- 8,3	- 37,3	1388,1	- 29,0	838,7
2/02/2004-31/01/2005	37,7	- 7,8	- 45,5	2067,2	- 37,7	1421,0
1/03/2004-28/02/2005	37,2	- 14,7	- 51,9	2690,9	- 37,2	1382,9
1/04/2004-31/03/2005	50,1	- 10,6	- 60,7	3682,4	- 50,1	2509,8
3/05/2004-29/04/2005	34,9	- 14,6	- 49,4	2444,0	- 34,9	1216,0
1/06/2004-31/05/2005	22,8	- 18,5	- 41,4	1710,3	- 22,8	520,7
1/07/2004-30/06/2005	45,0	- 4,6	- 49,7	2469,1	- 45,0	2028,8
2/08/2004-29/07/2005	35,3	- 14,1	- 49,4	2438,4	- 35,3	1243,9
1/09/2004-31/08/2005	48,3	- 8,3	- 56,5	3196,5	- 48,3	2330,1
1/10/2004-30/09/2005	28,1	- 12,0	- 40,1	1611,5	- 28,1	790,4
1/11/2004-31/10/2005	24,4	- 5,1	- 29,5	867,5	- 24,4	593,2
1/12/2004-30/11/2005	24,2	- 0,8	- 25,0	623,4	- 24,2	585,6
3/01/2005-30/12/2005	42,1	2,9	- 39,2	1538,6	- 42,1	1773,4
			Gemiddelde voorspelfout futures	Wortel uit het gemiddelde van de gekwadra- teerde voorspelfou- ten futures	Gemiddelde voorspelfout random walk	Wortel uit het gemiddelde van de gekwadra- teerde voorspelfou- ten random walk
			- 47,3	48,5	- 38,0	39,3

^a Minteken duidt op onderschatting.