Hoe driftig is volatiliteit?

In tegenstelling tot wat de efficiënte markthypothese poneert, houden beleggers zich sinds het bestaan van financiële markten bezig met de vraag of het mogelijk is door het volgen van bepaalde beleggingsstrategieën de performance van een belegging te verbeteren. Gedurende het afgelopen decennium zijn waarschijnlijk maar weinig menselijke activiteiten zo grondig bestudeerd als het kopen en verkopen van aandelen. De beloning die de aandelenmarkt in zich heeft voor diegenen die de 'signalen' herkennen kan dan ook enorm zijn, en de financiële consequenties voor diegenen die hun scherpte verliezen navenant. Geen wonder dat deze markt een grote aantrekkingskracht uitoefent op analisten, managers en onderzoekers, tezamen met een bont gezelschap van excentriekelingen en 'gewone' hoopvolle burgers. Eén van de meer recente ontwikkelingen op dit gebied is echter niet meer het pure beleggen in aandelen, maar het investeren in allerlei optie gerelateerde producten. Hiermee valt beter in te spelen op de situatie van de markt op dat moment. Zo worden de producten interessanter, maar ook complexer. Dit artikel wil meer duidelijkheid geven in de strategie zoals diverse investeringsbanken deze hanteren: de zogenaamde volatiliteit handel. In tegenstelling tot het speculeren op beursbewegingen wordt bij een dergelijke strategie ingespeeld op toe- en afname van de volatiliteit zoals die in optieprijzen is opgenomen. Hierbij wordt juist gepoogd de gevoeligheid ten opzichte van bijvoorbeeld het AEX niveau (de zogenaamde delta exposure) zo klein mogelijk te houden.

Mark Schilstra (r)
Risk and Trading Analist, Fortis Bank Global Clearing

Rob van Kerkhoff (l)
Head of Risk Management, Fortis Bank Global Clearing

Sinds de diepe val in 2000 en het langzame herstel in de periode daarna is de voorspelbaarheid van aandelenkoersen actueler dan ooit. Helaas is het verslaan van de markt een lastige opgave gebleken waar de aap met de dartpijlen qua behaald koersrendement reeds lange tijd menig analist verslaat. De evolutie laat op dit vlak helaas weinig vooruitgang zien. Volgens de semi-stringente variant van de efficiënte markthypothese is het voor een belegger die gebruikt maakt van technische of fundamentele analyse dan ook niet mogelijk de markt te verslaan. Deze hypothese stelt namelijk dat alle informatie die bij deze vormen van analyse wordt gebruikt al in de koersen is verwerkt. De laatste decennia is echter duidelijk geworden dat er een groot aantal uitzonderingen bestaat (deze worden aangeduid als anomalieën). Aan de hand van enorme databanken met historische gegevens hebben onderzoekers geprobeerd aan te tonen dat financiële markten in de praktijk minder efficiënt zijn dan werd aangenomen. In het grootste deel van deze onderzoeken wordt echter gekeken naar koersbewegingen. Ons onderzoek richt zich met name op een tweede belangrijke factor in de markt: de volatiliteit. Aan de hand van eenvoudige econometrische testen proberen we aan te tonen dat volatiliteit een mean-reversion-achtig karakter vertoont, terwijl we dat bij AEX-indexrendementen niet kunnen ontdekken. Evenals bij rente is bij volatiliteit sprake van een kracht die bij een laag volatiliteitniveau voor een opwaartse druk zorgt en vice versa. Voorspelbaarheid van volatiliteit lijkt daardoor hoger dan die van aandelen. Toch wordt hieraan weinig aandacht in media besteed. Reden hiervoor kan zijn dat volatiliteit direct gerelateerd wordt aan derivaten die regelmatig negatief in het nieuws komen. Zo vergeleek Warren Buffet in zijn jaarlijkse nieuwsbrief derivaten recentelijk nog met massavernietigingswapens[1]. Daarnaast kan een reden zijn dat particulieren en portfoliomanagers weinig kennis hebben van volatiliteit waardoor deze parameter aan importantie verliest. Dit artikel wil daarom proberen aan te tonen dat gebruik kan worden gemaakt van dit “mean reversion” effect. Om dit te doen zullen we een eenvoudige tradingstrategie backtesten tegen de AEX benchmark. Juist in de huidige markt met lage volatiliteit kan het voor beleggers interessant zijn een strategie te kiezen die lijkt op de bij veel investment banken reeds gehanteerde volatiliteithandel. Wel zal dit in eenvoudiger vorm gebeuren. Door bij lage volatiliteit opties te kopen kan een rendement worden behaald op basis van twee factoren: de onderliggende waarde kan bewegen en de volatiliteit kan stijgen. Waarom wedden op één paard als de mogelijkheid zich voordoet tegen een geringe inleg de winkans te verdubbelen.

Opties en volatiliteit

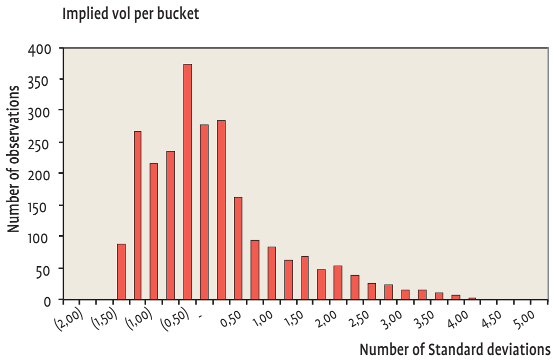
Zoals bekend betreft een long optie het recht om gedurende een bepaalde periode tegen een bepaalde prijs te kopen (call[2]) of verkopen (put[3]). Hoewel de waarde van een dergelijk product op expiratie eenvoudigweg bestaat uit het verschil tussen de uitoefenprijs en de onderliggende waarde, is het berekenen van de waarde van opties gedurende de looptijd minder simpel. Natuurlijk beschikt iedere investment bank of broker wel over een model waarmee optieprijzen en de Grieken[4] op theoretische basis kunnen worden bepaald. Naast de gebruikelijke exogenen is de belangrijkste inputparameter voor de bepaling van de optieprijs hierin de volatiliteit. Veel optiewaarderingsmodellen zijn gebaseerd op lognormaal verdeeld gedrag van aandelenkoersen en risicovrije arbitragemogelijkheden. Aangezien hierbij gebruik gemaakt wordt van een kansverdeling, is volatiliteit van belang voor het berekenen van de kans waarmee een bepaalde uitkomst voorkomt. In het algemeen geldt hierbij dat hoe hoger de volatiliteit, hoe meer een optie waard is. Aangezien opties een asymmetrisch pay-off patroon hebben is intuïtief te begrijpen dat grotere beweging in de markt je verwachte opbrengst verhoogt. De verliezen blijven immers beperkt, terwijl je mogelijke winsten met steeds grotere kansen worden vermenigvuldigd. Volatiliteit wordt hierbij in de meeste financieringsliteratuur gedefinieerd als de standaarddeviatie van de historische rendementen van de onderliggende waarde waarop de optie is uitgegeven:

$$\text{Historische Volatiliteit} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i}\left(r_i - r\right)^2}{n}}$$

In de meeste financiële applicaties is het mogelijk op basis hiervan volatilities te berekenen gebaseerd op historische koersdata. Gangbaar is een 3 of 6 maands historie te gebruiken welke dan de historische volatiliteit wordt genoemd. In de markt wordt het prijsproces echter omgekeerd toegepast. Indien de marktprijs van een optie bekend is, en we de overige variabelen bekend achten, is het mogelijk via een inverse relatie uit te rekenen welke volatiliteit gebruikt is om deze prijs te verkrijgen; dit wordt de implied volatiliteit genoemd.[5]

Om inzicht te krijgen in het gedrag van de verschillende soorten volatilities, gebruiken we een database met daarin AEX koersen, implied volatilities van ATM calls en puts en 3- en 6-maands historische volatiliteit over een periode van 10 jaar. Deze periode omvat de enorme hausse tot 2000, de uiteenspatting van de IT zeepbel en de gevolgen van de terroristische aanslagen en kan dus als een redelijke representatieve steekproef worden gezien. In deze periode is een gemiddelde implied volatiliteit berekend van ruim 23% bij een standaarddeviatie van 10.26%. De verdelingsfunctie hiervan is weergegeven in figuur 1:

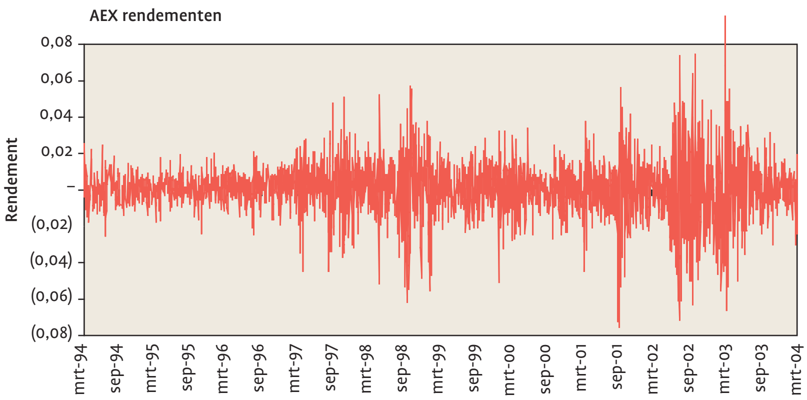
Figuur 1: verdelingsfunctie van de implied volatilities



Gemiddelde	23.17%	Minimum	7.88%
St. Deviatie	10.26%	Skew	1.21
Maximum	72.23%	Kurtosis	4.45

Opvallend is hierbij de scheefheid van de verdeling: om het gemiddelde van 23.17% is naar links een beperkt aantal standaarddeviaties zichtbaar (vanwege het feit dat volatiliteit niet negatief kan zijn maximaal 23.17/10.26=2,26), terwijl in de rechterstaarten van de verdeling een groot aantal uitschieters zichtbaar is. Dit zijn de gevolgen van externe schokken die aan het systeem zijn toegebracht; zo zijn na de aanslagen op 11 september 2001 de volatilities in korte tijd verdubbeld en is de volatiliteit lange tijd erna ver boven zijn gemiddelde gebleven. Pas sinds halverwege 2003 is de volatiliteit weer structureel aan het afnemen. (zie figuur 2)

Figuur 2: Overzicht van historische rendementen



Indien we rendementen plotten valt bovendien de alom bekende clustering van volatiliteit op; net als bij het weer wisselen rustige en turbulente periodes elkaar af. Deze zogenaamde conditionele heteroscedasticiteit is slechts 20 jaar geleden in Econometrica geïntroduceerd[6]. Weliswaar zijn eigenschappen als dikstaartigheid en veranderende variantie over de tijd reeds decennia lang bekend, maar pas met Engle's (G)ARCH model, heeft de ontwikkeling op dit gebied een enorme vlucht genomen.

Een ARCH proces wordt normaal gesproken gedefinieerd als een standaard dynamische lineaire regressie:

$$Yt = X_t' \beta + \varepsilon_t.$$

In tegenstelling tot een OLS schatting waarbij de storingsterm normaal verdeeld wordt verondersteld, wordt in het ARCH model de stochastische storingsterm ε_t conditioneel op de gerealiseerde waarden van de verzameling variabelen $\psi_{t-1} = (x_t, y_{t-1}, x_{t-1}, y_{t-2}, x_{t-2}, \ldots)$ gedefinieerd. Op deze wijze kunnen perioden van volatiliteitsklustering worden gekarakteriseerd. Engle's oorspronkelijke ARCH model veronderstelt hierover:

$$\varepsilon_t \mid \psi_{t-1} \sim N(0, h_t)$$

waarbij $h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon^2_{t-1} + \ldots + \alpha_q \varepsilon^2_{t-q}$ met $\alpha_0 > 0$ en $\alpha_i > = 0$.

In het regressiemodel wordt een grote schok weergegeven door een grote afwijking van Y_t van zijn conditionele verwachting $X_t' \beta$, ofwel een grote positieve of negatieve waarde van ε_t. In het ARCH regressiemodel is de variantie van de huidige foutenterm conditioneel op zijn gerealiseerde waarden van zijn vertraagde verschillen ε_{t-1} een stijgende functie van de grootte van de vertraagde fouten, onafhankelijk van het teken ervan. De orde van vertraging q bepaalt de duur van de tijdsperiode waarin de schok zijn invloed heeft op de variantie van de achtereenvolgende fouten. Hoe groter de waarde van q, des te langer de periodes van volatiliteit zullen zijn.
Om een indicatie te krijgen van het gedrag van zowel implied, als 3-maands volatiliteit en de periode waarin volatiliteit terugkeert naar zijn 'aanvaardbare'

niveau, wordt in figuur 3 een tijdreeks over de afgelopen 10 jaar weergegeven.

Indien het gedrag van de volatiliteit over de tijd wordt vergeleken met dat van aandelenkoersen valt op dat in tegenstelling tot het gedrag van aandelen, dat redelijk onvoorspelbaar lijkt, volatiliteit een golfpatroon lijkt te hebben. Hoewel er enorme uitschieters naar boven zijn waar te nemen en er sprake lijkt te zijn van een bodemvorming, trekt zowel de implied als de historische volatiliteit iedere keer weer richting het gemiddelde van rond de 23%. Dit is in overeenstemming met figuur 2 waar na periodes van hoge volatiliteit deze weer terugkeert naar lagere waarden. We zullen daarom ook proberen ons vermoeden van mean reversion bij volatiliteit te versterken door enkele eenvoudige regressies uit te voeren die iets kunnen vertellen over het mean reversion karakter van de reeks. Dit wordt uiteraard gedaan om eventuele verschillen in gedrag ten opzichte van de AEX reeks te ontdekken.

Mean Reversion?

Ten eerste voeren we hiervoor voor beide series een regressie uit waarbij de verklaarde variabele op tijdstip t wordt verklaard uit een constante a, een vertraagde variabele ten opzichte van zijn lange termijngemiddelde (LTG) en een normaal verdeelde storingsterm ε. Dit is een eenvoudige AR (1) regressie die tot doel heeft gevoel te krijgen voor het autoregressieve karakter van de reeks. Dit gebeurt via het onderstaande model:

(1) $x_t = \alpha + \beta\,(x_{t-1} - \text{LTG}) + \varepsilon_t$
met $\varepsilon_t = x_t - E_{t-1}[x_t]$

waarin x_t de waarde op dag t vertegenwoordigt, a een constante is en ε_t de storingsterm is. Indien via een dergelijk model aangetoond kan worden dat b gelijk is aan 1 (er is dan sprake van een unit root), verwordt de tijdreeks feitelijk tot een random walk en valt er op deze wijze in het geheel niets te voorspellen.
De beide reeksen geven hierbij de volgende uitkomsten:

(2) $AEX_t = 411.87 + 0.998 \times (AEX_{t-1} - 411.81) + \varepsilon_t$

(3) $VOL_t = 23.17 + 0.987 \times (VOL_{t-1} - 23.16) + \varepsilon_t$

Hoewel beide beta coëfficienten dicht bij 1 zitten, zijn zij significant afwijkend van 1 (bij p = 0.01). Hoewel er uiteraard een groot aantal beperkingen zijn aan bovenstaande methodiek, wordt reeds gesuggereerd dat beide reeksen dicht bij een random walk liggen; indien er sprake is van mean reversion (wat gezien de kleine correctie richting het lange termijngemiddelde het geval lijkt), zal dit zeer traag gebeuren. Om een beter beeld te krijgen zullen we daarom een Dickey-Fuller test uitvoeren die test op een unit root[7] en die aan kan geven of onze vermoedens juist zijn. Hierbij wordt de volgende vergelijking geschat onder de nulhypothese van een niet stationaire (geïntegreerde) reeks.

(4) $\Delta x_t = \alpha + \beta\,\Delta x_{t-1} + \delta\, x_{t-1} + \varepsilon_t$
met $\varepsilon_t = x_t - E_{t-1}[x_t]$

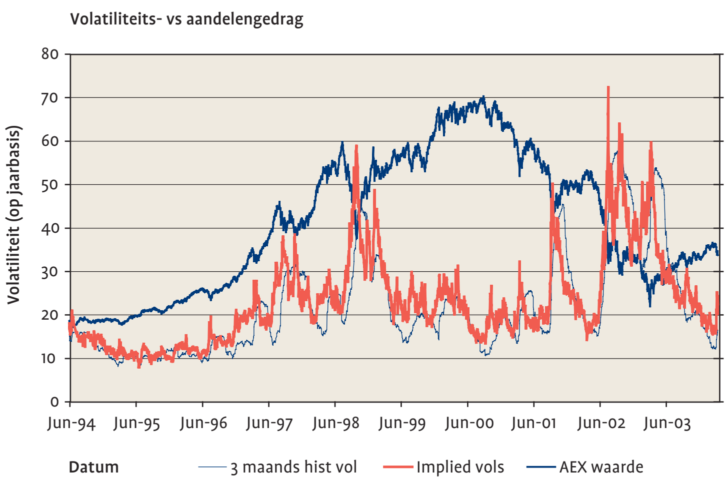
Door dit error-correctiemodel[8] (feitelijk een herschreven AR (1) model) te toetsen op δ = 0 kan worden gekeken of de eerste verschillen een niet stationaire reeks vormen. De uitkomsten zijn hierbij als volgt:

(5) $\Delta AEX_t = 0.56 + 0.02\,\Delta AEX_{t-1} - 0.001\, AEX_{t-1} + \varepsilon_t$

(6) $\Delta VOL_t = 0.27 - 0.06\,\Delta VOL_{t-1} - 0.012\, VOL_{t-1} + \varepsilon_t$

Hierbij is de waarde van δ in de eerste vergelijking niet significant afwijkend van 0, terwijl dat in de tweede vergelijking wel zo is. Bij het uitvoeren van een Dickey-Fuller test wordt duidelijk dat we bij een kritieke waarde van 1, 5 en 10% de nulhypothese van een niet stationaire reeks bij de AEX niet kunnen verwerpen, terwijl dit bij de volatiliteit wel dient te gebeuren.[9].
Uit de bovenstaande regressies kan de conclusie worden getrokken dat de betreffende historische data set

Figuur 3: Tijdsreeks implied en 3-maands volatiliteit vs AEX koersen

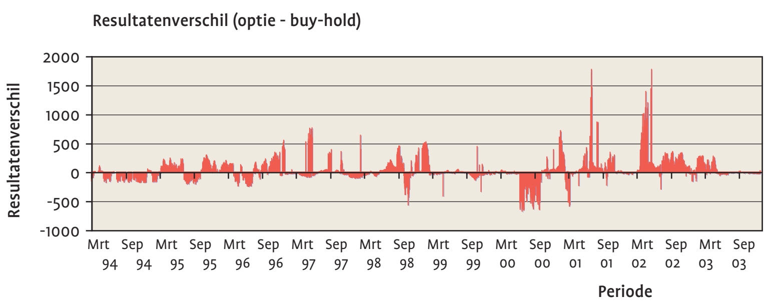


random walk gedrag voor de AEX suggereert, terwijl de volatiliteit een mean-reversion achtig karakter lijkt te hebben. Hoewel het mean-reversion gedrag erg langzaam lijkt op te treden, is het natuurlijk voor te stellen dat handelaren die daar de mogelijkheid voor hebben liever handelen in iets dat in zekere mate voorspeld kan worden, dan in iets dat het gedrag van een random walk vertoont. Het puur speculeren op delta's is daarom bij de meeste derivatenhuizen de afgelopen jaren verdrongen door het speculeren op de volatiliteit. Door vega posities in te nemen en hierbij de delta glad te houden is het mogelijk de afhankelijkheid van beursbewegingen op de korte termijn te beperken, terwijl ingespeeld kan worden op de lange termijn beweging van de volatiliteit.

De Backtest

Om te kijken of we wellicht gebruik kunnen maken van de in de bovenstaande regressies aangetoonde mean reversion in volatiliteit, hebben we een eenvoudige vega-strategie gebacktest tegenover een buy-and- hold positie in de AEX-index. Achterliggende gedachte hierbij was eenvoudigweg dat iedere dag dat de volatiliteit erg hoog is (gedefinieerd als 1 standaarddeviatie boven de gemiddelde volatiliteit), vega wordt gegeven terwijl iedere dag met een lage volatiliteit (gedefinieerd als 0,5 standaard deviatie onder het gemiddelde) vega wordt gekocht. Op overige dagen worden geen opties gehandeld. We vergelijken hierbij steeds de koop of verkoop van een 75[10] daags ATM straddle die aangehouden wordt tot expiratie met een buy-and-hold-strategie in de index. We hebben deze vergelijking gedaan op basis van gelijke cash outflow[11]. Bij een database die ruim 10 jaar beslaat kunnen we op deze wijze de aangegeven strategie ruim 2400 keer vergelijken met een koop in de AEX. Natuurlijk zijn hierbij enkele kanttekeningen te plaatsen. Ten eerste wordt door gelijke cash outflow te nemen volledige deelbaarheid van opties verondersteld. Hoewel dit uiteraard niet reëel is, zal dit bij grotere bedragen van weinig invloed zijn. Ten tweede hebben we voor de volatiliteit de ATM volatiliteit van Bloomberg gebruikt, welke gedefinieerd is als de volatiliteit behorende bij de eerstvolgende expiratie, mits deze niet binnen 20 dagen is, anders de daaropvolgende. Hoewel we verschillende looptijden geprobeerd hebben, hebben we uiteindelijk gekozen voor 75 dagen, wat iets langer is dan de ATM volatiliteit van Bloomberg. Verondersteld wordt dus dat de 75 daags volatiliteit zich gelijk gedraagt als de ATM volatiliteit; gezien dit maximaal 54 dagen verschil betreft is dit acceptabel. Ten derde hebben betreffende strategieën uiteraard een volstrekt verschillend risicoprofiel, wat vergelijken lastig maakt. Om deze reden hebben we geprobeerd de strategieën ook te beoordelen op hun voor risico gecorrigeerd rendement, en wel via de Sharp ratio. Ondanks al deze bezwaren zijn de resultaten opmerkelijk. Hoewel de optiestrategie significant minder keren wint dan de buy-and-hold-strategie (slechts 1157 van de 2424 keer), zijn de winsten, indien de optiestrategie wint, zo veel groter dan de verliezen indien de optiestrategie verliest, dat per saldo bijna 10 keer zo veel wordt verdiend (gemiddeld 33 voor de optiestrategie ten opzichte van 3.5 voor de buy-and-hold-strategie); dit bovendien bij een Sharp ratio die het dubbele is dan die van de buy-and-hold-strategie[13]. Voor wat betreft de conditionele resultaten is het zo dat als de optiestrategie wint er gemiddeld 74 wordt verdiend, terwijl als deze verliest er gemiddeld 45 wordt verloren. Aanpassen van de tijdsperiode tussen 50 en 100 dagen doet de uitkomsten in het algemeen niet erg veranderen. Voor een indruk van de verdeling van deze resultaten, zie figuur 4.

Figuur 4: Resultatenverschil optiestrategie – payoff van de buy-and-hold-strategie



Vervolgens hebben we de optiestrategie op dusdanige wijze aangepast dat opties alleen kunnen expireren op een expiratiedatum (derde vrijdag van de maand). De looptijd van de opties komt hierbij tussen de 60 en 90 dagen komt te liggen (gemiddeld 76). Het resultaat hierbij was niet wezenlijk verschillend met eerdere uitkomsten (en zelfs iets hoger). Ook enkele procenten transactiekosten bij de optiestrategie kunnen dit resultaat natuurlijk niet verpesten. Hoewel we altijd kritisch dienen te blijven en strategieën natuurlijk op een dusdanige manier worden geconstrueerd dat ze op de betreffende historische set werken, hoeven we natuurlijk niet onze ogen te sluiten voor alles wat rendabel lijkt. Natuurlijk is het risicopatroon niet gelijk en doe je een dergelijke strategie niet met je gehele vermogen. Als iets echter bij verschillende looptijden lijkt te werken en er, gezien de aangetoonde mean reversion bovendien een argument is waarom dit zo werkt, dan zien we niet in waarom dit niet met een deel van de portefeuille gedaan kan worden. Bovendien begrijpen we de motivatie bij grote derivatenhuizen voor de veel voorkomende vega handel.

Tot slot

Volgens de efficiënte markthypothese is het voor een belegger niet mogelijk de markt te verslaan. Deze hypothese stelt namelijk dat alle informatie al in de koersen is verwerkt. Dit artikel heeft in tegenstelling tot bovenstaande hypothese op eenvoudige wijze geprobeerd aan te tonen dat volatiliteit een mean reversion achtig patroon heeft, terwijl we dit niet konden aantonen bij koersbewegingen. Op basis hiervan hebben we een eenvoudige vega strategie, waarbij opties worden verkocht bij hoge volatiliteit en opties worden gekocht bij lage volatiliteit, gebacktest tegenover een buy-and-hold-strategie in de AEX index. Gezien het conditionele gedrag van de volatiliteit hebben we hierbij gekozen voor een tijdshorizon van 75 dagen. Hoewel onze methodiek eenvoudig is en er uiteraard de nodige kritiek mogelijk is op de gemaakte veronderstellingen zijn de resultaten opmerkelijk gebleken en dusdanig positief dat dit een motivatie kan zijn voor de bij grote derivatenhuizen veel voorkomende vega handel. Druist dit in tegen de efficiënte markttheorie? Natuurlijk doet het dat. Indien de markt inderdaad zo efficiënt is als menig studieboek doet geloven, valt er op basis van bovenstaande bevindingen natuurlijk geen geld te verdienen. De reden dat handelaren echter toch geld verdienen met dergelijke strategieën is eenvoudig: in tegenstelling tot academici zullen zij een tientje dat zij op straat zien liggen oprapen en niet denken: “als daar inderdaad een tientje ligt, dan zou iemand anders het al opgepakt hebben.”

Literatuur

Boswijk, H.P, “Unit Roots and Cointegration” University Paper, August 1996

Dickey, D.F. en W.A. Fuller, “Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root”, Journal of the American Statistical Association, 74, p 427-431, 1979.

Engle, R.F. ‘Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of UK inflation’, Econometrica 50, p. 987-1008

Malkiel, B.G., “A Random Walk Down Wall Street”, 7 th edition, Norton, 1999.

Nijman, T, “Empirical tests of market efficiency I: Predictability of returns”, University Paper, August 1995.

Noten

1 http://www.berkshirehathaway.com/letters/2002pdf.pdf.

2 Een call-optie keert op de expiratiedatum het (positieve) verschil tussen de uitoefenprijs en het koersniveau uit. Een call met uitoefenprijs 355 zal op expiratie bv. 30 uitkeren als de index is gestegen naar 385 en niets uitkeren als de index gedaald is naar 300.

3 Een put optie keert op de expiratiedatum het (positieve) verschil tussen het koersniveau en de uitoefenprijs uit. Een put met uitoefenprijs 355 zal op expiratie bv. 30 uitkeren als de index is gedaald naar 325 en niets uitkeren als de index gestegen is naar 380.

4 Deze geven de gevoeligheid van de optieprijs ten opzichte van de verschillende inputvariabelen weer en worden berekend door de verschillende partiële afgeleiden te bepalen van de optieprijs naar de verschillende exogenen.

5 Aangezien het niet mogelijk is een inverse functie uit te rekenen voor volatiliteit, worden dergelijke berekeningen numeriek uitgevoerd.

6 Engle, R.F. Econometrica 50.

7 Indien de vergelijking $x_t = a + b\, x_{t-1} + \varepsilon_t$ wordt geschat en b niet significant van 1 verschilt, is er sprake van een unit root. Indien van beide kanten van de vergelijking x_{t-1} wordt afgetrokken resteert een vergelijking waarbij de eerste verschillen in x worden geschat als een random walk (indien $a \neq 0$). Er wordt dan gesproken van een niet stationaire reeks. Gangbaar is om dergelijke reeksen te modelleren via eerste verschillen.

8 Feitelijk wordt door de eerste verschillen te modelleren vanuit de vertraagde eerste verschillen, gekeken of de eerste verschillen een random walk, danwel een mean reversion achtig karakter hebben (er is dan sprake van een error correctie-model).

9 Hierbij zijn de uitkomsten van de DF statistiek vergeleken met de MacKinnon kritieke waardes voor het verwerpen van de hypothese van een unit root.

10 In de AR regressie van de vol is de beta gelijk aan 0.987, ofwel een mean reversion van 1.3%. Uitgaande van een volledige mean reversion hebben we gekozen voor een 75 daags optiestrategie (100 / 1.3). Uiteraard hebben we ook andere looptijden geprobeerd; echter zonder wezenlijke verschillen.

11 Indien de AEX 350 staat en de straddle 35 kost (put + call); dan worden 10 straddles gekocht.

12 Hoewel bekend is dat de Sharp ratio de performance van scheve verdelingen overschat en dus weinig waarde aan de exacte uitkomst kan worden toegekend, geeft een 2 maal hogere Sharp ratio in ieder geval wel aan dat het hogere rendement waarschijnlijk niet door een aanzienlijk hoger risicoprofiel wordt veroorzaakt.