

VU Research Portal

Riskfree Rate Dynamics

van der Wel, M.

2008

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

van der Wel, M. (2008). *Riskfree Rate Dynamics: Information, Trading, and State Space Modeling*. [PhD-Thesis - Research and graduation internal, Vrije Universiteit Amsterdam].

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Samenvatting (Summary in Dutch)

Risicovrije Rente Dynamiek: Informatie, Handel en State Space Modellen

De obligatiemarkt is de grootste financiële markt. Het totaal uitstaande volume is meer dan \$77 biljoen, vergeleken met \$60 biljoen voor de aandelenmarkt. Hiervan is meer dan 38% uit de Verenigde Staten afkomstig, waarvan weer \$6.5 biljoen is uitgegeven door de Amerikaanse overheid. In dit proefschrift richt ik me op verschillende aspecten van de markt voor staatsobligaties die zijn uitgegeven door de VS.

In het eerste deel van dit proefschrift, hoofdstukken 2 en 3, richt ik me op de handel in deze staatsobligaties. Academische studies die kijken naar de trade-by-trade handel in financiële waarden en de kosten die hieraan verbonden zijn vallen in het deelgebied van de financiële economie die vaak wordt aangeduid als market microstructure. Deze term komt uit Garman (1976), die het moment tot moment marktgedrag behandelt. Sinds dit artikel is de literatuur uit dit deelgebied snel gegroeid, vooral sinds snelle computers beschikbaar zijn waarmee grote datasets geanalyseerd kunnen worden.

Een van de belangrijkste onderwerpen in de market microstructure is het verschil tussen de prijs waartegen gekocht (de laatkoers) en verkocht (de biedkoers) kan worden. Het verschil tussen deze twee, de zogenaamde spread, is een indicatie van de kosten van het handelen. Partijen die bij de markt komen om te kopen of verkopen zijn partijen die liquiditeit vereisen, en betalen deze kosten. Handelaren die klaar staan om deze transacties te accommoderen leveren liquiditeit. Drie factoren bepalen hoe groot de spread is die betaald wordt: kosten voor het verwerken van de order (Roll (1984)), kosten voor het dragen van een voorraad van de financiële waarde (Stoll (1978)) en kosten voor informatie die asymmetrisch verdeeld is onder de markt participanten (Kyle (1985) en Glosten en Milgrom (1985)). Orderverwerkingskosten zijn de kosten die liquiditeit verschaffers rekenen behalve de andere twee genoemde kosten. Hier zitten onder andere de kosten van arbeid en kapitaal bij. De liquiditeit verschaffer rekent voorraadkosten omdat hij door het aangaan van een transactie afwijkt van zijn optimale positie. Asymmetrische informatie kosten komen voor uit de kans dat de tegenpartij in een transactie wellicht meer infor-

matie heeft over de financiële waarde en dat de liquiditeit verschaffer geld verliest omdat hij aan de verkeerde kant van de transactie zit.

Het kan erop lijken dat deze handelskosten beperkt zijn, wellicht niet genoeg om een hele stroom wetenschappelijke studies te verantwoorden of zelfs dit proefschrift. Het is inderdaad waar dat de spread beperkt is. Kijkende naar de Amerikaanse markt voor staatsobligaties is dit slechts \$6 per transactie. Echter, gegeven het enorme volume op de financiële markten tellen deze kleine bedragen snel op. Dit wordt duidelijk als we de markt voor Amerikaanse staatsobligaties bekijken: met meer dan 20.000 transacties op een dag van gemiddeld 13 contracten per transactie is het bedrag al \$1,56 miljoen per dag. Dit is \$7.8 miljoen per week en meer dan \$390 miljoen per jaar. En deze bedragen zijn alleen voor de markt voor Amerikaanse staatsobligaties, het totaalbedrag van deze kosten voor alle financiële markten gecombineerd geeft een getal in de miljard dollar!

In hoofdstuk 2 kijk ik naar de derde uitleg voor de spread, informatie die asymmetrisch verdeeld is onder de markt participanten. Ik richt mij in het bijzonder op de handel in Amerikaanse staatsobligaties nadat macro-economisch nieuws wordt vrijgegeven. In de Verenigde Staten wordt dit nieuws op vooraf aangekondigde tijdstippen bekend gemaakt. Het is bijvoorbeeld bekend dat iedere eerste vrijdag van de maand om exact 8:30 ET het Amerikaanse Bureau of Labor Statistics het werkloosheidsrapport vrijgeeft. Deze nieuwsberichten veranderen de risicovrije rentevoet. Veel artikelen rapporteren dat de macro-economische nieuwsberichten verantwoordelijk zijn voor de meeste volatiliteit patronen over de dag (zie bijvoorbeeld Ederington en Lee (1993, 1995), Balduzzi, Elton en Green (2001), Andersen, Bollerslev, Diebold en Vega (2003, 2007) en Fleming en Remolona (1997, 1999a)). Green (2004) vindt dat er meer informatie zit in de stroom van transacties (de zogenaamde order flow) na dit macro nieuws. Door te kijken naar transacties die hebben plaatsgevonden kunnen participanten meer geïnformeerd raken over wat de werkelijke evenwicht risicovrije rentevoet hoort te zijn. Deze resultaten tonen aan dat informatie meer asymmetrisch is verdeeld over de economie nadat er macro nieuws is vrijgekomen, en dat order flow de evenwicht risicovrije rentevoet significant beïnvloedt.

Het is niet eenvoudig om dit resultaat te interpreteren. In de klassieke literatuur voor aandelenmarkten (zoals Glosten en Milgrom (2004) en Kyle (1985)) wordt informatie in order flow vaak geïnterpreteerd als een teken dat sommige markt participanten meer informatie hebben over toekomstige dividenden van een bedrijf. Er is echter recent theoretisch en empirisch werk dat aangeeft dat informatie in order flow breder kan zijn dan enkel deze uitleg. Hasbrouck en Seppi (2001) vinden een gemeenschappelijke component in order flow van verschillende bedrijven. Deze gezamenlijke component beïnvloedt de markt returns. Edelen en Warner (2001) leveren meer bewijs voor dit, en tonen aan dat geldstromen in en uit beleggingsfondsen een dergelijke gezamenlijke component is. Ook

in financiële markten anders dan de aandelenmarkt is er bewijs dat er meer informatie in order flow zit dan slechts aandelenspecifieke informatie. Behalve het bovengenoemde werk van Green (2004) voor de markt voor staatsobligaties (dat verder is gedocumenteerd door o.a. Brandt en Kavajecz (2004) en Pasquariello en Vega (2006)) is er bewijs voor de wisselkoersmarkt (zie bijvoorbeeld Evans en Lyons (2002, 2008)). Recente theorieën geven aan dat order flow informatie kan bevatten op het micro niveau van de economie, over bezittingen en risico preferenties van markt participanten (zie Gallmeyer, Hollifield en Seppi (2005) en Saar (2007)).

Met een unieke dataset ben ik in staat om het deel van de totale order flow te herleiden dat voortkomt uit de aggregatie van micro informatie. Ik bestudeer de futures markt voor Amerikaanse staatsobligaties met een lange looptijd van 30 jaar. Het volume van de handel voor deze looptijd concentreert zich voor 95% op de futures markt (in plaats van de spot markt). We bekijken deze markt in de periode 1994-1997. In deze periode was elektronische handel in dit instrument nog zeer beperkt, en vond praktisch alle handel plaats op de beursvloer. Als klanten van buiten de vloer wilden handelen moest dit door een van de handelaren op de vloer (zogenaamde floor traders) te benaderen. Vanwege regelgeving moesten de handelaren op de beursvloer aangeven of een transactie voor zichzelf was of voor klanten. De dataset die ik in dit proefschrift gebruik bevat alle transacties van alle floor traders. Doordat ik mij in hoofdstuk 2 alleen richt op het klantendeel van de order flow bestudeer ik direct een dataset die micro informatie betreft. Dit staat in contrast met de andere genoemde studies die kijken naar de markt voor staatsobligaties. Deze artikelen bestuderen datasets die zich richten op transacties die plaatsvinden tussen handelaren. Deze zogenaamde interdealer order flow kan gerelateerd zijn aan transacties van klanten, maar kan verschillen door twee redenen. Allereerst is het mogelijk dat handelaren hun transacties maken naar aanleiding van informatie in de order flow van klanten. Dit kan de waargenomen informativiteit van order flow beïnvloeden. Ten tweede kunnen handelaren hun transacties maken naar aanleiding van informatie die ze zelf hebben, los van hun klantenorders (dit werd bijvoorbeeld gevonden door Anand en Subrahmanyam (2007)).

In hoofdstuk 2 laat ik zien dat order flow komende van klanten inderdaad informatief is voor het herleiden van de nieuwe evenwicht risicovrije rentevoet. Order flow komende van klanten is significant meer informatief in het 15 minuten interval na macro economisch nieuws. Deze significantie is zowel statistisch als economisch van aard. Ik vind dat 25% van de verklaarde variatie in de risicovrije voet na macro nieuws komt van klanten order flow. Hiernaast laat ik zien dat de handelaren op de beursvloer die een deel van de klanten order flow kunnen zien deze informatie gebruiken om te speculeren. Ik vind dat handelwinsten voor dual traders, floor traders die zowel voor zichzelf als voor klanten handelen,

hoger zijn dan die van local traders, floor traders die alleen voor zichzelf handelen. Dit resultaat houdt ook stand in de cross-sectie van dual traders: handelswinsten zijn positief en significant gerelateerd aan diverse maatstaven voor toegang tot klantenorders.

In hoofdstuk 3 kijk ik naar de tweede uitleg voor de spread, voorraadkosten voor de liquiditeit verschaffer die voortkomen uit het risico van een suboptimale positie in een financiële waarde. De grote cross-sectie van handelaren die er actief is op de futures markt voor Amerikaanse staatsobligaties met tot meer of mindere mate een rol van liquiditeit verschaffer geeft een ideale sample om dit nader te onderzoeken. Handelaren die zich bezig houden met het verschaffen van liquiditeit worden vaak aangeduid als market makers (de hoekman op de Nederlandse beurs was hier een voorbeeld van). Deze personen handelen voor zichzelf: ze kopen als er verkopers op de beurs arriveren en hopen deze aandelen later dan weer te verkopen aan kopers (en omgekeerd). Het risico dat ze lopen doordat ze een tijdje met (of zonder) het aandeel zitten wordt vergoed door de spread. Tot nu toe is er echter beperkt empirisch bewijs voor modellen die het gedrag van market makers modelleren zoals hierboven omschreven, ondanks de vele artikelen die zich hierop hebben gericht. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat deze liquiditeit verschaffers soms zelf speculeren. Madhavan en Smidt (1993) ontwikkelen een model waar transacties van de market makers uit twee componenten bestaan. Allereerst handelen ze zoals verwacht: ze initiëren transacties die hun voorraad terugbrengen naar hun een lange termijn optimale positie. De tweede component relateert echter tot korte termijn speculatieve belangen.

Ik gebruik dezelfde dataset als in hoofdstuk 2 en toon aan dat de market makers op de futures markt ook speculatieve posities opbouwen. Ik vind bewijs voor beide componenten van het Madhavan en Smidt (1993) model. De voorraadpositie keert snel terug naar een lange termijn optimale positie: de floor traders sluiten de dag af met een positie rond 0 obligaties. Daarnaast vind ik dat floor traders transacties initiëren die hun voorraadpositie wegbrengt van dit lange termijn optimum. Als ik de mate waarin dit gebeurt relateer aan handelswinst vind ik een positieve en significante relatie. Deze resultaten dragen bij aan het debat of de market maker inderdaad 'simpelweg' een liquiditeit verschaffer is zonder privé informatie of een geïnformeerde speculant. Artikelen zijn tot nu toe tot verschillende conclusies gekomen, allen leveren echter indirect bewijs. Het derde hoofdstuk in dit proefschrift levert direct bewijs van winstgevende speculatie van market makers.

In de analyse van hoofdstuk 3 loop ik tegen de uitdaging aan van het signen van transacties. Hierin wordt voor iedere transactie bekeken of de kopende of de verkopende partij de transactie heeft geïnitieerd. Voor markten waar er quote informatie beschikbaar is (de bied- en laatkoers) zijn er algoritmes beschikbaar (zie bijvoorbeeld Lee en Ready (1991)). Deze algoritmes relateren de transactieprijs aan het gemiddelde van de bied- en laatkoers (de zogenaamde midquote). Het signen van de transacties wordt echter (nog)

meer uitdagend wanneer quote informatie niet beschikbaar is omdat er dan geen midquote beschikbaar is om de transactieprijs mee te vergelijken. Hasbrouck (2004) ontwikkelt een Bayesiaans algoritme voor deze taak, gebaseerd op het Roll (1984) model. Echter, omdat dit op simulaties is gebaseerd is dit numeriek gezien een erg duur algoritme. Met meer dan 40 miljoen transacties in mijn dataset duurt dit algoritme te lang. Ik ontwikkel een alternatieve implementatie van het Roll (1984) model, gebaseerd op technieken uit de tijdreeksanalyse voor modellen in state space form. In dit soort modellen wordt een (mogelijk multivariate) tijdreeks verklaard door latente (niet waargenomen) factoren. Onder de aanname van normaal verdeelde ruis en een normaal verdeeld transitie proces voor deze niet waargenomen factoren kan het Kalman filter gebruikt worden om schattingen te krijgen van de parameters en de latente factoren. Het Roll (1984) model past goed in het framework van deze modellen: de waargenomen prijs wordt verklaard met een niet waargenomen ‘echte’ prijs en een tijdreeks van discrete transactie signs. Het model is echter niet-lineair, om toch schattingen te verkrijgen volg ik de macro-economische literatuur over regime switching modellen. Met simulatie toon ik aan dat het resulterende algoritme meer dan 10 keer sneller is dan Hasbrouck’s (2004) algoritme en even accuraat is.

In het tweede deel van dit proefschrift, hoofdstuk 4, richt ik me op de termijn structuur van de risicovrije rentevoet: de cross-sectie van rentes met een verschillende looptijd. De unieke structuur van de termijn curve houdt onderzoekers al lang bezig. Rentes met een verschillende looptijd zijn gerelateerd aan elkaar: rentes op obligaties met een lange looptijd kunnen worden gezien als risicogecorrigeerde verwachtingen van toekomstige rentes op obligaties met een kortere looptijd. Het is hierdoor mogelijk om de informatie in de termijn structuur samen te vatten met een aantal gemeenschappelijke factoren die de dynamiek van de rente samenvatten. Er is echter nog veel onbekend over de exacte relatie tussen de rentes met een verschillende looptijd en wat precies de markt voor staatsobligaties drijft. Het lijkt erop dat het model dat nog steeds het beste werkt om de termijn structuur te voorspellen de random walk is: de voorspelling van de termijn structuur van volgende maand is de huidige termijn structuur.

Er is veel belang bij het beter begrijpen van de termijn structuur. Piazzesi (2003) noemt vier redenen waarom onderzoekers naar de termijn structuur moeten kijken. Allereerst bevat de termijn structuur informatie over toekomstige economische ontwikkelingen door de relatie tussen staatsobligaties met een korte en lange looptijd. Ten tweede is er belang voor monetair beleid. In veel landen kan de centrale bank alleen de korte termijn rente beïnvloeden, terwijl voor veel beslissingen van consumenten de lange termijn rente het meest belangrijk is. Het begrijpen van de relatie tussen de korte en lange termijn rente zal beleidsbepalers helpen hun beslissingen te nemen. Ten derde is het voor de overheid

van belang om te weten hoe de hele termijn structuur reageert als er staatsobligaties van een bepaalde looptijd worden uitgegeven. Tot slot is de termijn structuur van belang voor het prijzen van derivaten en voor hedging. De prijs van veel derivaten hangt af van de gehele termijn structuur. Banken proberen het risico dat ze lopen vanwege hun korte termijn rente betalingen en lange termijn rente ontvangsten af te dekken.

De eerste onderzoeken naar de termijn structuur zijn allen theoretisch van aard. In de vroege modellen van Vasicek (1977) en Cox, Ingersoll en Ross (1985) verklaart een niet waargenomen rente op een oneindig korte termijn de hele termijn structuur. Deze klasse van modellen werd later uitgebreid tot meer factoren. In de jaren '90 kwam een tweede belangrijke ontwikkeling, toen Hull en White (1990) en Heath, Jarrow en Morton (1990) een klasse van rente modellen ontwikkelden die arbitrage mogelijkheden op basis van de termijn structuur uitsluit. Zeer recent is er een vernieuwde interesse in het Nelson en Siegel (1987, hierna NS) model voor de termijn structuur. Deze methode verklaart de hele termijn structuur met drie niet waargenomen componenten die worden geïnterpreteerd als de level (niveau), slope (helling) en curvature (krommigheid) van de termijn structuur. De methode is populair bij zowel mensen in de financiële wereld als centrale bankiers (9 van de 13 ondervraagde centrale banken in een studie van de Bank of International Settlements gebruiken dit model om de termijn structuur te schatten). Het grote voordeel is dat het model statistisch van aard is, maar toch een heldere interpretatie heeft. Twee recente publicaties van Francis X. Diebold hebben het belang van het NS model versterkt. Diebold en Li (2006) laten zien dat voorspellingen verkregen met het NS model die van concurrerende economische en statistische modellen verbeteren. Diebold, Rudebusch en Aruoba (2006) beargumenteren dat het NS model in essentie een model in state space form is, aangezien een waargenomen tijdreeks verklaard wordt met latente factoren.

In hoofdstuk 4 onderzoek ik verschillende aannames die gemaakt worden om het Nelson en Siegel (1987) model te kunnen schatten. Allereerst wordt er aangenomen dat de parameter die bepaalt hoe de factoren de termijn structuur beïnvloeden constant is. Ik stel een extensie van het model voor waarin deze parameter tijdsvariërend is. Allereerst doe ik dit door deze parameter te modelleren als een spline functie. Aangezien deze analyse aangeeft dat deze parameter inderdaad sterk varieert over tijd modelleer ik het op een nog flexibelere manier, door het toe te voegen aan het model als een latente factor. Op deze manier wordt deze parameter behandeld als de level, slope en curvature factoren. De niet-lineairiteit die hieruit volgt los ik op door het model te analyseren met behulp van de extended Kalman filter. De tweede aanname die ik bekijk is die van constante volatiliteit. Ook deze modelleer ik eerst met een spline functie, waarmee ik vind dat ook deze sterk varieert over de tijd. Gemotiveerd door dit resultaat bestudeer ik dit nader, met een GARCH functie zoals in Engle (1982) en Bollerslev (1986).

Ik toon aan dat het loslaten van deze twee aannames het model significant verbetert, zowel vanuit een statistisch als een economisch oogpunt. Bovendien geeft het tijdsvariërende model inzichten in enkele nieuwe ontwikkelingen in de literatuur. Christensen, Diebold en Rudebusch (2007) ontwikkelen een NS model dat arbitrage uitsluit. Een conditie voor hun model is echter constantheid van de parameter die bepaalt hoe de factoren de termijn structuur beïnvloeden. Diebold, Li en Yue (2007) ontwikkelen een termijn structuur model waarin rentes uit verschillende landen tegelijkertijd worden bekeken. Deze is echter ook gebaseerd op constantheid van de genoemde parameter. De resultaten in hoofdstuk 4 van dit proefschrift leveren bewijs hiertegen.