

COPENHAGEN BUSINESS SCHOOL 2020

KANDIDATAFHANDLING

CAND.MERC.(MAT.)

**Dealerens optimale adfærd og markedslikviditeten
i virksomhedsobligationsmarkedet efter
postfinanskrise-regulering**

*Optimal dealer behaviour and market liquidity in the corporate
bond market after post financial crisis regulation*

Forfatter

Natasja Juul Dynkel (101816)

Vejleder

Jens Dick-Nielsen

Dato for aflevering: 14. maj 2020

Antal sider: 80



Forord

Jeg vil gerne takke Jens Dick-Nielsen for hans gode vejledning og store engagement gennem hele forløbet. Jens' motiverende og ambitiøse tilgang til specialet har bidraget til en både spændende og lærerig proces.

Abstract

The aim of this master thesis is to investigate optimal behaviour of a dealer in the over-the-counter corporate bond market. After implementation of the post financial crisis regulation, inventory of bank affiliated dealers was observed to be lower than before the financial crisis despite observed narrow spreads. This motivates a profound investigation of dealer behaviour during this period. Thus, the relation between dealer behaviour and inventory is of particular interest.

The master thesis consists of three parts. The first part describes the theoretical optimal dealer behaviour by Ho & Stoll (1981) where important factors that influence bid-ask spread and price adjustment are presented. Dealer behaviour is shown to be largely influenced by the risk associated with a trade and hence also the dealer's risk aversion. The second part investigates dealer behaviour based on the critique of The Volcker Rule in Duffie (2012) through a numerical illustration. It is discussed and concluded that spreads are likely to stay on the same level as before implementation due to the dealer's new incentives in view of the regulation, and despite the effect from low amount of collateral. This does however not indicate deterioration of market liquidity as Duffie predicted, as this would involve larger spreads when the spread is used to measure market liquidity. The third part of this thesis is an empirical study of dealer behaviour based on the dealer's overnight capital commitment, collateral and chosen spread. The study concludes that spreads stay narrow after the The Volcker Rule whereas collateral and overnight capital commitment decline. The significant relationship between collateral and overnight capital commitment shows that market liquidity does deteriorate. Hence, only evaluating market liquidity based on spread is not enough to measure market liquidity after the post crisis regulation as it conceals information of the market condition. Overnight capital commitment, on the other hand, captures the deterioration of market liquidity and is scrutinized in this master thesis.

The master thesis concludes that the theoretical model clarifies narrow spreads shown in the empirical study after The Volcker Rule. Thus, it is shown that the post crisis regulation had an impact on dealer behaviour and deterioration of market liquidity. Hence, this master thesis contributes to the literature with a theoretical and empirical rationalization of dealers' low inventories and narrow spreads where dealer behaviour can be accounted for.

Indhold

1	Indledning og problemformulering	4
1.1	Problemformulering	6
2	Optimale dealerpriser og lagerbeholdning	7
2.1	Dealerens adfærd	7
2.2	Modelantagelser	8
2.2.1	Transaktioner	8
2.2.2	Dealerpriser	9
2.2.3	Efterspørgsel	10
2.2.4	Afkast	11
2.2.5	Den optimale strategi	13
3	Det stokastiske dynamiske programmeringsproblem	16
3.1	Betingelser	16
3.2	Bid-ask justeringer	17
3.2.1	Itô's Lemma i modellen	18
3.2.2	Den eksplícitte løsning	21
3.2.3	De optimale markup-størrelser	23
4	Løsningen og prisningsstrategien	29
4.1	Løsning ved Taylorpolynomier	29
4.2	Bid-ask spread og prisjustering	33
4.2.1	Markup-værdierne givet spread og prisjustering	33
4.2.2	Dealerens optimale bid-ask spread	35
4.2.3	Dealerens optimale prisjustering	39
4.3	Asymmetrisk efterspørgsel	41
4.4	Beslutningen om at være dealer	43
4.5	Modellens anvendelse i virkeligheden	44
5	Regulering efter finanskrisen	45
5.1	The Volcker Rule	45
5.1.1	Darrell Duffies kritik af The Volcker Rule	46

INDHOLD

5.2	Konsekvenserne af The Volcker Rule i modellen	47
5.3	TRACE	48
5.4	Numerisk eksempel	49
5.4.1	Parameterværdierne	49
5.4.2	Anvendelse af modellens resultater	51
5.4.3	De samlede effekter efter The Volcker Rule	59
6	Empirisk analyse af dealerens adfærd	63
6.1	Dealerens kapitalforpligtelse	64
6.2	Tidsserie- og regressionsanalyse	64
6.2.1	Dealerens kollateral	66
6.2.2	Bid-ask spreadet	67
6.2.3	Kapitalforpligtelsen	73
7	Konklusion	79
A	Bilag	81
A.1	Itô's Lemma med spring-diffusionsproces i flere dimensioner	82
A.2	Estimeret antal transaktioner i 2014	89
A.3	Bid-ask priser for investment grade og speculative grade virksomhedsobligationer . . .	91
A.4	Spreads ved ændring af tid til horisonttidspunktet, τ	92
A.5	Spreads ved ændring af risikoaversionen, Z	93
A.6	Spreads ved efterspørgselschok	94
A.7	Spreads for alle rating grades	95
A.8	Kapitalforpligtelse for alle rating grades	96
	Litteraturliste	97

Kapitel 1

Indledning og problemformulering

I over-the-counter markedet stiller dealere likviditet til rådighed for investorer, der ønsker at lave en hurtig handel. Når en virksomhedsobligation er i udbud, står investorerne dermed klar til at handle den til en bestemt pris. Så snart investorerne efterspørger aktivet, er de ikke interesserede i at vente på ankomsten af den ønskede ordre. Derfor tilbyder dealeren disse hurtige handler via en dealerservice, så den handlende kan sælge eller købe, når han vil. Vi kan derfor beskrive de handlende som utålmodige investorer, der er villige til at betale en pris for at kunne handle aktivet med det samme.

Når dealeren udbyder dealerservicen, står han klar til straks at handle en mængde aktier til en given købs- eller salgspris, så han netop kan tilbyde de hurtige handler. Dette kræver, at dealeren tilpasser sin lagerbeholdning ved at øge eller sænke den på baggrund af efterspørgslen. Men der skal eksistere et incitament til at være i positionen som dealer. Først og fremmest kræver dealeren en compensation for at bære diverse risici ved at holde lager, da han skal holde lager for at kunne tilbyde investorerne hurtige handler. Desuden påvirkes tilbøjeligheden til at være dealer blandt andet af de risici, han bærer, samt af de profiler, han kan opnå. Når dealeren dernæst udbyder dealerservicen, bestemmer han sine købs- og salgspriser på baggrund af faktorer som efterspørgsel, risici, transaktionsstørrelse og lagerbeholdning, som har en væsentlig rolle i beregningen af dealerens optimale spread og prisjustering.

Efter finanskrisen i 2008 har dealerne holdt et lavt lagerniveau relativt til før krisen i forventningen om, at ny regulering ville stramme kapitalkravene og forbyde handel for institutionens egne midler. Netop disse forbud og stramninger blev senere gennemført og reguleringen implementeret (Watson, 2012). Her var The Volcker Rule en regulering, der modtog meget kritik grundet utilsigtede konsekvenser ved implementeringen (Duffie, 2012). Dick-Nielsen, Feldhutter og Lando (2012) samt Friewald, Jankowitsch og Subrahmanyam (2012) viser, at virksomhedsobligationslikviditeten blev dårligere under finanskrisen

i 2007-2009. Dog har det ikke været muligt for tidligere analyser af bid-ask spreadet samt andre mål, der har indflydelse på prisen, at forklare den negative effekt af reguleringen på markedslikviditeten. Blandt andet Trebbi og Xiao (2015) og Adrian, Fleming, Shachar og Vogt (2015) har dokumenteret, at likviditetsmålene ligefrem er blevet forbedret efter krisen. Men dealernes lavere lagerbeholdning og et voksende obligationsmarked tyder på, at det er blevet sværere at yde dealerservicen og dermed sværere at stille likviditet til rådighed (Dick-Nielsen & Rossi, 2016). Det kan således være svært at undersøge, hvorvidt markedslikviditeten faktisk er blevet forbedret eller forringet. Bessembinder et al. (2018) har i denne forbindelse vist, at et alternativt mål for markedslikviditeten i stedet kan anvendes. Her konkluderes det, at dealernes traditionelle måde at sørge for likviditet i virksomhedsobligationsmarkedet har ændret sig, hvor de banktilknyttede dealere ikke absorberer ligeså meget af investorernes ubalancer, men de ikke-banktilknyttede dealere derimod begynder at øge deres markedsandel, da de ikke er berørt af samme skærpende regulering. Dette tyder på at være en afledt effekt af post-krise regulering, hvor med artiklen bekræfter kritikken af reguleringen i Duffie (2012). Det overordnede fald i udbuddet af market making kapital stemmer overens med Friewald og Nagler (2016), hvor sammenhængen mellem dealerens lagerbeholdning og risikojusterede obligationsafkast er blevet styrket efter reguleringen.

Vigtigheden af et likvidt marked og dealerens adfærd er tidligere blevet undersøgt. Goldstein og Hotchkiss (2017) dokumenterer, at dealernes tilbøjelighed til at modregne handler på samme dag relativt til at holde kapitalforpligtelsen i længere tid er størst for de mest usikre og illikvide obligationer. Chen, Lesmond og Wei (2007) og Lin, Wang og Wu (2011) viser desuden vigtigheden af likviditeten i markedet, da denne påvirker værdiansættelsen af virksomhedsobligationer. Bao og Pan (2013) viser desuden, at illikviditet bidrager til den observerede prisvolatilitet for obligationerne. Hertil dokumenterer Cespa og Foucault (2014), at illikviditet kan forhindre efficient prisfastsættelse.¹ Wang og Zhong (2019) finder derudover, at hvis dealerens lagerbeholdningen øges væsentligt, vil der ske en signifikant stigning i virksomhedsobligationens pris, og bid-ask spreadet vil blive en smule mindre i post-reguleringsperioden.

Det har dog været svært at forklare, hvorfor likviditetsmålene ser så gode ud, hvis likviditeten i virkeligheden er dårlig. Denne afhandling vil således bidrage til litteraturen ved at undersøge sammenhænge mellem dealerens adfærd og markedslikviditeten, herunder størrelsen på bid-ask spreadet samt dealerens kapitalforpligtelse og lagerbeholdning i forbindelse med implementeringen af reguleringen. Her vil det undersøges, om årsagen til dealerens mindre lagerbeholdning og den mindre spreadstørrelse kan forklares både teoretisk og empirisk.

¹Henvisningerne nævnt hertil er lånt fra henholdsvis Dick-Nielsen og Rossi (2016) samt Bessembinder et al. (2018) og fremgår derfor ikke direkte i afhandlingens litteraturliste. Henvisninger til disse kan således findes i omtalte artikler.

1.1 Problemformulering

Denne afhandling vil tage udgangspunkt i følgende hovedspørgsmål:

Kan dealerens adfærd og markedslivviditeten efter implementeringen af postfinanskrise-regulering forklares? Herunder sammenhængen mellem dealerens adfærd og kollateral.

Opgaven har en tredelt opbygning. Første del vil besvare hovedspørgsmålet med en teoretisk tilgang i form af en model (Ho & Stoll, 1981), der vil forklare dealerens adfærd under afkast- og transaktionsusikkerheder. Her vil følgende underspørgsmål blive besvaret:

- Hvilke faktorer påvirker dealerens adfærd? Adfærden undersøges i form af dealerens valgte bid-ask spread og prisjustering.
- Hvorfor påvirker disse faktorer dealerens adfærd?

Anden del vil på baggrund af Darrel Duffies kritik af en postfinanskrise-regulering kendt som The Volcker Rule (Duffie, 2012) undersøge konsekvensen af implementeringen af den nye regulering ud fra den teoretiske model. Dette vil blive vist med et numerisk eksempel. Her vil følgende underspørgsmål blive besvaret:

- Kan Duffies kritik fortolkes i modellen?
- Hvilke teoretiske konsekvenser medfører reguleringen?

Tredje del vil indeholde en empirisk analyse af dealerens adfærd, som i sidste ende vil blive sammenlignet med de teoretiske modelresultater. Her vil følgende underspørgsmål blive besvaret:

- Hvordan kan dealerens adfærd og markedslivviditeten forklares empirisk? Adfærden undersøges i form af henholdsvis bid-ask spread og kapitalforpligtelse sammen med kollateralen.
- Er der en sammenhæng mellem dealerens adfærd og kollateral?
- Kan dealerens faktiske adfærd forklares med de teoretiske resultater?

Kapitel 2

Optimale dealerpriser og lagerbeholdning

Modellen fra Ho & Stoll (1981) vil blive gennemgået i tre kapitler med formålet at undersøge dealerens optimale adfærd under afkast- og transaktionsusikkerheder. Dette motiverer en empirisk analyse af modellens resultater på virkelig data. Analysen vil tage udgangspunkt i en regulering afledt af finanskrisen kendt som The Volcker Rule. Det kan således testes, hvorvidt modellens teoretiske resultater afspejler dealerens optimale adfærd i praksis. Modellen tager oprindeligt udgangspunkt i handlen af aktier. Modellen vil derfor ligeledes blive udledt med udgangspunktet i aktier. Dette motiverer således en undersøgelse af, hvorvidt modellen ligeledes vil afspejle realistiske niveauer og resultater for virksomhedsobligationer. Dette vises med virkelige input fra virksomhedsobligationsindeks i kapitel 5. Kapitel 2, 3, 4 og 5 baserer sig således på Ho & Stoll (1981). Ved anvendelse af andre kilder vil disse blive angivet eksPLICIT.

2.1 Dealerens adfærd

Når en aktie er i udbud, står køberne klar til at handle aktien til en bestemt pris. Så snart køberne efterspørger en given aktie, er de ikke interesserede i at vente på ankomsten af den ønskede ordre. Derfor tilbyder dealeren en service, så den handlende kan sælge eller købe, når han vil. Vi kan derfor beskrive de handlende som utålmodige, der ligefrem er villige til at betale en pris for at kunne handle aktien med det samme. Når dealeren tilbyder denne service, står han også klar til straks at handle en bestemt mængde aktier til en given købs- eller salgspris, så han netop kan tilbyde dealerservicen til de handlende.

For at dealeren kan udbyde dealerservicen, skal der eksistere et incitament til at være i positionen som dealer. Tilbøjeligheden til at være dealer påvirkes blandt andet af de risici, han påtager sig, samt af de

profitter, han kan opnå. Når dealeren dernæst udbyder dealerservicen, bestemmer han sine købs- og salgspriser på baggrund af faktorer som efterspørgsel, risici, transaktionsstørrelse og lagerbeholdning. Dette giver anledning til at undersøge dealerens optimale adfærd og prisningsstrategi.

2.2 Modelantagelser

Modellen betragter en enkelt dealers adfærd, hvor denne dealer løbende prissætter en bestemt aktie. Således betragter vi den individuelle dealers porteføljeproblem. Dealerens købs- og salgspriser bestemmes, så han maksimerer sin forventede nytte af hans endelige formue. Dette gøres ud fra dealerens mening om aktiens sande pris, hvor denne er eksogent givet ud fra dealerens informationssæt. Dealeren maksimerer dermed den forventede nytte ved at ændre købs- og salgspriserne over tid relativt til efterspørgsel, risici, transaktionsstørrelse og lagerbeholdning.

Når dealeren tilbyder sin service, bærer han diverse usikkerheder, som alle udgør nogle risici. Disse usikkerheder er blandt andet i form af en afkastusikkerhed og en transaktionsusikkerhed. Afkastusikkerheden er usikkerheden i, hvor stort afkastet på dealerens lagerbeholdning er. Transaktionsusikkerheden er usikkerheden i, hvornår fremtidige transaktioner vil ske. Risiciene har indflydelse på, hvor længe dealeren kan bære en vis afkastusikkerhed, da transaktionerne gerne skulle ske til dealerens valgte købs- og salgspriser. På den måde påvirker risiciene i sidste ende dealerens tilbøjelighed til at udbyde dealerservicen.

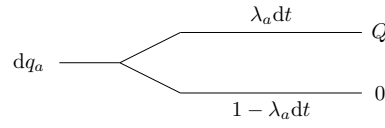
2.2.1 Transaktioner

Transaktionerne antages som udgangspunkt at udvikle sig som en stokastisk stationær kontinuert tids Poisson proces. Det er oplagt at anvende denne Poisson proces til at modellere transaktionerne, eftersom transaktionerne sker i diskrete tidsintervaller, og dealerne i de virkelige markeder kan være tvunget til at handle en minimumsmængde af værdipapirer.

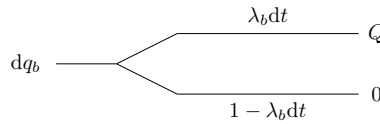
For dealerkøb og -salg antages følgende udgave af Poisson processen, der desuden er visualiseret i figur 2.1. Her beskriver processen dq_a antallet af handlede aktier, Q , ved et dealersalg med handelsintensitet λ_a . Denne transaktion gennemføres med sandsynlighed $\lambda_a dt$. Processen dq_b beskriver tilfældet for dealerkøb, hvor antallet af handlede aktier med handelsintensitet λ_b beskrives. Denne transaktion gennemføres med sandsynlighed $\lambda_b dt$. Når et dealersalg sker, svarer det til, at en køber udefra benytter dealerservicen. For et dealerkøb er det derimod en sælger udefra, der anvender dealerservicen.

2.2. MODELANTAGELSER

Dealersalg (*købsordre*)



Dealerkøb (*salgsordre*)



Figur 2.1: Processen for henholdsvis dealersalg og -køb. Processen dq_a beskriver antal aktier ved et dealersalg med sandsynligheden for dealersalg $\lambda_a dt$. Processen dq_b beskriver derimod antal aktier ved et dealerkøb med sandsynligheden for dealerkøb $\lambda_b dt$.

Antallet af aktier i en transaktion, Q , svarer dermed til processens spring-størrelse, hvormed der ved et spring sker en ændring med størrelsen Q i antallet af aktier i dealerens samlede antal aktier og dermed hans lagerbeholdning. Handelsintensiteterne, også kaldet ankomstraterne, repræsenterer det gennemsnitlige antal ankomster af købs- og salgsordrer per tidsenhed, dt . Derfor kan $\lambda_a dt$ og $\lambda_b dt$ tolkes som sandsynlighederne for henholdsvis et dealersalg og -køb i det næste øjeblik, som det er vist i figur 2.1.

2.2.2 Dealerpriser

Dealeren kræver en pris for at tilbyde dealerservicen. Denne pris kaldes dealerens markup og udgør hans bid-ask spread. Prisen for dealerservicen kan deles op i to, så vi betragter hans markup for henholdsvis dealersalg og -køb. Dealeren tager dermed højde for størrelsen af disse markupper for at kunne bestemme sit optimale bid-ask spread. Dette gøres ved at øge eller sænke prisen med udgangspunkt i dealerens mening om den sande pris, p , med a og b , så

$$\begin{aligned} p_b &= p - b \\ p_a &= p + a \end{aligned} \tag{2.1}$$

De to priser er derfor ikke nødvendigvis ens. Dealeren bestemmer markupperne for dealersalget og dealerkøbet for sig. Han kræver dermed markupperne a for servicen, når en købsordre ankommer, det vil sige ved et dealersalg. Han kræver derimod markupperne b for servicen, når en salgsordre ankommer, altså ved et dealerkøb. Når dealeren skal bestemme markuppernes værdier, anvendes salgs- og købspriserne,

p_a og p_b , samt dealerens mening om den sande pris, p . Markupperne bestemmes til samme tid, som han bestemmer sit bid-ask spread. Den generelle mening om den sande pris, p^* , kan være forskellig fra dealerens mening om den sande pris, p , og de behøver heller ikke at være ens. Den generelle mening om den sande pris er den pris, hvor de handlendes efterspørgselskurver for at købe og sælge aktier krydser. De er her enige om, at p^* er den sande pris. Forskellen mellem de to udgaver af den sande pris er afbildet i figur 2.2.

2.2.3 Efterspørgsel

Handelsintensiteten for henholdsvis dealerkøb og -salg afhænger af størrelsen på dealerens markup, eftersom antallet af transaktioner afhænger af dealerens priser og markup, hvor en for høj eller lav pris kan gøre, at en køber eller sælger ikke vil handle. Handelsintensiteten afspejler derfor også en efterspørgsel, der aftager i markuppen. En større markup vil henholdsvis øge eller sænke prisen for dealersalg og -køb. Derfor vil de handlende enten skulle købe dyrere eller sælge billigere, hvilket de handlende ikke nødvendigvis vil imødekomme. Denne egenskab gør sig for eksempel gældende for en lineær efterspørgselkurve. Hvis vi antager lineære efterspørgselsforhold, kan efterspørgslen α beskrives som den forventede samlede efterspørgsel efter enten køb eller salg, hvor efterspørgslen antages at være symmetrisk. At efterspørgslen er symmetrisk betyder, at vi antager, at sandsynligheden for at næste transaktion er et køb, er lige så stor som for et salg, da vi ikke ved, om den næste transaktion vil være et køb eller et salg. β introduceres her som den værdi, der sørger for, at $\frac{\alpha}{\beta}$ er lig med det risikoneutrale spread, som er det spread, dealeren kan få ved en transaktion uden tilhørende risiko.

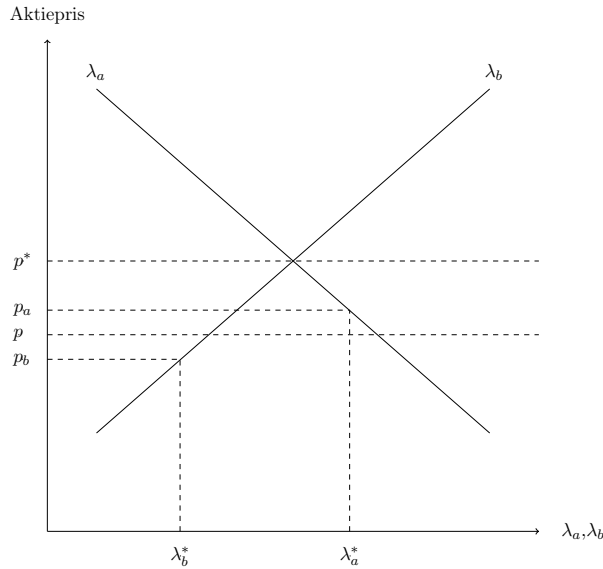
Med ovenstående antagelser om, at efterspørgslen er symmetrisk og aftager i dealerens markup, kan vi beskrive efterspørgselsforholdene lineært som

$$\begin{aligned}\lambda_a &= \lambda(a) = \alpha - \beta a \\ \lambda_b &= \lambda(b) = \alpha - \beta b\end{aligned}\tag{2.2}$$

I ligning (2.1) så vi, at dealerens priser kan bestemmes ud fra hans markup og hans mening om den sande pris, og med antagelserne om symmetrisk og lineær efterspørgsel, kan dealeren reducere sandsynligheden for flere udefrakommende salg ved at øge b , hvormed dealerens købspris sættes lavere. Dealeren kan modsat sænke a for at øge sandsynligheden for udefrakommende køb, hvormed dealerens salgspris sættes højere. Forskellen mellem dealerens mening om den sande pris og den generelle mening om den sande pris, der ligeledes påvirker efterspørgslen, er dermed også parametriseret i ligningerne for λ_a og λ_b i (2.2) ved hjælp af efterspørgslen, α , og markupperne, a og b . Således opnås et udtryk for efterspørgslen.

2.2. MODELANTAGELSER

Når $p \neq p^*$, ligger p enten længere nede eller oppe på efterspørgselskurverne for henholdsvis køb og salg, alt efter om $p < p^*$ eller $p > p^*$. Det betyder samtidig, at hvor stor efterspørgslen efter at placere en købs- eller salgsordre er, vil være givet størrelsen på dealerens valgte bid-ask priser.



Figur 2.2: Efterspørgselsforhold relativt til den sande pris. Her er p dealerens mening om den sande pris og p^* den generelle mening om den sande pris. p^* findes, hvor de to efterspørgselskurver for salg og køb, λ_a og λ_b , krydser.

2.2.4 Afkast

Det er relevant at undersøge udviklingen i dealerens samlede formue, W , der består af kontantværdien, F , lagerværdien, I , og basisformuen, Y . Dealeren ønsker at maksimere den forventede nytte af sin samlede formue til horisonttidspunktet T , $E(U(W_T))$, hvor

$$W_T = F_T + I_T + Y_T \quad (2.3)$$

Når differentialligningerne for W skal opstilles, tages der udgangspunkt i en porteføljevækst uden transaktioner, som kan beskrives ved en stokastisk differentialligning, hvor afkastrisikoen modelleres ved diffusionsprocesser:

$$dX = r_X X dt + X dZ_X \quad (2.4)$$

Her er r_X det gennemsnitlige afkast per tidsenhed, og dZ_X er en ikke-standardiseret Wiener-proces, der har middelværdi 0, øjeblikkelig varians σ_X^2 og er kontinuert i t . Vi kan nu opstille differentialligningerne for de tre dele af dealerens samlede formue.

Kontantværdien, F

Først og fremmest har dealeren en kontantbeholdning på en konto, der akkumulerer, når dealeren sælger værdipapirer, og udbetaler, når dealeren køber værdipapirer. Kontantbalancen tjener eller betaler den risikofri rente, r , og ændringen i kontantbeholdningens værdi, F , kan da beskrives ved differentiaalligningen

$$dF = rF dt - (p - b) dq_b + (p + a) dq_a \quad (2.5)$$

hvor usikkerheden indtræder i form af transaktionsusikkerheden, der afspejles i dq_a og dq_b . Der er dermed intet volatilitetsled, da vi blot betragter rentetilskrivningen og transaktionsusikkerheden for kontantværdien.

Der sker en ændring i kontantværdien, når dealeren enten køber eller sælger en aktie. Denne ændring er $-(p - b)$ per aktiv ved dealerkøb og $(p + a)$ per aktiv ved dealersalg og afspejler dealerens profit, som vist i ovenstående differentiaalligning. Dealerens markup indgår dermed også i differentiaalligningen i form af a og b , så en dealer betaler mindre end den sande pris p ved et dealerkøb og modtager mere ved et dealersalg, hvilket stemmer overens med idéen bag markupperne. Størrelsen på markupperne påvirker størrelsen af springene direkte, hvor de er med til at reducere størrelsen på springene.

Lagerværdien, I

Lagerbeholdningen indgår også i dealerens samlede formue og består af mængden af den aktie, dealeren laver markedet i. Vi antager, at aktierne kommer ind i lagerbeholdningen til prisen p , da dette er dealerens mening om den sande pris. Når aktien enten forlader eller kommer ind i lagerbeholdningen, sker der også en ændring i kontantværdien, da det betyder, at dealeren enten sælger eller køber en aktie. Denne ændring er afspejlet i ændringen i kontantværdien (2.5) for henholdsvis et dealerkøb- og salg.

Lagerværdien kan beskrives ved differentiaalligningen

$$dI = r_I I dt + p dq_b - p dq_a + I dZ_I \quad (2.6)$$

Her består usikkerheden både af transaktionsusikkerheden afspejlet i dq_a og dq_b samt fra afkastusikkerheden afspejlet i variansen, σ_I^2 , fra Wiener-processen, dZ_I . Over tid oplever dealeren diskrete spring i lagerværdien på grund af transaktionerne, der gennemføres, hvor Q aktier handles til en pris p . Springene i lagerværdien er henholdsvis a mindre og b større end i kontantværdien, da størrelsen af markupperne ikke påvirker lagerværdien. Aktien antager vi netop er p værd, og denne værdi påvir-

2.2. MODELANTAGELSER

kes ikke af dealerens valgte markup. Afkastusikkerheden afspejles i leddet $I dZ_I$, som desuden er den underliggende kilde til den risiko, dealeren tager. I den virkelige verden afspejles fluktuationer i afkastet i aktieprisen, hvormed aktiepriserne ændrer sig over tid. Hvis vi i modellen ligeledes tillader fluktuationer i aktiepriserne, introduceres ingen nye former for usikkerheder, der ikke allerede indgår i afkastusikkerheden. Modellen kan således håndtere fluktuationerne vi ser i virkelighedens aktiepriser. I forlængelse af dette kan prisen, p , holdes konstant, så afkastusikkerheden indgår som et kontinuert aktiedividende, der sørger for at prisen holdes konstant. På den måde introduceres fluktuationerne i afkastet på en praktisk måde, så vi blot kan tage udgangspunkt i den sande konstante aktiepris, p .

Basisformueværdien, Y

Dealerens basisformue er en optimalt diversificeret portefølje med hensyn til tidshorisonten T og er derfor samtidig dealerens optimale portefølje. Basisformuen fungerer desuden som en sikkerhedsstillelse også kaldet en kollateral. Denne sørger for, at dealeren har mulighed for at låne aktiver eller penge, hvilket bliver nødvendigt undervejs i hans forløb som dealer. Når dealeren begynder i sin position som dealer, defineres dette at være i starten af den betragtede periode, det vil sige til tid $t = 0$. Her er både kontantbeholdningen og lagerbeholdningen tom, hvormed værdien af begge er 0, det vil sige $F_0 = 0$ og $I_0 = 0$. I dette tilfælde er dealerens basisformue også hans samlede formue. Da Y er dealerens optimale portefølje, er dealerens optimale lagerbeholdning i modellen netop 0, det vil sige $I = 0$.

Ændringen i basisformuens værdi kan beskrives ved differentialligningen

$$dY = r_Y Y dt + Y dZ_Y \quad (2.7)$$

Modellen tager ikke højde for, at dealeren kan gå konkurs, da tidshorisonten antages at være så tilstrækkelig kort og kollateralen tilstrækkelig stor til, at en konkurs ikke vil blive aktuel. Konkursen bliver yderligere uvæsentlig, idet der ikke kan ske pludselige spring i afkastet på grund af Wiener-processen. Ændringen i differentialligningen for basisformuens værdi bevæger sig dermed nøjagtig som ligning (2.4), hvor r_Y er det gennemsnitlige afkast for basisformuen per tidsenhed. Dealeren har mulighed for at justere priserne, hvormed han selv har direkte indflydelse på spreadet og ankomstraterne. På den måde kan dealeren præge efterspørgslen efter hans dealerservice.

2.2.5 Den optimale strategi

Vi ønsker at bestemme dealerens optimale strategi ved valget af a og b . Denne strategi maksimerer dealerens performancefunktion, der afspejler den forventede nytte af hans samlede formue, som ønskes

maksimeret givet tiden, t , og de tre tilstandsvariable, F , I og Y . Det vil sige

$$\max_{a,b}[E(U(W_T))|t,F,I,Y] \quad (2.8)$$

Selve maksimeringen involverer at vægte omkostninger og fordele ved at være i positionen som dealer. Disse omkostninger ses ud fra den ikke-optimale portefølje, som dealeren reelt står klar til at acceptere. Det, at porteføljen ikke er optimal, er ikke kun i form af hans ikke-optimale diversifikationsgrad og risikoniveau, men også på grund af tilstedeværelsen af transaktionsusikkerheden, der netop påvirker, hvornår og hvor meget hans portefølje vil blive ændret, og dermed hvor ubalanceret porteføljen vil blive. Fordelene afspejles i markuppen, dealeren forlanger for hans dealerservice. Eftersom modellen betragter en enkelt dealer, der laver et marked i en given aktie, har dealeren mulighed for at tjene monopolprofitter, da han ikke har konkurrence fra andre dealere.

Det antages, at alt slutter til horisonttidspunktet, T , hvor dealeren desuden har sit eneste forbrugspunkt. Her er basisformuen en optimalt diversificeret portefølje, hvor dealeren omkostningsfrit kan realisere sin lagerbeholdning og basisformue til markedsværdierne, altså uden transaktionsomkostninger. Det betyder samtidig, at der kun opstår et forbrug én gang i modellen, som netop er til tid T . Med dette setup er der ligheder med et standard en-periode problem. Modellen betragter som en-periode problemet netop én periode samt ét forbrugstidspunkt, der ligger i slutningen af denne periode.

Dealeren handler udelukkende passivt, hvilket betyder at dealeren sætter sine priser og dernæst venter, indtil der går en transaktion igennem. Han kan derfor heller ikke handle med en anden dealer som nødløsning for med det samme at kunne tilpasse sin lagerbeholdning, hvis det skulle blive nødvendigt. En af årsagerne til, at dealeren kan have interesse i at handle med en anden dealer, kan være grundet høj risiko afledt af en stor lagerbeholdning. Generelt kan dealerens brug af inter-dealer markedet være for at nærme sig den optimale lagerbeholdning på 0 og dermed den optimale portefølje. Selvom problemet til forveksling ligner et standard en-periode problem, kan det ikke reduceres til et helt så simpelt problem, da der er tidsafhængigheder i mulighedssættet. Mulighedssættet er alle de mulige forhold mellem afkast og risiko for porteføljen, der gives ved dealerens bid-ask prisstrategi. Dealeren kan vælge at konstruere både høj- og lavrisikoporteføljer fra et mulighedssæt. At dealeren har dette mulighedssæt tilgængeligt, kan hjælpe ham med at tage beslutninger, hvor han vil vælge ud fra størrelsen på forholdet mellem afkast og risiko. Dealerens valg vil afhænge af hans holdning til risiko, og dermed hvor meget risiko han vil acceptere. Dealeren vil alt andet lige vælge porteføljen, der giver mest muligt afkast ud fra det risikoniveau, han vil acceptere.

2.2. MODELANTAGELSER

Der opstår tilfældige chok i mulighedssættet, der kommer fra diverse transaktioner og prisændringer forud for T og afspejler multiperiode-tilgangen, der tillader dealeren at justere a og b over tid ud fra, hvordan hans beholdninger ændrer sig. a og b ændres oftest på grund af ændringer i lagerværdien. Multiperiode-konstruktionen er med til at komplicere den optimale strategi, da bid-ask priserne påvirker ændringerne i lagerbeholdningen på trods af, at ændringerne er stokastiske. Et sådant problem kaldes også et kontrolproblem med lukket kredsløb, eftersom de optimale værdier for a og b afhænger af de observerede tilstandsvariable og tiden, F , I , Y og t . Derfor kan vi anvende metoden stokastisk dynamisk programmering til at finde den optimale dealerstrategi i form af en funktion, der specificerer valget af a og b for enhver tilstand, dealeren befinder sig i. Denne tilstand beskrives netop ved hjælp af F , I , Y og t . Stokastisk dynamisk programmering er i sig selv en metode, der anvendes til at løse optimeringsproblemer. Løsningen findes ved at dele problemet op i flere delproblemer, der løses rekursivt.

Kapitel 3

Det stokastiske dynamiske programmeringsproblem

Som det blev introduceret i starten af afhandlingen, ønsker dealeren at maksimere den forventede nytte af hans endelige samlede formue ved valget af a og b . Så for enhver tilstand, der beskrives ved tid og værdierne af tilstandsvariablene, F , I , Y og t , vælger dealeren en værdi af a og b , så den optimale performancefunktion og dermed løsningen til maksimeringsproblemet, J , kan defineres

$$J(t, F, I, Y) = \max_{a, b} [E[U(W_T)] | t, F, I, Y] \quad (3.1)$$

Den optimale performancefunktion leder til en optimal bid-ask strategi med optimal dealeradfærd fra $t = 0$ til et horisonttidspunkt, T . Udtrykket i ligning (3.1) kan også fortolkes som en nyttefunktion, der beskriver resultatet af den optimale strategi og adfærd betinget af enhver observeret F , I , Y og t . Dealerens optimale strategi givet valget af a og b kan nu bestemmes ved at opstille det dynamiske programmeringsproblem.

3.1 Betingelser

Dynamisk programmering kan omskrive et problem, så det har en enkelt løsning i stedet for mange. I det dynamiske programmeringsproblem opstilles den fundamentale rekursive relation, der følger af optimalitetsprincippet, også kaldet Bellmans ligning. Ligningen har kun en løsning til den diskrete approksimation af optimeringsligningen. Idéen er at bestemme en funktion $U(W_T)$, der opfylder betingelserne for W , da det ukendte i sig selv ligger i denne funktion. Eftersom der ikke er et forbrug forud for T , kan den fundamentale rekursive relation opskrives ved hjælp af følgende betingelser.

3.2. BID-ASK JUSTERINGER

Den første betingelse indebærer Bellmans ligning, så de maksimerede tilvækster for J altid er 0:

$$\max_{a,b} dJ(t,F,I,Y) = 0 \quad (3.2)$$

Hvis dette ikke er tilfældet, vil det være muligt for dealeren at øge nytten med en alternativ bid-ask strategi, hvormed der ikke vil være tale om et optimum.

Den anden betingelse er, at performancefunktionen J må returnere samme nytteniveau som nyttefunktionen $U(W_T)$ til tid T :

$$J(T,F,I,Y) = U(W_T) \quad (3.3)$$

da der ikke længere er nogen usikkerheder, når dealeren står til tidshorisonten, T .

3.2 Bid-ask justeringer

En af de væsentligste dele af udledningen for at kunne bestemme dealerens optimale strategi, og dermed løse dealerens problem, er at bestemme dealerens markupper, a og b . Disse kan også kaldes bid-ask justeringer, da de netop justerer bid-ask priserne. Værdierne af disse løser problemet for hver tilstand. For at kunne løse problemet i kontinuert tid, anvendes Itô's Lemma til at bestemme differentiallet af den tidsafhængige funktion af den stokastiske proces. Det viser sig derfor nyttigt at vise, hvordan Itô's Lemma med spring-diffusionsproces i flere dimensioner kan opskrives på simpel form for dernæst at kunne anvende det i maksimeringsproblemet i modellen.

Først betragtes en funktion, $f(t, \mathbf{X}_t)$, der er kontinuert dobbelt-differentiabel i $\mathbf{X}$ samt kontinuert differentiable i t . Da er Itô spring-diffusionsprocessen en stokastisk proces $(\mathbf{X}_t)_{t \geq 0}$ beskrevet ved den stokastiske differentiaalligning i flere dimensioner

$$d\mathbf{X}_t = \boldsymbol{\mu}_t dt + \boldsymbol{\sigma}_t d\mathbf{Z}_t + \mathbf{H}_t d\mathbf{N}_t \quad (3.4)$$

hvor processens spring sker samtidig med Poisson-processens. Springene er givet ved de stokastiske variable $\mathbf{H}_t$, hvis springet sker til tid t , og de antages at være uafhængige af Poisson-processen. Den stokastiske proces $(\mathbf{N}_t)_{t \geq 0}$ er en vektor af Poisson-processer, $\mathbf{N}_t = (N_t^1, N_t^2, \dots, N_t^n)^\top$. Den stokastiske differentiaalligning, $d\mathbf{N}_t$, har udfaldet 0 med sandsynlighed $1 - \boldsymbol{\lambda} dt$ og udfaldet 1 med sandsynlighed $\boldsymbol{\lambda} dt$. En detaljeret udledning af Itô's Lemma i flere dimensioner med spring indeholdende yderligere antagelser og simplificeringer kan findes i bilag A.1.¹

¹Udledningen af Itô's Lemma laves med inspiration fra Department EMS, Birkbeck (2013).

Itô's Lemma i flere dimensioner med spring

Ved at følge omskrivningerne givet i bilag A.1, opnår vi udtrykket for $df(t, \mathbf{X}_t)$ i forventningen, så

$$\begin{aligned} df(t, \mathbf{X}_t) &= \left(\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial x_1} \mu_1 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} \mu_n + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} \sigma_1^2 + \dots + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_1} \sigma_1 \sigma_n + \dots + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_n} \sigma_1 \sigma_n \right) dt \\ &\quad + \lambda(f(t + dt, \mathbf{X}_t + \mathbf{H}_t) - f(t, \mathbf{X}_t)) dt \end{aligned} \quad (3.5)$$

I ligning (3.5) ses nu udtrykket, der kan anvendes til at bestemme den afledte af en funktion, der afhænger af tid og en stokastisk proces med spring.

3.2.1 Itô's Lemma i modellen

Jævnfør optimalitetsprincippet ønsker vi at maksimere værdien af performancefunktionen J , der afhænger af tid, t , og de tre tilstandsvariable, F , I og Y . Derfor opstilles den partielle differentiaalligning nu, hvor Itô's Lemma med spring fra (3.5) anvendes. Da den næste transaktion enten kan være et køb eller et salg, skelner vi ligeledes mellem disse to tilfælde i modellen, hvormed handelsintensiteterne λ_a og λ_b introduceres i stedet for λ . Differentiaalligningerne for dF , dI og dY fra tidligere anvendes også, hvor vi igen skelner mellem en købs- og salgstransaktion, da ændringerne vil se forskellige ud i de to tilfælde. Med introduktionen af købs- og salgsprocessen, er

$$\begin{aligned} \lambda(f(t + dt, \mathbf{X}_t + \mathbf{H}_t) - f(t, \mathbf{X}_t)) dt &= \lambda_a(J(t + dt, F + (p + a) dq_a, I - p dq_a, Y) - J(t, F, I, Y)) \\ &\quad + \lambda_b(J(t + dt, F - (p - b) dq_b, I + p dq_b, Y) - J(t, F, I, Y)) \end{aligned} \quad (3.6)$$

hvormed vi nu betragter et udtryk indeholdende købs- og salgsprocessen. De to processer er uafhængige, hvilket tillader omskrivningen af effekten som summen af de to stigninger. Derfor skrives den ovenstående venstreside ud til en sum, hvor funktionen fra den generelle udledning, f , erstattes med performancefunktionen fra modellen, J .

Vi ønsker nu at maksimere med hensyn til a og b for at bestemme dealerens optimale strategi givet valget af markupperne for henholdsvis køb og salg. Hvis differentiaalligningerne for de tre tilstandsvariable, (2.5), (2.6) og (2.7), performancefunktionen samt omskrivningen fra (3.6) indsættes i ligning (3.5) og maksimeres, fås

$$\max_{a,b} \left(\frac{dJ}{dt} \right) = \left(\frac{\partial J}{\partial t} + \frac{\partial J}{\partial F} r_F + \frac{\partial J}{\partial I} r_I + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 J}{\partial I^2} \sigma_I^2 I^2 + \frac{\partial J}{\partial Y} r_Y + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 J}{\partial Y^2} \sigma_Y^2 Y^2 \right)$$

3.2. BID-ASK JUSTERINGER

$$\begin{aligned}
& + \frac{\partial^2 J}{\partial I \partial Y} \sigma_{IY} IY \Big) dt \\
& + \max_{a,b} \{ \lambda_a (J(t+dt, F + (p+a) dq_a, I - p dq_a, Y) - J(t, F, I, Y)) \\
& + \lambda_b (J(t+dt, F - (p-b) dq_b, I + p dq_b, Y) - J(t, F, I, Y)) \} = 0
\end{aligned} \tag{3.7}$$

hvor $\sigma_{IY} = \sigma_I \sigma_Y$ og henholdsvis gradienten og Hessematricen for dette problem specifikt er

$$\nabla_{\mathbf{X}} J = \begin{bmatrix} \frac{\partial J}{\partial F} \\ \frac{\partial J}{\partial I} \\ \frac{\partial J}{\partial Y} \end{bmatrix} \quad \text{og} \quad \mathbf{M}_{\mathbf{X}} J = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial^2 J}{\partial I^2} & \frac{\partial^2 J}{\partial I \partial Y} \\ 0 & \frac{\partial^2 J}{\partial I \partial Y} & \frac{\partial^2 J}{\partial Y^2} \end{bmatrix} \tag{3.8}$$

Disse anvendes netop som input på samme måde som i udledningen af ligning (3.5) vist i bilag A.1, hvormed ligning (3.7) opnås. Anvendelsen af gradienten og Hessematricen vises detaljeret i bilag A.1. I den første del af ligning (3.7), der er udledt ved hjælp af Itô's Lemma, betragter vi allerede optimum. Denne del afhænger ikke af bid-ask justeringerne. Det gør de sidste to linjer af udtrykket til gengæld. Vi ønsker nu blot at omskrive maksimeringen af denne del, der også anvender (2.5), (2.6) og (2.7). Udtrykket er væsentligt for dealeren og problemet, eftersom det repræsenterer de maksimerede tilvækster for J , der er en følge af transaktionerne med værdien pQ , som sker med sandsynlighed $\lambda_a dt$ i tilfælde af dealersalg og $\lambda_b dt$ i tilfælde af dealerkøb. I udtrykket ses også dealerens markup, der med samme sandsynlighed tilføjes til kontantbeholdningen, det vil sige aQ eller bQ . Hvor stor værdi markuppen indbringer, afhænger tydeligt af størrelsen på henholdsvis a og b samt transaktionsstørrelsen Q . Denne afhængighed gør, at der tages højde for dealerens beslutninger og effekten af dem. Effekten ses i form af processerne dq_a og dq_b , som netop også inkluderes i udtrykket.

Omskrivning af Bellmans ligning

I Bellmans ligning indgår tiden ikke i sig selv, og derfor kan ligningen (3.7) opstilles uden indikationen af tid. Dette skyldes, at problemet er stationært. Det betyder ikke, at processen ikke ændrer sig over tid, men blot at måden den ændrer sig på i sig selv ikke ændrer sig over tid. Som en konsekvens af dette, ændrer parametre som middelværdi, varians og kovarians sig ikke over tid.

Vi kan nu omskrive sidste del af ligningen:

$$\begin{aligned}
& \max_{a,b} \{ \lambda_a (J(F + p dq_a + a dq_a, I - p dq_a, Y) - J(F, I, Y)) \\
& + \lambda_b (J(F - p dq_b + b dq_b, I + p dq_b, Y) - J(F, I, Y)) \}
\end{aligned} \tag{3.9}$$

hvor $dq_a = Q$ med sandsynlighed $\lambda_a dt$ ved dealersalg, det vil sige effekten af dealersalg. Tilsvarende effekt ses for dealerkøb, hvor $dq_b = Q$ med sandsynlighed $\lambda_b dt$. Da kan Q indsættes i stedet for dq_a og dq_b , så

$$\begin{aligned} & \max_{a,b} \{ \lambda_a (J(F + pQ + aQ, I - pQ, Y) - J(F, I, Y)) \\ & + \lambda_b (J(F - pQ + bQ, I + pQ, Y) - J(F, I, Y)) \} \end{aligned} \quad (3.10)$$

Forskellen i nytten fra før til efter et salg eller køb skal være størst muligt givet a og b . Således tager vi nu højde for, at dealerens beslutninger påvirker dealerens nytte direkte. Vi anvender i (3.7), at J_t er den partielle afledte af J med hensyn til tid:

$$\frac{\partial J}{\partial t} = J_t \quad (3.11)$$

og L defineres som operatoren, der tager differentialet med hensyn til tid af gennemsnitsafkastene og Wiener-risikokomponenterne for funktionen J ved at anvende Itô's Lemma:

$$\begin{aligned} LJ &= \frac{\partial J}{\partial F} rF + \frac{\partial J}{\partial I} r_I I + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 J}{\partial I^2} \sigma_I^2 I^2 + \frac{\partial J}{\partial Y} r_Y Y + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 J}{\partial Y^2} \sigma_Y^2 Y^2 + \frac{\partial^2 J}{\partial I \partial Y} \sigma_{IY} IY \\ &= J_F rF + J_I r_I I + \frac{1}{2} J_{II} \sigma_I^2 I^2 + J_Y r_Y Y + \frac{1}{2} J_{YY} \sigma_Y^2 Y^2 + J_{IY} \sigma_{IY} IY \end{aligned} \quad (3.12)$$

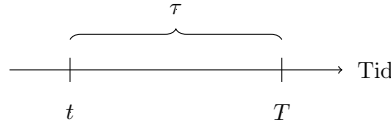
hvor σ_I^2 og σ_Y^2 er de øjeblikkelige varianser og σ_{IY} er kovariansen. Indekseringerne vi ser i (3.12) indikerer variablene for hvilke en partiel afledning er lavet med hensyn til. Det vil sige, at når den partielle differentialigning beskrevet ved Bellmans ligning (3.2) omskrives, fås

$$\begin{aligned} & \max_{a,b} \left(\frac{dJ}{dt} \right) = J_t + LJ \\ & + \max_{a,b} \{ \lambda_a [J(F + pQ + aQ, I - pQ, Y) - J(F, I, Y)] \\ & + \lambda_b [J(F - pQ + bQ, I + pQ, Y) - J(F, I, Y)] \} = 0 \end{aligned} \quad (3.13)$$

Som tidligere nævnt, ses det fra (2.5), (2.6) og (2.7), at gennemsnitsafkastet og Wiener-risikoen ikke afhænger direkte af a og b , og derfor indebærer LJ ikke en maksimering over disse. Da repræsenterer $J_t + LJ$ blot den totale tidsafledte for nytten, når der ikke er nogen transaktioner. Markupperne a og b påvirker Y og I indirekte, hvormed dealerens endelige afkast og risiko påvirkes som i (3.13).

3.2.2 Den eksplícitte løsning

Det er praktisk at kunne tilpasse problemet med hensyn til den resterende tid til horisonttidspunktet T . Derfor lader vi τ betegne tiden $T - t$, som vist i figur 3.1.



Figur 3.1: Tidstransformationen τ introduceres og betegner tiden, der er tilbage indtil horisonttidspunktet T . Det vil sige, at $T - t = \tau$, som vist i tidslinjen.

Transformationen af tidsvariablen medfører, at

$$J_t = -J_\tau \quad (3.14)$$

hvor J_t er den partielle afledte af J med hensyn til tid, og J_τ er den partielle afledte af J med hensyn til den resterende tid. Det betyder, at performancefunktionen nu kan fortolkes som nyttefunktionen, der afhænger af den resterende tid til tidshorisonten, τ , i stedet for tiden der er gået, t , hvorfor fortegnet desuden skifter og dermed bliver negativt.

Den sande pris p er arbitrær, og derfor lader vi med fordel $p = 1$. Dette gør modellen simplere at håndtere og udlede. Ved anvendelse af tidstransformationen i ligning (3.14) og værdien af den sande pris $p = 1$, bliver det simplere at løse problemet eksplícit for performancefunktionen J . Det betyder samtidig, at det generelle problem ikke løses, men at den tilpassede udgave, der er brugbar for de ønskede undersøgelser, denne model er lavet med henblik på, gør.

Vi husker, at når $\tau = 0$ svarer det til, at vi befinder os til tid T , det vil sige hvor $t = T$. Så vil det som i (3.3) gælde, at

$$J(0, F, I, Y) = U(W) \quad (3.15)$$

Til $\tau = 0$ er nytten dermed nytten af formuen til denne tid. Efter introduktionen af transformationen af tidsvariablen, betragtes de sidste to linjer af ligning (3.13) igen.

Vi kan nu tage førsteordensapproximationen af Taylorpolynomierne for J . Her anvendes det, at aQ og bQ er små relativt til Q , samt at det for Taylorpolynomiet for en funktion med tre variable gælder,

at

$$f(x + \Delta x, y + \Delta y, z + \Delta z) \approx f(x, y, z) + f_x(x, y, z)\Delta x + f_y(x, y, z)\Delta y + f_z(x, y, z)\Delta z \quad (3.16)$$

hvor Δx , Δy og Δz ligeledes er små. Ved hjælp af ovenstående fremgangsmåde, er approksimationen af J :

$$\begin{aligned} J(F + Q + aQ, I - Q, Y) &= J(F + Q, I - Q, Y) + J_F(F + Q, I - Q, Y)aQ \\ J(F - Q + bQ, I + Q, Y) &= J(F - Q, I + Q, Y) + J_F(F - Q, I + Q, Y)bQ \end{aligned} \quad (3.17)$$

Det ses tydeligt, at valget af p gør udtrykket lettere at håndtere, da p ikke længere fremgår direkte af ligningen. Vi ser desuden, at approksimationen ikke er med hensyn til effekten af en transaktion, men at den udelukkende er med hensyn til markuppen, der går ind på kontantbeholdningen ved en transaktion. I forlængelse af dette defineres nu to operatore, salgsooperatoren S og købsoperatoren B . Disse er ligeledes med til at simplificere vores udtryk og beskriver henholdsvis dealerens nytte efter et dealersalg og et dealerkøb, før markuppen inkluderes. SJ er dermed den nye position efter et salg, og BJ er den nye position efter et køb:

$$\begin{aligned} SJ &= S[J(F, I, Y)] = J(F + Q, I - Q, Y) \\ BJ &= B[J(F, I, Y)] = J(F - Q, I + Q, Y) \end{aligned} \quad (3.18)$$

Disse kan anvendes i (3.17), så omskrivningen giver, at

$$\begin{aligned} J(F + Q, I - Q, Y) + J_F(F + Q, I - Q, Y)aQ &= SJ + SJ_FaQ \\ J(F - Q, I + Q, Y) + J_F(F - Q, I + Q, Y)bQ &= BJ + BJ_FbQ \end{aligned} \quad (3.19)$$

Hvis tidstransformationen i (3.14), Taylorapproksimationerne med tilhørende operatore i (3.19) og de symmetriske lineære efterspørgselsforhold i (2.2) substitueres ind i (3.13), fås

$$\begin{aligned} 0 &= J_t + LJ + \max_{a,b} \{ \lambda_a(J(F + Q, I - Q, Y) - J(F, I, Y)) \\ &\quad + \lambda_b(J(F - Q, I + Q, Y) - J(F, I, Y)) \} \\ \Leftrightarrow J_\tau &= LJ + \max_{a,b} \{ \lambda(a)(SJ + SJ_FaQ - J(F, I, Y)) \\ &\quad + \lambda(b)(BJ + BJ_FbQ - J(F, I, Y)) \} \end{aligned} \quad (3.20)$$

3.2. BID-ASK JUSTERINGER

Efter ovenstående substituering og omrokering, kan udtrykket nu samles, så vi ser et udtryk for den forventede nettofortjeneste i nytte for henholdsvis en købs- og salgstransaktion. Denne er forskellen mellem den forventede bruttofortjeneste og det forventede tab i nytte. For at få et simplere udtryk, skrives performancefunktionen som $J(F, I, Y) = J$, så

$$\begin{aligned} J_\tau = LJ + \max_{a,b} \{ & [\lambda(a)aQSJ_F - \lambda(a)(J - SJ)] \\ & + [\lambda(b)bQBJ_F - \lambda(b)(J - BJ)] \} \end{aligned} \quad (3.21)$$

Ligning (3.21) viser, at ændringen i performancefunktionen med hensyn til tilbageværende tid afhænger af afkastet og risikoen for dealerens nuværende formue, LJ , og den maksimerede værdi af nettofortjenesten i dealerens nytte fra henholdsvis et dealersalg og -køb, beskrevet ved de to udtryk. Dealeren har ikke kontrol over hans nuværende nytte, men det har han til gengæld over nettofortjenesten, da han selv kan påvirke denne i form af markuppen. Dette maksimerede udtryk beskriver essensen af dealerens problem. Nettofortjenesten regnes som forskellen på den forventede bruttofortjeneste i nytte, $\lambda(a)aQSJ_F$ ved et dealersalg og $\lambda(b)bQBJ_F$ ved et dealerkøb, og det forventede tab i nytte, $\lambda(a)(J - SJ)$ ved et dealersalg og $\lambda(b)(J - BJ)$ ved et dealerkøb.

3.2.3 De optimale markup-størrelser

Det er muligt at bestemme de optimale markup-størrelser, a^* og b^* . Dette gøres ved at betragte netop den forventede bruttofortjeneste og det forventede tab i nytte. Hvis vi først tager udgangspunkt i tilfældet ved et køb, det vil sige hvor bruttofortjenesten er $\lambda(b)bQBJ_F$, kan vi bestemme størrelsen af b . $\lambda(b)bQ$ beskriver i sig selv den forventede indkomst fra købstransaktionerne, hvor BJ_F er den marginale nytte af den likvide beholdning efter en købstransaktion. Dermed konverterer BJ_F de forventede indkomster til mængder af nytte. Da Q og BJ_F er givet og med antagelse om, at $\lambda(b)$ er lineær, er den forventede bruttofortjeneste en kvadratisk funktion af b , som går gennem origo,

$$\begin{aligned} \lambda(b)bQBJ_F &= (\alpha - \beta b)bQBJ_F \\ &= \alpha bQBJ_F - \beta b^2QBJ_F \end{aligned} \quad (3.22)$$

For at bestemme maksimum, differentieres ovenstående udtryk for bruttofortjenesten med hensyn til dealerens markup ved et dealerkøb, b , og sættes lig nul, hvor α , β , Q og BJ_F er konstanter:

$$\begin{aligned} (\alpha bQBJ_F - \beta b^2QBJ_F)' &= \alpha QBJ_F - 2\beta bQBJ_F = 0 \\ \Leftrightarrow \alpha QBJ_F &= 2\beta bQBJ_F \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\Leftrightarrow \frac{\alpha \cancel{QBJ_F}}{2\beta \cancel{QBJ_F}} = b \\
 &\Leftrightarrow \frac{\alpha}{2\beta} = b
 \end{aligned} \tag{3.23}$$

Det kan endvidere vises, hvornår kurven og således bruttofortjenesten er nul ved hjælp af omskrivningen i (3.22). For at bestemme, hvornår kurven er nul, sættes udtrykket lig med nul og løses for b , så

$$\begin{aligned}
 &\alpha b QBJ_F - \beta b^2 QBJ_F = 0 \\
 &\Leftrightarrow \alpha b QBJ_F = \beta b^2 QBJ_F \\
 &\Leftrightarrow \frac{\alpha \cancel{bQBJ_F}}{\beta \cancel{bQBJ_F}} = \frac{b^2 \cancel{QBJ_F}}{\cancel{bQBJ_F}} \\
 &\Leftrightarrow \frac{\alpha}{\beta} = b
 \end{aligned} \tag{3.24}$$

Grundet antagelsen om symmetri i efterspørgselsbetingelserne og en midlertidig antagelse om, at $BJ_F = SJ_F$, er kurven identisk for dealersalstransaktionerne. Antagelsen om, at $BJ_F = SJ_F$ betyder, at den marginale nytte af den likvide beholdning efter et salg er den samme som den marginale nytte af den likvide beholdning efter et køb.

Hvis dealeren starter med en initial lagerbeholdning, fortrækker han en bestemt type transaktion frem for en anden. En positiv lagerbeholdning gør, at han helst vil undgå at købe yderligere aktier. Det medfører, at dealerens nytte ved et køb aftager med omkostningsfunktionen $\lambda(b)(J - BJ)$, der har en positiv værdi, eftersom $(J - BJ) > 0$. Den nye position efter et køb, BJ , når $I > 0$ vil nemlig altid være mindre end den tidligere, J . Da $\lambda(b)$ er lineær og aftagende, er omkostningsfunktionen også lineær og aftagende. Her vil en større værdi af b medføre en lavere sandsynlighed for, at et dealerkøb sker. Derfor bliver dealerens forventede omkostning for et køb også lavere. I optimum beskrives markuppen ved et dealerkøb som b^* , og denne er værdien, der maksimerer forskellen mellem bruttofortjeneste- og omkostningskurve. Først omskrives udtrykket for denne forskel, så

$$\begin{aligned}
 &\underbrace{\lambda(b)bQBJ_F}_{\text{forventede bruttofortjeneste i nytte ved køb}} - \underbrace{\lambda(b)(J - BJ)}_{\text{forventede tab i nytte ved køb}} = (\alpha - \beta b)bQBJ_F - (\alpha - \beta b)(J - BJ) \\
 &= \alpha bQBJ_F - \beta b^2QBJ_F - \alpha(J - BJ) + \beta b(J - BJ)
 \end{aligned} \tag{3.25}$$

Når maksimeringen laves, differentieres ovenstående udtryk med hensyn til markuppen for et dealerkøb, b , og sættes lig med nul, således at

3.2. BID-ASK JUSTERINGER

$$\begin{aligned}
& (\alpha b Q B J_F - \beta b^2 Q B J_F - \alpha(J - B J) + \beta b(J - B J))' \\
& = \alpha Q B J_F - 2\beta b Q B J_F + \beta(J - B J) = 0 \\
\Leftrightarrow & \quad \alpha Q B J_F + \beta(J - B J) = 2\beta b Q B J_F \\
\Leftrightarrow & \quad \frac{\alpha Q B J_F}{2\beta Q B J_F} + \frac{\beta(J - B J)}{2\beta Q B J_F} = \frac{2\beta b Q B J_F}{2\beta Q B J_F}
\end{aligned}$$

hvor b da ses at være isoleret, så markuppen for dealerkøb i optimum er

$$\Leftrightarrow \quad \frac{\alpha}{2\beta} + \frac{J - B J}{2 Q B J_F} = b^* \quad (3.26)$$

som er et vigtigt resultat.

Resultat 3.2.1. *Den optimale markup for et dealerkøb.*

$$b^* = \frac{\alpha}{2\beta} + \frac{J - B J}{2 Q B J_F} \quad (3.27)$$

Udtrykket for b i optimum kan således læses som værdien, der maksimerer de forventede profiler associeret med den stokastiske ankomst af salgsordrer plus et udtryk for en risikopræmie. Størrelsen på risikopræmien afhænger af dealerens holdning til risiko samt afkastniveauet og transaktionsusikkerheden for aktien. Alle disse egenskaber indgår i J og $B J$.

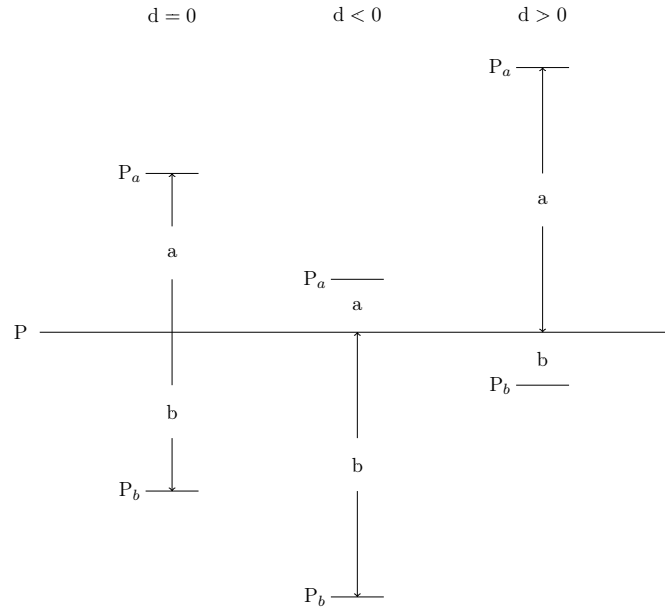
Når lagerbeholdningen er positiv, øges nytten ved et salg med $\lambda(a)(J - S J)$, der har en negativ værdi, da $(J - S J) < 0$. Den nye position efter salget, $S J$, når $I > 0$ vil nemlig altid være bedre end den gamle position, J . Det vil sige, at omkostningsfunktionen for en salgstransaktion er negativ og lineært voksende. En større værdi af a vil medføre en lavere sandsynlighed for, at et dealersalg sker. Da vil den forventede omkostning være mindre negativ og den forventede stigning i nytte være mindre. I optimum beskrives markuppen ved et dealersalg som a^* , og denne er værdien, der maksimerer forskellen mellem bruttofortjeneste- og omkostningskurve. Tilsvarende tilfældet med dealerkøb, løses værdien af a^* ved antagelsen om, at $B J_F = S J_F$. Dette er ligesom b^* et vigtigt resultat.

Resultat 3.2.2. *Den optimale markup for et dealersalg.*

$$a^* = \frac{\alpha}{2\beta} + \frac{J - S J}{2 Q S J_F} \quad (3.28)$$

Det vil sige, at både a^* og b^* er udtrykt ved marginale betingelser på nyttefunktionen.

Med antagelsen om, at dealeren har en positiv lagerbeholdning, og grundet ovenstående dynamikker, må det gælde, at $b^* > a^*$. Hvis dealeren ikke har en lagerbeholdning, er de to omkostningsfunktioner sammenfaldende og aftagende, hvor i dette tilfælde $a^* = b^*$. Omkostningsfunktionerne forskyder sig i hver sin retning, når lagerbeholdningen ændrer sig, hvormed a og b også ændrer sig i hver sin retning. Det vil sige, at både købs- og salgsprisen, p_b og p_a , falder givet en pris p i tilfælde af en voksende lagerbeholdning, hvorimod begge stiger i tilfælde af en aftagende lagerbeholdning. Dette giver intuitivt god mening, eftersom dealerens incitament til at sælge er større ved en stor lagerbeholdning og mindre ved en lille lagerbeholdning, hvor det omvendte er gældende for køb. Selve spreadet, $s = a + b$, er invariant med hensyn til ændringer i lagerbeholdningen. Hvordan spreadet og bid-ask priserne bevæger sig ud fra en given lagerbeholdning ses i figur 3.2.



Figur 3.2: Prisjustering af henholdsvis købspris, p_b , og salgspris, p_a , relativt til den sande pris, p , med konstant spread $s = a + b$. Priserne er justeret med $d = a - b$.

Når vi skal maksimere udtrykket for J_τ i ligning (3.21), indsætter vi udtrykkene for a^* og b^* fra (3.27) og (3.28), da maksimeringen på denne måde indbygges. Desuden anvender vi igen de lineære og symmetriske efterspørgselsforhold fra (2.2), så det endelige udtryk for det dynamiske programmeringsproblem kan bestemmes. Derfor omskrives den maksimerede nettofortjeneste, $\max_{a,b} \{[\lambda(a)aQSJ_F - \lambda(a)(J - SJ)] + [\lambda(b)bQBJ_F - \lambda(b)(J - BJ)]\}$, nu.

Omskrivning af $\max_b \{\lambda(b)bQBJ_F - \lambda(b)(J - BJ)\}$

Denne del af den maksimerede nettofortjeneste er for et dealerkøb. Derfor er det den optimale markup for dealerkøb, b^* , samt handelsintensiteten $\lambda(b)$, der substitueres ind.

$$\begin{aligned}
& \max_b \{\lambda(b)bQBJ_F - \lambda(b)(J - BJ)\} \\
&= \left(\alpha - \beta \left(\frac{\alpha}{2\beta} + \frac{J - BJ}{2QBJ_F} \right) \right) \left(\frac{\alpha}{2\beta} + \frac{J - BJ}{2QBJ_F} \right) QBJ_F - \left(\alpha - \beta \left(\frac{\alpha}{2\beta} + \frac{J - BJ}{2QBJ_F} \right) \right) (J - BJ) \\
&= \left(\alpha - \frac{\beta\alpha}{2\beta} - \frac{\beta(J - BJ)}{2QBJ_F} \right) \left(\frac{\alpha}{2\beta} + \frac{J - BJ}{2QBJ_F} \right) QBJ_F - \left(\alpha - \frac{\beta\alpha}{2\beta} - \frac{\beta(J - BJ)}{2QBJ_F} \right) (J - BJ) \\
&= \frac{\alpha^2 QBJ_F}{2\beta} + \frac{\alpha(J - BJ)QBJ_F}{2QBJ_F} - \frac{\beta\alpha^2 QBJ_F}{4\beta^2} - \frac{\beta\alpha(J - BJ)QBJ_F}{4\beta QBJ_F} - \frac{\beta\alpha(J - BJ)QBJ_F}{4\beta QBJ_F} \\
&\quad - \frac{\beta(J - BJ)^2 QBJ_F}{4Q^2 BJ_F^2} - \alpha(J - BJ) + \frac{\beta\alpha(J - BJ)}{2\beta} + \frac{\beta(J - BJ)^2}{2QBJ_F}
\end{aligned}$$

Sørger for, at alle led får samme nævner, så

$$\begin{aligned}
&= \frac{2\alpha^2 Q^2 BJ_F^2}{4\beta QBJ_F} + \frac{2\beta\alpha(J - BJ)QBJ_F}{4\beta QBJ_F} - \frac{\beta\alpha^2 Q^2 BJ_F^2}{4\beta^2 QBJ_F} - \frac{\beta\alpha(J - BJ)QBJ_F}{4\beta QBJ_F} - \frac{\beta\alpha(J - BJ)QBJ_F}{4\beta QBJ_F} \\
&\quad - \frac{\beta^2(J - BJ)^2 QBJ_F}{4\beta Q^2 BJ_F^2} - \frac{\beta\alpha(J - BJ)QBJ_F}{4\beta QBJ_F} + \frac{2\beta\alpha(J - BJ)QBJ_F}{4\beta QBJ_F} + \frac{2\beta^2(J - BJ)^2}{4\beta QBJ_F} \\
&= \frac{\alpha^2 Q^2 BJ_F^2}{4\beta QBJ_F} - \frac{2\beta\alpha(J - BJ)QBJ_F}{4\beta QBJ_F} + \frac{\beta^2(J - BJ)^2}{4\beta QBJ_F}
\end{aligned}$$

Samler ved hjælp af kvadratsætningen $(a - b)^2 = a^2 + b^2 - 2ab$, så

$$= \frac{(\alpha QBJ_F - \beta(J - BJ))^2}{4\beta QBJ_F} \quad (3.29)$$

Omskrivning af $\max_a \{\lambda(a)aQSSJ_F - \lambda(a)(J - SJ)\}$

Tilsvarende omskrivning laves for den maksimerede nettofortjeneste for et dealersalg. Derfor er det den optimale markup for dealersalg, a^* , samt handelsintensiteten $\lambda(a)$, der substitueres ind.

$$\begin{aligned}
\lambda(a)aQSSJ_F - \lambda(a)(J - SJ) &= \left(\alpha - \beta \left(\frac{\alpha}{2\beta} + \frac{J - SJ}{2QSSJ_F} \right) \right) \left(\frac{\alpha}{2\beta} + \frac{J - SJ}{2QSSJ_F} \right) QSSJ_F \\
&= \frac{(\alpha QSSJ_F - \beta(J - SJ))^2}{4\beta QSSJ_F} \quad (3.30)
\end{aligned}$$

Den samlede forventede nettofortjeneste

De maksimerede udtryk fra (3.29) og (3.30) substitueres nu ind i (3.21), så vi får et udtryk for J_τ givet ved

$$J_\tau = LJ + \frac{(\alpha SJ_F Q - \beta(J - SJ))^2}{4\beta SJ_F Q} + \frac{(\alpha BJ_F Q - \beta(J - BJ))^2}{4\beta BJ_F Q} \quad (3.31)$$

Det er nu muligt at løse ovenstående problem med hensyn til a og b ved (3.27) og (3.28) samt betingelsen givet i (3.15) om, at performancefunktionen skal være lig med nytten af den samlede formue til horisonttidspunktet, T .

Vi har nu stillet det dynamiske programmeringsproblem op og fundet løsningerne for a^* og b^* i resultat 3.2.1 og resultat 3.2.2. Vi ønsker nu at finde løsningen til J , så det er muligt at analysere de bestemmende faktorer for dealerens bid-ask strategi.

Kapitel 4

Løsningen og prisningsstrategien

Det ønskes nu at approksimere en løsning til performancefunktionen, J . Det er muligt at bestemme en løsning til J , der næsten er lig den eksakte ved at anvende Taylorpolynomier, som er en metode til at tilnærme en funktion med et approksimerende polynomium. Når løsningen til J er fundet, kan denne anvendes til at udlede dealerens optimale prisningsstrategi, der afspejles i det optimale valg af bid-ask spreadet og prisjusteringen.

4.1 Løsning ved Taylorpolynomier

Ved anvendelse af Taylorpolynomer fås en funktion af tiden indtil horisonttidspunktet, T . Det vil sige, at fixpunktet $\tau = 0$ anvendes. J afhænger af τ , så når $\tau = 0$ er det kun første led, $\phi^0(\tau, F, I, Y)$, der tages med. Hvis der derimod er tid tilbage indtil horisonttidspunktet, men tiden indtil er meget kort, det vil sige $\tau > 0$ men lille, tages andet led med, $\phi^1(\tau, F, I, Y)\tau$. Hvis $\tau > 0$ men større, tages nu tredje led med, $\phi^2(\tau, F, I, Y)\tau^2$. Sådan fortsætter det. Det vil sige, at Taylorudviklingen kan opskrives som løsningen til J som

$$J(\tau, F, I, Y) = \phi^0(\tau, F, I, Y) + \phi^1(\tau, F, I, Y)\tau + \phi^2(\tau, F, I, Y)\tau^2 + \dots \quad (4.1)$$

Udtryk af højere orden er som regel ikke store nok i den korte planlægningshorisont, som dealerne typisk har med at gøre. Derfor undersøges kun til og med $\phi^2(\tau, F, I, Y)\tau^2$. Ligning (4.1) holder for alle værdier af τ , og indekseringerne beskriver, hvilken grad af afledte af J med hensyn til τ , hver funktion er. Vi kan nu bestemme den approksimerende løsning til problemet ved at bestemme de tre funktioner ϕ^0 , ϕ^1 og ϕ^2 .

Udledning af $\phi^0(\tau, F, I, Y)$

For $\tau = 0$ tages leddet $\phi^0(\tau, F, I, Y)$ med fra Taylorpolynomiet, da de andre led forsvinder:

$$\begin{aligned} J(0, F, I, Y) &= \phi^0(0, F, I, Y) + \phi^1(0, F, I, Y) \cdot 0 + \phi^2(0, F, I, Y) \cdot 0^2 \\ &= \phi^0(0, F, I, Y) \end{aligned} \quad (4.2)$$

Denne værdi er givet i (3.15) som $U(W)$,

$$\phi^0(0, F, I, Y) = U(W) \quad (4.3)$$

da dealerens optimale performancefunktion til horisonttidspunktet returnerer nyttefunktionen.

Udledning af $\phi^1(\tau, F, I, Y)$

Ved meget kort tid tilbage, hvor $\tau > 0$, tages leddet $\phi^1(\tau, F, I, Y)\tau$ med fra Taylorpolynomiet, da kvadratet af en meget lille værdi er approksimativt 0, $\tau^2 \approx 0$:

$$\begin{aligned} J(\tau, F, I, Y) &\approx \phi^0(\tau, F, I, Y) + \phi^1(\tau, F, I, Y)\tau + \phi^2(\tau, F, I, Y) \cdot 0 \\ &= \phi^0(\tau, F, I, Y) + \phi^1(\tau, F, I, Y)\tau \end{aligned} \quad (4.4)$$

Performancefunktionen J_τ i (3.31) skal løses for $\tau > 0$. Denne kan løses ved at indsætte J , J_τ og J_F fra (4.4) i (3.31) og evaluere til tid $\tau = 0$, som er fixpunktet. Dette gøres lettest ved først at evaluere de tre for sig, hvormed

$$\begin{aligned} (J|\tau = 0) &= \phi^0(0, F, I, Y) = U \\ (J_F|\tau = 0) &= \frac{\partial \phi^0(0, F, I, Y)}{\partial F} = U' \quad \text{fra (3.17)} \\ (J_\tau|\tau = 0) &= \phi^1(0, F, I, Y) \\ &= L\phi^0 + \frac{(\alpha S J_F Q - \beta(J - S J))^2}{4\beta S J_F Q} + \frac{(\alpha B J_F Q - \beta(J - B J))^2}{4\beta B J_F Q} \end{aligned} \quad (4.5)$$

$U = SU = BU$ og $U' = SU' = BU'$, da der ikke er nogen risici til horisonttidspunktet, og nytten er derfor den samme uanset om den holdes kontant eller som aktie. Da ovenstående er gældende, er

$$\phi^1(0, F, I, Y) = LU + \frac{(\alpha U' Q - \beta(U - U))^2}{4\beta U' Q} + \frac{(\alpha U' Q - \beta(U - U))^2}{4\beta U' Q}$$

4.1. LØSNING VED TAYLORPOLYNOMIER

$$\begin{aligned}
&= LU + \frac{\alpha^2 U' \cancel{Q} \cancel{Q}}{4\beta U' \cancel{Q}} + \frac{\alpha^2 U' \cancel{Q} \cancel{Q}}{4\beta U' \cancel{Q}} \\
&= LU + 2U' \frac{\alpha^2 Q}{4\beta} \\
&= LU + 2U' \Pi
\end{aligned} \tag{4.6}$$

hvor $\Pi = \frac{\alpha^2 Q}{4\beta}$ og $U(W) = U$ for at holde notationen simpel. Vi husker, at L er operatoren, der tager differentialet med hensyn til tid ved at anvende Itô's Lemma som vist tidligere, hvormed

$$\begin{aligned}
&= U' r_F + U' r_I I + U' r_Y Y + U'' \frac{1}{2} \sigma_I^2 I^2 + U'' \frac{1}{2} \sigma_Y^2 Y^2 + U'' \sigma_{IY} IY + 2U' \Pi \\
&= U' (r_F + r_I I + r_Y Y) + U'' \left(\frac{1}{2} \sigma_I^2 I^2 + \frac{1}{2} \sigma_Y^2 Y^2 + \sigma_{IY} IY \right) + 2U' \Pi \\
&= U' \left(\frac{r_F}{W} + \frac{r_I I}{W} + \frac{r_Y Y}{W} \right) W + U'' \left(\frac{1}{2} \sigma_I^2 I^2 + \frac{1}{2} \sigma_Y^2 Y^2 + \sigma_{IY} IY \right) + 2U' \Pi \\
&= U' r_W W + U'' \left(\frac{1}{2} \sigma_I^2 I^2 + \frac{1}{2} \sigma_Y^2 Y^2 + \sigma_{IY} IY \right) + 2U' \Pi
\end{aligned} \tag{4.7}$$

U' beskriver den førsteafledte af U med hensyn til tiden τ . Denne er positiv, $U' > 0$, og beskriver nytten af gennemsnitsafkastet. U'' er den andenafledte af U med hensyn til tiden τ . Denne er negativ, $U'' < 0$, og beskriver tabet i nytten fra afkastvariansen. Det betyder, at $LU = L\phi^0$ repræsenterer det positive bidrag fra gennemsnitsafkastet til nytten, når der er kort tid tilbage, plus det negative bidrag fra afkastvariansen. Π repræsenterer den maksimale forventede profit fra enten dealersalg eller -køb, som vil være den samme grundet antagelsen om symmetrisk efterspørgsel.

Ho & Stoll laver en fejl i deres artikel, hvor de mangler at gange markupværdien på handelsintensiteten og transaktionsstørrelsen for at kunne beskrive dealerens maksimale forventede profit og ikke blot prisen per transaktion. For et dealersalg opstiller de dermed den maksimale forventede profit med $p = 1$ og $SJ_F = 1$ som

$$\lambda_a p Q S J_F = \lambda_a \cdot 1 \cdot Q \cdot 1 = \lambda_a Q = \alpha Q - \beta Q a \tag{4.8}$$

Dog kommer de frem til den korrekte konklusion, og det lader derfor til blot at være en skrivefejl. Men udtrykket for den forventede maksimale profit fra en transaktion med Q aktier kan vises ved hjælp af udtrykket for den lineære efterspørgsel efter dealersalg fra (2.2), der ganges med markuppen for dealersalg, a , og transaktionsstørrelsen, Q , ligesom i ligning (3.21). Den maksimale forventede profit per dealersalgstransaktion med størrelse Q bestemmes dermed som

$$\begin{aligned}
\lambda_a a Q S J_F &= (\alpha - \beta a) a Q S J_F \\
&= \alpha a Q S J_F - \beta a^2 Q S J_F
\end{aligned} \tag{4.9}$$

Vi kan nu substituere værdien af markuppen $a = \frac{\alpha}{2\beta}$ ind, som vi ved fra tidligere maksimerer den forventede profit. Da vi er i det risikoneutrale setup, er $SJ_F = 1$, så

$$\begin{aligned}
 &= \alpha \frac{\alpha}{2\beta} Q - \beta \left(\frac{\alpha}{2\beta} \right)^2 Q \\
 &= \frac{\alpha^2 Q}{2\beta} - \frac{\beta \alpha^2}{4\beta^2} Q \\
 &= \frac{\alpha Q}{2\beta} - \frac{\alpha^2 Q}{4\beta}
 \end{aligned} \tag{4.10}$$

Der ganges nu med $\frac{2}{2} = 1$ på første led, så udtrykket får fælles nævner:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2\alpha^2 Q}{4\beta} - \frac{\alpha^2 Q}{4\beta} \\
 &= \frac{\alpha^2 Q}{4\beta} = \Pi
 \end{aligned} \tag{4.11}$$

som netop er udtrykket for den maksimale forventede profit per dealersalgstransaktion. Samme tilfælde for dealerkøb gør sig gældende ved substituering af $b = \frac{\alpha}{2\beta}$, hvor $BJ_F = 1$, så

$$\lambda_b b Q B J_F = \alpha \frac{\alpha}{2\beta} Q - \beta \left(\frac{\alpha}{2\beta} \right)^2 Q = \frac{\alpha^2 Q}{4\beta} = \Pi \tag{4.12}$$

Det kan til sidst vises, at hvis vi substituerer markupværdien, der maksimerer den forventede profit, ind i den lineære efterspørgsel efter henholdsvis dealersalg og -køb, fås udtrykket for den optimale handelsintensitet til den pris, der maksimerer den forventede profit:

$$\begin{aligned}
 \lambda_a &= \alpha - \beta a = \alpha - \beta \frac{\alpha}{2\beta} \\
 &= \frac{2\beta\alpha}{2\beta} - \frac{\beta\alpha}{2\beta} \\
 &= \frac{\beta\alpha}{2\beta} \\
 &= \frac{\alpha}{2}
 \end{aligned} \tag{4.13}$$

som er netop halvdelen af den samlede efterspørgsel efter dealerkøb- og salg, α . Samme resultat ses for den optimale handelsintensitet for dealerkøb, hvor

$$\lambda_b = \alpha - \beta b = \alpha - \beta \frac{\alpha}{2\beta} = \frac{\alpha}{2} \tag{4.14}$$

Definitionen af Π betyder desuden, at $2U'\Pi$ er dealerens fortjeneste, der øger formuen i form af profit-

4.2. BID-ASK SPREAD OG PRISJUSTERING

terne, han forventer at tjene ved købs- og salgstransaktioner.

Udledning af $\phi^2(\tau, F, I, Y)$

For $\tau > 0$ tages sidste led fra ligning (4.1), $\phi^2(\tau, F, I, Y)\tau^2$ nu med fra Taylorpolynomiet:

$$J(\tau, F, I, Y) = \phi^0(\tau, F, I, Y) + \phi^1(\tau, F, I, Y)\tau + \phi^2(\tau, F, I, Y)\tau^2 \quad (4.15)$$

Nøjagtig samme tilgang anvendes for ϕ^2 som for ϕ^1 , hvor der igen evalueres til fixpunktet $\tau = 0$, så

$$\phi^2(0, F, I, Y) = \frac{1}{2}L^2U(W) + U'r\Pi + 2U''\Pi^2 + 2U''\Pi r_W W + \frac{1}{2}U''\frac{\alpha}{2}\sigma_I^2 Q^2 \quad (4.16)$$

Efter at have bestemt de tre funktioner $\phi^0(\tau, F, I, Y)$, $\phi^1(\tau, F, I, Y)$ og $\phi^2(\tau, F, I, Y)$, kan disse nu anvendes til at bestemme den approksimative løsning til performancefunktionen J .

4.2 Bid-ask spread og prisjustering

For at kunne bestemme dealerens prisningsstrategi, skal vi kende spreadet. Spreadet er konstant og lig summen af de to markupper, $s = a + b$, og er desuden proportionalt givet a , b og $p = 1$. Som tidligere beskrevet, kan dealeren påvirke købere og sælgere ved at justere markup-værdierne a og b , hvormed priserne justeres og spreadet forbliver konstant. Denne prisjustering kan beskrives ved justeringsvariablen $d = a - b$, så $d < 0$ hvis $b > a$, $d > 0$ hvis $a > b$ og $d = 0$ hvis $a = b$. Det betyder med andre ord, at $d < 0$ hvis midtpunktet af spreadet er lavere end den sande pris p , $d > 0$ hvis midtpunktet af spreadet er højere end p og $d = 0$ hvis midtpunktet af spreadet er p . Således holdes spreadet konstant trods prisjusteringerne. Netop denne dynamik ses afbildet i figur 3.2. Dealere påvirker spreadet i en bestemt retning ud fra hans præference. Han sætter justeringsvariablen, så $d < 0$ når hans præference er at sælge og $d > 0$ når hans præference er at købe. Med ovenstående dynamikker og variable, kan dealerens markup for henholdsvis køb og salg altid bestemmes som følger.

4.2.1 Markup-værdierne givet spread og prisjustering

Givet udtrykket for henholdsvis det konstante spread og prisjusteringen kan vi først isolere markuppen for et dealerkøb,

$$s = a + b \Leftrightarrow s - a = b$$

$$d = a - b \Leftrightarrow b = a - d$$

Dernæst sættes udtrykkene lig hinanden, da b er isoleret for begge udtryk, så a nu kan isoleres. Således opfyldes ovenstående betingelser om et konstant spread samt udtrykket for justeringsvariablen:

$$s - a = a - d \Leftrightarrow s + d = 2a \Leftrightarrow \frac{s + d}{2} = a$$

som er endnu et vigtigt resultat for markupværdien a .

Resultat 4.2.1. *Markupværdien ved et dealersalg givet prisjustering og konstant spread.*

$$a = \frac{s + d}{2} \quad (4.17)$$

Tilsvarende håndteres tilfældet, hvor løsningen for b bestemmes, så vi først isolerer markuppen for et dealersalg,

$$s = a + b \Leftrightarrow s - b = a$$

$$d = a - b \Leftrightarrow d + b = a$$

hvormed de to udtryk nu kan sættes lig med hinanden, så vi kan løse for b ,

$$s - b = d + b \Leftrightarrow s - d = 2b \Leftrightarrow \frac{s - d}{2} = b$$

som er endnu et vigtigt resultat for markupværdien b .

Resultat 4.2.2. *Markupværdien ved et dealerkøb givet prisjustering og konstant spread.*

$$b = \frac{s - d}{2} \quad (4.18)$$

Det er hermed blevet vist, at markupperne kan bestemmes givet det konstante spread og prisjusteringen. Ved hjælp af disse resultater, kan dealerens optimale bid-ask spread og optimale prisjustering nu bestemmes, hvor resultat 3.2.1 og 3.2.2 anvendes i resultat 4.2.1 og 4.2.2. At a og b kan bestemmes givet spread og prisjustering er meget brugbar i den empiriske analyse senere i afhandlingen. Hvis vi kender de optimale værdier af spread og prisjustering, kan vi ved hjælp af disse sørge for, at det er de optimale værdier af markupperne, der anvendes til at bestemme bid-ask priserne. På denne måde sikres det, at bid-ask priserne bestemmes til de optimale værdier samtidig med, at beregningen af dem bliver lettere at håndtere i praksis. Således tages der højde for den maksimale forventede profit, så dealeren kan opnå den maksimale forventede nytte af hans samlede formue givet valget af a og b .

4.2.2 Dealerens optimale bid-ask spread

Det er nu muligt at bestemme bid-ask spreadet ved hjælp af a^* og b^* fra resultat 3.2.1 og 3.2.2. Dette gøres ved at indsætte dem i udtrykket for spreadet, så

$$\begin{aligned} s &= a + b \\ &= \frac{\alpha}{2\beta} + \frac{J - SJ}{2QSJ_F} + \frac{\alpha}{2\beta} + \frac{J - BJ}{2QBJ_F} \end{aligned}$$

Samler udtrykket, så

$$\begin{aligned} &= 2\left(\frac{\alpha}{2\beta}\right) + \frac{J - SJ}{2QSJ_F} + \frac{J - BJ}{2QBJ_F} \\ &= \frac{\alpha}{\beta} + \frac{J - SJ}{2QSJ_F} + \frac{J - BJ}{2QBJ_F} \end{aligned} \tag{4.19}$$

Her er første led det spread, der maksimerer de forventede indtægter per aktie ved salgs- og købstransaktioner ud fra de lineære efterspørgsler. Dette er samtidig det risikoneutrale spread. De sidste to led er risikopræmien for henholdsvis en salgs- og købstransaktion. Der tages højde for begge risikopræmier, da vi ikke ved, om den næste transaktion vil være i form af et køb eller et salg.

Vi kan nu indsætte den tidligere udledte løsning til performancefunktionen J_τ fra (4.1) ved hjælp af (4.3), (4.7) og (4.16) i ligningen for spreadet fra (4.19). Således opnås udtrykket for spreadet, der beskriver den optimale værdi af spreadet ud fra, hvor lang tid der er tilbage for dealeren at handle i. Dermed afhænger spreadet ligeledes af τ :

Resultat 4.2.3. *Det optimale bid-ask spread.*

$$s = \frac{\alpha}{\beta} + \frac{1}{2}Z\frac{Q}{W}\sigma_I^2\tau + \frac{1}{2}\frac{Q}{W}\sigma_I^2\left[(r_I - r + G_I) + Z\left(r_W + \frac{2\Pi}{W}\right)\right]\tau^2 \tag{4.20}$$

Det vil sige, at bid-ask spreadet, dealeren sætter, ændrer sig ud fra den tilbageværende tid, τ . Ho & Stoll laver en fejl i deres artikel, hvor førsteordensrisikojusteringen trækkes fra det risikoneutrale spread. Risikojusteringen skal i stedet lægges til, eftersom en øget risiko medfører en øget spreadstørrelse, som det også ses i ligning (4.19).

Intuition for $\frac{\alpha}{\beta}$

Dette led kan kaldes det risikoneutrale spread. Når $\tau = 0$, er der ikke længere nogen risici, så her vil den risikoneutrale del af spreadet være det eneste relevante led. Vi betragter her hverken risikoen forbundet

med transaktionsankomster eller dealerens lagerhold. Når dealeren står til tid T , er han udelukkende interesseret i den markup, han kan få ved en transaktion.

Intuition for $\frac{1}{2}Z\left(\frac{Q}{W}\right)\sigma_I^2\tau$

Dealeren betragter også det andet led, førsteordensrisikojusteringen, når $\tau > 0$ men lille. Her introduceres nu flere komponenter, der viser sig relevante at dykke ned i. Samlet beskriver dette led overordnet set en halv risikopræmie.

Z : Dealerens relative holdning til risiko introduceres i form af $Z = -\frac{U''W}{U'}$. Den er relativ, da U' er den førsteafledte nytte og U'' den andenafledte nytte med hensyn til tilbageværende tid, τ , hvor W er dealerens samlede formue. Hvor stort det samlede led er afhænger af, hvordan dealeren forholder sig til risiko. En meget risikoavers dealer vil have en højere værdi af Z end en mindre risikoavers dealer.

$\frac{Q}{W}$: Dealerens relative transaktionsværdi. Vi valgte tidligere $p = 1$, da p er arbitrær. Transaktionsværdien bestemmes som prisen på en aktie ganget med mængden af aktien i transaktionen, $pQ = 1 \cdot Q$. Vi måler, hvor stor en værdi transaktionen har relativt til dealerens samlede formue, W . Således opnår vi et udtryk for den relative transaktionsværdi.

σ_I^2 : Den øjeblikkelige afkastvarians for lagerbeholdningen, som er en systematisk risiko, der ganges på den relative transaktionsværdi. Risikoen ved en investering øges, hvis værdien af aktieinvesteringen, pQ , overstiger dealerens totale formue, W , og dermed er større end den optimale aktieinvestering. Hvis $Q > W$ er $\frac{Q}{W} > 1$, hvormed den andel af aktieinvesteringen, der netop er større end den optimale investering, giver variansen yderligere betydning. Hvis $Q < W$, har σ_I^2 derimod mindre betydning og dermed mindre indflydelse, da $\frac{Q}{W} < 1$.

Når spreadet bestemmes, må vi tage højde for al risiko. Vi så tidligere, at vi også betragtede kovariansen σ_{IY} , der beskriver lagerbeholdningsrisikoen med hensyn til basisformuen som kovariansen mellem afkastet på basisformuen og afkastet på lagerbeholdningen. Men kovariansen fremgår ikke i førsteordensjusteringen, da denne risiko opvejes af det forventede overskudsafkast $r_I - r$, det vil sige forskellen mellem afkastet på lagerbeholdningen og rentetilskrivningen på kontantbeholdningen. Denne afkastforskel kan vi også fortolke som en risikopræmie, da vi bliver kompenseret for den ekstra risiko, dealeren tager ved at holde lager.

Hele udtrykket for førsteordensjusteringen forårsager et større spread end i tilfældet med $\tau = 0$, da alle variablene er positive. For eksempel må større transaktionsværdier alt andet lige give større spreads, da usikkerheden ved en transaktion af betydelig størrelse dermed også må være større. Desuden vil en

4.2. BID-ASK SPREAD OG PRISJUSTERING

dealer, der er mere risikosøgende acceptere en større risiko, hvormed bestemmelsen af spreadet også må tage højde for risikoen kombineret med dealerens holdning til risiko i form af størrelsen på spreadet.

Intuition for $\frac{1}{2} \frac{Q}{W} \sigma_I^2 [(r_I - r + G_I) + Z (r_W + \frac{2\Pi}{W})] \tau^2$

Dealeren betragter nu det tredje led, andenordensrisikojusteringen, når $\tau > 0$. Som horisonttidspunktet kommer længere væk, og vi dermed får længere tid til T , må der nu tages højde for yderligere risikofaktorer. Udover Z , $\frac{Q}{W}$, σ_I^2 og $r_I - r$, indgår også følgende.

G_I : Den øjeblikkelige vækst i afkastvariansen for værdien af lagerbeholdningen, $G_I = r_I + \frac{1}{2} \sigma_I^2$, afhænger af afkastet for lagerbeholdningen plus variansen $\frac{1}{2} \sigma_I^2$, der afspejler afkastusikkerheden for værdien af lagerbeholdningen.

r_W : Dealerens samlede afkast på sin samlede formue, der består af F , I og Y . Her introduceres værdien af lagerbeholdningen indirekte som en andel af dealerens samlede formue, $r_W = r \frac{F}{W} + r_I \frac{I}{W} + r_Y \frac{Y}{W}$. Det samlede afkast afhænger af dealerens holdning til risiko. En risikoavers dealer undgår højrisikoaktier og vil derfor kunne opnå lavere afkast end en risikoneutral eller risikosøgende dealer. Til gengæld vil risikoen for et stort tab også være mindre.

$\frac{2\Pi}{W}$: Dealerens forventede profitter, der opskrives som andelen af dealerens samlede formue, hvor $\Pi = \frac{\alpha^2 Q}{4\beta}$. Udtrykket kan også fortolkes som det afkast, der har den primære effekt på variansen σ_I^2 . Når dealeren får høje profitter, vil han således også kunne tabe mere senere. Dette forårsager derfor et større spread, da spreadet må tage højde for den højere risiko. Hvor meget spreadet påvirkes af dealerens forventede profitter afhænger også af Z , hvor størrelsen på profitten ligesom afkastet også vil blive påvirket af dealerens holdning til risiko.

Introduktionen af det nye risikoudtryk $\sigma_I^2 [(r_I - r + G_I) + Z (r_W + \frac{2\Pi}{W})]$ betyder, at spreadet bliver større, da alle variable er positive.

Der indgår intet udtryk for transaktionsusikkerheden i ligningen for spreadet i (4.20), da det i sig selv ikke er negativt at have enten flere eller færre transaktioner, og vi ikke har antaget en minimumsomkostning ved gennemførsel af transaktioner. Dog øger transaktionsusikkerheden selve afkastusikkerheden gennem usikkerheden i ikke at vide, hvor ubalanceret en lagerposition, dealeren må holde. Usikkerheden gør, at det er sværere for dealeren at vide, hvornår han skal ændre bid-ask priserne.

Lagerbeholdningen og transaktionsprocesserne

I ligningen for spreadet i (4.20) optræder hverken værdien af lagerbeholdningen eller transaktionsprocesserne direkte. Vi tager kun indirekte højde for dem gennem dealerens justeringer af købs- og salgspriserne hver gang, der sker en ændring i lagerbeholdningen. Derfor vil de forventede ændringer i lagerbeholdningen heller ikke påvirke spreadet direkte. Idet dealeren sætter sine købs- og salgspriser, tager han også højde for, at han vil være indifferent mellem, hvorvidt næste handel er et køb eller et salg. På den måde vil det ikke betyde noget for dealeren, hvad sandsynligheden for det næste køb eller salg er. Forskellige sandsynligheder for henholdsvis køb og salg vil skyldes asymmetriske efterspørgsler, som vil blive uddybet senere i afhandlingen.

Prisdynamikken afledt af spreadet

Bid-ask spreadet afspejler den præmie, begge parter er villige til at betale for likviditet. Ask-prisen er den højeste pris, en køber er villig til at betale, og bid-prisen er den laveste pris, en sælger er villig til at acceptere. Det vil sige, at bid-ask spreadet i praksis også afspejler markedslikviditeten. En likvid aktie er lettere at omsætte, og derfor har den et mindre spread relativt til en mindre likvid aktie. Der er dermed forbundet en lavere risiko med at holde en likvid aktie. Spreadet afspejler således både markedslikviditeten, samt hvor hurtigt en pris kan ændre sig på baggrund af dealerens vurdering af de risici, han bærer, ved at tilbyde den instantane handelsmulighed.

Spreadet bliver mindre, når den tilbageværende tid, τ , bliver mindre. Der er generelt lavere risiko forbundet med købs- og salgstransaktionerne, når der er kort tid til udløb. Til gengæld afhænger størrelsen på risikoen og dermed spreadets størrelse også af den relative transaktionsværdi, som det kan ses i intuitionen for spreadet i ligning (4.20). Når spreadet bliver mindre, bliver dealerens salgspris lavere og hans købspris højere, hvormed han indirekte opfordrer til dealersalg. Dynamikken kan ses, hvor vi indsætter resultat 4.2.1 og resultat 4.2.2 i ligning (2.1):

$$\begin{aligned} p_a &= p + \frac{s+d}{2} \downarrow, \text{ når } s \downarrow \\ p_b &= p - \frac{s-d}{2} \uparrow, \text{ når } s \downarrow \end{aligned} \quad (4.21)$$

Spreadet bliver derimod større, når den tilbageværende tid, τ , bliver større. Der vil her være forbundet større risici ved at tilbyde dealerservicen, da der er længere tid til, at dealerens portefølje potentielt kan ændre sig i en negativ retning. Ligesom før påvirkes spreadet af størrelsen på den relative transaktionsværdi. Når spreadet bliver større, bliver dealerens salgspris højere og hans købspris lavere, hvormed

4.2. BID-ASK SPREAD OG PRISJUSTERING

han indirekte opfordrer til dealerkøb.

$$\begin{aligned} p_a &= p + \frac{s+d}{2} \uparrow, \text{ når } s \uparrow \\ p_b &= p - \frac{s-d}{2} \downarrow, \text{ når } s \uparrow \end{aligned} \quad (4.22)$$

Udover at undersøge dealerens optimale spread, er det også relevant at undersøge dealerens optimale prisjustering og dens dynamikker, eftersom den også har en væsentlig betydning for prisningsstrategien.

4.2.3 Dealerens optimale prisjustering

Prisjusteringen er forskellen mellem de to markupper, så spreadet holdes konstant. Vi kan således substituere a^* og b^* ind i udtrykket for prisjusteringen, så

$$\begin{aligned} d &= a - b \\ &= \frac{\alpha}{2\beta} + \frac{J - SJ}{2QSJ_F} - \left(\frac{\alpha}{2\beta} + \frac{J - BJ}{2QBJ_F} \right) \\ &= \frac{1}{2} \frac{\alpha}{\beta} + \frac{1}{2} \frac{J - SJ}{QSJ_F} - \frac{1}{2} \frac{\alpha}{\beta} - \frac{1}{2} \frac{J - BJ}{QBJ_F} \\ &= \frac{1}{2} \frac{J - SJ}{QSJ_F} - \frac{1}{2} \frac{J - BJ}{QBJ_F} \end{aligned} \quad (4.23)$$

Prisjusteringen ses at bestå af en halv risikopræmie for henholdsvis en salgs- og en købstransaktion. Der tages igen højde for begge risikopræmier, da vi ikke kan vide, om den næste transaktion vil være i form af et køb eller et salg.

Tilgangen for bestemmelse af prisjusteringen er den samme som for spreadet, hvor løsningen til J_τ kan indsættes i (4.23). Udtrykket for prisjusteringen, der beskriver den optimale pris ud fra, hvor lang tid der er tilbage for dealeren at handle i, kan således bestemmes. Udtrykket for prisjusteringen afhænger dermed ligeledes af τ :

Resultat 4.2.4. *Den optimale prisjustering for symmetrisk efterspørgsel.*

$$d = -Z \frac{I}{W} \sigma_I^2 \tau - Z \frac{I}{W} \sigma_I^2 \left[r_I - r + G_I + Z \left(r_w + \frac{2\Pi}{W} \right) \right] \tau^2 \quad (4.24)$$

Intuitionen for delene forklaret for spreadet gør sig som udgangspunkt også gældende for prisjusteringen. Dog indgår den relative transaktionsværdi ikke direkte, men det gør den relative lagerværdi til gengæld. Når prisjusteringen bestemmes, tager vi dermed direkte højde for lagerværdien, hvorimod

spreadet afhænger direkte af den relative transaktionsværdi. Hvis man skal sammenligne leddene i spreadet med dem i prisjusteringen, er udtrykkene ens, hvis $\frac{1}{2} \frac{Q}{W}$ erstattes af $2 \frac{I}{W}$. Det giver god mening, at prisjusteringen afhænger direkte af den relative lagerværdi, da priserne justeres ud fra den optimale lagerbeholdning og dermed sker på baggrund af udsving i lagerbeholdningen, som skyldes de tilfældige transaktionsankomster.

Prisdynamikken afledt af prisjusteringen

Prisjusteringen er negativ, når lagerværdien er positiv, hvormed dealeren sætter både købs- og salgsprisen lavere, så han påvirker de handlende til at købe i stedet for at sælge, hvormed han opfordrer til dealersalg. Dynamikken kan ses, hvor vi indsætter resultat 4.2.1 og resultat 4.2.2 i ligning (2.1):

$$\begin{aligned} p_a &= p + \frac{s+d}{2} \downarrow, \text{ når } d \downarrow \\ p_b &= p - \frac{s-d}{2} \downarrow, \text{ når } d \downarrow \end{aligned} \quad (4.25)$$

Når lagerværdien er positiv, ønsker dealeren netop at sælge i stedet for at opnå en endnu højere lagerværdi, da han ikke kan holde uendeligt meget lager, og han ønsker desuden en optimal lagerbeholdning.

Prisjusteringen er derimod positiv, når lagerværdien er negativ, hvormed dealeren sætter købs- og salgsprisen højere, så han påvirker de handlende til at sælge i stedet for at købe, hvormed han opfordrer til dealerkøb:

$$\begin{aligned} p_a &= p + \frac{s+d}{2} \uparrow, \text{ når } d \uparrow \\ p_b &= p - \frac{s-d}{2} \uparrow, \text{ når } d \uparrow \end{aligned} \quad (4.26)$$

Når lagerværdien er negativ, ønsker han derfor at købe for at øge denne værdi. Hvornår en lagerværdi er stor eller lille nok til at øge eller sænke prisjusteringen, d , afhænger af dealerens optimale lagerværdi.

Når lageret ændrer sig, tager man udgangspunkt i den nye lagerværdi, når p_a og p_b bestemmes. På den måde bevæger priserne sig hele tiden ud fra, om dealeren har lavet et salg eller køb. Prisjusteringens størrelse og retning påvirkes af ændringen i lagerbeholdningen og afhænger ligesom spreadets størrelse af varians, dealerens holdning til risiko og fremtidige ændringer i dealerens formue, der kommer fra andenordensudtrykket fra Taylorpolynomiet.

4.3 Asymmetrisk efterspørgsel

I denne afhandling har vi indtil videre betragtet symmetrisk efterspørgsel. Men hvis dealerens sande pris, p , afviger fra den generelle mening om den sande pris, p^* , bliver efterspørgslen asymmetrisk. Dealeren sætter sit spread ud fra sin egen opfattelse af den sande pris. Det kan derfor ske, at den generelle mening om den sande pris udover at være enten højere eller lavere end dealerens sande pris, $p^* > p$ eller $p^* < p$, også kan være væsentligt over eller under dealerens bid-ask priser, det vil sige $p^* > p_a$ eller $p^* < p_b$.

Med asymmetrisk efterspørgsel har vi forskellige værdier for α og β , da de nu skal afspejle tilfældet for henholdsvis et dealerkøb og -salg. Derfor ændres efterspørgselskurverne i (2.2) nu til

$$\begin{aligned}\lambda_a &= \alpha_a - \beta_a a \\ \lambda_b &= \alpha_b - \beta_b b\end{aligned}\tag{4.27}$$

Desuden ændrer de nu opdelte værdier af henholdsvis α og β også udtrykket i spreadets første led, det risikoneutrale spread, $\frac{\alpha}{\beta} = \frac{\alpha_a}{2\beta_a} + \frac{\alpha_b}{2\beta_b}$. På samme måde ændres $2\Pi = \frac{\alpha_a^2}{4\beta_a} + \frac{\alpha_b^2}{4\beta_b}$, så vi også ser en effekt i risikopræmien, når $\alpha_a \neq \alpha_b$ og $\beta_a \neq \beta_b$. Værdierne kan initialt være ens, hvor efterspørgslen er symmetrisk, men kan ændre sig løbende, så efterspørgslen senere er asymmetrisk. Så når antallet af købere og sælgere, α_a og α_b , ændrer sig, ændres β_a og β_b så de forventede profitter og det risikoneutrale spread holdes konstant. På den måde undgår vi de yderligere effekter i udtrykket for risikopræmien, selvom antallet af henholdsvis sælgere og købere har ændret sig, så der er flere af den ene slags handlende til prisen p , der er dealerens sande pris. Vi ser ingen nye effekter, da dealeren ved, at han kan lave en prisjustering i fremtiden, der gør, at han kan være ligeglad med den asymmetriske efterspørgsel givet denne prisjustering.

Vi undersøger nu prisjusteringen, der gør dealeren indifferent mellem, hvorvidt næste transaktion er i form af et køb eller et salg givet asymmetrisk efterspørgsel, d^{as} . Dette indebærer en ændring i udtrykket for prisjusteringen d i resultat 4.2.4, hvor værdierne for α_a , α_b , β_a og β_b introduceres som udtrykket for den asymmetriske efterspørgsel. Udtrykket vil sørge for, at dealeren også justerer priserne med hensyn til forventede ubalancer i efterspørgslen, der kan påvirke dealerens fremtidige lagerbeholdning i en uønsket retning, hvormed risikoen samtidig vil stige. Justeringen sker i forbindelse med udledningen af d^{as} , hvor vi bruger samme metode som for d , men hvor vi anvender udtrykkene for de asymmetriske efterspørgselsforhold fra ligningerne i (4.27) i stedet for ligningerne i (2.2):

Resultat 4.3.1. *Den optimale prisjustering for asymmetrisk efterspørgsel.*

$$d^{as.} = \frac{\alpha_a}{2\beta_a} - \frac{\alpha_b}{2\beta_b} - \frac{1}{2}Z\frac{Q}{W}\sigma_I^2\frac{\alpha_a - \alpha_b}{2}\tau^2 + d \quad (4.28)$$

Her er udtrykket samlet, så prisjusteringen svarer til den for symmetrisk efterspørgsel, d , plus den nye del af prisjusteringen.

Intuition for $\frac{\alpha_a}{2\beta_a} - \frac{\alpha_b}{2\beta_b}$

Udtrykket beskriver den justering i prisen, der er nødvendig for at kunne maksimere de forventede profitter. Hvis dealerens sande pris er større end den generelle mening om den sande pris, $p > p^*$, kan prisjusteringen indikere, at lagerbeholdningen skal øges. Når $p > p^*$ er aktien et godt køb. Men hvis $p < p^*$, og aktien dermed ikke er et godt køb, kan udtrykket også indikere, at lagerbeholdningen skal sænkes.

Intuition for $\frac{1}{2}Z\frac{Q}{W}\sigma_I^2\frac{\alpha_a - \alpha_b}{2}\tau^2$

Den forventede ubalance øger dealerens risiko. Derfor laves en ændring i prisjusteringen ved hjælp af dette led, hvor vi tager højde for den asymmetriske efterspørgsel.

$\frac{\alpha_a - \alpha_b}{2}$: Den forventede ændring i lagerbeholdningen beskrives ved dette udtryk. Det vil sige, at den forventede ændring i kroner for lagerbeholdningen vil være $pQ\frac{\alpha_a - \alpha_b}{2}$.

$\frac{Q}{W}\sigma_I^2\frac{\alpha_a - \alpha_b}{2}$: Dette er den relative lagerbeholdningsrisiko, der også afhænger af den øjeblikkelige varians, og som dealeren justerer prisen med. Hvis $\alpha_a > \alpha_b$ øger dealeren $d^{as.}$ for at give de handlende incitament til at købe i stedet for at sælge, hvormed der opfordres til dealersalg. Hvis $\alpha_a < \alpha_b$ vil dealeren i stedet justere $d^{as.}$, så han opfordrer til dealerkøb.

Størrelsen på prisjusteringen, der tager højde for asymmetrisk efterspørgsel, påvirkes som for symmetrisk efterspørgsel både af dealerens holdning til risiko og den øjeblikkelige varians. Den kompenserer ligeledes dealeren for mangel på porteføljediversifikation og ændringer i porteføljerisikoen, der kommer fra tilføjelser eller reduktioner i lagerbeholdningen.

Hvis dealeren altid vælger hans sande pris til at være lig med den generelle mening om den sande pris, $p = p^*$, og den forventede efterspørgsel for dealersalg og dealerkøb er den samme, $\alpha_a = \alpha_b$, vil den asymmetriske efterspørgsel ikke opstå. Da vil problemet være, hvordan man skal bestemme den forventede efterspørgsel. Forventningen kunne bestemmes ud fra nylige transaktioner, hvormed $p = p^*$

vil baseres på udviklingen af disse transaktioner.

4.4 Beslutningen om at være dealer

Det er på baggrund af modellen muligt at undersøge, hvorvidt en dealer vil være villig til at handle en given aktie. Beslutningen om at være dealer baseres både på risikoen ved at handle den givne aktie samt, hvorvidt der vil være nok efterspørgsel efter aktien og dealerservicen. Dette har altså indflydelse fra α og β i modellen. Beslutningen om at være dealer kan undersøges ved at måle det spread, dealeren skal sætte for at dække hans risiko. En dealer vil ikke handle den givne aktie, hvis spreadet han skal sætte for at dække sin risiko er så stort, at der ikke er nogen investorer, der vil efterspørge dealerservicen.

Hvis der antages at være symmetrisk efterspørgsel, kræver dealeren et spread givet ved resultat 4.2.3. Hvis der ingen efterspørgsel er, vil det medføre en handelsintensitet på 0, hvormed dealeren ikke kan opnå en profit fra en handel. Størrelsen på spreadet, der giver en handelsintensitet for dealersalg på 0, findes ved at tage udgangspunkt i udledningen af handelsintensiteten i ligning (4.13), hvor det anvendes, at markuppen kan skrives som i resultat 4.2.1. Dealeren starter fra en position, hvor han ikke har en initial lagerbeholdning, som medfører en prisjustering på 0, $d = 0$. Da er

$$\lambda_a = \alpha - \beta \frac{s + d}{2}$$

hvor handelsintensiteten $\lambda_a = 0$, når der ingen efterspørgsel er. Prisjusteringen sættes til 0, $d = 0$. Spreadet kan nu isoleres:

$$\begin{aligned} 0 &= \alpha - \beta \frac{s + 0}{2} \\ \Leftrightarrow \beta \frac{s}{2} &= \alpha \\ \Leftrightarrow \frac{s}{2} &= \frac{\alpha}{\beta} \\ \Leftrightarrow s &= 2 \frac{\alpha}{\beta} \end{aligned} \tag{4.29}$$

Samme resultat vil gøre sig gældende for tilfældet med markuppen ved dealerkøb, og altså ved anvendelse af ligning (4.14) og resultat 4.2.2, da $b = \frac{s-0}{2} = \frac{s}{2} = a$. Betingelsen for, at en dealer vil handle aktien, er dermed

$$2 \frac{\alpha}{\beta} > \frac{\alpha}{\beta} + \frac{1}{2} Z \frac{Q}{W} \sigma_I^2 \tau + \frac{1}{2} \frac{Q}{W} \sigma_I^2 \left[(r_I - r + G_I) + Z \left(r_W + \frac{2\Pi}{W} \right) \right] \tau^2 \tag{4.30}$$

Betingelsen kræver, at der skal være en efterspørgsel efter dealerservicen og dermed en forventet profit,

hvis dealeren beslutter sig for at være dealer i markedet for den givne aktie. Betingelsen kan altid opfyldes for en tilpas lille transaktionsværdi, Q . Men hvis dealeren skal stå klar til at handle en minimum transaktionsmængde, er det ikke sikkert, at det kan betale sig for dealeren at handle aktien. Det ses desuden, at jo mere risikoavers, dealeren er ($Z \uparrow$), eller jo mindre en samlet formue, han har ($W \downarrow$), des mere sandsynligt er det, at betingelsen ikke opfyldes, og beslutningen derfor bliver ikke at være dealer.

4.5 Modellens anvendelse i virkeligheden

I løbet af de foregående kapitler er flere teoretiske resultater for dealerens adfærd under afkast- og transaktionsusikkerhed blevet gennemgået. Her blev de teoretiske dynamikker for spread og prisningsstrategi belyst. Dealeren kan vælge at forskyde priser op eller ned ved hjælp af spreadets størrelse og retning, hvor han kan kræve større eller mindre kompensation for at yde dealerservicen, givet de observerede usikkerheder i markedet samt hans risikoaversion. Hvorvidt modellens resultater kan anvendes til empiriske undersøgelser er derfor interessant. Derfor vil der først tages udgangspunkt i implementeringen af en post-krise regulering, der går under navnet The Volcker Rule. Denne har fået en del kritik og kan have bidraget med diverse utilsigtede konsekvenser for dealerne. Disse kritikpunkter vil således anvendes i et numerisk eksempel, hvorefter både modellens resultater og kritikken af reguleringen vil blive analyseret med virkelig data.

Kapitel 5

Regulering efter finanskrisen

Som en respons på finanskrisen blev op til flere reguleringsforslag gjort lovgivende for at sikre robustheden af det finansielle marked. Her var den mest indflydelsesrige regulering Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act, the Dodd-Frank Act, som havde til hensigt at regulere aktiviteterne i den finansielle sektor samt at beskytte forbrugerne. En af sektionerne i the Dodd-Frank Act er The Volcker Rule, som har til hensigt at begrænse omfanget af spekulative investeringer. I dette kapitel vil det blive undersøgt, om modellens resultater udledt i denne afhandling kan beskrive, hvad der skete med størrelsen på spreads og dealerens adfærd efter implementeringen af The Volcker Rule.

5.1 The Volcker Rule

Efter finanskrisen blev reguleringen The Volcker Rule fremlagt i forsøget på fremadrettet at begrænse bankernes handel med hedgefonde og kapitalfonde. På denne måde beskyttes bankkunderne ved at hindre spekulative investeringer, der bidrog til finanskrisen i 2008. The Volcker Rule er opkaldt efter den tidligere nationalbankdirektør, Paul Volcker, og er en sektion i the Dodd-Frank Act, der fastlægger regler for gennemførelsen af §13 i Bank Holdings Company Act fra 1956¹. Implementeringen af The Volcker Rule blev udskudt fra juli 2012 til 1. april 2014, hvor bankerne her fik et år til at forberede sig på den endelige implementering i 2015.

The Volcker Rule fastsætter, at bankerne ikke må købe og sælge finansielle instrumenter med hensigten at opnå profit via forskellen mellem købs- og salgsprisen. Dog undtog kongressen forbudet for market making, da market making i sig selv er indbegrebet af denne type handel, hvor formålet er at udbyde

¹“§13 Prohibitions on proprietary trading and certain relationships with hedge funds and private equity funds.” (BHC Act, 2010).

hurtige handler til investorerne. Reguleringen havde således de banktilknyttede dealere i fokus. Dealerne håndterer størstedelen af handlerne af stats-, kommune- og virksomhedsobligationer i form af over-the-counter (OTC) derivater, valuta, lånrelaterede værdipapirer samt mange aktier. Det er OTC virksomhedsobligationer, denne afhandling vil fokusere på.

For at være i stand til at vise, at modellen kan anvendes til at beskrive størrelserne på spreads for virksomhedsobligationer samt dealerens prisningsstrategi, der afledes af implementeringen af The Volcker Rule, tages der udgangspunkt i Darrell Duffies kritik af The Volcker Rule. Her påpeges diverse utilsigtede konsekvenser af omtalte regulering (Duffie, 2012).

5.1.1 Darrell Duffies kritik af The Volcker Rule

Artiklen udgivet af Darrel Duffie har til formål at pointere de utilsigtede konsekvenser af The Volcker Rule, der ifølge Duffie kan reducere kvaliteten og kapaciteten af de market making services, som bankerne udbyder til investorerne. En af konsekvenserne er, at ikke-banktilknyttede dealere vil udfylde det tomrum, der efterlades grundet færre banktilknyttede dealere som konsekvens af de skærpende regler for bankerne. På den måde vil den finansielle industri på et tidspunkt blive justeret via en signifikant migration af market making til udenfor den regulerede banksektor. Dette vil have uventede og potentielt vigtige negative konsekvenser for finansiell stabilitet (Duffie, 2012). Med andre ord er reguleringens formål at reducere market making risici, men vil således medføre, at der bliver færre udbydere af market making. Det vil dermed ikke kunne betale sig for disse dealere at udbyde servicen længere.

For at kunne udbyde likviditet til investorerne, afhænger dealerne også af muligheden for at kunne købe og sælge til andre dealere. Handlefriheden for dealerne vil i stedet blive begrænset, og bankerne vil ofte opleve, at investorernes efterspørgsel efter de hurtige handler pludselig vil være for risikofylde relativt til den forventede profit, de kan opnå. De banker, der fortsat udbyder større market making kapacitet, vil have en risiko for at blive straffet for signifikante og uforudsigelige variationer i risiko og profit afledt af ændringer i markedspriserne. Bankernes alternativ til at sløjfe udbuddet af market making er, at bankerne kan vælge at reducere størrelsen af kapital, der tildeles til market making og således fortsætte med at udbyde servicen, dog med en væsentlig risikobegrænsning. Derfor vil dealerne ikke være i stand til at udbyde en ligeså betydelig dealerservice, da de ikke må tage særlig meget risiko, som ellers hurtigt opstår i forbindelse med handler af betydelig størrelse. Grundet supplerende regler, der indebærer handelskompensation for dealerne, har dealerne endnu mindre incitament til at acceptere handler, der indeholder signifikante stigninger i risiko eller profit. Det betyder også, at hvis en investor ønsker at handle en stor mængde virksomhedsobligationer, vil dealeren indlede en forhandling med

5.2. KONSEKVENSERNE AF THE VOLCKER RULE I MODELLEN

investor. Forhandlingen vil sandsynligvis ende med enten en højere pris, en mindre handelsmængde eller ingen handel.

Ifølge Duffie virker den foreslåede implementering af The Volcker Rule til at have misforstået market making, da reguleringen ikke forbinder det med at lave risikofyldte handler, der kan medføre store tab eller fortjenester. Desuden sættes der heller ikke lighedstegn mellem market making og profitten fra markedsændringer. Men begge dele er indbegrebet af market making. Dealerne ønsker at købe billigt og sælge dyrt, hvor de accepterer en vis risiko i håbet om at opnå en forventet profit på baggrund af ukendte ændringer i markedet og dermed priserne. Ændringer i markedet kan være i form af uventede hændelser og generelt på baggrund af økonomiske nøgletal, politik og markedsbetingelser. En forhøjet risiko kan også forekomme, når dealeren står overfor en investor, der har mere viden end dealeren selv, da dealeren vil stå klar til at handle en vis mængde til en bestemt pris. Implementeringen af reguleringen vil desuden medføre, at markedspriserne vil blive mere volatile ved et efterspørgselschok, og at markedslikviditeten generelt vil blive forringet. Market making er således usikker, når risiciene er større relativt til institutionens kapital og likviditet, uanset om dealerservicen udbydes af banker eller andre finansielle institutioner. Derfor bør dealerne ifølge Duffie blot sikre, at de har nok kapital og likviditet til at dække de risici, de tager.

5.2 Konsekvenserne af The Volcker Rule i modellen

Duffies forudsagte konsekvenser af The Volcker Rule kan oversættes til ændringer i den teoretiske models parametre. Konsekvenserne kan samles til følgende punkter, der kan bruges som input i modellens resultater.

1. En reduktion i størrelsen på den kapital, der tildeles market making: Størrelsen på kollateralen, Y , falder.
2. Dealeren vil undgå unødigt risiko: Risikoaversionen, Z , stiger.
3. Dealeren har incitament til kun at absorbere moderate størrelser af efterspørgslen: Handelsintensiteten, λ , falder.
4. Dealeren vil indlede en forhandling med investor ved store transaktionsmængder: Q falder.
5. Markedslikviditeten vil falde: Med spreadet som likviditetsmål vil dette tilsvare større spreads.

Ovenstående punkter motiverer et numerisk eksempel, der anvender modellens resultater. Men for at kunne lave en realistisk teoretisk undersøgelse af modellen, vil handelsdata på amerikanske virksomhedsobligationer fra Trade Reporting and Compliance Engine (TRACE) blive anvendt i kombination

med data fra Fixed Income Securities Database (FISD), der supplerer TRACE data med information om virksomhedsobligationernes rating.

5.3 TRACE

TRACE har siden juli 2002 indsamlet handelsdata på stort set alle OTC handler for amerikanske virksomhedsobligationer og fungerer som en database med høj datakvalitet. TRACE er således blevet standardkilden til empiriske studier om amerikanske virksomhedsobligationer. Men data skal anvendes med stor forsigtighed, da der også er fejlrapporteringer heri. Hvis data ikke filtreres før brug, vil markedet fremstå mere likvidt, end det faktisk er (Dick-Nielsen, 2009).

Der kan opstå dubletter i forbindelse med registrering af en handel. Dubletterne kan for eksempel opstå, hvis begge dealere i forbindelse med en inter-dealer handel har rapporteret i TRACE systemet. Der kan desuden laves korrektionsrapporter, hvis den oprindelige rapport er en fejlrapportering. En fejlrapportering kan udløse op til tre rapporteringer på en enkelt handel. Korrektionsrapporten kan være en annullering, som påpeger en fejl i den oprindelige rapportering. I dette tilfælde vil begge rapporteringer blive slettet. Men hvis korrektionsrapporten blot er lavet med formålet at rette fejlrapporteringen, vil der også oprettes en ny og korrekt handelsrapport til sidst. I dette tilfælde vil de to første rapporteringer blive slettet og den sidste beholdt. De mange fejl- og korrektionsrapporter vil på den måde give et urealistisk billede af antallet af handelsrapporter og dermed markedslivviditeten, hvis de ikke håndteres. Hvis korrektionsrapporterne ikke laves samme dag, vil filtreringen kompliceres yderligere.

I februar 2012 blev datastrukturen i TRACE databasen ændret, hvilket gjorde det lettere at filtrere data. En af de store ændringer er, at TRACE data nu indeholder ubegrænsede transaktionsmængder og historiske købs- og salgssideinformationer, som bidrager til en forbedret datakvalitet (Dick-Nielsen, 2014). Særligt denne forbedring gør den empiriske analyse i denne afhandling lettere at gå til.

I artiklerne Dick-Nielsen (2009) og (2014) er filtreringen af TRACE data uddybet yderligere. Der henvises derfor til disse artikler for en mere dybdegående forklaring af filtreringen. Dick-Nielsen (2014) indeholder desuden en SAS-kode til filtreringen af TRACE data for henholdsvis perioden før og efter ændringen i datastrukturen, det vil sige for perioden 2002-2012 og perioden 2012 og frem. Selv samme filtreringsmetode er anvendt i denne afhandling. Den forbedrede datakvalitet medfører en forsinkelse i, hvornår data er til rådighed, og derfor anvendes TRACE data til og med juni 2017.

5.4 Numerisk eksempel

Duffies kritik af reguleringen The Volcker Rule giver anledning til at undersøge, hvordan modellen vil reagere på ændringer i de omtalte parametre, samt om modellen vil give de resultater, man ville forvente ved en given ændring i de respektive modelparametre. Modellen, der beskriver den optimale dealeradfærd, tager udgangspunkt i, at dealeren handler aktier. En del af eksemplets formål vil derfor også være at undersøge, hvorvidt modellen giver et realistisk billede af dealerens optimale adfærd i virksomhedsobligationsmarkedet.

5.4.1 Parameterværdierne

Først vælges værdierne for parametrene, der er eksogent givet i modellen og fungerer som input i modellens resultater. Da denne afhandling ønsker at undersøge virksomhedsobligationsmarkedet, anvendes informationer om virkelige virksomhedsobligationsindeks som parameterværdier. Alle værdierne vælges for 2014, da The Volcker Rule blev implementeret i april 2014. Desuden er værdierne fra obligationsindeksene annualiserede, hvormed den resterende tid indtil dealerens horisonttidspunkt, τ , også er givet i år. På den måde bliver eksemplet mere realistisk givet de virkelige niveauer fra obligationsindeksene. Der skelnes desuden mellem investment grade og speculative grade virksomhedsobligationer ved valget af værdierne for lagerbeholdningens parametre, da størrelserne på disse vil afhænge af, hvad dealeren handler. Opdelingen af obligationerne i de to primære grupper sker på baggrund af virksomhedernes kreditvurdering, hvor investment grade virksomhedsobligationer vurderes at have en meget lille sandsynlighed for at misligholde deres gældsforpligtelser, hvorimod speculative grade vurderes at være mere usikre. Rating BBB- og over defineres som investment grade og alle under som speculative grade, når Standard & Poor's (S&P) rating skala anvendes. Den optimalt diversificerede portefølje antages at være den samme for begge rating grupper. Det kan i resultat 4.2.3 og resultat 4.2.4 ses, hvilke parametre der skal anvendes for at kunne regne det optimale spread og den optimale prisjustering, som beskriver dealerens adfærd. Disse vil nu blive gennemgået.

Fælles værdier for investment grade og speculative grade

Modellen anvender først og fremmest værdier, der relaterer sig til den optimalt diversificerede portefølje, som også er dealerens basisformue eller kollateral, Y . Hertil anvendes værdier for Vanguard Intermediate-Term Corporate Bond ETF (VCIT), der tracker Bloomberg Barclays US 5-10 Year Corp Index, som er en stabil portefølje med investeringer primært i amerikanske dollar-denominerede investment grade virksomhedsobligationer (VCIT, 2014). De nødvendige informationer om VCIT er den øjeblikkelige afkastvarians σ_Y^2 og afkastet r_Y . Her er $\sigma_Y^2 = \sigma_{VCIT}^2 = 5,08\%^2 = 0,2681\%$ per år og

$r_Y = r_{VCIT} = 7,29\%$ per år.

Den risikofri rente, r , som kontantbalancen tjener eller betaler, vælges ud fra London InterBank Offered Rate (LIBOR), som er en god proxy for den risikofri rente. Derfor sættes $r = r_{LIBOR} = 0,16\%$ (LIBOR, 2014).

Den samlede efterspørgsel efter dealerservicen bestemmes ud fra virkelig data for at få en fornemmelse af et realistisk niveau. Her er TRACE data oplagt at anvende. Således er det muligt at estimere antallet af transaktioner i 2014 til $\alpha = 178$ per år. Udregningen af efterspørgselsniveauet er uddybet i bilag A.2. Fra teorien i modellen vides det, at når efterspørgslen baseres på faktiske transaktioner, medfører det, at dealerens mening om den sande pris er lig med den generelle mening om den sande pris, $p = p^*$.

Tiden indtil dealerens horisonttidspunkt sættes til $\tau = 0,0833$ år, som svarer til en måned, da modellen betragter korte tidshorisonter.

Dealerens risikoaversion sættes til $Z = 2$. Når $Z > 0$ skal dealeren kompenseres for risikoen, han tager. Dette gøres i form af en risikopræmie.

Værdier for investment grade

Det risikoneutrale spread bestemmes ligeledes ud fra TRACE data. Bestemmelsen af spreadets størrelse vil blive uddybet i afsnit 6.2.2. Et risikoneutralt spread for investment grade i 2014 vurderes således til $\frac{\alpha}{\beta} = 0,40\%$. Derfor er $\beta = 44500$, så det risikoneutrale spread netop har værdien $\frac{178}{44500} = 0,40\%$.

Resultaterne anvender også parametre, der relaterer sig til lagerværdien, I . Hertil anvendes for investment grade iShares iBoxx \$ Investment Grade Corporate Bond ETF (LQD), der tracker investeringsresultaterne af et indeks bestående af amerikanske dollar-denominerede investment grade virksomhedsobligationer (LQD, 2014). De nødvendige informationer om LQD er den øjeblikkelige afkastvarians σ_I^2 og afkastet r_I . Her er $\sigma_I^2 = \sigma_{LQD}^2 = 5,00\%$ per år og $r_Y = r_{LQD} = 5,00\%$ per år. Den øjeblikkelige afkastvarians er sat højt, da den også skal tage højde for, at en dealer kan stå overfor investorer med insider information, som resulterer i et tab for dealeren, da dealeren står klar til at handle til en given købs- og salgspris.

Værdier for speculative grade

Det risikoneutrale spread for speculative grade i 2014 vurderes til $\frac{\alpha}{\beta} = 0,65\%$ ud fra TRACE data. Derfor er $\beta = 27385$, så $\frac{178}{27385} = 0,65\%$.

For speculative grade anvendes iShares iBoxx \$ High Yield Corporate Bond ETF (HYG), der tracker

5.4. NUMERISK EKSEMPEL

investeringsresultaterne af et indeks bestående af amerikanske dollar-denominerede speculative grade virksomhedsobligationer (HYG, 2014). De nødvendige informationer om HYG er den øjeblikkelige afkastvarians σ_I^2 og afkastet r_I . Her er $\sigma_I^2 = \sigma_{HYG}^2 = 10,00\%$ per år og $r_Y = r_{HYG} = 5,42\%$ per år. Af samme årsag som for investment grade, er den øjeblikkelige afkastvarians sat højere end den underliggende varians af indeksets sande afkast.

Yderligere antagelser for eksemplet

Der laves nu en række simplificerende antagelser. Efterspørgslen antages først og fremmest at være symmetrisk. Det antages desuden, at dealeren begynder forfra fra en alternativ initial position, hvor dealeren endnu ikke har tjent profitter. Dette gøres ved at antage, at kontantværdien tilsvarende den negative lagerværdi, $F = -I$, hvor lagerbeholdningen endnu ikke har givet et afkast. På den måde er der enten et plus eller minus i den kontante beholdning, hvor vi ikke behøver at tage højde for den profit, en lagerbeholdning har genereret. Den samlede formue tilsvarende dealerens basisformue, $W = Y$. Det vil sige, at dealeren har en optimal lagerværdi når $I = 0$. Antaget at alle værdier er konstante, er det nu kun den relative transaktionsværdi og den relative lagerværdi, $\frac{Q}{W}$ og $\frac{I}{W}$, der kan variere.

5.4.2 Anvendelse af modellens resultater

Først bestemmes størrelserne af spreads og prisjusteringer givet de ovenstående antagelser og de eksogent givne parameterværdier. Disse undersøges for en relativ transaktionsværdi, der varierer mellem 0 og 0,40, samt for en relativ lagerværdi, der varierer mellem $-0,40$ og $0,40$. $\frac{Q}{W}$ kan kun antage positive værdier, da en transaktionsværdi ikke vil være negativ. $\frac{I}{W}$ kan både antage negative og positive værdier, da dealeren både kan ende med en for stor og en for lille lagerbeholdning relativt til den optimale portefølje, hvormed den relative lagerværdi både vil afspejle retningen af og størrelsen på ubalancen. Da der skelnes mellem spreads og prisjusteringer for henholdsvis investment grade og speculative grade, bestemmes disse hver for sig.

Investment grade spreads og prisjusteringer (BPS)											
$\frac{Q}{W}$		$\frac{I}{W}$	-0,40	-0,20	-0,10	-0,05	0,00	0,05	0,10	0,20	0,40
0,00	<i>s</i>		40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
	<i>d</i>		33,97	17,01	8,51	4,26	0,00	-4,26	-8,53	-17,07	-34,19
0,05	<i>s</i>		42,13	42,13	42,13	42,14	42,14	42,14	42,14	42,14	42,14
	<i>d</i>		34,07	17,06	8,54	4,27	0,00	-4,27	-8,55	-17,12	-34,29
0,10	<i>s</i>		44,27	44,28	44,28	44,28	44,28	44,29	44,29	44,29	44,30
	<i>d</i>		34,17	17,11	8,56	4,28	0,00	-4,29	-8,58	-17,17	-34,39
0,20	<i>s</i>		48,59	48,61	48,61	48,62	48,62	48,62	48,63	48,63	48,65
	<i>d</i>		34,37	17,21	8,61	4,31	0,00	-4,31	-8,63	-17,27	-34,58
0,40	<i>s</i>		57,38	57,41	57,42	57,43	57,44	57,44	57,45	57,46	57,49
	<i>d</i>		34,76	17,41	8,71	4,36	0,00	-4,36	-8,72	-17,46	-34,98

Tabel 5.1: Spread og prisjustering for investment grade målt i basispoint før implementering af The Volcker Rule.

Speculative grade spreads og prisjusteringer (BPS)											
$\frac{Q}{W}$		$\frac{I}{W}$	-0,40	-0,20	-0,10	-0,05	0,00	0,05	0,10	0,20	0,40
0,00	<i>s</i>		65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
	<i>d</i>		68,11	34,12	17,07	8,54	0,00	-8,55	-17,10	-34,23	-68,58
0,05	<i>s</i>		69,28	69,28	69,29	69,29	69,29	69,29	69,30	69,30	69,31
	<i>d</i>		68,44	34,28	17,15	8,58	0,00	-8,59	-17,18	-34,39	-68,90
0,10	<i>s</i>		73,59	73,61	73,62	73,62	73,62	73,63	73,63	73,64	73,65
	<i>d</i>		68,76	34,44	17,23	8,62	0,00	-8,63	-17,26	-34,55	-69,22
0,20	<i>s</i>		82,35	82,38	82,39	82,40	82,41	82,42	82,42	82,44	82,47
	<i>d</i>		69,40	34,76	17,39	8,70	0,00	-8,71	-17,42	-34,88	-69,87
0,40	<i>s</i>		100,34	100,40	100,43	100,44	100,46	100,47	100,49	100,52	100,58
	<i>d</i>		70,69	35,40	17,72	8,86	0,00	-8,87	-17,74	-35,52	-71,15

Tabel 5.2: Spread og prisjustering for speculative grade målt i basispoint før implementering af The Volcker Rule.

Det kan i tabel 5.1 og tabel 5.2 ses, at spreadet for speculative grade generelt er større end for investment grade. For eksempel er spreadet 44,29 BPS for investment grade i tilfældet med $\frac{Q}{W} = \frac{I}{W} = 0,10$, som er mindre end spreadet på 73,63 BPS i samme tilfælde for speculative grade. Dette skyldes, at speculative grade virksomhedsobligationer er mere usikre end investment grade og derfor er forbundet med større risici. Dette ses både i form af det større risikoneutrale spread (65 BPS > 40 BPS) samt risikopræmien, dealeren kræver for den ekstra risiko. Risikopræmien regnes som forskellen på det risikoneutrale spread og dealerens valgte spread. For eksempel er risikopræmien $73,63 \text{ BPS} - 65,00 \text{ BPS} = 8,63 \text{ BPS}$ for speculative grade, når $\frac{Q}{W} = \frac{I}{W} = 0,10$, og blot $44,29 \text{ BPS} - 40 \text{ BPS} = 4,29 \text{ BPS}$ for investment grade. Det kan desuden ses, at effekten i basispoint afledt af et fald i den relative transaktionsværdi er større for speculative end for investment grade. Ved en ændring fra $\frac{Q}{W} = 0,10$ til $0,20$, hvor $\frac{I}{W} = 0,10$, stiger spreadet med $82,42 \text{ BPS} - 73,63 \text{ BPS} = 8,79 \text{ BPS}$ for speculative grade, hvorimod spreadet blot stiger

5.4. NUMERISK EKSEMPEL

med $48,63 \text{ BPS} - 44,29 \text{ BPS} = 4,34 \text{ BPS}$ for investment grade. Denne forskel er forventet, da risikoen og volatiliteten er større for virksomhedsobligationer, der defineres som speculative grade. Der ses ligeledes større ændringer i prisjusteringen for speculative grade end investment grade ved ændringer i den relative lagerværdi, som blandt andet kan observeres ved en ændring fra $\frac{I}{W} = 0,10$ til $0,20$, når $\frac{Q}{W} = 0,10$: $-17,17 \text{ BPS} - (-8,58 \text{ BPS}) = -8,59 \text{ BPS}$ for investment grade og $-34,55 \text{ BPS} - (-17,26 \text{ BPS}) = -17,29 \text{ BPS}$ for speculative grade, hvilket er en over dobbelt så stor ændring i prisjusteringen end for investment grade. Dealeren tager således mere risiko ved en ubalanceret portefølje og et lager bestående af de usikre speculative grade virksomhedsobligationer.

Selve dynamikkerne for de to rating grupper er i sig selv ens ved en ændring i modellens respektive parametre, da spread og prisjustering for de to grupper bestemmes ud fra nøjagtig de samme modelresultater. Effekterne er dog mere udprægede for speculative grade end for investment grade som forventet. Dette gør, at det samtidig er lettere at aflæse dynamikkerne. Derfor vil der tages udgangspunkt i rating gruppen speculative grade og tabel 5.2 i resten af det numeriske eksempel.

Det er nu muligt at undersøge dynamikkerne ved ændringer i de enkelte parametre, hvor det desuden er muligt at undersøge, hvad Duffies forudsagte konsekvenser ved implementeringen af The Volcker Rule vil betyde for dealerens adfærd og dermed valg af bid-ask spread og priser. Referencestørrelserne er givet ved dem for speculative grade virksomhedsobligationer fra tabel 5.2.

Den relative lagerværdi

Størrelsen på den relative lagerværdi, $\frac{I}{W}$, har en stor betydning for prisningen af virksomhedsobligationen. Prisjusteringen afhænger nemlig direkte af den relative lagerværdi og forskyder bid-ask prisen opad, når $\frac{I}{W} < 0$, og nedad, når $\frac{I}{W} > 0$. Dette skyldes dealerens interesse i at påvirke investorerne til enten at sælge eller købe, når dealerens lagerbeholdning er i ubalance. Således sætter han sine priser, så han er indifferent mellem et køb og et salg, hvormed han kompenseres tilpas meget i begge scenarier. Det kan i tabel 5.2 ses, at når $\frac{I}{W} = -0,10$ og $\frac{Q}{W} = 0,10$ er $d = 17,23 \text{ BPS}$, men når $\frac{I}{W} = \frac{Q}{W} = 0,10$ er $d = -17,26 \text{ BPS}$.

Spreadet afhænger ikke direkte af den relative lagerværdi, men baseres derimod primært på den relative transaktionsværdi. Derfor ses der en meget lille ændring på under et basispoint i spreadet uanset størrelsen på den relative lagerværdi vist i tabel 5.2. Selv for en relativ transaktionsværdi på $\frac{Q}{W} = 0,40$ varierer spreadet mellem $100,34 \text{ BPS}$ og $100,58 \text{ BPS}$ for en relativ lagerværdi på henholdsvis $-0,40$ og $0,40$, hvor $100,58 \text{ BPS} - 100,34 \text{ BPS} = 0,24 \text{ BPS} < 1 \text{ BPS}$.

Når den relative lagerværdi er 0, har dealeren den optimale porteføljeværdi, Y . Han har derfor ingen ubalancer, der giver ham incitament til at påvirke investorerne. Således er dealeren indifferent mellem et dealerkøb- og salg, hvormed spreadet vil ligge symmetrisk omkring prisen. Med andre ord er der ingen prisjusteringen i dette tilfælde, $d = 0$ BPS.

Den relative transaktionsværdi

Prisjusteringen bliver numerisk større, når der sker en stigning i den relative transaktionsværdi. Prisjusteringen afhænger ikke direkte af den relative transaktionsværdi, og ændringerne er derfor små for en given relativ lagerværdi: Når $\frac{I}{W} = -0,40$ varierer den blot med $70,69 \text{ BPS} - 68,11 \text{ BPS} = 2,58 \text{ BPS}$.

Spreadet afhænger til gengæld direkte af den relative transaktionsværdi, og derfor ses det tydeligt af tabel 5.2, at spreadet stiger, når den relative transaktionsværdi stiger. Dette giver god mening, da dealeren påtager sig mere risiko, når transaktionsværdien er stor relativt til hans samlede formue, hvormed dealeren kræver en risikopræmie, der er voksende i den relative transaktionsværdi. At risikopræmien i spreadet for eksempel er $73,62 \text{ BPS} - 65,00 \text{ BPS} = 8,62 \text{ BPS}$, når $\frac{Q}{W} = 0,10$ og $\frac{I}{W} = -0,10$, betyder en risikopræmie på \$8,62 på en \$10.000 transaktion. Her er de tilsvarende nettomonopolprofitter for henholdsvis køb og salg blot \$4,31 tilsvarende $\frac{8,62 \text{ BPS}}{2} = 4,31 \text{ BPS}$.

Når den relative transaktionsværdi er 0, er der ingen risiko forbundet med transaktionen men blot en risiko forbundet med en eventuel ubalance i dealerens lagerbeholdning. Her er spreadet lig med det risikoneutrale spread, da der ikke kræves en risikopræmie for en relativ transaktionsværdi på 0, eller ingen handel. Dealeren kræver her blot compensation for at udbyde dealerservicen. Prisjusteringen sørger således for at forskyde bid-ask priserne på baggrund af den eventuelle ubalance i lagerværdien.

Forskydning af bid-ask priserne

Med værdierne af spreads og prisjusteringer i tabel 5.2, kan de tilhørende priser nu bestemmes. Dette gøres ved hjælp af ligning (2.1), hvor resultaterne fra tabel 5.2 indsættes samt den sande pris $p = 1$ som introduceret i modeludledningen. Et eksempel, hvor dealeren har en for lav porteføljeværdi relativt til den optimale, er blandt andet, når $\frac{Q}{W} = 0,10$ og $\frac{I}{W} = -0,10$:

$$\begin{aligned} p_a &= 1 + \frac{73,62 \text{ BPS} + 17,23 \text{ BPS}}{2} = 1,0045 \\ p_b &= 1 - \frac{73,62 \text{ BPS} - 17,23 \text{ BPS}}{2} = 0,9972 \end{aligned} \quad (5.1)$$

hvor bid-ask prisen er blevet forskudt opad. Dealeren sætter priserne højere, da han egentlig helst vil have, at investorerne sælger, men han kan sætte prisen, så han kompenseres i den rigtige retning.

5.4. NUMERISK EKSEMPEL

Således opfordres til dealerkøb. Det modsatte tilfælde, hvor dealeren har en for stor porteføljeværdi, er blandt andet, når $\frac{Q}{W} = 0,10$ og $\frac{I}{W} = 0,10$:

$$\begin{aligned} p_a &= 1 + \frac{73,63 \text{ BPS} + (-17,26) \text{ BPS}}{2} = 1,0028 \\ p_b &= 1 - \frac{73,63 \text{ BPS} - (-17,26) \text{ BPS}}{2} = 0,9955 \end{aligned} \quad (5.2)$$

hvor bid-ask prisen er blevet forskudt nedad. Dealeren opfordrer således til dealersalg. Forskydningerne af bid-ask prisen som ovenfor er netop den samme som illustreret i figur 3.2. Alle beregnede priser for henholdsvis investment grade og speculative grade ud fra informationerne i tabel 5.1 og tabel 5.2 kan findes i bilag A.3.

Tidshorisonten

Tabel 5.2 tager udgangspunkt i, at dealeren har 1 måned tilbage at planlægge i ($\tau = 0,0833$). Hvis denne øges til 6 måneder ($\tau = 0,5$), øges spreadet til 125,19 BPS, når $\frac{Q}{W} = 0,10$ og $\frac{I}{W} = -0,10$. Dette er næsten en fordobling af spreadstørrelsen. Her kræver dealeren nu en risikopræmie på $125,19 \text{ BPS} - 65,00 \text{ BPS} = 60,19 \text{ BPS}$ eller \$60,19 på en \$10.000 transaktion. Spreadet stiger, da andenordensrisikojusteringen får væsentlig mere betydning. Hvis der ikke er mere tid tilbage ($\tau = 0$), er der ingen risiko. I dette tilfælde vil spreadet blot være lig med det risikoneutrale spread. Resultater for andre relative transaktionsværdier og relative lagerværdier kan findes i bilag A.4.

Risikoaversion

Ifølge Duffie vil dealerens risikoaversion, Z , stige. Risikoaversionen ses at indgå både i førsteordens- og andenordensrisikojusteringen i resultat 4.2.3 og 4.2.4. Ved en stigning i Z øges spreadet ligeledes, hvilket stemmer godt overens med, at dealerne grundet regulering ikke tør at tage ligeså meget risiko og derfor vil kræve en større risikopræmie for at tage risiko. Det ses blandt andet, at spreadet vil stige fra 73,63 BPS til 87,29 BPS, når $\frac{Q}{W} = \frac{I}{W} = 0,10$, hvor prisjusteringen vil falde fra $-17,26 \text{ BPS}$ til $-44,57 \text{ BPS}$. Resultaterne for en stigning i risikoaversionen til $Z = 5$ kan findes i bilag A.5.

Kapital

Duffie mener ikke, at der vil være kapital nok, og at kollateralen Y dermed vil være for lav relativt til den risiko, dealeren tager. Når Y falder, vil en given ændring i lagerværdien pludselig give større udsving i den relative lagerværdi. Det kræver således en mindre ændring i lagerværdien for, at dealeren ender i yderscenerierne i tabellen relativt til før, kollateralen faldt. Med yderscenerie menes for eksempel, hvor $\frac{I}{W} = 0,40$ og $\frac{I}{W} = -0,40$ i tabellen, da $W = Y$. Samme tendens ses for den relative

transaktionsværdi, hvor dealeren også her hurtigere vil ende i scenariet, hvor $\frac{Q}{W} = 0,40$ for en given transaktionsstørrelse. Med en større kollateral havde den relative transaktionsværdi været mindre for samme transaktionsstørrelse. Hvis dealerens kollateral for eksempel er $Y = \$2.000.000$, og han skal håndtere en given transaktionsstørrelse med en transaktionsværdi på $\$400.000$, vil den relative transaktionsværdi være $\frac{\$400.000}{\$2.000.000} = 0,20$. Men hvis dealerens kollateral halveres til $Y = \$1.000.000$, vil den samme handel medføre en relativ transaktionsværdi på $\frac{\$400.000}{\$1.000.000} = 0,40$. Således vil dealeren hurtigere kunne bære større risici i forbindelse med en given handel.

Likviditet

Jævnfør kritikken af reguleringen, vil markedslikviditeten falde, hvilket forventes at blive afspejlet i spreadet, da dette er et mål for markedslikviditeten. Den forringede markedslikviditet kan også afspejles i dealerens optimale porteføljeværdi, Y , som nævnt også vil falde. En kombinationen af større spreads og den lavere kollateral vil i sig selv indikere, at markedslikviditeten forringes. Dette vil dog kræve, at dealeren ikke vælger at begrænse transaktionsstørrelserne væsentligt, da dette vil kunne udligne effekten af den lavere kollateral og dermed de større spreads ved, at dealeren således vil holde spreadet lavt ved ikke at tillade de store udsving i transaktionsstørrelsen. Med udgangspunkt i samme eksempel som ovenfor, vil dealeren med en kollateral på $\$1.000.000$ kunne handle små transaktionsstørrelser, så den relative transaktionsværdi bliver mindre. Hvis dealeren handler halvdelen af transaktionsstørrelsen med transaktionsværdien på $\$400.000$, vil han i stedet opnå en relativ transaktionsværdi på $\frac{\$200.000}{\$1.000.000} = 0,20$. Scenariet med udligningen af effekten fra en øget risikoaversion og lavere kollateral vil blive uddybet senere i afsnit 5.4.3, hvor dynamikkerne for parametrene efter The Volcker Rule samles.

Efterspørgselschok og handelsintensitet

Priserne vil ifølge Duffie blive mere volatile ved efterspørgselschok efter The Volcker Rule relativt til før. Det er derfor relevant at vurdere, hvad der vil ske ved et efterspørgselschok før og efter The Volcker Rule samt hvorvidt markedet overhovedet vil kunne absorbere efterspørgselschokket.

Ved et efterspørgselschok vil efterspørgslen, som skal absorberes, α , stige. Et chok kunne være en fordobling i efterspørgslen, så $\alpha = 2 \cdot 178 = 356$. I modellen vil β reguleres, så dealeren holder konstante forventede profitter og risikoneutralt spread, som for speculative grade i eksemplet er 65 BPS. Dealeren regulerer således, så $\beta = 54769$ og dermed $\frac{356}{54769} = 65$ BPS. Dealeren ændrer β ud fra efterspørgslen, da han i dag ved, at han kan følge en prisningsstrategi i fremtiden, der gør ham indifferent i forhold til ændringer i efterspørgslen. α indgår i andenordensrisikojusteringen i spreadet, hvor en stigning i α leder til både større spread og prisjustering. Dette kan ses i form af $\Pi = \frac{\alpha^2 Q}{4\beta}$, der indgår i resultat

5.4. NUMERISK EKSEMPEL

4.2.3 og resultat 4.2.4. Her ses det dog, at effekten af en højere efterspørgsel vil være begrænset. For $\frac{Q}{W} = \frac{I}{W} = 0,10$ stiger spreadet fra 73,63 BPS til 73,71 BPS, hvilket er under et basispoint.²

Før implementeringen af The Volcker Rule vil efterspørgselschokket blive absorberet, hvor dealeren vil ændre spreadet og prisjusteringen på baggrund af de risici, han tager. Efter efterspørgselschokket vil spreads og prisjusteringer stige, hvor dealeren vil ende med en større ubalance i porteføljeværdien, som han skal håndtere efterfølgende, relativt til ved et almindeligt efterspørgselsniveau. Her er der ikke en regel om, at dealeren ikke må tjene profitter på ændringer i bid-ask priser eller om, at han ikke må tage store mængder risici. Den samlede handelsintensitet vil desuden stige som konsekvens af det højere antal transaktioner, der vil gå igennem. For $\frac{Q}{W} = 0,10$ og $\frac{I}{W} = -0,10$ vil handelsintensiteten for henholdsvis dealersalg og -køb før chokket være

$$\begin{aligned}\lambda_a &= 178 - 27385 \frac{73,62BPS + 17,23BPS}{2} = 54 \\ \lambda_b &= 178 - 27385 \frac{73,62BPS - 17,23BPS}{2} = 101\end{aligned}$$

og i forbindelse med chokket være

$$\begin{aligned}\lambda_a &= 356 - 54769 \frac{73,70BPS + 17,39BPS}{2} = 107 \\ \lambda_b &= 356 - 54769 \frac{73,70BPS - 17,39BPS}{2} = 202\end{aligned}$$

Det stemmer fint overens med modellen og figur 2.2, at den summerede handelsintensitet ($\lambda_a + \lambda_b$) ikke er lig med efterspørgslen, da det ikke er alle investorer, der ønsker at købe eller sælge til dealerens valgte bid-ask priser. For begge efterspørgselsstørrelser er handelsintensiteten for dealerkøb størst, hvilket dealeren også ønsker, når han har en lavere porteføljeværdi end den optimale (negativ relativ lagerværdi).

Efter implementering af The Volcker Rule vil dealeren ikke være villig til at tage ligeså store risici, og derfor vil størrelsen på spreadet som udgangspunkt stige yderligere i forbindelse med chokket. Men dealeren vil slet ikke ende med at handle de store transaktionsstørrelser (Duffie, 2012). Dealeren vil i stedet kun absorbere moderate dele af efterspørgslen, da handlerne pludselig vil være for risikofyldte relativt til den forventede profit, dealeren kan opnå. Handelsintensiteten vil derfor ikke stige som før i forbindelse med et chok på grund af den begrænsede del af chokket, dealeren er villig til at absorbere. Af samme årsag vil spreadet derfor ikke ende med at stige som før, og den lave handelsintensitet vil således

²Beregnete spreads og prisjusteringer for flere relative transaktionsværdier og relative lagerværdier findes i bilag A.6.

være et generelt resultat efter implementeringen. Dealeren vil ikke længere være i stand til at udbyde en dealerservice, der gør en stor forskel, særligt i forbindelse med efterspørgselschok. Da efterspørgslen er eksogent givet i modellen, vil det svare til, at en lavere værdi for α anvendes som input for at måle handelsintensiteten, da dealeren ikke vil absorbere hele chokket. Det kunne for eksempel tænkes, at dealeren kun ville absorbere, hvad der svarer til niveauet før chokket ($\alpha = 178$).

Inter-dealer markedet

I modellen for dealerens optimale adfærd betragtes blot en enkelt dealer. Derudover handler dealeren passivt, hvor han sætter sine priser ud fra sin prisningsstrategi, hvormed han ikke selv initierer en handel. Derfor tages der ikke højde for inter-dealer markedet, hvor dealeren kan handle med andre dealere. Af samme årsag diskuteres denne effekt ud fra modellens resultater. Dealerne i markedet kan nemlig have modsatrettede incitament. Et eksempel kan være, hvor den ene dealer har en lavere porteføljeværdi og den anden dealer en højere porteføljeværdi end hver sin optimale portefølje. Begge ønsker at opnå hver deres optimale porteføljeværdi, hvor den ene ønsker at købe og den anden at sælge. Således kan de to dealere indgå en handel, hvor begge opnår det ønskede resultat.

Hvis handel med andre dealere var muligt, ville dealerens risiko ved at sidde med en stor ubalance i den relative lagerværdi være mindre, da dealeren i dette tilfælde aktivt og hurtigt ville kunne komme af med eller øge sit lager igen. En stor ubalance kunne for eksempel opstå i forbindelse med et efterspørgselschok. En sådan effekt fra inter-dealer handler vil skulle tilføjes som en ekstra del af beregningen af spreadet og medføre reduktion af spreadet, hvor reduktionen bliver større des lettere det er at komme af med eller øge lagerbeholdning ved handel med en anden dealer. Hvis der er mange dealere at handle med, er der en større sandsynlighed for, at den givne dealer kan gennemføre en inter-dealer handel. En sådan dynamik vil øge handelsintensiteten, λ , da der ville gå flere transaktioner igennem. For eksempel kunne niveauet for α stige fra 178 til 220, da efterspørgslen efter en handel ville stige, når andre dealere nu også vil efterspørge handler. Med udgangspunkt i dynamikkerne for λ vist ved efterspørgselschok, ville handelsintensiteten for både dealersalg og -køb også stige i dette tilfælde. I tilfældet hvor dealeren ikke kan handle med andre dealere, vil handelsintensiteten så igen være lavere, da dealeren må holde sit givne lagerniveau i længere tid. Som konsekvens af implementeringen af The Volcker Rule, vil udbuddet af marked making falde, hvormed effekten af muligheden for inter-dealer handler vil være mindre, da der vil være færre dealere at handle med. Derfor vil inter-dealer handler have større effekt før implementeringen af reguleringen end efter. Men muligheden for at lave en inter-dealer handel vil dog stadig medføre lavere risiko for dealeren i forbindelse med ubalancer i lagerbeholdningen.

5.4.3 De samlede effekter efter The Volcker Rule

Efter undersøgelsen af modellens resultater og test af parametrene i afsnit 5.4.2, vil konsekvenserne ved implementeringen af The Volcker Rule, der blev gennemgået i afsnit 5.2, nu alle blive taget højde for i bestemmelsen af spreadet og prisjusteringen. Med andre ord, vil den lavere kollateral, $Y \downarrow$, den øgede risikoaversion, $Z \uparrow$, og den lavere handelsintensitet, $\lambda \downarrow$, samlet anvendes til at undersøge spread og prisjustering. Den relative transaktionsværdi, $\frac{Q}{W}$, og den relative lagerværdi, $\frac{I}{W}$, kan fortsat variere, men hvor transaktionsstørrelsen, Q , forventes at blive gennemsnitligt mindre end før.³ Hvis markedslikviditeten måles som størrelsen på spreadet, vil et større spread bestemt ved hjælp af modellens resultater bekræfte Duffies forudsigelse om, at markedslikviditeten vil blive dårligere givet ændringerne i parametrene. Men dealerens adfærd afspejles ligeledes i de relative transaktionsværdier og dermed de transaktionsstørrelser, han accepterer, hvor en væsentligt lavere transaktionsstørrelse kan udligne effekten, $Z \uparrow$ og $Y \downarrow$ har på spreadet. Modellen afspejler således to scenarier. Det ene scenarie, hvor spreadet vil stige grundet dealerens store risikoaversion og mindre kollateral. Her vil de større spreads afspejle den dårligere markedslikviditet. Det andet scenarie, hvor dealeren vælger ikke at handle ligeså store mængder, hvormed den dårligere markedslikviditet vil skjules i små spreads.

Spread og prisjustering for speculative grade efter The Volcker Rule (BPS)										
$\frac{Q}{W}$		$\frac{I}{W}$								
		-0,40	-0,20	-0,10	-0,05	0,00	0,05	0,10	0,20	0,40
0,00	<i>s</i>	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
	<i>d</i>	172,45	86,59	43,39	21,72	0,00	-21,76	-43,57	-87,32	-175,37
0,01	<i>s</i>	67,16	67,17	67,17	67,17	67,18	67,18	67,18	67,18	67,19
	<i>d</i>	172,58	86,66	43,42	21,73	0,00	-21,78	-43,60	-87,39	-175,50
0,05	<i>s</i>	75,82	75,87	75,89	75,90	75,91	75,92	75,93	75,96	76,00
	<i>d</i>	173,12	86,93	43,55	21,80	0,00	-21,85	-43,74	-87,66	-176,05
0,10	<i>s</i>	86,73	86,82	86,86	86,88	86,91	86,93	86,95	87,00	87,09
	<i>d</i>	173,80	87,27	43,72	21,88	0,00	-21,93	-43,91	-88,00	-176,72
0,20	<i>s</i>	108,79	108,97	109,06	109,11	109,15	109,20	109,25	109,34	109,52
	<i>d</i>	175,15	87,94	44,06	22,05	0,00	-22,10	-44,25	-88,67	-178,08
0,40	<i>s</i>	153,93	154,30	154,48	154,57	154,66	154,75	154,84	155,03	155,39
	<i>d</i>	177,86	89,30	44,74	22,39	0,00	-22,44	-44,92	-90,03	-180,78

Tabel 5.3: Spread og prisjustering for speculative grade målt i basispoint efter implementering af The Volcker Rule.

Efter implementeringen af The Volcker Rule ses spreadet at blive større, hvis man sammenligner de samme relative værdier for transaktionsværdien og lagerværdien før implementeringen (tabel 5.2) og efter (tabel 5.3). Det kan blandt andet ses, at spreadet er steget fra 73,63 BPS til 86,95 BPS, når

³Input til resultat 4.2.3 og 4.2.4 vælges på samme måde som før. Her er $Z = 5$, hvor effekten af en lavere Y kan aflæses som før, blot hvor effekten af ubalancen i porteføljeværdien kan blive større ved en ændring i lageret end før implementeringen af The Volcker Rule.

$\frac{Q}{W} = \frac{I}{W} = 0,10$. Dealeren vil opleve en større ændring i den relative lagerværdi ved en given ændring i lagerværdien end før, eftersom dealerens kollateral Y er faldet. Før The Volcker Rule steg spreadet med $73,64 \text{ BPS} - 73,63 \text{ BPS} = 0,01 \text{ BPS}$ ved en stigning i den relative lagerværdi fra $\frac{I}{W} = 0,10$ til $0,20$, hvor $\frac{Q}{W} = 0,10$. Efter The Volcker Rule stiger spreadet i stedet med $86,95 \text{ BPS} - 87,00 \text{ BPS} = 0,05 \text{ BPS}$, hvilket er en femdobling. Det vil sige, at en given ændring i lagerværdien vil eksponere dealeren mod større risici efter implementeringen af The Volcker Rule.

Der er introduceret en ny og lav relativ transaktionsværdi i tabel 5.3, $\frac{Q}{W} = 0,01$, eftersom dealerne med stor sandsynlighed vil indlede en forhandling med investor, som vil ende med enten en mindre transaktionsmængde, $Q \downarrow$, en højere pris eller ingen handel (Duffie, 2012). Derfor er der pludselig en stor sandsynlighed for, at dealeren vælger at undgå risiko ved at handle mindre transaktionsstørrelser. Som vist tidligere i det numeriske eksempel, vil en lavere transaktionsstørrelse medføre en lavere relativ transaktionsværdi. Spreadet vil således være størst for den højeste relative transaktionsværdi. For eksempel fremgår det af tabel 5.3, at spreadet er $86,95 \text{ BPS}$, når $\frac{Q}{W} = \frac{I}{W} = 0,10$, men kun $67,18 \text{ BPS}$, når $\frac{Q}{W} = 0,01$ og $\frac{I}{W} = 0,10$. En konsekvens af dette vil være, at dealerne ikke vil være i stand til at absorbere investorernes ubalancer, og dermed ikke vil kunne håndtere efterspørgselschok optimalt.

Handelsintensiteten vil som tidligere vist også blive påvirket og falde, da dealeren vil finde investorernes efterspørgsel efter de hurtige handler for risikofyldte relativt til profitten. Der gennemføres dermed ikke ligeså mange transaktioner som ved samme efterspørgselsniveau før, The Volcker Rule blev implementeret. I tabel 5.3 ses prisen desuden at kunne stige mere end før implementeringen i tabel 5.2, hvis samme relative lagerværdier betragtes. Prisen kan nemlig både øges eller sænkes som en konsekvens af størrelsen på spreadet og prisjusteringen. Prisjusteringen ses at være steget fra $17,23 \text{ BPS}$ før reguleringen til $43,72 \text{ BPS}$ efter, når $\frac{Q}{W} = 0,10$ og $\frac{I}{W} = -0,10$. Dealeren vil dermed kræve en højere pris i en forhandling med investor for en given relativ transaktionsværdi, hvis dealerens relative lagerværdi er negativ. Dealeren vil derimod kræve en lavere pris, hvis den relative lagerværdi er positiv. Her er prisjusteringen blandt andet blevet mere negativ, når $\frac{Q}{W} = \frac{I}{W} = 0,10$, hvor prisjusteringen er $-17,26 \text{ BPS}$ før The Volcker Rule og $-43,91 \text{ BPS}$ efter. At prisen forskydes mere, jo større transaktionsstørrelsen er, viser således, at dealerne sætter højere priser, når lagerbeholdningen er for lille (Duffie, 2012). Det kan blandt andet ses for den relative lagerværdi på $-0,10$, at prisjusteringen i tabel 5.3 varierer mellem $43,39 \text{ BPS}$ ved $\frac{Q}{W} = 0,00$ og $44,74 \text{ BPS}$ ved $\frac{Q}{W} = 0,40$. Dealeren kan således både opnå en lavere relativ transaktionsværdi og relativ lagerværdi ved blot at være selektiv omkring størrelserne på handlerne, han vil acceptere. Det vil sige, at han faktisk kan ende med at sætte den samme størrelse spreads som før, da hans incitament ændrer sig på grund af de skærpende regler. I tilfældet, hvor dealeren vælger

5.4. NUMERISK EKSEMPEL

primært at håndtere meget små relative transaktionsværdier, vil spreadet ikke afspejle den forringede markedslivviditet, reguleringen ifølge Duffie har medført. Det kan dog ske, at en dealer skal stå klar til at handle en vis minimum transaktionsmængde. I et sådant tilfælde skal dealeren vælge, om han i det hele taget vil være dealer i markedet.

Beslutningen om at være dealer

Beslutningen om at være dealer baseres på betingelsen i ligning (4.30). Dealere ønsker dermed ikke at handle virksomhedsobligationen, hvis spreadet han skal sætte for at dække sin risiko overstiger eller er lig med det spread, der ikke giver efterspørgsel og dermed heller ingen profit. Dealerens grænse, beslutningen baseres på, bestemmes udelukkende på baggrund af α og β . Derfor vil grænsen være den samme uanset størrelsen på efterspørgslen efter virksomhedsobligationerne, hvor det numeriske eksempel tager udgangspunkt i speculative grade. Det bør dog nævnes, at grænsen vil være forskellig for speculative grade og investment grade virksomhedsobligationer. Dette skyldes, at det risikoneutrale spread, som β korrigeres efter, er forskelligt for de to rating grupper. Grænsen for speculative grade bestemmes til

$$2\frac{\alpha}{\beta} = 2 \cdot 65 \text{ BPS} = 130 \text{ BPS} \quad (5.3)$$

Det kan aflæses i tabel 5.2, at dealeren før implementeringen af The Volcker i alle tilfælde vil beslutte sig for at handle virksomhedsobligationen givet de relative værdier, eksemplet tager udgangspunkt i. Selv det højeste spread i tabellen er væsentligt mindre end grænsen, $130 \text{ BPS} > 100,46 \text{ BPS}$. Dette er ikke tilfældet for spreadet efter implementeringen af The Volcker Rule, som vises i tabel 5.3. Her ses det, at dealeren vil beslutte ikke at handle virksomhedsobligationen, hvis den relative transaktionsværdi kommer op på $\frac{Q}{W} = 0,40$, da $130 \text{ BPS} < 154,66 \text{ BPS}$. Modellen bekræfter således Duffies teori om, at antallet af dealere vil falde som konsekvens af de skærpende regler.

Opsamling på dealerens adfærd

Det numeriske eksempel, der anvender den teoretiske models resultater, har hermed undersøgt, hvad der vil ske med bid-ask spreads, priser og beslutningen om at være dealer efter implementeringen af The Volcker Rule ud fra Duffies kritik af reguleringen. Det kan konkluderes, at dynamikkerne ved ændring af parametrene i praksis også afspejlede forventningerne fra den teoretiske model, hvor spreadet vil stige som konsekvens af et fald i kollateralen og en stigning i risikoaversionen. Et større spread vil indikere forringet markedslivviditet. Dog kan det konkluderes, at spreadets størrelse i sidste ende ikke nødvendigvis vil stige på trods af omtalte ændringer, hvis dealerne bliver mere selektive og kun vil handle mindre transaktionsstørrelser. Således opvejes den lavere kollateral af den endnu mindre

transaktionsstørrelse, der vil lede til en mindre relativ transaktionsværdi. Dette vil videre kunne medføre spreads på samme niveau som før implementeringen af The Volcker Rule. Isoleret set vil de små spreads konkludere, at markedslivviditeten ikke forringes. Den faldende kollateral og dealernes manglende incitament til at absorbere al efterspørgsel (Duffie, 2012) tyder dog på det modsatte. Størrelsen på bid-ask spreadet vil dermed stige, med mindre dealeren vælger at handle meget små transaktionsstørrelser. Modellen konkluderes således at være i stand til at fortolke og håndtere kritikpunkterne givet i Duffie (2012), dog med en tvetydig konklusion for spreadet som mål for markedslivviditet. Modellens resultat viser med kritikken som input, at dealerne kan ende med at gøre spreadet mindre i frygten for at tiltrække sig unødigt opmærksomhed (Duffie, 2012). Duffie påpeger, at markedslivviditeten vil blive dårligere, hvormed den mindre spreadstørrelse som udgangspunkt ikke ville være forventet, hvis man bruger spreadet som et mål for markedslivviditeten. Her ville der tvært imod forventes større spreads, da den efficiente tilgang til problemet for dealeren ville være at absorbere mere af efterspørgslen og øge spreadet. Det vil derfor være relevant at undersøge flere mål for markedslivviditet i den videre analyse. Implementeringen af reguleringen vil desuden medføre lav handelsintensitet, da dealerne ikke vil have incitament til at bære de tilhørende risici. Det kan til sidst konkluderes, at modellen også kan anvendes for virksomhedsobligationer, da niveauerne ses at være realistiske givet de anvendte virkelige input.

Givet det numeriske eksempel og Duffies kritik af The Volcker Rule er det interessant at opstille nogle hypoteser, der kan undersøge, hvorvidt disse konklusioner lavet på baggrund af Duffies kritik og modellens resultater faktisk også afspejles i virkeligheden. Dette vil blive undersøgt i kapitel 6.

Kapitel 6

Empirisk analyse af dealerens adfærd

Afhandlingen har indtil videre gennemgået den teoretiske model, der beskriver dealerens optimale adfærd. Modellen udleder nogle vigtige resultater, der beskriver dealerens optimale adfærd givet afkast- og transaktionsusikkerheder. Ved resultat 3.2.1 og resultat 3.2.2 viste modellen, at de optimale markupper bestemmes ved at tage højde for de tilhørende risikopræmier. Ved resultat 4.2.1 og resultat 4.2.2 viste modellen dernæst, at dealerens markupper kan bestemmes direkte ved hjælp af spread og prisjustering, hvorefter den optimale købs- og salgspris for dealeren kan bestemmes ved ligning (2.1). Dette ledte modellen videre til resultat 4.2.3, der viste, at spreadet kunne bestemmes ved hjælp af det risikoneutrale spread, førsteordensrisikojusteringen og andenordensrisikojusteringen, hvor blandt andet den relative transaktionsstørrelse viste sig at være vigtig. Ved resultat 4.2.4 viste modellen, at prisjusteringen kunne bestemmes som forskellen på salgs- og købsmarkuppen, så spreadet holdes konstant, hvor blandt andet den relative lagerværdi viste sig at være vigtig. Med andre ord ses spreadet at afhænge direkte af den relative transaktionsværdi, hvorimod prisjusteringen afhænger direkte af den relative lagerværdi. Modellens resultater belyste således dealerens adfærd i form af prisningsstrategien baseret på spread og prisjustering. Resultaterne medførte, at den optimale dealersalgspris vil stige ved en positiv ændring i henholdsvis spread og prisjustering, hvorimod dealerkøbsprisen vil henholdsvis falde ved en positiv ændring i spreadet og stige ved en positiv ændring i prisjusteringen. Ved resultat 4.3.1 viste modellen, at den ligeledes kan håndtere asymmetrisk efterspørgsel. Slutteligt blev det i ligning (4.30) vist, at dealeren ikke vil vælge at være dealer i markedet, såfremt hans spread er større end det dobbelte risikoneutrale spread.

Modellens resultater blev anvendt i et numerisk eksempel. Her blev det undersøgt, hvordan spreads, prisjusteringer og dermed priserne vil ændre sig, hvis Duffies forudsigelse af konsekvenserne ved im-

plementeringen af The Volcker Rule viser sig at være korrekte. Konsekvenserne kan nu opsummeres i følgende hypoteser.

1. Spreadet kan ende med at blive større, hvis det skal måle forventningen af den forringede markedslikviditeten. Men der er en stor sandsynlighed for, at det i stedet forbliver på omtrent samme niveau som før implementeringen af The Volcker Rule, da dealeren kan vælge at handle små transaktionsstørrelser. Spreadet vil som et mål for markedslikviditet i givet fald vise, at markedslikviditeten er uændret.
2. Dealerens kollateral vil blive lavere og indikere forringet markedslikviditet.
3. Dealerne vil absorbere mindre af investorernes efterspørgsel.
4. Der vil være færre dealere på markedet.

Duffies kritik blev udgivet i 2012, men The Volcker Rule blev først implementeret d. 1. april 2014. Derfor vil denne afhandling undersøge, om Duffies forudsagte konsekvenser illustreret ved modellens resultater blev afspejlet i virkeligheden. Således undersøges det ved hjælp af virkelig data, hvorvidt modellens resultater kan anvendes til at belyse problemstillingerne for dealerens optimale adfærd efter signifikante ændringer i dealernes handlefrihed.

6.1 Dealerens kapitalforpligtelse

Da undersøgelsen af modellens resultater medfører modsatrettede konklusioner om, hvorvidt markedslikviditeten vil blive forringet eller forbedret alene baseret på spreadet, er det relevant at inddrage et ekstra mål for markedslikviditeten. Udover bid-ask spreadet er dealerens kapitalforpligtelse nemlig også et mål for markedslikviditeten og beskriver, hvorvidt dealerne er i stand til at absorbere investorernes ubalancer ind i sin lagerbeholdning. Med andre ord beskriver størrelsen på kapitalforpligtelsen ændringer i dealerens lagerværdi, som udgør en risiko for dealeren ved ændringer i markedet. Jo større kapitalforpligtelse, desto mere risiko er dealeren eksponeret mod. Kapitalforpligtelsen blev lavere under finanskrisen og faldt yderligere efterfølgende, hvilket indikerer at likviditetsprovisionen i virksomhedsobligationsmarkedet bevæger sig væk fra det tidligere niveau for de banktilknyttede dealers kapitalforpligtelse. Det tyder på, at den overordnede effekt i form af den faldende kapitalforpligtelse er sket som en konsekvens af efterkrise-reguleringerne som The Volcker Rule, der har fokuseret mere på banksektoren i stedet for market making aktiviteterne i sig selv (Bessembinder et. al., 2018).

6.2 Tidsserie- og regressionsanalyse

I dette afsnit vil det blive undersøgt, hvorvidt de teoretiske resultater fra modellen og forventningerne på baggrund af det numeriske eksempel og Duffies kritik af The Volcker Rule passer på virkelig data.

6.2. TIDSSERIE- OG REGRESSIONSANALYSE

For at modellen er relevant i empiriske undersøgelser, vil det nemlig kræve, at dealerens optimale adfærd i modellen ligeledes kan forklare virkeligheden. Analysen vil således undersøge hypoteserne afledt af det numeriske eksempel, som har til formål at afklare, hvorvidt de teoretiske resultater giver en god indikation på dealerens faktiske adfærd. Her vil dealerens kapitalforpligtelse anvendes som et mål for, hvorvidt dealerne absorberer efterspørgslen ind i lagerbeholdningen, hvor en lavere kapitalforpligtelse vil betyde, at markedslikviditet er forringet. Det vil således blive belyst, hvorvidt resultat 4.2.3 og resultat 4.2.4 kan give en god indikation på, hvilken adfærd dealeren vil have i forbindelse med ændringer i bestemte parametre, som for eksempel kan ske i forbindelse med en regulering.

Det er i det numeriske eksempel blevet vist, at dealerens optimale adfærd i forbindelse med The Volcker Rule er, hvor det øgede spread, der primært er afledt af dealerens øgede risikoaversion og lavere kollateral, kan mindskes igen, hvis dealeren vælger at handle små transaktionsmængder. Dealeren vil blive straffet for at tage for meget risiko, hvor store mængder risiko desuden medfører større profitter i forbindelse med prisstigninger. En sådan adfærd vil således tiltrække dealeren unødigt opmærksomhed.

På baggrund af ovenstående analysespørgsmål viser det sig relevant at lave en todelt analyse. Først vil virksomhedsobligationernes bid-ask spreads analyseres med henholdsvis en tidsserie- og regressionsanalyse. Dernæst vil samme tilgang anvendes for kapitalforpligtelsen. En opdeling af perioder følger Bessembinder et. al. (2018), hvor i alt fem perioder defineres. Januar 2006 til juni 2007 defineres som 'Før-krisen', juli 2007 til april 2009 som 'Under krisen', maj 2009 til juni 2010 som 'Post-krisen', juli 2010 til marts 2014 som 'Reguleringsperioden' og til sidst april 2014 til juni 2017 som 'Volcker-perioden'.¹ I denne afhandling tilføjes desuden perioden 'Inden krisen', som strækker sig fra juli 2002 til december 2005.

Klargøring af data

Der tages udgangspunkt i alle handler bortset fra inter-dealer, hvormed kun handler i TRACE data registreret med *Contra Party Indicator*² som 'Customer' beholdes. Da den teoretiske model ikke tillader dealeren at handle med andre dealere, testes modellen således med et sammenligneligt datagrundlag fra den virkelige verden. Det er ikke alle virksomhedsobligationer, der er registreret med en Standard & Poor's (S&P) rating, som er den rating skala, afhandlingen tager udgangspunkt i. Derfor anvendes en kombination af tre rating skalaer. Hvis der findes en rating fra S&P, anvendes denne. Hvis der ikke er registreret en rating for S&P, anvendes enten Moody's eller Fitchs rating skala. Opdelingen af

¹Dog anvender Bessembinder et al. (2018) et halv års mindre data end i denne afhandling. Perioden forlænges derfor blot med halvt år.

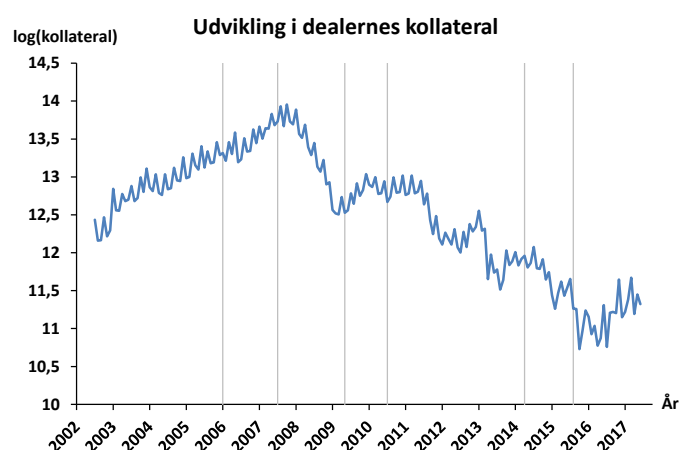
²Contra Party Indicator fortæller, hvilken modpart dealeren har.

virksomhedsobligationer på baggrund af rating grades laves derfor ud fra den anvendte skala, hvor to grupper opnås: Speculative grade og investment grade virksomhedsobligationer. Såfremt der slet ikke er registreret en rating grade, defineres obligationen hverken som speculative eller investment grade.³

I løbet af analysen præsenteres estimater, som viser effekten af forskellige faktorer. Ved hver tabel vil der fremgå en kommentar til, hvordan tabellen skal forstås ud fra en referencegruppe og de øvrige variable. Referencegruppens middelværdiniveau svarer til interceptet og markeres med sort tekst i tabellerne. Denne værdi skal forstås som det niveau, de andre gruppers niveauer sammenlignes med. Estimatet for en given gruppe vil således svare til forskellen i niveau mellem henholdsvis referencegruppens middelværdi, der fremgår af tabellen, og den givne gruppes middelværdi. Disse markeres med blå tekst i tabellerne. Estimerne suppleres med stjerner, som angiver signifikansniveauet for estimatet bestemt ved t-test: *=signifikant på 10%-niveau, **=signifikant på 5%-niveau og ***=signifikant på 1%-niveau. Nulhypotesen for alle tests er, at middelværdien er ens på tværs af perioder.

6.2.1 Dealerens kollateral

Først vil det undersøges, hvorvidt kollateralen vil falde efter post-krise reguleringen. Til dette anvendes Fed Flow of Funds data for primære dealere fra Federal Reserve Bank of New Yorks officielle database.⁴ Primære dealere forventes at anføre deres markedsaktivitet, således at data er retvisende. En primær dealer er en bank eller en finansiel institution, der er en handelsmodpart for en national regering. I dette tilfælde er den primære dealer handelsmodparten for Federal Reserve Bank.



Figur 6.1: Tidsserie for logaritmetransformeret dealerkollateral per måned med markerede periodeinddelinger. Den originale måleenhed er i mio. amerikanske dollars.

³For S&P og Fitch rating skala defineres rating grades fra BBB- og op som investment grade og alle under som speculative grade. For Moody's rating skala defineres rating grades fra Baa3 og op som investment grade og alle under som speculative grade.

⁴Fed data er hentet for samme periode som TRACE data, det vil sige fra juli 2002 til juni 2017.

6.2. TIDSSERIE- OG REGRESSIONSANALYSE

Eftersom kollateralen, anført som modelparameteren Y , på baggrund af Duffies kritik forventes at blive mindre, er det relevant at undersøge udviklingen i kollateralen før og efter implementeringen af The Volcker Rule. Til dette introduceres en periodevariabel til regressionen i form af en indikatorvariabel, der følger definitionen af The Volcker Rules indfasningsperiode fra Allahrakha et al. (2019). Indfasningsperioden varede officielt indtil d. 21. juli 2015. Bankerne forventedes derfor at handle ud fra, at de senest skulle have opfyldt reguleringskravene i slutningen af indfasningsperioden. Ved at opdele Volcker-perioden i to, kan det på den måde undersøges, hvorvidt effekterne afledt af The Volcker Rule primært kan observeres i indfasningsperioden, eller om de er længerevarende. Hermed defineres tre perioder: 'Før Volcker' som før april 2014, 'Volcker-indfasningen' som april 2014 til juli 2015 og 'Efter Volcker-indfasningen' som august 2015 og frem. De to lodrette streger i højre side af figur 6.1 indikerer periodeopdelingerne, der relaterer sig til de omtalte tre perioder. Resten viser opdelingerne af de øvrige perioder.

		Estimat Kollateral
Dealerkollateral	Intercept (Før Volcker)	12,83***
	Volcker-indfasningen	-1,16***
	Efter Volcker-indfasningen	-1,66***

Tabel 6.1: Estimat af den gennemsnitlige dealerkollateral før Volcker-perioden samt i og efter Volcker-indfasningen. Referencegruppen er her 'Før Volcker'.

Det ses af tidsserien i figur 6.1 og estimerne for den gennemsnitlige kollateral i tabel 6.1, at niveauet for kollateralen er signifikant lavere efter implementeringen af The Volcker Rule relativt til før. Her bemærkes det, at kollateralen endda er faldet yderligere efter indfasningsperioden. Allerede siden slutningen af 2007 begyndte kollateralen at falde i niveau, hvilket er fortsat lige siden. Det lavest observerede niveau ses i tidsserien at være i slutningen af 2015 til midten af 2016. Faldet i kollateralen og dermed størrelsen på kapitalen, der tildeles dealerservicen, kan medføre, at udbuddet af market making falder. Den signifikant lavere kollateral efter The Volcker Rule bekræfter dermed Duffies forudsigelse af netop denne konsekvens af reguleringen. Givet resultatet fra regressionen ser den lavere kollateral således ud til at være en længerevarende effekt. Det er derfor spændende at undersøge, hvorvidt den faldende kollateral kan forklare størrelsen på dealerens spread og kapitalforpligtelse, der beskriver dealerens adfærd. Derfor vil sammenhængen mellem kollateralen og spreadstørrelsen først analyseres.

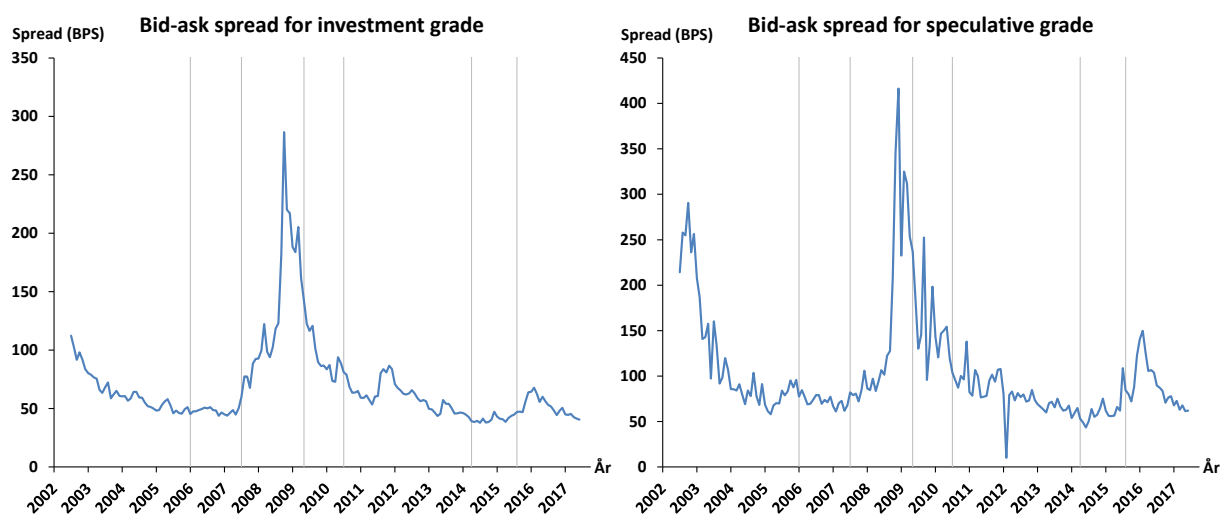
6.2.2 Bid-ask spreadet

Ved anvendelse af TRACE data og den teoretiske model laves et empirisk mål for virksomhedsobligationernes bid-ask spread. Til analysen af spreads er TRACE data filtreret som gennemgået i Dick-Nielsen (2014). Målet baseres dernæst på den gennemsnitlige daglige pris for henholdsvis købs- og

salgstransaktioner per *cusip-id*⁵. I den samlede fordeling skal det vurderes, hvilken vægtning der giver mest mening for spreadet. Her vurderes det, at en vægtning med transaktionsstørrelsen giver bedst mening ved beregning af de gennemsnitlige spreads, eftersom det er teoretisk vist, at spreadet påvirkes af transaktionsstørrelsen. Således opnås de to mål for de gennemsnitlige købs- og salgspriser, P_{salg} og $P_{\text{køb}}$. Bid-ask spreadet bestemmes som forskellen på de to priser delt med medianprisen. Modellen konkluderer, at salgsprisen er højere end købsprisen. Derfor defineres målet for spreadet som

$$\text{Spread} = \frac{P_{\text{salg}} - P_{\text{køb}}}{\frac{P_{\text{salg}} + P_{\text{køb}}}{2}} \quad (6.1)$$

Dernæst bestemmes det gennemsnitlige spread for hver obligation per måned, hvorefter rating grades flettes på og virksomhedsobligationerne deles op i de to rating grupper 'speculative grade' og 'investment grade'. Her fjernes virksomhedsobligationer uden registrerede informationer om deres størrelse, så gennemsnitsværdien per måned på tværs af virksomhedsobligationerne kan vægtes med obligationens størrelse. Således opnås et mål for det gennemsnitlige spread per måned. Tidsserien for spreadet i basispoint for henholdsvis investment og speculative grade virksomhedsobligationer ses i figur 6.2.⁶



Figur 6.2: Tidsserie for bid-ask spreadet i basispoint (BPS) per måned for virksomhedsobligationer for henholdsvis investment grade og speculative grade med markerede periodeinddelinger.

Det ses tydeligt i figur 6.2, at der er perioder, hvor spreadet er betydeligt større end andre. Jo større spreadet er, desto mere usikkerhed er der forbundet med at handle virksomhedsobligationen. Et øget spread betyder, at dealeren sætter priserne, så han skal kompenseres mere for den risiko, han tager. Den større risiko kan ende med et stort tab for dealeren, men kan også ende ud i en stor profit.

⁵Cusip-id er den unikke identifikationskode for virksomhedsobligationer i TRACE data.

⁶Tidsserien for alle rating grades samlet kan findes i bilag A.7.

6.2. TIDSSERIE- OG REGRESSIONSANALYSE

Globale hændelser har en stor indflydelse på virksomhedsobligationsmarkedet. I slutningen af 2001 og i løbet af 2002 skete der op til flere konkurser, som var følger af 'Dot-com'-boblen. Dette medførte af samme årsag større spreads. Finanskrisen, der kom senere, startede med et stigende marked for de amerikanske subprime-lån, der er bankernes långivning i fast ejendom med høj rente og risiko. I forbindelse med et fald i lånestandarder blev der nemlig udstedt flere subprime-lån til låntagere, hvor de økonomiske forhold for låntager var utilstrækkelige. Faldet i boligpriserne tog til i 2007, hvor flere finansielle institutioner begyndte at opleve større tab. I september 2008 gik den amerikanske internationale bank- og finanskoncern Lehman Brothers Holdings Inc. officielt konkurs. Konkursen medførte at krisen kulminerede, og at virksomhedsobligationernes spreads blev historisk høje. Finanskrisen ramte desuden Grækenland hårdt, da deres hovedindustrier var særligt følsomme overfor ændringerne afledt af finanskrisen. Selvom staten forsøgte at holde økonomien gående, kulminerede den græske gældskrise i 2011, som også kan observeres i begge tidsserier i figur 6.2 i form af større spreads. Den nylige globale hændelse, der tydeligt kan observeres i tidsserierne, var i 2016. Her faldt olieprisen brat grundet ubalance i udbud og efterspørgsel af olie.⁷ Dealernes reaktion på baggrund af de gennemgåede hændelser stemmer således fint overens med de teoretiske forventninger på den måde, at en øget risiko alt andet lige vil få dealeren til at øge spreadet.

For at undersøge dynamikken for spreadet nærmere, laves en simpel regression, hvor t-test anvendes til at bestemme signifikansniveauet for resultaterne. I denne del af analysen er spreadet responsvariablen, som bestemmes ud fra TRACE data ved ligning (6.1), hvor periodevariablene er defineret som introduceret i starten af dette afsnit 6.2.

		Estimat Speculative	Estimat Investment
Bid-ask spread	Intercept (Volcker-perioden)	78,56***	47,30***
	Inden krisen	42,17***	17,03***
	Før-krisen	-6,25	0,29
	Under krisen	80,62***	87,18***
	Post-krisen	79,50***	50,23***
	Reguleringsperioden	0,20	12,62**

Tabel 6.2: Estimat af det gennemsnitlige bid-ask spread i perioder angivet i basispoint (BPS) med referencegruppen 'Volcker-perioden' for henholdsvis speculative grade og investment grade virksomhedsobligationer med markeret signifikansniveau.

I tabel 6.2 ses regressionsresultaterne for henholdsvis speculative grade og investment grade virksomhedsobligationer, som viser gennemsnitsspreadet i de angivne perioder. Periodevariablene fungerer som indikatorvariable, hvor estimatet for de respektive perioder lægges til niveauet af det gennemsnit-

⁷Virksomhedsobligationernes spread-historik opsummeret med inspiration fra Morningstar (2020).

lige bid-ask spread i interceptet (referencegruppen), hvormed det gennemsnitlige niveau for den givne periode således bestemmes. For at give en bedre forståelse af resultaterne i tabel 6.2, vises niveauerne for de gennemsnitlige spreadstørrelser i et samlet overblik i tabel 6.3.

Bid-ask spreadet i perioder (BPS)						
	Inden krisen	Før-krisen	Under krisen	Post-krisen	Reguleringsperioden	Volcker-perioden
Speculative grade	120,72	72,30	159,17	158,06	78,76	78,56
Investment grade	64,33	47,59	134,49	97,53	59,92	47,30

Tabel 6.3: Bid-ask spreadet for henholdsvis speculative grade og investment grade virksomhedsobligationer i perioder målt i basispoint (BPS).

Der er flere interessante resultater i tabel 6.2 og 6.3, der beskriver dealerens adfærd og prisningsstrategi. Det bemærkes først og fremmest, at spreadet for investment grade er lavere end for speculative grade. Dette er et forventet resultat og stemmer således overens med det numeriske eksempel og dermed modellen. Speculative grade virksomhedsobligationer er mere usikre end investment grade virksomhedsobligationer, og dealerne kræver derfor større risikopræmier. For eksempel er spreadet i Volcker-perioden 78,56 BPS for speculative grade og blot 47,30 BPS for investment grade. Det bemærkes desuden, at alle estimater er signifikante, bortset fra før-krisen for både speculative og investment grade samt i reguleringsperioden for speculative grade. For investment grade var spreadet signifikant større i reguleringsperioden end i Volcker-perioden, hvilket indikerer et bemærkelsesværdigt mindsket gennemsnitligt spread efter april 2014. Sagt med andre ord, ses der et næsten uændret niveau efter implementeringen af The Volcker Rule for speculative grade og et signifikant mindre for investment grade relativt til reguleringsperioden. Til gengæld minder niveauet i Volcker-perioden for begge rating grupper meget om det, der ses i før-kriseperioden. Det bemærkes desuden, at alle de signifikante estimater indikerer et større bid-ask spread i de respektive perioder. Som forventet er de gennemsnitlige spreads højest under finanskrisen, hvor niveauet er mere end halveret siden. Den gennemsnitlige spreadstørrelse er helt nøjagtigt faldet fra 159,17 BPS i finanskrisen til 78,56 BPS i Volcker-perioden for speculative grade, og fra 134,49 BPS til 47,30 BPS for investment grade. Det vil sige, at spreadet er kommet tilbage på et niveau, der minder meget om niveauet i før-krisen, som var 72,30 BPS for speculative grade og 47,59 BPS for investment grade. De små spreads er et spændende resultat, da de teoretiske resultater i det numeriske eksempel indikerede, at dette kunne ske trods Duffies forventning om den dårligere markedslivviditet. Denne dealeradfærd vil nu undersøges nærmere.

Det blev i afsnit 6.2.1 bekræftet, at dealerkollateralen er faldet siden finanskrisen, og at niveauet efter implementeringen af The Volcker Rule relativt til før også er faldet. Det er derfor interessant at undersøge sammenhængen mellem spreadets og dealerkollateralens niveauer. På baggrund af de

6.2. TIDSSERIE- OG REGRESSIONSANALYSE

teoretiske resultater fra det numeriske eksempel, vil forventningen være, at spreadet alt andet lige bliver større, når kollateralen falder. Periodevariablene indgår nu blot som kontrolvariable for perioderne. Her introduceres kollateralen nu som en kontinuert variabel.

		Estimat Speculative	Estimat Investment
Bid-ask spread	Intercept (Volcker-perioden)	890,24***	385,98***
	Inden krisen	149,85***	61,96***
	Før-krisen	144,01***	62,99***
	Under krisen	220,08***	145,37***
	Post-krisen	182,27***	93,11***
	Reguleringsperioden	67,34***	40,64***
	Kollateral	-71,40***	-29,79***

Tabel 6.4: Estimat af det gennemsnitlige bid-ask spread i perioder givet dealerens kollateral, angivet i basispoint (BPS) med referencegruppen 'Volcker-perioden' for henholdsvis speculative grade og investment grade virksomhedsobligationer inkl. signifikansniveau. Kollateralen markeres ligeledes med sort tekstfarve, da der skal tages højde for denne kontinuerte variabel i alle perioder.

I tabel 6.4 ses det, at alle estimater er signifikante, og at effekten af kollateralen desuden er signifikant negativ for både speculative grade og investment grade. Med andre ord mindskes spreadet med $-71,40$ BPS for speculative grade ved en stigning på en enhed i kollateralen, og med $-29,79$ BPS for investment grade. Dette stemmer fint overens med, at dealeren vil sætte et mindre spread, hvis han har mere kollateral til rådighed. Det bemærkes desuden, at eftersom alle estimater er signifikante, kan effekten af kollateralen ikke alene forklare spreadets størrelse, men alle perioder har ligeledes en signifikant forklaringskraft. Dette er dog den overordnede sammenhæng med kollateralen for alle omtalte perioder. Derfor er det interessant at indføre en ny indikatorvariabel, der viser effekten af kollateralen ved at introducere interaktionen mellem kollateralen og perioderne før The Volcker Rule, i Volcker-indfasningsperioden og efter indfasningen.

		Estimat Speculative	Estimat Investment
Bid-ask spread	Intercept (Volcker-perioden)	454,96	179,75
	Inden krisen	668,62*	310,13
	Før-krisen	666,66*	313,11*
	Under krisen	741,73*	395,00**
	Post-krisen	700,60*	341,06*
	Reguleringsperioden	582,43	286,96
	Kollateral	-77,88***	-33,05***
	Kollateral Volcker-indfasningen	44,19	21,16
	Kollateral efter Volcker-indfasningen	45,17	21,56

Tabel 6.5: Estimat af det gennemsnitlige bid-ask spread i perioder givet dealerens kollateral før og efter implementeringen af The Volcker Rule, angivet i basispoint (BPS) med referencegruppen 'Volcker-perioden' for henholdsvis speculative grade og investment grade virksomhedsobligationer med markeret signifikansniveau. Hovedeffekten fra kollateralen markeres ligeledes med sort tekstfarve, da der skal tages højde for denne kontinuerte variabel i alle perioder.

Det fremgår af regressionen i tabel 6.5, at hovedeffekten af kollateralen ses at være signifikant, og at den nu har stjålet noget af forklaringskraften fra perioderne, særligt fra reguleringsperioden for begge rating grupper samt perioden inden krisen for investment grade. Det vil sige, at kollateralen i højere grad kan forklare spreadets størrelse, særligt før The Volcker Rule. Men det er stadig ikke muligt at forklare spreadstørrelsen fuldstændigt i alle perioder kun ved hjælp af størrelsen på kollateralen. Det bemærkes, at faldet i kollateralen efter implementeringen af The Volcker Rule, vist i tabel 6.1, medfører en mindre negativ sammenhæng mellem kollateralen og spreadet relativt til før implementeringen. Dette ses både i og efter Volcker-indfasningen, hvor estimatet for kollateralen ses at være $-77,88 \text{ BPS} + 44,19 \text{ BPS} = -33,69 \text{ BPS}$ i indfasningen og $-77,88 \text{ BPS} + 45,17 \text{ BPS} = -32,71 \text{ BPS}$ efter indfasningen for speculative grade, og henholdsvis $-11,89 \text{ BPS}$ og $-11,49 \text{ BPS}$ for investment grade. Den mindre negative effekt viser således, at dealeren sætter mindre spreads end før i forbindelse med et fald i kollateralen (kollateralen har altså mindre effekt på størrelsen af spreadet). Men effekterne fra interaktionerne mellem kollateralen og henholdsvis perioden i og efter Volcker-indfasningen ses ikke at være signifikante. Det er derfor ikke muligt på baggrund af regressionen at konkludere, at der er sket en signifikant ændring i sammenhængen mellem spreadet og kollateralen efter The Volcker Rule. Det kan være udefrakommende indvirkninger, der gør, at effekterne ikke er signifikant forskellige fra før implementeringen af The Volcker Rule. En af årsagerne kan for eksempel være oliepris-krisen, som særligt i 2016 viste sig at have stor indflydelse på spreadstørrelsen, der blev øget væsentligt. De gennemsnitlige spreads ville formentlig have været lavere end de observerede efter Volcker-indfasningen, hvis oliepris-krisen ikke var blevet aktuel.

Dealerens adfærd

De statistiske resultater giver dermed følgende information om dealerens adfærd. Bid-ask spreadet for speculative grade og investment grade kommer ned på samme niveau som i før-kriseperioden, hvilket er markant mindre end i de øvrige perioder. Dealerens kollateral bliver mindre efter implementeringen af The Volcker Rule relativt til før. Det kan ud fra tabel 6.4 konkluderes, at en positiv ændring i kollateralen overordnet set medfører en signifikant negativ ændring i spreadet, hvilket stemmer overens med den isolerede test af parameteren Y i det numeriske eksempel, hvor en stigning i denne mindsker spreadet. Regressionen i tabel 6.5 afslørede desuden, at der ikke var en signifikant ændring i sammenhængen mellem spreadet og kollateralen i Volcker-perioden relativt til før, hverken i eller efter indfasningsperioden. På trods af de insignifikante ændringer i effekten af kollateralen, viste analysen et mindre negativt niveau for effekten af kollateralen samt et generelt lavere niveau for spreadet i Volcker-perioden. Dette stemmer overens med konklusionen i det numeriske eksempel om, at dealeren

6.2. TIDSSERIE- OG REGRESSIONSANALYSE

vil sætte lavere spreads efter The Volcker Rule for at undgå at tiltrække unødigt opmærksomhed og risiko. Som det også fremgår af regressionen, var den efficiente handling før The Volcker Rule blot at øge spreadet ved et fald i kollateralen. De globale hændelser har undervejs også haft en indflydelse på størrelsen af spreadet, som kan observeres i tidsserien, og som påvirker resultaterne i regressionen.

Det mindre spread efter The Volcker Rule indikerer, at markedslikviditeten mod forventning er blevet bedre. Regressionen kan heller ikke påvise, at der er sket en signifikant ændring i sammenhængen mellem kollateralen og spreadet. Men kollateralens aftagende udvikling i kombination med de små spreads kombineret tyder på, at hele sandheden ikke afspejles i spreadets størrelse. Faldet i kollateralen tyder nemlig på, at antallet af dealere desuden er faldet. Vi ved fra teorien i modellen, at dealerne kan handle mindre transaktionsmængder, såfremt disse ikke falder under eventuelle minimumsmængder, han skal stå klar til at handle. På denne måde kan den relative transaktionsværdi blive lavere, hvormed dealeren vil sætte mindre spreads grundet den lavere risiko, han opnår. Spreadet tager nemlig ikke højde for transaktionsstørrelsen, der gennemføres. De transaktionsmængder, der udbydes til priserne med de små spreads, kan dermed være begrænsede. Det er derfor ikke sikkert, at store handler til disse priser er mulige (Access to Capital and Market Liquidity, 2017).

Da det i analysen af bid-ask spreadet ikke kunne påvises, at markedslikviditeten er blevet forringet, er det interessant at analysere kapitalforpligtelsen, som er en anden måde at måle markedslikviditeten på. Målet viser nemlig, hvorvidt dealeren absorberer efterspørgslen i markedet ind i sin lagerbeholdning. En lav kapitalforpligtelse vil i så fald indikere, at markedslikviditeten er blevet forringet og vil kunne bekræfte teorien om, at dealeren i stedet for at øge spreadet vælger at absorbere mindre af efterspørgslen og på denne måde undgå store mængder risiko.

6.2.3 Kapitalforpligtelsen

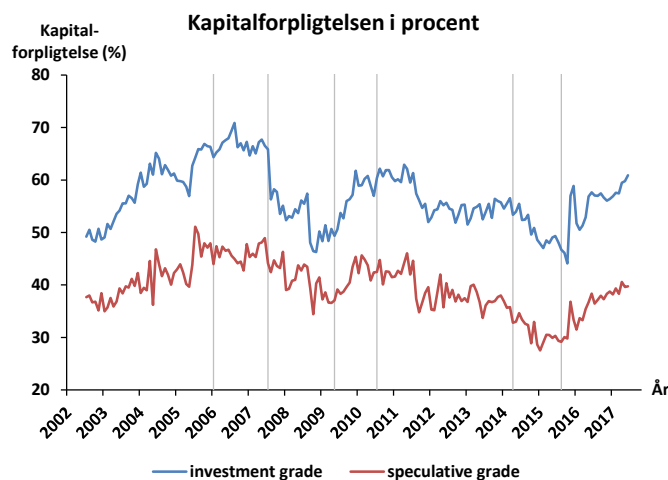
Det kan nu undersøges, hvorvidt dealerne absorberer investorernes efterspørgsel ved anvendelse af TRACE data og definitionen af kapitalforpligtelsen fra Bessembinder et al. (2018).⁸ Til analysen af kapitalforpligtelsen filtreres TRACE data igen som i Dick-Nielsen (2014). Dernæst bestemmes den gennemsnitlige daglige transaktionsstørrelse for henholdsvis købs- og salgstransaktioner per *cusip-id*. Målet baseres på dealernes tilbøjelighed til at tillade investorerne at handle og dermed forskyde lagerværdien væk fra niveauet i starten af dagen, men uden at regulere den nye lagerværdi før i slutningen af dagen. Det empiriske mål bestemmes derfor ud fra den absolutte forskel i dealerens gennemsnitlige købs- og salgsvolumen per dag, $|Q_{\text{køb}} - Q_{\text{salg}}|$, samt den gennemsnitlige handelsvolumen per dag, der

⁸Den omtalte kapitalforpligtelse tager udgangspunkt i Bessembinder et al. (2018)s mål 'Overnight capital commitment', som er en af flere måder, kapitalforpligtelsen kan beskrives på.

bestemmes som den absolutte størrelse af alle transaktioner per dag, $|Q_{\text{køb}}| + |Q_{\text{salg}}|$. Målet er således forholdet mellem den absolutte forskel og den samlede absolutte handelsvolumen, hvor resultatet fås som procentdelen af den daglige handelsaktivitet, der holdes i dealerens lagerbeholdning over natten.

$$\text{Kapitalforpligtelse}_{pct} = \frac{|Q_{\text{køb}} - Q_{\text{salg}}|}{|Q_{\text{køb}}| + |Q_{\text{salg}}|} \quad (6.2)$$

Når kapitalforpligtelsen per virksomhedsobligation og dag er bestemt, *trimmes* den gennemsnitlige transaktionsstørrelse, hvor de 1% største transaktioner fjernes fra analysen. Dette gøres for at fjerne indflydelsesrige outliers. Informationer om rating tilføjes, og virksomhedsobligationerne deles op i de to grupper 'speculative grade' og 'investment grade'. Igen fjernes virksomhedsobligationer uden information om deres størrelse, således at den gennemsnitlige kapitalforpligtelse nu kan bestemmes per måned på tværs af obligationerne ved at vægte kapitalforpligtelsen med obligationens størrelse. Tidsserien for kapitalforpligtelsen målt i procent for henholdsvis investment grade og speculative grade virksomhedsobligationer ses i figur 6.3.⁹



Figur 6.3: Tidsserie for kapitalforpligtelsen i procent per måned for henholdsvis investment grade og speculative grade virksomhedsobligationer med markerede periodeinddelinger.

De tydelige ændringer i kapitalforpligtelsen i tidsserien i figur 6.3 tyder på, at der er sket et stort dyk i kapitalforpligtelsen i forbindelse med finanskrisen i 2007-2009, hvorefter kapitalforpligtelsen efter finanskrisen kom tilbage på et højere niveau. Efter implementeringen af The Volcker Rule i april 2014 ses der at ske endnu et stort dyk i kapitalforpligtelsen, hvilket kan tyde på, at Duffie havde ret i sin kritik af reguleringen, hvormed dealerne ikke vil være villige til at absorbere ligeså store mængder efterspørgsel som før implementeringen. Et supplerende resultat fra Bessembinder et al. (2018) er, at de banktilknyttede dealere har sænket kapitalforpligtelsen, hvorimod de ikke-banktilknyttede dealere

⁹Tidsserien for alle rating grades samlet kan findes i bilag A.8.

6.2. TIDSSERIE- OG REGRESSIONSANALYSE

har øget den. Dette støtter op om forudsigelserne i Duffie (2012), hvor de ikke-banktilknyttede dealere vil absorbere noget af den efterspørgsel, som de banktilknyttede dealere ikke længere er villige til at absorbere. En anden spændende udvikling i kapitalforpligtelsen er, at på trods af faldet i Volcker-indfasningsperioden, har der været en stigende tendens i kapitalforpligtelsen fra midten af 2016 og frem, som er efter indfasningen. Dette resultat kan tyde på, at markedslikviditeten igen er begyndt at blive forbedret, da dealerne begynder at absorbere mere af efterspørgslen ind i deres lagerbeholdning. Dette vil blive uddybet senere i analysen.

Dynamikken for kapitalforpligtelsen undersøges med simpel regression, hvor t-test anvendes til at bestemme signifikansniveauet for resultaterne. I denne analyse er kapitalforpligtelsen nu responsvariablen. Resultaterne i analysen skal aflæses på samme måde som i analysen af bid-ask spreads.

		Estimat Speculative	Estimat Investment
Kapitalforpligtelse	Intercept (Volcker-perioden)	34,04***	53,18***
	Inden krisen	7,00***	4,92***
	Før-krisen	11,98***	13,60***
	Under krisen	7,01***	0,08
	Post-krisen	7,53***	3,42**
	Reguleringsperioden	4,80***	3,19***

Tabel 6.6: Estimat af den gennemsnitlige kapitalforpligtelsen i perioder angivet i procent (%) med referencegruppen 'Volcker-perioden' for henholdsvis speculative grade og investment grade virksomhedsobligationer med markeret signifikansniveau.

I tabel 6.6 ses resultatet af undersøgelsen af dealerens adfærd i form af kapitalforpligtelsen for henholdsvis speculative grade og investment grade virksomhedsobligationer, der viser den gennemsnitlige kapitalforpligtelse i procent i de angivne perioder. Som for spreads opstilles en overskuelig tabel med de gennemsnitlige kapitalforpligtelser i procent i tabel 6.7.

Kapitalforpligtelse i perioder (%)						
	Inden krisen	Før-krisen	Under krisen	Post-krisen	Reguleringsperioden	Volcker-perioden
Speculative grade	41,04	46,02	41,05	41,57	38,84	34,04
Investment grade	58,10	66,78	53,26	56,60	56,37	53,18

Tabel 6.7: Kapitalforpligtelsen for henholdsvis speculative grade og investment grade virksomhedsobligationer i perioder målt i procent.

Også her er der flere interessante resultater. Først bemærkes det, at alle resultater er signifikante bortset fra under krisen for investment grade virksomhedsobligationerne. Dette skyldes et fald i kapitalforpligtelsen for investment grade virksomhedsobligationerne under finanskrisen, hvor det faldt fra 66,78% i før-krisen til 53,26% under krisen, som tilsvarende niveauet i Volcker-perioden på 53,18%. Selv samme

dyk kan ses tydeligt i figur 6.3. Grunden til det store dyk i kapitalforpligtelsen for investment grade relativt til speculative grade skyldes, at transaktionsomkostningerne blev mere end fordoblet under finanskrisen for investment grade (Bessembinder et al., 2018). Speculative grade virksomhedsobligationerne havde blot en beskedne stigning i transaktionsomkostningerne og oplevede et mindre dyk i kapitalforpligtelsen. Efter finanskrisen steg kapitalforpligtelsen 0,52% for speculative grade og 3,34% for investment grade, men niveauet er sidenhen blevet ved med at falde til et niveau, som er nået langt under niveauet både inden krisen og i før-kriseperioden.

Kollateralen og kapitalforpligtelsen analyseres nu med henblik på at undersøge sammenhænge mellem de to.

		Estimat Speculative	Estimat Investment
Kapitalforpligtelse	Intercept (Volcker-perioden)	-12,96*	-16,51*
	Inden krisen	0,77	-4,32***
	Før-krisen	3,28**	0,70
	Under krisen	-1,07	-11,90***
	Post-krisen	1,58	-5,41***
	Reguleringsperioden	0,91	-2,57**
	Kollateral	4,13***	6,13***

Tabel 6.8: Estimat af den gennemsnitlige kapitalforpligtelse i perioder givet dealerens kollateral, angivet i procent (%) med referencegruppen 'Volcker-perioden' for henholdsvis speculative grade og investment grade virksomhedsobligationer inkl. signifikansniveau. Kollateralen markeres ligeledes med sort tekstfarve, da der skal tages højde for denne kontinuerte variabel i alle perioder.

I tabel 6.8 ses det, at estimaterne for kollateralen er signifikant positive, hvormed en øget kollateral vil øge kapitalforpligtelsen signifikant. Men andre ord stiger kapitalforpligtelsen signifikant med 4,13% for speculative grade ved en stigning på en enhed i kollateralen, hvor den stiger med 6,13% for investment grade. Dette stemmer fint overens med, at en dealer vil have incitament til at absorbere mere af efterspørgslen ind i sin lagerbeholdning, hvis han har en større kollateral til rådighed. Han vil i så fald have mere kollateral til at dække de risici, han tager. Effekten af kapitalforpligtelsen bemærkes at være større for investment grade end speculative grade, hvilket stemmer overens med, at speculative grade er mere usikker end investment grade. Derfor vil dealeren øge kapitalforpligtelsen mere for investment grade ved en stigning i kollateralen relativt til for speculative grade ved samme stigning i kollateralen, da samme størrelse på kapitalforpligtelsen for speculative grade ville indebære mere risiko. Det er desuden interessant, at kollateralen ses at stjæle forklaringskraft fra alle perioder for speculative grade, bortset fra før-kriseperioden, som for både speculative og investment grade er på sit højeste med henholdsvis 46,02% og 66,78% kapitalforpligtelse. Der ses dog fortsat en signifikant forklaringskraft i alle perioder bortset fra i før-krisen for investment grade. I før-krisen var kollateralen stigende og på

6.2. TIDSSERIE- OG REGRESSIONSANALYSE

sit højeste gennemsnitsniveau, som vist i figur 6.1. Her var kapitalforpligtelsen ligeledes på sit højeste gennemsnitsniveau. Det vil sige, at kollateralen kan forklare den høje kapitalforpligtelse i før-krisen, men at størrelsen på kollateralen i sig selv ikke er nok til at forklare kapitalforpligtelsen i alle perioder. Derfor indføres igen en indikatorvariabel, der undersøger interaktionen mellem kollateral og perioden før The Volcker Rule, i Volcker-indfasningen og efter indfasningen.

		Estimat Speculative	Estimat Investment
Kapitalforpligtelse	Intercept (Volcker-perioden)	-26,14	-28,98
	Inden krisen	-8,08	-15,86
	Før-krisen	-6,59	-11,95
	Under krisen	-10,68	-24,27
	Post-krisen	-7,15	-16,82
	Reguleringsperioden	-6,96	-13,05
	Kollateral	5,85***	8,00***
	Kollateral Volcker-indfasningen	-0,96	-1,20
	Kollateral efter Volcker-indfasningen	-0,28	-0,47

Tabel 6.9: Estimat af den gennemsnitlige kapitalforpligtelse i perioder givet dealerens kollateral før og efter implementeringen af The Volcker Rule, angivet i procent (%) med referencegruppen 'Volcker-perioden' for henholdsvis speculative grade og investment grade virksomhedsobligationer med markeret signifikansniveau. Hovedeffekten fra kollateralen markeres ligeledes med sort tekstfarve, da der skal tages højde for denne kontinuerte variabel i alle perioder.

Det kan ud fra tabel 6.9 konkluderes, at hovedeffekten af kollateralen har stjålet forklaringskraft fra alle perioder, og at der således fortsat er en signifikant og tydelig positiv sammenhæng mellem henholdsvis kapitalforpligtelsens og kollateralens niveau. Dette gør sig både gældende for speculative grade med et estimat for effekten af kollateralen på 5,85% og for investment grade på 8,00%. Faldet i kollateralen i Volcker-perioden vist i tabel 6.1 bidrager her med en insignifikant lavere effekt af kapitalforpligtelsen efter implementeringen relativt til før for både speculative grade og investment grade virksomhedsobligationer. Forskellen i Volcker-indfasningen er lidt mere negativ (−0,96% for speculative og −1,20% for investment grade) end efter indfasningen (−0,28% for speculative og −0,47% for investment grade). Dette er et spændende resultat, der siger, at kapitalforpligtelsen øges lidt mere ved en ændring i kollateralen på en enhed efter indfasningsperioden end i indfasningen. Dog er ingen af disse ændringer signifikante, hvormed det kan konkluderes, at kapitalforpligtelsens niveau ikke har en signifikant anderledes sammenhæng med kollateralens niveau hverken i Volcker-indfasningsperioden eller efter indfasningen.

De gennemgåede resultater støtter således op om, at efter-krise reguleringer, der fokuserede på banking, har bidraget til dealernes reduktion af kapitalforpligtelse i virksomhedsobligationsmarkedet i de senere år gennem den lavere kollateral. Det overordnede fald i udbuddet af market making støtter ifølge Bessembinder et al. (2018) op om Duffies kritikpunkt, der indebærer, at de ikke-banktilknyttede dealere

ser ud til at udfylde tomrummet, der efterlades af bankerne. Men ikke-banktilknyttede dealere er signifikant mindre end de banktilknyttede dealere, så de har endnu ikke fuldstændig opvejet faldet i de banktilknyttede dealers kapitalforpligtelse (Bessembinder et al., 2018). Denne afhandling håndterer et halv års ekstra data end Bessembinder et al. (2018), hvor det kan ses, at den stigende tendens, der kan observeres i figur 6.3, er fortsat siden 2016. Denne tendens indikerer, at markedslikviditeten, med kapitalforpligtelsen som et mål for dette, er begyndt at blive endnu bedre, samt at de ikke-banktilknyttede dealere kan have opnået en større markedsandel nu end vist i Bessembinder et al. (2018).

Dealerens adfærd

Ved hjælp af analysen af kapitalforpligtelsen, kan det således konkluderes, at der er en signifikant sammenhæng mellem dealerens kollateral og hans villighed til at absorbere investorernes efterspørgsel ind i sin lagerbeholdning. Det konkluderes også, at der er sket en signifikant ændring i niveauet for den gennemsnitlige kapitalforpligtelse, der er faldet til et niveau, der ligger langt under niveauet inden krisen. Dette stemmer overens med det numeriske eksempel og dermed modellen, hvor efterspørgslen som forventet ikke ville blive absorberet. Med andre ord kan det konkluderes, at rollerne for virksomhedsobligationsdealerne har ændret sig i de senere år. De banktilknyttede dealere er mindre tilbøjelige til at spille rollen som en traditionel dealer efter, at de blev underlagt kravene fra The Volcker Rule, hvor de forpligter kapital og absorberer investorernes ubalancer. De ikke-banktilknyttede dealere har derimod øget deres markedsandel og er dermed mere villige til at forpligte kapital på trods af deres lavere før-krise niveauer. Dog er der sket et overordnet fald i udbuddet af market making.

Således blev det ved hjælp af kapitalforpligtelsen og kollateralen bekræftet, at markedslikviditeten er blevet forringet, selvom analysen af de små spreads indikerede det modsatte. Dette skyldes netop dealernes regulerede incitamenters afledt af implementeringen af The Volcker Rule, herunder den lavere kollateral.

Kapitel 7

Konklusion

Denne afhandling har således belyst problemstillingen, der omhandlede hvorvidt post-krise reguleringen The Volcker Rule påvirkede dealernes adfærd samt medførte en mindre lagerbeholdning. Til dette blev en model af Ho & Stoll anvendt som en teoretisk forklaring af dealerens adfærd. De samlede dynamikkerne for modelparametrene blev dernæst undersøgt ud fra Darrell Duffies kritik af reguleringen, hvilket motiverede en empirisk analyse. Denne havde formålet at vise udviklingen af spreadet og kapitalforpligtelsen i perioder, hvor effekten af kollateralen før The Volcker Rule samt i og efter The Volcker Rules indfasningsperiode desuden blev undersøgt.

Den teoretiske model beskrev således dealerens optimale adfærd, når der tages højde for afkast og transaktionsusikkerheder. Her blev det vist, hvordan dealerne vil forskyde priserne op og ned på baggrund af en ubalance i lagerbeholdningen for at påvirke investorerne og blive kompenseret korrekt for henholdsvis et dealerkøb og -salg. Dealeren maksimerede på denne måde nytten af hans endelige formue. Modellen viste også, hvordan dealeren sætter sit spread på baggrund af afkast- og transaktionsusikkerheder samt efterspørgslen, kollateralen og risikoaversionen. Givet kritikken i Duffie (2012) blev det i det numeriske eksempel konkluderet, at dealeren ikke vil absorbere ligeså meget efterspørgsel efter implementeringen af reguleringen relativt til før, hvor handelsintensiteten vil falde. Modellens resultater viste desuden, at spreadet som udgangspunkt vil blive større, når kollateralen falder og risikoaversionen stiger. Men hvis dealeren vælger at handle væsentligt mindre transaktionsstørrelser, vil spreadet mindskes igen og effekten af kollateral og risikoaversion således udlignes. Den ellers forringede markedslivviditet vil på den måde kunne skjules i små spreads, hvor mængden, der udbydes til priserne med de små spreads, vil være begrænset. Det blev desuden vist, at dealeren ikke vil vælge at være dealer i markedet, hvis hans optimale spread overstiger det spread, hvor der ikke vil være

efterspørgsel efter dealerservicen. Modellens reaktion på kritikken afspejlede dermed konsekvenserne af implementeringen. Dog var et af de store kritikpunkter, at markedslikviditeten ville falde, hvilket ikke blev afspejlet tilstrækkeligt i spreadet. Eksemplet motiverede en empirisk analyse, hvis formål var at analysere, hvad der faktisk skete efter The Volcker Rule.

Den empiriske analyse viste, at den gennemsnitlige størrelse på spreadet i Volcker-perioden (april 2014 og frem) blev ligeså lille som i før-kriseperioden (januar 2006 til juni 2007), samt at der er en signifikant negativ sammenhæng mellem størrelsen på spreadet og kollateralen. Trods den observerede mindre negative sammenhæng efter The Volcker Rule, kunne det ikke konkluderes, at effekten af kollateralen var signifikant anderledes efter The Volcker Rule relativt til før, hvormed markedslikviditeten mod forventning så forbedret ud. Den signifikant mindre kollateral i Volcker-perioden satte dog spørgsmålstejn ved spreadet som et mål for markedslikviditet. Her blev kapitalforpligtelsen introduceret som et nyt mål for markedslikviditeten, der afspejlede dealerens incitament til at absorbere investorernes efterspørgsel ind i sin egen lagerbeholdning. Der blev observeret en signifikant positiv sammenhæng mellem kapitalforpligtelsen og kollateralen, hvor kollateralen havde en tydelig forklaringskraft og dermed kan forklare kapitalforpligtelsens størrelse. Da der ingen signifikante ændringer var i denne sammenhæng i og efter Volcker-indfasningen, kunne det således konkluderes, at dealerne ikke har incitament til at absorbere ligeså meget af efterspørgslen som før The Volcker Rule, fordi han har en lavere kollateral. Analysen viste desuden, at der skete et overordnet fald i udbuddet af market making samt en migration af market making til udenfor den regulerede banksektor. Med kapitalforpligtelsen som et mål for markedslikviditeten blev Duffies forudsigelser bekræftet. Dealernes adfærd efter implementeringen af The Volcker Rule konkluderes således at være at absorbere mindre af efterspørgslen og handle mindre transaktionsstørrelser, hvilket medfører små spreads og en mindre kapitalforpligtelse. Det vil sige, at markedslikviditeten forringes, hvor spreadet efter reguleringen vil skjule informationer om likviditeten i markedet. Markedslikviditeten kan dermed ikke baseres alene på spreadets størrelse. Afslutningsvist blev den stigende tendens i tidsserien for kapitalforpligtelsen fra 2016 og frem pointeret som en spændende udvikling, der kunne tyde på, at dealerne som helhed begynder at absorbere mere af efterspørgslen ind i deres lagerbeholdning og markedslikviditeten således er på vej mod en forbedring.

Med de teoretiske og empiriske resultater kan det således konkluderes, at modellen af Ho & Stoll (1981) kan anvendes på virksomhedsobligationer med formålet at forudsige konsekvenserne af en regulering i virkeligheden. Reguleringen The Volcker Rule kan således konkluderes at have haft en indflydelse på dealerens adfærd og dermed dealernes mindre lagerbeholdning, de små spreads og markedslikviditeten efter The Volcker Rule.

Bilag A

Bilag

A.1 Itô's Lemma med spring-diffusionsproces i flere dimensioner

Itô's Lemma med spring-diffusionsproces¹

Først betragtes en funktion, $f(t, x)$, der er kontinuert dobbelt-differentiabel i x samt kontinuert differentiable i t . Da er Itô spring-diffusionsprocessen en stokastisk proces $(X_t)_{t \geq 0}$ beskrevet ved den stokastiske differentialligning

$$dX_t = \mu_t dt + \sigma_t dZ_t + H_t dN_t \quad (\text{A.1})$$

hvor processens spring sker samtidig med Poisson-processens. Springene er givet ved de stokastiske variable H_t , hvis springet sker til tid t , og de antages at være uafhængige af Poisson-processen. Den stokastiske proces $(N_t)_{t \geq 0}$ er en Poisson-proces, hvor den stokastiske differentialligning, dN_t , har følgende udfald

$$dN_t = N_{t+dt} - N_t = \begin{cases} 0 & \text{med ssh. } 1 - \lambda dt \\ 1 & \text{med ssh. } \lambda dt \end{cases} \quad (\text{A.2})$$

Derfor kan Poisson-processen med spring i sig selv skrives som $dP_t = H_t dN_t$.

Det antages, at μ_t og σ_t er tilpasset filtreringen genereret af Z_s og N_s indtil tid t , hvor $s < t$. Det vil sige, at de er funktioner af henholdsvis Wiener- og Poisson-sporet indtil tid t . Desuden antages $f(t, X_t)$ at være betinget uafhængig af dN_t givet filtreringen. For at forsimple udtrykket undervejs i udledningen er det praktisk at definere dD_t som diffusionsdelen af processen i differentialligningen (A.1):

$$dD_t = \mu_t dt + \sigma_t dZ_t \quad (\text{A.3})$$

Først bestemmes den afledte af $f(t, X_t)$ med hensyn til x . Det er netop her, Itô's Lemma kan anvendes. Først opstilles $df(t, X_t)$ for de to tilfælde vist i (A.2):

$$df(t, X_t) = f(t + dt, X_{t+dt}) - f(t, X_t) \quad (\text{A.4})$$

$$= \begin{cases} f(t + dt, X_t + dD_t) - f(t, X_t) & \text{med ssh. } 1 - \lambda dt \\ f(t + dt, X_t + H_t + dD_t) - f(t, X_t) & \text{med ssh. } \lambda dt \end{cases} \quad (\text{A.5})$$

De to tilfælde kan nu undersøges og omskrives hver for sig og dernæst samles i et udtryk for Itô's Lemma.

¹Udledningen af Itô's Lemma laves med inspiration fra Department EMS, Birkbeck (2013).

Itô's Lemma for tilfælde med ssh. $1 - \lambda dt$

Itô's Lemma bestemmes først for tilfældet, der sker med sandsynlighed $1 - \lambda dt$. I dette tilfælde sker der ikke et spring. Vi kan derfor anvende den simple udgave af Itô's Lemma, så

$$df(t, X_t) = f'(t, X_t) dt + f'(t, X_t) dD_t + \frac{1}{2} f''(t, X_t) (dD_t)^2 \quad (\text{A.6})$$

med sandsynlighed $1 - \lambda dt$.

Itô's Lemma for tilfælde med ssh. λdt

Det er muligt at omskrive udtrykket for tilfældet, der sker med sandsynlighed λdt , så vi også kan bruge Itô's Lemma her. Dette gøres ved at tilføje $f(t + dt, X_t + H_t) - f(t + dt, X_t + H_t) = 0$, så

$$df(t, X_t) = \underbrace{f(t + dt, X_t + H_t + dD_t) - f(t + dt, X_t + H_t)}_{*} + f(t + dt, X_t + H_t) - f(t, X_t) \quad (\text{A.7})$$

Vi kan nu anvende Itô's Lemma på (*), så vi opnår udtrykket

$$\begin{aligned} df(t, X_t) &= f'(t, X_t) dt + f'(t + dt, X_t + H_t) dD_t + \frac{1}{2} f''(t + dt, X_t + H_t) (dD_t)^2 \\ &\quad + f(t + dt, X_t + H_t) - f(t, X_t) \end{aligned} \quad (\text{A.8})$$

med sandsynlighed λdt .

Itô's Lemma for det samlede udtryk

Vi tager nu højde for dN_t i Itô's Lemma ved at samle de to udtryk fra (A.6) og (A.8), så

$$\begin{aligned} df(t, X_t) &= f'(t, X_t) dt + f'(t, X_t) dD_t + \frac{1}{2} f''(t, X_t) (dD_t)^2 \\ &\quad + ((f'(t + dt, X_t + H_t) - f'(t, X_t)) dt + (f'(t + dt, X_t + H_t) - f'(t, X_t)) dD_t \\ &\quad + \frac{1}{2} (f''(t + dt, X_t + H_t) - f''(t, X_t)) (dD_t)^2 + (f(t + dt, X_t + H_t) - f(t, X_t)) dN_t \end{aligned} \quad (\text{A.9})$$

Her sørger introduktionen af forskellene $f(t + dt, X_t + H_t) - f(t, X_t)$, $f'(t + dt, X_t + H_t) - f'(t, X_t)$ og $f''(t + dt, X_t + H_t) - f''(t, X_t)$ netop for at beskrive springene, når udtrykket samles. Vi får beskrevet resten af processen ved første linje af (A.9), og vi får dermed samlet et udtryk for $df(t, X_t)$, som er beskrevet ved både Wiener- og Poisson-processen. Vi kender de mulige udfald af dN_t fra (A.2), hvormed de to sidste linjer afhænger af, om der sker et spring.

For at få et overblik over delene af $df(t, X_t)$ fra (A.9), ganges først dN_t ind, så vi ser opdelingen af henholdsvis Itô- og spring-delen fundet i (A.8), så

$$\begin{aligned} df(t, X_t) &= f'(t, X_t) dt + f'(t, X_t) dD_t + \frac{1}{2} f''(t, X_t) (dD_t)^2 \\ &+ ((f'(t + dt, X_t + H_t) - f'(t, X_t)) dt + (f'(t + dt, X_t + H_t) - f'(t, X_t)) dD_t \\ &+ \frac{1}{2} (f''(t + dt, X_t + H_t) - f''(t, X_t)) (dD_t)^2) dN_t + (f(t + dt, X_t + H_t) - f(t, X_t)) dN_t \end{aligned} \quad (\text{A.10})$$

Dernæst ganges dN_t ind i Itô-delen, så

$$\begin{aligned} &= f'(t, X_t) dt + f'(t, X_t) dD_t + \frac{1}{2} f''(t, X_t) (dD_t)^2 \\ &+ (f'(t + dt, X_t + H_t) - f'(t, X_t)) \underbrace{dt dN_t}_{\bullet} + (f'(t + dt, X_t + H_t) - f'(t, X_t)) \underbrace{dD_t dN_t}_{\bullet} \\ &+ \frac{1}{2} (f''(t + dt, X_t + H_t) - f''(t, X_t)) \underbrace{(dD_t)^2 dN_t}_{\bullet} + (f(t + dt, X_t + H_t) - f(t, X_t)) dN_t \end{aligned} \quad (\text{A.11})$$

hvor det nu kan vises, at produkterne i $(\bullet)$ alle giver 0. Eftersom vi beskrev dD_t ved (A.3), indgår både dZ_t og dt nu sammen med dN_t . Det er derfor helt nøjagtig produkterne $dt dZ_t$, $dt dN_t$, $dZ_t dN_t$, $(dt)^2 dN_t$, $(dZ_t)^2 dN_t$ og $dt dZ_t dN_t$, der undersøges.

Det kan vises, at $dD_t dN_t$ og $(dD_t)^2 dN_t$ har forventningen 0. Vi ved for eksempel, at $\mathbb{E}(dN_t) = \mathbb{E}(N_{t+dt} - N_t) = \lambda(t + dt - t) = \lambda dt$ samt $\mathbb{E}(dZ_t) = \mathbb{E}(Z_{t+dt} - Z_t) = 0$, hvormed

$$\mathbb{E}(dZ_t dN_t) = \mathbb{E}(dZ_t) \mathbb{E}(dN_t) = 0 \cdot \lambda dt = 0 \quad (\text{A.12})$$

I processen er dt meget små stigninger i tid. Derfor vil dt^2 være så lille, at $dt^2 \approx 0$, hvormed $(dt)^2 \ll dt$. $(dt)^2$ har dermed ingen effekt og denne sættes derfor blot til nøjagtig 0. $(dZ_t)^2$ kan egentlig skrives $(dZ_t)^2 \approx (\sqrt{dt})^2 = dt$, da $dZ_t = \sqrt{dt}$ grundet kvadratisk variation i Wiener-processen. Eftersom $dZ_t = \sqrt{dt}$, er $dt dZ_t = dt \sqrt{dt} = (dt)^{\frac{1}{2}} (dt)^{\frac{1}{2}} = (dt)^{\frac{1}{2} + \frac{1}{2}} = (dt)^{\frac{3}{2}}$, hvormed samme tilgang kan bruges som for dt^2 , hvormed $(dt)^{\frac{3}{2}} \approx 0$, da $(dt)^{\frac{3}{2}} \ll dt$. Det vil sige, at $dt dZ_t = 0$. Da er $dt dN_t = dZ_t dN_t = (dt)^2 dN_t = (dZ_t)^2 dN_t = 0 \Rightarrow dD_t dN_t = (dD_t)^2 dN_t = dt dZ_t dN_t = 0$ i forventningen.

Vi står nu tilbage med et udtryk, der er simplificeret og er på formen

$$df(t, X_t) = f'(t, X_t) dt + f'(t, X_t) dD_t + \frac{1}{2} f''(t, X_t) (dD_t)^2 + (f(t + dt, X_t + H_t) - f(t, X_t)) dN_t$$

A.1. ITÔS LEMMA MED SPRING-DIFFUSIONS PROCES I FLERE DIMENSIONER

som også kan skrives:

$$df(t, X_t) = \frac{\partial f}{\partial t} dt + \frac{\partial f}{\partial x} dD_t + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} (dD_t^2) + (f(t+dt, X_t + H_t) - f(t, X_t)) dN_t \quad (\text{A.13})$$

Omskrivning af $(f(t+dt, X_t + H_t) - f(t, X_t)) dN_t$

Vi betragter nu udtrykket, hvor springene beskrives.

$$\begin{aligned} (f(t+dt, X_t + H_t) - f(t, X_t)) dN_t &= (f(t+dt, X_t + H_t) - f(t, X_t))(dN_t - \lambda dt) \\ &\quad + \lambda(f(t+dt, X_t + H_t) - f(t, X_t)) dt \end{aligned} \quad (\text{A.14})$$

Vi lader intensiteten λ variere med tid og tilstand, hvor den nu inhomogene Poisson-proces opfylder, at vi i forventningen har:

$$\mathbb{E}(dN_t - \lambda dt) = \mathbb{E}(dN_t) - \mathbb{E}(\lambda dt) = \lambda dt - \lambda dt = 0 \quad (\text{A.15})$$

En inhomogen Poisson-proces ligner en almindelig Poisson-proces bortset fra, at den gennemsnitlige ankomstrate må variere over tid. Vi kan nu konkludere, at i forventningen er

$$\mathbb{E}((f(t+dt, X_t + H_t) - f(t, X_t)) dN_t) = \lambda(f(t+dt, X_t + H_t) - f(t, X_t)) dt \quad (\text{A.16})$$

Intuitivt giver dette god mening, da vi derved altid kan nulstille den underliggende Poisson-proces efter ethvert spring, indtil næste spring sker, hvormed processen vil opføre sig "homogent". Det vil sige, at $dN_t - \lambda dt$ netop er det, der kompenserer, og som er 0 i forventningen.

Itô's Lemma i flere dimensioner

Da dealerens samlede formue består af F , I og Y , skal alle tre tilstandsvariable senere kunne introduceres i (A.1). Det vil sige, at vi skal anvende Itô's Lemma i flere dimensioner. Denne har formen

$$d\mathbf{X}_t = \boldsymbol{\mu}_t dt + \boldsymbol{\sigma}_t d\mathbf{Z}_t + \mathbf{H}_t dN_t \quad (\text{A.17})$$

hvor vi fra (A.3) ved, at

$$d\mathbf{D}_t = \boldsymbol{\mu}_t dt + \boldsymbol{\sigma}_t d\mathbf{Z}_t \quad (\text{A.18})$$

Her er $\mathbf{D}_t = (D_t^1, D_t^2, \dots, D_t^n)^\top$ en vektor af Itô-processer og $\mathbf{N}_t = (N_t^1, N_t^2, \dots, N_t^n)^\top$ er en vektor af Poisson-processer. Itô's Lemma i flere dimensioner giver ved anvendelse af (A.13), (A.17) og (A.18)

$$df(t, \mathbf{X}_t) = \frac{\partial f}{\partial t} dt + (\nabla_X f)^\top d\mathbf{D}_t + \frac{1}{2} (d\mathbf{D}_t)^\top (\mathbf{M}_X f) d\mathbf{D}_t + (f(t+dt, \mathbf{X}_t + \mathbf{H}_t) - f(t, \mathbf{X}_t)) d\mathbf{N}_t \quad (\text{A.19})$$

hvor $\nabla_X f$ er gradienten for f med hensyn til $\mathbf{X}$,

$$\nabla_X f = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x_1} \\ \vdots \\ \frac{\partial f}{\partial x_n} \end{bmatrix} \quad (\text{A.20})$$

og $\mathbf{M}_X f$ er Hessematricen for f med hensyn til $\mathbf{X}$,

$$\mathbf{M}_X f = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_2} & \cdots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_n} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2^2} & \cdots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_2} & \cdots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n^2} \end{bmatrix} \Leftrightarrow M_{i,j} f = \frac{\partial^2 f}{\partial x_i \partial x_j} \quad (\text{A.21})$$

Omskrivning af $\frac{\partial f}{\partial t} dt + (\nabla_X f)^\top d\mathbf{D}_t + \frac{1}{2} (d\mathbf{D}_t)^\top (\mathbf{M}_X f) d\mathbf{D}_t$

Ved brug af (A.20) og (A.21), opnås udtrykket for Itô i flere dimensioner:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial f}{\partial t} dt + \frac{\partial f}{\partial x_1} dD_t^1 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} dD_t^n + \frac{1}{2} dD_t^1 \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} dD_t^1 + \dots + \frac{1}{2} dD_t^n \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_1} dD_t^1 \\ & + \dots + \frac{1}{2} dD_t^1 \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_n} dD_t^n + \dots + \frac{1}{2} dD_t^n \frac{\partial^2 f}{\partial x_n^2} dD_t^n \\ & = \frac{\partial f}{\partial t} dt + \frac{\partial f}{\partial x_1} dD_t^1 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} dD_t^n + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} (dD_t^1)^2 + \dots + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_1} (dD_t^1)(dD_t^n) \\ & + \dots + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_n} (dD_t^1)(dD_t^n) + \dots + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_n^2} (dD_t^n)^2 \end{aligned} \quad (\text{A.22})$$

da krydsproduktet for to vektorer, $\mathbf{a}$ og $\mathbf{b}$, regnes som $a_1 b_1 + a_2 b_2 + \dots + a_n b_n$, og matrix-vektorproduktet for en $m \times n$ -matrix, $\mathbf{A}$, og en $n \times 1$ -vektor, v , regnes som $v_1 \mathbf{a}_1 + v_2 \mathbf{a}_2 + \dots + v_n \mathbf{a}_n$, hvor $\mathbf{a}_1, \dots, \mathbf{a}_n$ er søjler i matricen $\mathbf{A}$. Da vi kender Itô-processen for $\mathbf{D}_t$, der er opskrevet i (A.18), indsættes denne, så

$$= \frac{\partial f}{\partial t} dt + \frac{\partial f}{\partial x_1} (\mu_t^1 dt + \sigma_t^1 dZ_t) + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} (\mu_t^n dt + \sigma_t^n dZ_t)$$

A.1. ITÔS LEMMA MED SPRING-DIFFUSIONSPROCES I FLERE DIMENSIONER

$$\begin{aligned}
& + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} (\mu_t^1 dt + \sigma_t^1 dZ_t)^2 + \dots + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_1} (\mu_t^1 dt + \sigma_t^1 dZ_t) (\mu_t^n dt + \sigma_t^n dZ_t) \\
& + \dots + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_n} (\mu_t^1 dt + \sigma_t^1 dZ_t) (\mu_t^n dt + \sigma_t^n dZ_t) + \dots + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_n^2} (\mu_t^n dt + \sigma_t^n dZ_t)^2
\end{aligned} \tag{A.23}$$

hvor indekseringen i processerne beskriver, hvilken dimension vi håndterer i det givne led. Ved videre omskrivning fås, at

$$\begin{aligned}
& = \frac{\partial f}{\partial t} dt + \frac{\partial f}{\partial x_1} (\mu_t^1 dt + \sigma_t^1 dZ_t) + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} (\mu_t^n dt + \sigma_t^n dZ_t) \\
& + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} ((\mu_t^1)^2 dt^2 + (\sigma_t^1)^2 (dZ_t)^2 + 2\mu_t^1 \sigma_t^1 dt dZ_t) \\
& + \dots + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_1} (\mu_t^1 \mu_t^n dt^2 + \sigma_t^1 \sigma_t^n (dZ_t)^2 + \mu_t^1 \sigma_t^1 dt dZ_t + \mu_t^n \sigma_t^n dt dZ_t) \\
& + \dots + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_n} (\mu_t^1 \mu_t^n dt^2 + \sigma_t^1 \sigma_t^n (dZ_t)^2 + \mu_t^1 \sigma_t^1 dt dZ_t + \mu_t^n \sigma_t^n dt dZ_t) \\
& + \dots + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_n^2} ((\mu_t^n)^2 dt^2 + (\sigma_t^n)^2 (dZ_t)^2 + 2\mu_t^n \sigma_t^n dt dZ_t)
\end{aligned} \tag{A.24}$$

Vi husker fra før, at $dt dZ_t = dt^2 = dZ_t^2 = 0$. Det er nu muligt at simplificere udtrykket yderligere ved at samle alle led, der afhænger af dt :

$$\begin{aligned}
& = \left(\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial x_1} \mu_1 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} \mu_n + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} \sigma_1^2 + \dots + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_1} \sigma_1 \sigma_n + \dots + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_n} \sigma_1 \sigma_n \right) dt \\
& + \frac{\partial f}{\partial x_1} \sigma_t^1 dZ_t + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} \sigma_t^n dZ_t
\end{aligned} \tag{A.25}$$

hvor udtrykket i parantesen ganget på dt svarer til μ_f , og udtrykket i andet led ganget på dZ_t svarer til σ_f , hvormed vi ser, at D_t i sig selv er en Itô drift-diffusionsproces. Vi er dog kun interesserede i at se på forventningen for modellen, det vil sige driftleddene. Forventningen af dZ_t vil altså være nul i optimum, som vist tidligere, hvormed

$$\mathbb{E} \left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \sigma_t^1 dZ_t + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} \sigma_t^n dZ_t \right) = 0 \tag{A.26}$$

så ligningen i (A.25) i forventningen er

$$= \left(\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial x_1} \mu_1 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} \mu_n + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} \sigma_1^2 + \dots + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_1} \sigma_1 \sigma_n + \dots + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_n} \sigma_1 \sigma_n \right) dt \tag{A.27}$$

Itô's Lemma i flere dimensioner med spring

Vi kan nu indsætte omskrivningerne fra (A.16) og (A.27) i ligning (A.19). Således opnår vi udtrykket for $df(t, X_t)$ i forventningen, så

$$\begin{aligned}
df(t, \mathbf{X}_t) &= \left(\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial x_1} \mu_1 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} \mu_n + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} \sigma_1^2 + \dots + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_1} \sigma_1 \sigma_n + \dots + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_n} \sigma_1 \sigma_n \right) dt \\
&\quad + \lambda(f(t + dt, \mathbf{X}_t + \mathbf{H}_t) - f(t, \mathbf{X}_t)) dt
\end{aligned} \tag{A.28}$$

I ligning (A.28) ses nu udtrykket, der kan anvendes til at bestemme den afledte af en funktion, der afhænger af tid og en stokastisk proces med spring.

A.2 Estimeret antal transaktioner i 2014

Antallet af transaktioner er bestemt ved hjælp af data fra Trade Reporting and Compliance Engine (TRACE), som er en database indeholdende handelsdata på amerikanske virksomhedsobligationer. Hvordan data er filtreret for fejlagtig data er gjort som i (Dick-Nielsen, 2014), hvilket er uddybet i afsnit 5.3.

Først betragtes hele det filtrerede TRACE datasæt. I dette datasæt er det muligt at se, hvor mange henholdsvis købs- og salgstransaktioner, der er i hver obligation. Det samlede antal transaktioner samles for hver obligation, hvorefter de 20% mest handlede obligationer vælges ud på baggrund af det højeste antal transaktioner. Størrelsen på efterspørgslen, α , bestemmes nu på baggrund af de 20% mest handlede obligationer, som nu betragtes ud fra det årlige antal transaktioner. Det samlede antal transaktioner på tværs af obligationer bestemmes nu hvor hvert år. Dernæst kan den øvre 5%-fraktil på et år bestemmes for de 20% mest handlede obligationer, så efterspørgslen vælges i den høje ende af skalaen. Der er nemlig mange obligationer, der handles meget lidt, og derfor undersøges de obligationer, der handles mere, så der i det numeriske eksempel antages at være god aktivitet på markedet. Jeg antager, at der er cirka 10 store dealere på obligationsmarkedet, så det svarer til de omtrent 10 største banker, der er dealere. Derfor divideres den øvre 5%-fraktil med 10, da modellen blot betragter en enkelt dealer. Denne fremgangsmåde giver resultatet vist i tabel A.1.

Estimat af efterspørgselsniveau per år					
år	antal	nedre 5%-fraktil	øvre 5%-fraktil	nedre 5%-fraktil, pr. dealer	øvre 5%-fraktil, pr. dealer
2002	6084	17	1244	1,7	124,4
2003	7996	31	1933	3,1	193,3
2004	9690	24	1417	2,4	141,7
2005	10 133	15	1312	1,5	131,2
2006	10 439	15	1146	1,5	114,6
2007	10 739	11	1062	1,1	106,2
2008	10 646	10	1548	1	154,8
2009	11 054	17	2365	1,7	236,5
2010	11 957	22	2078	2,2	207,8
2011	12 815	19	1766	1,9	176,6
2012	13 745	18	1888	1,8	188,8
2013	13 846	18	1833	1,8	183,3
2014	13 937	21	1775	2,1	177,5
2015	13 908	18	1880	1,8	188
2016	13 485	17	2065	1,7	206,5
2017	12 294	8	1156	0,8	115,6

Tabel A.1: Estimat af efterspørgsel i TRACE data

Det bemærkes, at den estimerede efterspørgsel for henholdsvis 2002 og 2017 kun er baseret på et halv års data. Efterspørgslen aflæses fra 2014 og rundes op fra $\alpha = 177,5$ til $\alpha = 178$. Dette tal anvendes som estimat for efterspørgselsniveauet i 2014.

A.3 Bid-ask priser for investment grade og speculative grade virksomhedsobligationer

Investment grade bid-ask priser										
$\frac{Q}{W}$		$\frac{I}{W}$								
		-0,40	-0,20	-0,10	-0,05	0,00	0,05	0,10	0,20	0,40
0,00	p_a	1,0037	1,0029	1,0024	1,0022	1,0020	1,0018	1,0016	1,0011	1,0003
	p_b	0,9997	0,9989	0,9984	0,9982	0,9980	0,9978	0,9976	0,9971	0,9963
0,05	p_a	1,0038	1,0030	1,0025	1,0023	1,0021	1,0019	1,0017	1,0013	1,0004
	p_b	0,9996	0,9987	0,9983	0,9981	0,9979	0,9977	0,9975	0,9970	0,9962
0,10	p_a	1,0039	1,0031	1,0026	1,0024	1,0022	1,0020	1,0018	1,0014	1,0005
	p_b	0,9995	0,9986	0,9982	0,9980	0,9978	0,9976	0,9974	0,9969	0,9961
0,20	p_a	1,0041	1,0033	1,0029	1,0026	1,0024	1,0022	1,0020	1,0016	1,0007
	p_b	0,9993	0,9984	0,9980	0,9978	0,9976	0,9974	0,9971	0,9967	0,9958
0,40	p_a	1,0046	1,0037	1,0033	1,0031	1,0029	1,0027	1,0024	1,0020	1,0011
	p_b	0,9989	0,9980	0,9976	0,9973	0,9971	0,9969	0,9967	0,9963	0,9954

Tabel A.2: Bid-ask priser for investment grade før The Volcker Rule.

Speculative grade bid-ask priser										
$\frac{Q}{W}$		$\frac{I}{W}$								
		-0,40	-0,20	-0,10	-0,05	0,00	0,05	0,10	0,20	0,40
0,00	p_a	1,0067	1,0050	1,0041	1,0037	1,0033	1,0028	1,0024	1,0015	0,9998
	p_b	1,0002	0,9985	0,9976	0,9972	0,9968	0,9963	0,9959	0,9950	0,9933
0,05	p_a	1,0069	1,0052	1,0043	1,0039	1,0035	1,0030	1,0026	1,0017	1,0000
	p_b	1,0000	0,9982	0,9974	0,9970	0,9965	0,9961	0,9957	0,9948	0,9931
0,10	p_a	1,0071	1,0054	1,0045	1,0041	1,0037	1,0033	1,0028	1,0020	1,0002
	p_b	0,9998	0,9980	0,9972	0,9968	0,9963	0,9959	0,9955	0,9946	0,9929
0,20	p_a	1,0076	1,0059	1,0050	1,0046	1,0041	1,0037	1,0033	1,0024	1,0006
	p_b	0,9994	0,9976	0,9968	0,9963	0,9959	0,9954	0,9950	0,9941	0,9924
0,40	p_a	1,0086	1,0068	1,0059	1,0055	1,0050	1,0046	1,0041	1,0033	1,0015
	p_b	0,9985	0,9968	0,9959	0,9954	0,9950	0,9945	0,9941	0,9932	0,9914

Tabel A.3: Bid-ask priser for speculative grade før The Volcker Rule.

A.4 Spreads ved ændring af tid til horisonttidspunktet, τ

Speculative grade spreads og prisjusteringer ved stigning i τ (BPS)										
$\frac{Q}{W}$		$\frac{I}{W}$								
		-0,40	-0,20	-0,10	-0,05	0,00	0,05	0,10	0,20	0,40
0,00	<i>s</i>	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
	<i>d</i>	452,10	228,16	114,60	57,43	0,00	-57,70	-115,66	-232,36	-468,94
0,05	<i>s</i>	93,98	94,24	94,37	94,44	94,51	94,57	94,64	94,77	95,03
	<i>d</i>	463,67	233,94	117,50	58,88	0,00	-59,14	-118,55	-238,15	-480,51
0,10	<i>s</i>	124,41	124,93	125,19	125,33	125,46	125,59	125,72	125,98	126,51
	<i>d</i>	475,24	239,73	120,39	60,33	0,00	-60,59	-121,44	-243,93	-492,08
0,20	<i>s</i>	189,60	190,65	191,17	191,44	191,70	191,96	192,23	192,75	193,80
	<i>d</i>	498,38	251,30	126,17	63,22	0,00	-63,48	-127,23	-255,50	-515,22
0,40	<i>s</i>	337,33	339,44	340,49	341,01	341,54	342,07	342,59	343,64	345,75
	<i>d</i>	544,66	274,44	137,74	69,00	0,00	-69,27	-138,80	-278,64	-561,50

Tabel A.4: Spread og prisjustering i basispoint ved stigning i τ .

A.5 Spreads ved ændring af risikoaversionen, Z

Speculative grade spreads og prisjusteringer ved stigning i Z (BPS)									
$\frac{Q}{W}$	$\frac{I}{W}$								
	-0,40	-0,20	-0,10	-0,05	0,00	0,05	0,10	0,20	0,40
0,00 <i>s</i>	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
<i>d</i>	172,45	86,59	43,39	21,72	0,00	-21,76	-43,57	-87,32	-175,37
0,05 <i>s</i>	75,90	75,95	75,97	75,98	75,99	76,01	76,02	76,04	76,09
<i>d</i>	174,45	87,59	43,89	21,97	0,00	-22,01	-44,07	-88,32	-177,38
0,10 <i>s</i>	87,06	87,15	87,19	87,22	87,24	87,26	87,29	87,33	87,42
<i>d</i>	176,46	88,60	44,39	22,22	0,00	-22,26	-44,57	-89,33	-179,39
0,20 <i>s</i>	110,12	110,30	110,39	110,44	110,49	110,53	110,58	110,67	110,85
<i>d</i>	180,48	90,61	45,39	22,72	0,00	-22,77	-45,58	-91,34	-183,40
0,40 <i>s</i>	159,26	159,62	159,81	159,90	159,99	160,08	160,17	160,35	160,72
<i>d</i>	188,52	94,62	47,40	23,72	0,00	-23,77	-47,59	-95,35	-191,44

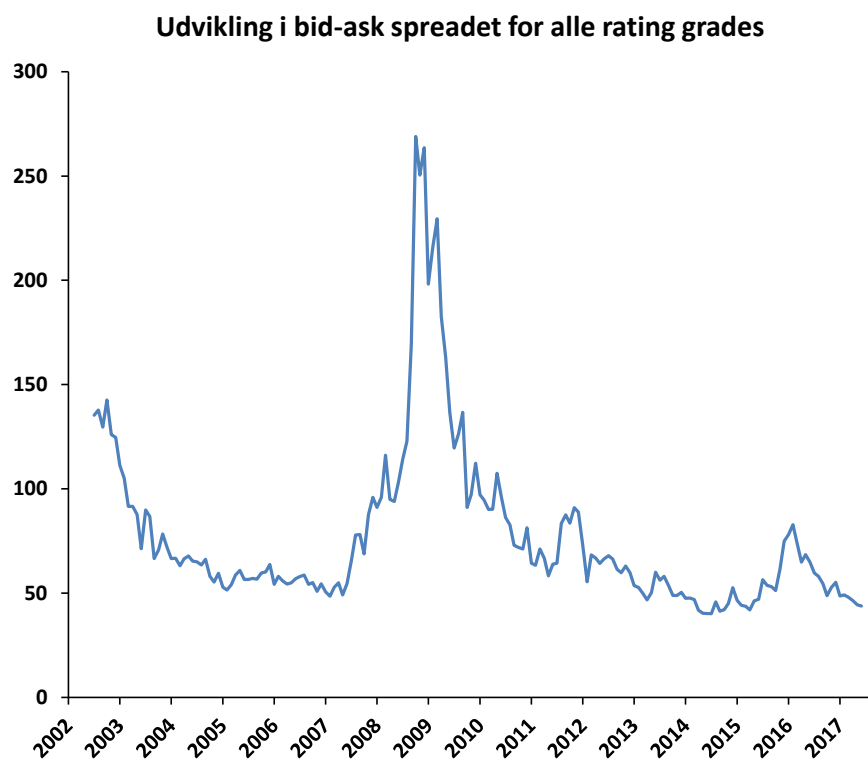
Tabel A.5: Spread og prisjustering i basispoint ved stigning i risikoaversion.

A.6 Spreads ved efterspørgselschok

Speculative grade spreads og prisjusteringer ved fordobling af α (BPS)										
$\frac{Q}{W}$		$\frac{I}{W}$								
		-0,40	-0,20	-0,10	-0,05	0,00	0,05	0,10	0,20	0,40
0,00	<i>s</i>	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
	<i>d</i>	68,11	34,12	17,07	8,54	0,00	-8,55	-17,10	-34,23	-68,58
0,05	<i>s</i>	69,30	69,30	69,31	69,31	69,31	69,31	69,32	69,32	69,33
	<i>d</i>	68,76	34,44	17,23	8,62	0,00	-8,63	-17,26	-34,55	-69,22
0,10	<i>s</i>	73,67	73,69	73,70	73,70	73,70	73,71	73,71	73,72	73,73
	<i>d</i>	69,40	34,76	17,39	8,70	0,00	-8,71	-17,42	-34,88	-69,87
0,20	<i>s</i>	82,67	82,70	82,72	82,72	82,73	82,74	82,74	82,76	82,79
	<i>d</i>	70,69	35,40	17,72	8,86	0,00	-8,87	-17,74	-35,52	-71,15
0,40	<i>s</i>	101,63	101,69	101,72	101,73	101,75	101,76	101,77	101,80	101,86
	<i>d</i>	73,26	36,69	18,36	9,18	0,00	-9,19	-18,39	-36,80	-73,72

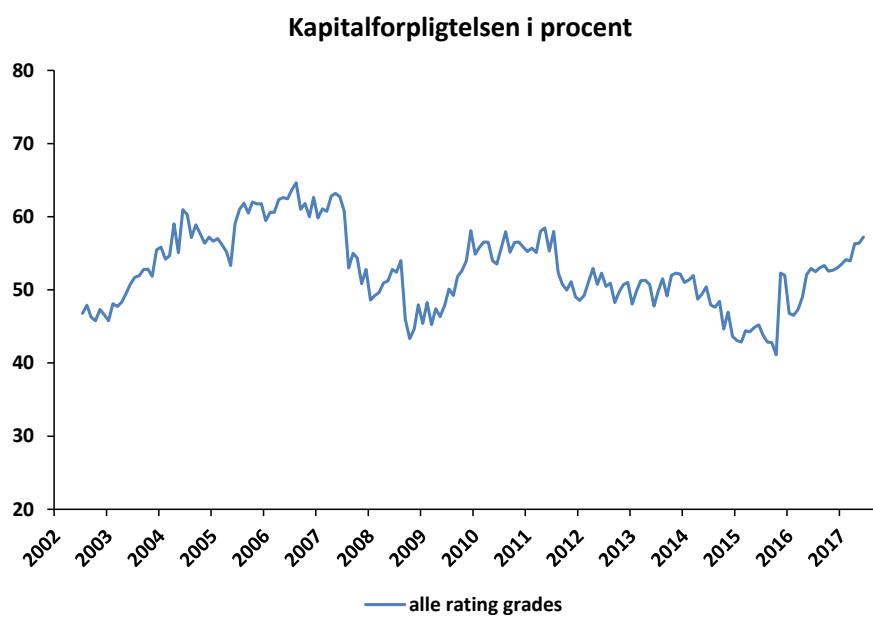
Tabel A.6: Spread og prisjustering i basispoint ved fordobling af efterspørgsel.

A.7 Spreads for alle rating grades



Figur A.1: Tidsserie for bid-ask spredet i basispoint for alle ratede virksomhedsobligationer i basispoint.

A.8 Kapitalforpligtelse for alle rating grades



Figur A.2: Tidsserie for kapitalforpligtelsen for alle ratede virksomhedsobligationer i procent.

Litteraturliste

Artikler

Allahrakha, M., Cetina, J., Munyan, B., and Watugalay, S. (Allahrakha et al., 2019). *The Effects of the Volcker Rule on Corporate Bond Trading: Evidence from the Underwriting Exemption*. Lokaliseret på:

https://www.financialresearch.gov/working-papers/files/OFRwp-19-02_the-effects-of-the-volcker-rule-on-corporate-bond-trading.pdf

Bessembinder, H., Jacobsen, S., Maxwell, W. & Venkataraman, K. (Bessembinder et al., 2018). *Capital Commitment and Illiquidity in Corporate Bonds*. Journal of Finance. Lokaliseret på:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jofi.12694>

Dick-Nielsen, J. (2009). *Liquidity biases in TRACE*. Journal of Fixed Income. Lokaliseret på:

https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1424870

Dick-Nielsen, J. (2014). *How to clean Enhanced TRACE data*. Lokaliseret på:

<https://www.semanticscholar.org/paper/How-to-Clean-Enhanced-TRACE-Data-Dick-Nielsen/dce60def0fe3d788422befb32e0c335c25738447>

Dick-Nielsen, J. & Rossi, M. (2016). *The Cost of Immediacy for Corporate Bonds*. Lokaliseret på:

<https://bfi.uchicago.edu/wp-content/uploads/Dick-Nielsen-Rossi-3.pdf>

Duffie, D. (2012). *Market Making Under the Proposed Volcker Rule*. Lokaliseret på:

<https://www.darrellduffie.com/uploads/policy/DuffieVolckerRule.pdf>

Ho, T. & Stoll, H. (1981). *Optimal Dealer Pricing Under Transactions and Return Uncertainty*. Journal of Financial Economics. Lokaliseret på:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0304405X81900209>

Wang, X. og Zhong, Z. (2019). *Post-Crisis Regulations, Market Making, and Liquidity in the Corporate Bond Market*. Lokaliseret på:

https://editorialexpress.com/cgi-bin/conference/download.cgi?db_name=CICF2019&paper_id=778

Tekster fra nettet

Access to Capital and Market Liquidity (2017). Lokaliseret på:

<https://www.sec.gov/files/access-to-capital-and-market-liquidity-study-dera-2017.pdf>

Department EMS, Birkbeck (2013). *Merton's Jump-Diffusion Model, Part 1.1-1.4 'Itô calculus for jump diffusions'*. Lokaliseret på:

http://www.bbk.ac.uk/ems/for_students/msc_finEng/pricing_emms014p/XmasAssign12.pdf

HYG (2014). *iShares iBoxx \$ High Yield Corporate Bond ETF*. Lokaliseret på:

<https://www.ishares.com/us/products/239565/ishares-iboxx-high-yield-corporate-bond-etf>

LIBOR (2014). *Historical Interest Rates*. Lokaliseret på:

<https://www.firstrepublic.com/finmkts/historical-interest-rates>

LQD (2014). *iShares iBoxx \$ Investment Grade Corporate Bond ETF*. Lokaliseret på:

<https://www.ishares.com/us/products/239566/ishares-iboxx-investment-grade-corporate-bond-etf>

Morningstar (2020). *Corporate Bonds at Second-Widest Level in 20 Years* Lokaliseret på:

<https://www.morningstar.com/articles/973818/corporate-bonds-at-second-widest-level-in-20-years>

The Bank Holding Company Act (BHC Act, 2010). *Sec. 13. Prohibitions on proprietary trading and certain relationships with hedge funds and private equity funds*. Lokaliseret på:

<https://www.treasury.gov/initiatives/Documents/amend.final.-3-3-10.pdf>

VCIT (2014). *Vanguard Intermediate-Term Corporate Bond ETF*. Lokaliseret på:

<https://investor.vanguard.com/etf/profile/overview/vcit>