

TERMINSPRÆMIEN I SKIFTENDE KONJUNKTURFASER

- En empirisk analyse

Emma Yderstræde Trandum & Signe Pedersen



Aalborg University Business School

Fibigerstræde 2

DK-9220 Aalborg

www.business.aau.dk

Titel:

Terminspræmien i skiftende konjunkturfaser

Semester:

10. Semester

ECTS:

30 ECTS-Point

Vejleder:

Hamid Raza

Udarbejdet af:

Signe Marie Pedersen (20202931)

Emma Yderstræde Tranum (20205422)

Afleveringsdato: 3. juni 2025

Antal anslag: 162.928

Antal normalsider: 67,9

Antal sider: 72

Abstract

This thesis examines how the term premium on U.S. 10-year Treasury bonds responds to macroeconomic shocks across different phases of the business cycle. The term premium reflects investors' compensation for holding long-term bonds over a sequence of short-term ones and plays a key role in shaping the yield curve. Building on a Dynamic Nelson-Siegel model estimated in a state-space framework, the term premium is first extracted from observed bond yields and subsequently analysed using local projection (LP) models to estimate impulse response functions across four distinct cyclical phases: recovery, expansion, slowdown, and contraction.

The empirical analysis covers monthly U.S. data from 1968 to 2024 and incorporates four macroeconomic variables: industrial production growth (economic activity), inflation, the federal funds rate (monetary policy), and economic policy uncertainty. Across these variables, the findings consistently point to asymmetric effects of macroeconomic shocks on the term premium depending on the business cycle phase. Shocks to inflation and monetary policy have stronger and more persistent effects in periods of economic expansion and recovery, whereas their effects are more muted or statistically insignificant during downturns and contractions. This asymmetry supports the hypothesis of regime-dependent market behaviour and reflects that investors adjust their risk perceptions and expectations differently across phases.

From a broader policy and financial market perspective, the results carry important implications. Term premia are not constant over time but are influenced by the nature and timing of shocks in relation to the economic environment. For investors and portfolio managers, this suggests that bond market expectations and risk pricing should be conditioned on the state of the economy. For central banks, the findings support theories of state-dependent transmission, implying that the effectiveness of monetary policy depends on the phase of the cycle. In particular, interest rate policy may be less effective in downturns, where term premia respond weakly to conventional signals. As such, complementary tools such as quantitative easing, may be required to influence long-term rates during low-growth environments.

Finally, the analysis highlights the importance of accounting for non-linear and asymmetric dynamics in macro-financial models. Relying on symmetric policy frameworks may obscure the true impact of shocks and result in suboptimal policy decisions. The findings advocate for more flexible, context-sensitive modelling approaches in both empirical and theoretical settings, where the interaction between expectations, risk perceptions, and macroeconomic conditions is explicitly incorporated.

Indholdsfortegnelse

1	Indledning.....	1
2	Litteraturgennemgang	3
2.1	Bidrag.....	7
3	Metode og Afgræsning	8
3.1	Metode	8
3.2	Afgræsning.....	10
4	Terminspræmier i et makroøkonomisk perspektiv.....	10
4.1	Terminspræmien	11
4.2	Konjunkturcykler	14
4.3	Asymmetriske effekter på rentemarkedet	19
4.4	Delkonklusion	21
5	Økonometrisk Teori	21
5.1	Dynamisk Nelson-Siegel model	21
5.2	Local Projection-model.....	24
6	Hvordan påvirkes terminspræmien af konjunkturcykler?	26
6.1	Estimering af terminspræmien	26
6.2	Resultater af LP-modellerne	32
6.3	Robusthedsanalyse	40
6.3.1	Estimering af terminspræmien	41
6.3.2	LP-modellerne.....	43
6.4	Delkonklusion	50
7	Sammenhængen mellem konjunkturcykler og terminspræmien	51
8	Konklusion.....	62
9	Bibliografi	64
10	Figur-, tabel- og ligningsliste.....	66
10.1	Figurliste	66
10.2	Tabelliste.....	66
10.3	Ligningsliste.....	67
11	Appendiks	68
11.1	Økonometriske test	68
11.2	Inddeling af konjunkturfaserne	71

1 Indledning

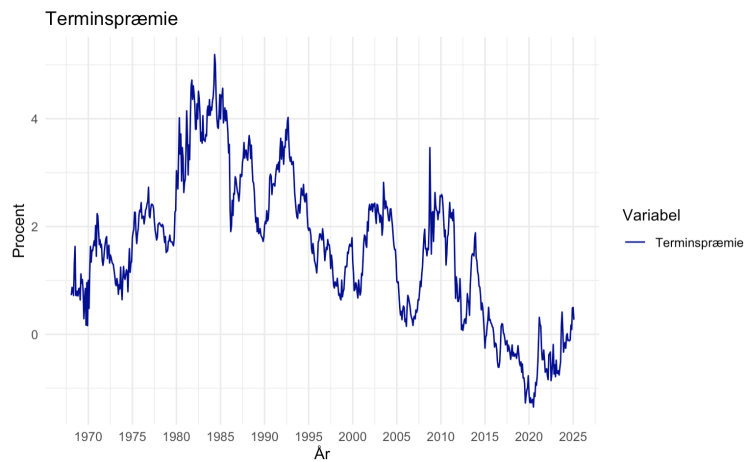
I finansiell økonomi spiller rentekurven en central rolle i forståelsen af obligationsmarkedet og makroøkonomiske forhold. Rentekurven afspejler både markedsforsventninger til fremtidige renter og den præmie, som investorer kræver for at binde deres kapital over længere horisonter. En væsentlig komponent i denne sammenhæng er terminspræmien, som er den kompensation investorer kræver for at holde lange obligationer frem for en serie af kortsigtede obligationer. Terminspræmier udgør dermed en vigtig drivkraft i rentekurvens udformning og giver et indblik i investorenes forventninger og risikovurderinger. Terminspræmien reflekterer ikke kun markedsdeltagernes syn på fremtidige renter og inflation, men også deres risikopræferencer og forventninger til økonomiens udvikling. En positiv terminspræmie indikerer typisk højere usikkerhed og behov for risikokompensation, mens en negativ præmie kan afspejle forventninger om faldende renter eller øget efterspørgsel efter sikre aktiver. Udviklingen i terminspræmien har også betydelige implikationer for pengepolitikken. Centralbanker anvender ofte rentekurven og dens terminspræmier til at vurdere de økonomiske forventninger og tilpasse deres politikker derefter. For eksempel kan en stigende terminspræmie indikere strammere finansielle forhold, mens en faldende præmie kan afspejle lavere inflationsforventninger eller øget efterspørgsel efter sikre aktiver. Denne interaktion mellem pengepolitik, investering og makroøkonomiske forhold gør terminspræmien til et afgørende analyseelement i moderne økonomisk forskning (Diebold & Li, 2006) (Kopp & Williams, 2018).

Terminspræmien varierer både over tid og med den makroøkonomiske kontekst, og har været tæt forbundet med økonomiske cyklusser, finansielle kriser og skift i pengepolitik. Moderne makrofinansielle modeller inddrager derfor terminspræmien som en indikator for risikofor nemmelse og økonomisk stabilitet. Konjunkturcykler udgør i denne sammenhæng en central ramme for at forstå variationen i terminspræmien over tid. De beskriver systematiske udsving i den økonomiske aktivitet omkring en langsigtet trend og består typisk af fire faser: opsving, ekspansion, nedgang og kontraktion. Hver fase afspejler forskellige grader af ressourceudnyttelse og økonomisk pres, hvilket påvirker, hvordan investorer vurderer fremtidige renter og inflation. Økonomiens placering i konjunkturcyklen har derfor stor betydning for, hvordan makroøkonomiske chok påvirker terminspræmien. Et givet chok kan få vidt forskellige konsekvenser alt efter, om økonomien befinder sig i ekspansion eller kontraktion (Šustek, 2024).

I dette speciale estimeres terminspræmien for en 10-årig amerikansk statsobligation ved hjælp af den dynamiske Nelson-Siegel-model, udarbejdet via en state-space model. Denne metode gør det muligt at estimere tidsvarierende latente faktorer (niveau, hældning og krumning), som tilsammen former rentekurven og muliggør en afledning af terminspræmien over tid. Modellen estimeres ved brug af Kalman-filteret, som gør det muligt at opnå konsistente estimater af de ikke-observerbare faktorer, der styrer rentemarkedet (Diebold & Li, 2006).

1. Indledning

Figur 1-1: Terminspræmie for 10-årig amerikansk statsobligation. Kilde: Egen fremstilling



Figur 1.1 illustrerer udviklingen i den estimerede terminspræmie fra 1968 til 2024. Her ses der tydelige udsving omkring økonomiske kriser og strukturelle skift. Disse bevægelser indikerer, at terminspræmien er følsom overfor ændringer i det makroøkonomiske miljø, og det er netop denne variation, analysen søger at belyse. Ved at koble udviklingen i terminspræmien med økonomiens konjunkturrelle tilstand undersøger specialet, hvordan makroøkonomiske chok påvirker præmien forskelligt afhængigt af den økonomiske fase. Til dette formål anvendes en faseopdelt Local Projection-model, som estimerer asymmetriske effekter af udvalgte makroøkonomiske variable på terminspræmien over konjunkturcyklens faser. Denne tilgang muliggør en identifikation af regimeafhængige effekter og kan dermed belyse den heterogenitet, som ofte overses i lineære modeller. Formålet med analysen er således at opnå en dybere forståelse af, hvordan investorenes præmiekrav formes af økonomiske forventninger, risikohensyn og den aktuelle makrosituation og hvordan disse faktorer påvirker hinanden over tid. Dette bidrager både til den akademiske forståelse af rentemarkedets funktion og til praktisk anvendelig viden for investorer og beslutningstagere. Specialet søger derfor at besvare, hvordan makroøkonomiske chok påvirker terminspræmien på en 10-årig amerikansk statsobligation og om hvorvidt disse effekter er asymmetriske på tværs af konjunkturcyklens faser.

Ovenstående leder frem til følgende problemformulering:

- *Hvordan påvirkes terminspræmien på tværs af konjunkturcyklens faser?*
 - *Hvordan estimeres terminspræmien?*

2 Litteraturgennemgang

Sammenhængen mellem rentekurven og konjunkturcykler er gennem adskillige år blevet analyseret. Wesley Mitchell forsøgte allerede i 1913 at identificere og beskrive konjunkturcykler ud fra cykliske udsving i økonomiske variable. Han identificerede flere karakteristiske træk ved konjunkturcyklusser, blandt andet længde og sammensætning. Desuden beskrev han forskellige faser af konjunkturcyklus, såsom opsving, ekspansion, nedgang og kontraktion. Han fandt, at rentestrukturen i sammenhæng med andre økonomiske variable har en korrelation med de økonomiske cykler, og at der findes flere faktorer, som påvirker disse konjunkturcyklusser, herunder penge- og finanspolitik, forbrug og investeringer. Han konkluderer dermed, at konjunkturcyklusser er et komplekst fænomen, som påvirkes af mange forskellige forhold (Gordon, 1952). Senere kom Kessel (1965) med en mere grundig beskrivelse af sammenhængen mellem renteniveauet og konjunkturcykler. Her fandt han empiriske beviser for, at en sammenkobling af forventnings- og likviditetspræferencehypotesen er essentiel, når rentestrukturen og dens ændringer over konjunkturcyklussen skal bestemmes. Likviditetspræferencehypotesen antager, at en investor foretrækker korte obligationer fremfor langsigtede, grundet deres likviditet, og derfor vil kræve en præmie for at holde disse langsigtede obligationer. Forventningshypotesen antager, at renterne på lange obligationer er bestemt af forventningerne til fremtidige kortsigtede renter. Netop forventningshypotesen var det, som den dominerende opfattelse af terminspræmier var baseret på. Forskellen mellem lange og korte renter skyldtes udelukkende forventede fremtidige korte renter, og ikke en tidsvarierende, men derimod konstant risikopræmie. Opfattelsen var, at risikoen på obligationer ikke ændrede sig meget over tid, og derfor krævede investorer kun en stabil kompensation. Dette resulterede i, at terminspræmier enten var konstante eller varierede meget lidt over tid, og hermed kunne man antage, at forwardrenter hovedsageligt reflekterer markedsforventninger til fremtidige korte renter (Kessel, 1965). I 1984 ændrede Fama opfattelsen om, at terminspræmier var kontante og ubetydelige, til at de derimod var tidsvarierende og spillede en centralrolle for rentekurven. I papiret "The Information in the Term Structure" blev det undersøgt, om hvorvidt der var indeholdt information om fremtidige renter i rentekurven. Man fandt, at forwardrenter ikke nødvendigvis var særligt gode til at reflektere de fremtidige korte renter. Dette skyldes, at en stor del af udsvingene i forwardrenterne var grundet ændringer i den tidsvarierende terminspræmie (Fama, 1984). Dette markerede et afgørende skift i forståelsen for terminspræmier, og papiret blev sammen med "The Information in Long-Maturity Forward Rates" af Fama og Bliss fra 1987 grundstenen for studier omkring terminspræmier. Papiret fra 1987 understøttede hypotesen om, terminspræmier ikke er konstante, hvilket antydede, at investorer kræver forskellige risikopræmier alt efter forventninger og økonomiske forhold. Hermed udgør terminspræmien for en obligation den risikopræmie, som en investor kræver for at holde kapital over længere perioder. Konklusion blev ligeledes, at forwardrenter med lang løbetid indeholdt information om de fremtidige korte renter. Campbell og Shiller (1991) udfordrer tilsvarende forventningshypotesen, og konkluderer, at terminspræmier varierer systematisk over tid, da renteforskellen mellem obligationer med

kort og lang løbetid hovedsageligt skyldes udsving i terminspræmien snarere end i de forventede ændringer i de korte renter (Fama & Bliss, 1987).

Tankegangen omkring terminspræmier ændrede sig yderligere i årene efter tusindårsskiftet. Her gik man fra de relativt simple modeller, som fokuserede på forventninger til en mere kompleks tankegang med dynamiske modeller og inddragelse af makroøkonomiske faktorer. I 2005 udvikler Cochrane og Piazzesi en arbitragefri terminsstrukturmodel i deres papir "Bond Risk Premia". Her udledes en latent faktor gennem lineære regressioner, som systematisk forklarer variationen i terminspræmier. Det dokumenteres her, hvordan terminspræmier typisk stiger i perioder med nedgang i den økonomiske aktivitet, og dette kan tolkes som en stigning i risikoaversionen i disse perioder (Cochrane & Piazzesi, 2005). Metoden er efterfølgende bredt anvendt af adskillige studier til undersøgelse af, hvordan makroøkonomiske forhold påvirker obligationsmarkederne, herunder især betydningen af konjunkturcyklusser. Kim og Wright introducer ligeledes i 2005 en arbitragefri model i deres papir "An Arbitrage-Free Three-Factor Term Structure Model and the Recent Behavior of Long-Term Yields and Distant-Horizon Forward Rates". Dette er en tre-faktormodel, hvor faktorerne typisk defineres som niveau, hældning og krumning. Her estimeres modellen gennem en state-space tilgang med Kalman-filtering, og denne metode danner grundlag for flere af nyere tilgange, som anvendes til at estimere terminspræmier og deres påvirkning af konjunkturcykler. Denne arbitragefrie tre-faktormodel fanger den komplekse dynamik, som ses i rentekurven, og resulterer i en robust måde, hvorpå man kan dekomponere renter i forventede fremtidige korte rente samt en terminspræmie. Modellen anvendes til at undersøge, hvilke effekter økonomiske choks har på de langsigtede renter, og dermed også på terminspræmierne. Det er på baggrund af denne metode samt model, at FRED udregner terminspræmierne for 10-årige amerikanske statsobligationer, som publiceres i deres database. Ligesom denne metode også ofte anvendes af centralbanker til overvågning af rentekurvens udvikling (Kim & Wright, 2011). En anden velbrugt metode til estimering af terminspræmier kommer fra Diebold og Li (2002). De anvender i deres papir "Forecasting the Term Structure of Government Bond Yields" fra 2002 den dynamiske Nelson Siegel-model, som er baseret på Nelson og Siegels model fra 1987. Den dynamiske model benyttes typisk til forecasting, men i dette tilfælde er den anvendt til at estimere og forudsige rentekurvens faktorer, og via dette udlede terminspræmier. I denne undersøgelse viste det sig, at modellen var effektiv til at beskrive rentekurvens bevægelse med anvendelse af tre faktorer, som ligesom hos Kim og Wright defineres som niveau, hældning og krumning. Her giver modellen en praktisk metode til at undersøge, hvordan disse faktorer påvirkes af ændringer i konjunktursituationen (Diebold & Li, 2006).

I 2006 forbedrede Diebold, Rudebusch og Aruoba denne model i deres papir "The Macroeconomy and the Yield Curve: A Dynamic Latent Factor Approach". Her anvendes en dynamisk latent faktor-tilgang til at integrere makroøkonomiske variable i rentekurven. Ligesom Diebold

og Li anvender de en tre-faktor terminsstrukturmodel til at opfange rentekurvens niveau, hældning og krumning, samtidigt med at der gives en dynamisk repræsentation af kurvens bevægelse over tid. Derudover kobler de denne model til makroøkonomien ved at kombinere modellen med makroøkonomiske VAR-dynamikker for at kunne opnå en makroøkonomisk fortolkning af Nelson-Siegel-versionen. Hermed muliggøres det at knytte de latente faktorer til observerbare makroøkonomiske variable, såsom inflation, økonomisk aktivitet og pengepolitikken. Der anvendes maksimum-likelihood estimering ud fra 17 amerikanske statsobligationsrenter, og papirets empiriske resultater viser, at niveau-faktoren er stærkt korreleret med inflation, mens realøkonomisk aktivitet er tæt korreleret med hældningsfaktoren. Dette papir beskriver dermed en dybere forståelse for, hvordan underliggende økonomiske faktorer driver renteutviklingen (Diebold, Rudebusch, & Aruoba, 2006). Modsat undersøgte Rudebusch, Sack og Swanson i 2007, hvordan ændringer i terminspræmien påvirker makroøkonomien, specielt med fokus på inflation og vækst. Resultatet af undersøgelsen var, at et fald i terminspræmier har en stimulerende effekt på økonomien, da et lavere niveau af langsigtede renter medfører stigning i investeringer og forbrug. Dermed ses der en negativ sammenhæng mellem økonomisk aktivitet og terminspræmier, hvilket ifølge dette papir tyder på at en forværring af vækstforventninger medføre stigninger i terminspræmierne. De konkluderer, at stigende terminspræmier ofte vil være et tegn på økonomisk usikkerhed, hvorimod faldende terminspræmier kan indikere økonomisk stabilitet (Rudebusch, Sack, & Swanson, 2007). I 2010 undersøger Gürkaynak, Sack og Wright i papiret "The TIPS Yield Curve and Inflation Compensation", hvordan pengepolitik og inflationsusikkerhed kan have indflydelse på terminspræmier via analyse af rentekurven. Resultaterne her viser, at terminspræmier falder, når pengepolitikken gøres mere forudsigelig, da investorer vil kræve lavere præmier, hvis de har mere tillid til inflationsmålet fra centralbanken. Modsat vil terminspræmier stige i perioder med stigende usikkerhed omkring pengepolitikken og inflationen (Gürkaynak, Sack, & Wright, 2010).

I papiret "Pricing the Term Structure with Linear Regressions" fra 2013 af Adrian, Crump & Moench introduceres en Cochrane-Piazzesi-inspireret faktormodel. Her dekomponeres ligeledes det observerede renteniveau i en forventet rente og en terminspræmie. De anvender ligesom Cochrane og Piazzesi lineære regressioner, hvortil de tilføjer anvendelse af affine terminsstrukturmodeller til denne dekomponering af rentekurven. Gennem en teoretisk model med empiriske data illustreres det, hvordan ændringer i konjunkturcykler samt makroøkonomiske variable, såsom økonomisk aktivitet og pengepolitik, kan forbindes til ændringer i terminspræmierne. Her fremhæves det, at terminspræmierne kan have en forudsigelsesevne overfor fremtidig økonomisk aktivitet, herunder recessionsrisiko (Adrian, Crump, & Moench, 2013). Cieslak & Povala (2015) undersøger i 2015 sammenhængen mellem terminspræmier og konjunkturcyklussen, samt hvordan disse kan anvendes som indikator for økonomisk vækst og inflation i "Expected Returns in Treasury Bonds". Her vises det, at terminspræmierne har en systematisk tilknytning til konjunkturcykler, og at disse primært drives af makroøkonomiske faktorer, som

2. Litteraturgennemgang

primært er outputgab og inflationsforventninger. Ved økonomisk ekspansion, altså ved et positivt outputgab, ses faldende terminspræmier, mens disse vil stige under perioder med lavkonjunktur, altså et negativt outputgab (Cieslak & Povala, 2015).

Idet terminspræmier er et estimeret begreb og dermed ikke kan observeres, vil udviklingen i disse variere alt efter, hvilken metode og model, som anvendes til estimering af præmierne. Dette resulterer i en vis usikkerhed i de estimerede værdier. To versioner af den estimerede udvikling i terminspræmien for en 10-årig statsobligation kan ses via nedenstående grafer. Her kan det ses, at der er sket strukturelle ændringer gennem tiden, hvor vi har oplevet højere niveauer i 1970'erne samt negative niveauer i nyere tid.

Figur 2-1: Terminspræmier. Kilde FRED og ACM



I Figur 2-1 ses udviklingen i terminspræmierne estimeret af Adrian, Crump og Moench (ACM) samt Kim og Wright. ACM-terminspræmierne er sammenlignet med deres modelunderstøttede 10-årige rente. Dette gøres, da man i økonomisk teori typisk opdeler renten på længere statsobligationer i to komponenter, nemlig i forventningerne til den fremtidige udvikling i den kort-sigtede rente på statsobligationer og disse obligationers terminspræmie. Via ACM-estimeringen, som går tilbage til 1960, kan det ses, at terminspræmierne op gennem 1960'erne lå på et stabilt positivt niveau omkring 1-2% med lav volatilitet. Det amerikanske obligationsmarked var her påvirket af et lavt inflationsniveau samt centralbanken, Fed, som forsøgte at fastholde de eksisterende stabile makroøkonomiske forhold. Gennem 1970'erne oplevede man oliekrise og høj inflation og højere renter på langsigtede obligationer. Dette resulterede i stigninger i terminspræmien til omkring 3-4%, grundet en frygt for fortsat stigende inflation, som fik investorer til at kræve højere præmier. I slutningen af årtiet hævdede centralbanken den pengepolitiske styringsrente kraftigt for at bekæmpe den høje inflation. Dette resulterede i en recession samt markant højere terminspræmier tæt på 5% grundet den økonomiske usikkerhed.

2. Litteraturgennemgang

Mod slutningen af 1980'erne begyndte den førte pengepolitik at virke, og grundet en stabilisering af inflationen sås faldende terminspræmier. I starten af 1990'erne lå disse dog stadig på relativt høje niveauer, men grundet et mere forudsigeligt pengepolitisk regime samt lavere og mere stabil inflation faldt terminspræmierne til omkring 1-2% mod slutningen af årtiet, hvor USA ligeledes oplevede økonomisk fremgang i forbindelse med IT-boomet. Op til krisen i starten af 2000'erne steg terminspræmierne, mens de igen faldt til omkring 0,5% efter krisen, grundet forventninger om lavere inflation og stabil vækst. Selvom Fed hævede renten i 2006 for at undgå overophedning forblev terminspræmierne lave i denne periode. Grundet massiv usikkerhed i perioden med Finanskrisen i 2008-2009 steg terminspræmierne, mens Fed efter krisen indførte massive opkøbsprogrammer, også kaldte QE, som pressede de lange renter ned. Dette medførte, at terminspræmierne lå omkring 0% og til tider også i negative niveauer gennem 2010'erne, og selv da Fed igen begyndte at hæve renterne, så man kun små stigningen, og terminspræmierne forblev på lave niveauer. Starten af 2020'erne var præget af lave og negative terminspræmier, da Fed holdt renterne kunstigt nede gennem massiv pengepolitisk stimulus (sænkning af rente og QE), grundet COVID-19. I 2022 steg inflationen markant, hvilket gav usikkerhed omkring stigende renter, og dermed stigning i terminspræmien til omkring 1% (Adrian, Crump, & Moench, 2013) (Kim & Wright, 2011).

2.1 Bidrag

Dette speciales bidrag adskiller sig fra den eksisterende litteratur ved at analysere, hvordan terminspræmier reagerer forskelligt afhængigt af, hvilken fase konjunkturcyklen befinder sig i, herunder opsving, ekspansion, nedgang og kontraktion. Mens tidligere studier ofte fokuserer på gennemsnitlige effekter eller analyserer terminspræmien i forbindelse med enkelte makroøkonomiske indikatorer eller begivenheder, udføres der en mere specifik tilgang, hvor det undersøges, hvordan terminspræmiens respons varierer asymmetrisk på tværs af de forskellige faser i den økonomiske cyklus. Dette er vigtigt, fordi investorenes risikopræferencer, forventninger til fremtidige rente- og inflationsudviklinger, samt likviditet i markedet kan være forskellige alt efter den økonomiske kontekst. Der anvendes en Local Projection-model, som gør det muligt at estimere effekterne i de fire forskellige faser. Dette giver fleksibilitet i forhold til at opfange ikke-lineariteter og asymmetrier i data, som ofte overses i traditionelle VAR-modeller eller lineære regressionsmodeller. Ved at kombinere denne metode med terminspræmien, estimeret gennem en dynamisk Nelson-Siegel-model, opnås en analyse, der skaber et solidt empirisk grundlag understøttet af en stærk teoretisk tilgang. Her er der altså fokus på de asymmetriske effekter, og dette udfordrer de antagelser, som findes i traditionelle makroøkonomiske modeller, omkring symmetriske effekter. Dette har implikationer for både forventningsdannelsen hos markedsaktørerne, og for strategien hos centralbankerne omkring pengepolitikken, hvor evnen til at påvirke den økonomiske situation afhænger af den form for politik, som udføres (ekspansiv eller kontraktiv), samt den økonomiske tilstand, hvor politikken udøves i (Aastveit & Anundsen, 2018) (Diebold, Rudebusch, & Aruoba, 2006).

Relevansen af denne tilgang er særlig stor i en tid, hvor økonomiske konjunkturer er præget af høj usikkerhed og skiftende strukturelle forhold. Denne analyse kan dermed bidrage til en bedre forståelse af, hvordan markederne reagerer på de makroøkonomiske tilstande under forskellige økonomiske situationer, og hvordan terminspræmier fungerer som en kanal for transmission af både risikofornemmelse og forventninger. Dette skaber en værdi og relevans for centralbanker, investeringsfonde og andre aktører, der anvender rentekurven som beslutningsgrundlag.

3 Metode og Afgræsning

3.1 Metode

Følgende speciale estimerer terminspræmien for en 10-årig amerikansk statsobligation. Denne anvendes til at udføre en analyse af makroøkonomiske variabelers effekt på terminspræmien på tværs af de forskellige konjunkturfaser. Dette er en relevant analyse, da terminspræmien afspejler investorers kompensation for renteusikkerhed og inflationsrisiko over tid. Forståelsen for, hvordan konjunkturcykliske forhold påvirker terminspræmien, er derfor central for både pengepolitik og investeringsbeslutninger. I specialet diskuteres det, hvordan skift i økonomisk aktivitet, gennem de forskellige konjunkturcykler, relaterer sig til bevægelser i terminspræmien, og hvilke implikationer dette har.

Analysen udføres på baggrund af den dynamiske Nelson-Siegel model, som beskrevet i artiklen "Forecasting the term structure of government bond yields", skrevet af Diebold og Li i 2006. Her anvendes der en state-space model, til at estimere den forventede fremtidige korte rente, $E_t(r_{t+1}^{n-1})$. På baggrund af denne variabel udregnes terminspræmien via følgende formel:

$$TP_t^n = r_t^n - E_t(r_{t+1}^{n-1})$$

Ligning 3-1

I analysen anvendes der data for amerikanske statsobligationer med 8 forskellige løbetider i perioden 1968 til og med 2024. Den estimerede variabel anvendes efterfølgende til videre analyse, hvor effekten af makroøkonomiske chok på terminspræmien undersøges. Dette gøres via Local Projection-modeller, hvor konjunkturcyklerne inddeles i fire forskellige faser; opsving, ekspansion, nedgang og kontraktion. Disse er udregnet på baggrund af følgende:

$$KF_t = \begin{cases} \text{Opsving} & \text{hvis } \Delta \text{outputgab}_t > 0 \text{ og } \text{outputgab}_t < \tau_t \\ \text{Ekspansion} & \text{hvis } \Delta \text{outputgab}_t > 0 \text{ og } \text{outputgab}_t \geq \tau_t \\ \text{Nedgang} & \text{hvis } \Delta \text{outputgab}_t < 0 \text{ og } \text{outputgab}_t \geq \tau_t \\ \text{Kontraktion} & \text{hvis } \Delta \text{outputgab}_t < 0 \text{ og } \text{outputgab}_t < \tau_t \end{cases}$$

I denne model anvendes data for industriel produktionsvækst, inflation, den amerikanske pengepolitiske styringsrate og politisk usikkerhed. Pålideligheden og gyldigheden af alt data er

3. Metode og Afgrænsning

inden anvendelse undersøgt og diskuteret, mens der ligeledes er udført økonometriske test på alt data, bl.a. unit root test. Dette gøres for at opnå et troværdigt resultat af den økonometriske analyse, og dermed skabe den mest optimale grobund for en relevant og nuanceret diskussion. Det teoretiske grundlag i specialet består af teorier omhandlende rentekurvens struktur, samt egenskaberne bag terminspræmier. Herunder en grundig gennemgang af allerede eksisterende litteratur på området. Yderligere ses der en gennemgang af konjunkturcykler, og hvordan disse afgrænses til de forskellige faser. Der ses også en gennemgang af teorier omhandlende asymmetriske effekter i forhold til renter og terminspræmier. Alt dette bidrager til at besvare det teoretiske underspørgsmål "Hvordan estimeres terminspræmien?". Dette sammenfattes afslutningsvis i en diskussion, hvor det teoretiske grundlag holdes op mod resultaterne fra den udførte analyse.

Altså arbejdes der i specialet med empirisk data, som er indsamlet, bearbejdet, og analyseret på baggrund af allerede eksisterende teorier. Her kombineres anvendelse af empiri med teori, hvor der udføres en økonometrisk analyse på baggrund af den fundne empiri, hvorefter resultatet af analysen diskuteres med afsæt i de eksisterende teorier. Dette er i overensstemmelse med den deduktive metode, hvor der tages udgangspunkt i allerede eksisterende teorier indenfor makroøkonomien, og dette holdes herefter op mod den fundne og bearbejdede empiri. Da den deduktive metode baseres på allerede eksisterende teorier, giver dette stor anledning til en kritisk udvælgelse af den anvendte teori. Yderligere er der ved udarbejdelsen af projektet foretaget overvejelser omkring videnskabsteori. Her reflekteres der over begreberne, ontologi, epistemologi, og subjekt/objekt forholdet. Først stilles det ontologiske spørgsmål "Hvilke dele af virkeligheden skal jeg udvælge og undersøge for, at jeg får den viden, jeg ønsker?", hvor der er indsamlet empiri, samt fastlagt hvilke teorier projektet skal baseres på. Der er udvalgt de mest centrale teorier indenfor rentestrukturens teoretiske grundlag, samt makroøkonomiske forhold. Herefter stilles det epistemologiske spørgsmål "Hvordan kan jeg få den viden, jeg vil finde?", her anvendes der rationalisme, som er i stor sammenhæng med den deduktive metode, hvor der tilegnes viden ved hjælp af rationalisme, hvor de allerede eksisterende teorier forstås og anvendes, og dermed er det ikke sanseerfaringer der spiller den bærende rolle for videns tilegnelsen. Yderligere anvendes der også en grad af empirisme, da der tilegnes ny viden gennem indsamling og analyse af data. Sidst diskuteres subjekt/objekt-fordelingen i projektet, hvor vi er subjektet i dette tilfælde, og det der undersøges, er objektet. Hvor der ved undersøgelsen ikke ændres på objektet, og der vil dermed ikke ses en påvirkning af de opnåede resultater (Sonne-Ragans, 2019) (Tranum & Pedersen, 2023).

Specialet er opbygget således, at der først præsenteres en teoretisk gennemgang af terminspræmier, konjunkturcykler og asymmetriske effekter på rentemarkedet. Denne ramme danner baggrund for forståelsen af, hvordan og hvorfor terminspræmien kan variere i takt med økonomiske konjunkturudsving. Dernæst gennemgås de økonometriske metoder, herunder opbygningen og anvendelsen af den dynamiske Nelson-Siegel-model til estimering af terminspræmien, samt brugen af Local Projection-modeller til at analysere konjunkturafhængige effekter. På

baggrund af dette estimeres terminspræmien for en 10-årig amerikansk statsobligation, og denne anvendes som afhængig variabel i analysen af, hvordan forskellige faser af konjunkturcyklussen påvirker terminspræmien. I analysen undersøges de asymmetriske reaktioner, som fremkommer i opsving, ekspansion, nedgang og kontraktion. Afslutningsvis diskuteres resultaterne i relation til det teoretiske udgangspunkt, og specialet afrundes med en konklusion, hvor de væsentligste fund og deres implikationer for pengepolitik og finansielle markeder fremhæves.

3.2 Afgræsning

Dette projekt afgrænser sig geografisk til USA, da der her foreligger et bredt og pålideligt datasæt for statsobligationer samt relevante makroøkonomiske indikatorer. Desuden spiller den amerikanske økonomi og renteutvikling en central rolle globalt, hvilket gør analysen særligt relevant og anvendelig i en bredere kontekst. Tidsmæssigt afgrænses analysen til perioden fra 1968 til 2024. Dette muliggør en langsigtet analyse, hvor flere konjunkturcyklusser dækkes, hvilket er essentielt for at kunne analysere systematiske mønstre i terminspræmien. Perioden er yderligere valgt ud fra datatilgængelighed og kvalitet. I forhold til valg af de anvendte variable fokuseres der på amerikanske statsobligationer, som anvendes til estimering af terminspræmien. Til estimering af den forventede fremtidige korte rente anvendes rentedata for 8 forskellige løbetider, herunder 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9 og 10 år. Dette gør det muligt at opnå en robust estimering via den dynamiske Nelson-Siegel-model. De makroøkonomiske variable, der anvendes i analysen af konjunkturcyklernes effekt, inkluderer industriel produktionsvækst, inflation, den pengepolitiske styringsrente og politisk usikkerhed. Der er foretaget en metodemæssig afgræsning, hvor der anvendes den dynamiske Nelson-Siegel-model (Diebold & Li, 2006), som er estimeret via en state-space model og med anvendelse af Kalman-filter. Yderligere anvendes der en Local Projection model til at analysere effekterne af makroøkonomiske chok på terminspræmien, i de fire forskellige konjunkturfaser (Jordá, 2005). Endelig afgrænses projektet teoretisk til litteratur og modeller, der omhandler teorier om rentestrukturen, terminspræmien, konjunkturcykler, samt asymmetriske effekter på rentemarkedet.

4 Terminspræmier i et makroøkonomisk perspektiv

I følgende afsnit redegøres der for den teoretiske forståelse af terminspræmier. Herunder en redegørelse for rentedannelsen, konjunkturcykler samt asymmetriske effekter på rentemarkedet. Først præsenteres teorien bag rentestrukturen og de komponenter, der indgår i terminspræmien, herunder forventningshypotesen og risikopræmiehypotesen. Dernæst belyses det, hvordan terminspræmien varierer over konjunkturcyklussen, og hvordan økonomisk usikkerhed og risikovillighed påvirker investorernes krav til terminspræmien. Afslutningsvis introduceres teorier om asymmetriske effekter af pengepolitik, herunder hvordan centralbankens rentesignaler og markedets reaktioner kan variere afhængigt af den økonomiske situation.

4.1 Terminspræmien

For at forstå terminspræmiens rolle i rentestrukturen er det nødvendigt først at klarlægge, hvordan obligationsafkast opstår, og hvordan rente dannes som resultat af investorernes valg og præferencer. Rentedannelsen beskrives ofte ud fra forbrugers optimale forbrugs- og opsparingsvalg. Renteniveauet har betydning for valget mellem at udskyde en andel af det potentielle forbrug via opsparing/investering eller at fremskynde forbruget gennem låntagning. Forbruget kan fordeles mellem mange fremtidige perioder, hvor der findes $n-1$ forskellige rentesatser for n antal perioder. Rentestrukturen viser sammenhængen mellem renten på obligationer med forskellige løbetider, og denne er baseret på forskellige antagelser og teorier angående det investoraftast, som kræves, ud fra hvilke løbetider, der investeres i. Hvis agenterne på markedet er risikoneutrale og udelukkende koncentrerer sig om det forventede afkast, vil det forventede enperiodes afkast på alle obligationer være ens, ligegyldigt løbetid (Christensen, 2005).

Det kontinuerer en-periodes afkast på en n -periodes obligation, h_{t+1}^n , er:

$$e^{h_{t+1}^n} = \frac{P_{t+1}^{(n-1)}}{P_t^{(n)}}$$

Ligning 4-1

$P_{t+1}^{(n-1)}$ angiver salgsprisen for en $(n-1)$ -periodes obligation, når den sælges ved $t+1$. $P_t^{(n)}$ er prisen ved tidspunkt t .

Tages logaritmen fås:

$$\begin{aligned} h_{t+1}^{(n)} &= \ln P_{t+1}^{(n-1)} - \ln P_t^{(n)} \\ &= p_{t+1}^{(n-1)} - p_t^{(n)} \end{aligned}$$

Ligning 4-2

Ligning 4-2 viser, hvordan periode-afkastet bestemmes af ændringen i prisen over perioden via prisen ved begyndelsen af perioden og prisen ved udløb. Det ses, at afkastet for beholdningsperioden ikke er kendt ved periode t , hvor obligationen købes. Derfor afhænger afkastet af den fremtidige udvikling i renterne.

Det forventede afkast på en en-periodes obligation er givet ved:

$$E_t[h_{t+1}^n] \equiv E_t[\ln P_{t+1}^{(n-1)} - \ln P_t^{(n)}]$$

Ligning 4-3

Risikoaversionen hos investorerne gør, at dette ikke gør sig gældende i praksis, da afkastet ved at holde en længere obligation er mere usikkert. Prisen i slutningen af perioden er mere usikker, og derfor bør afkastet for beholdningsperioden afhænge af en form for belønning for risiko. Afkast på en en-periodes obligation med denne terminspræmie beskrives via følgende formel:

$$E_t[h_{t+1}^n] = E_t[\ln P_{t+1}^{(n-1)} - \ln P_t^{(n)}] = r_t + TP_t^{(n)}$$

Ligning 4-4

Hvor r_t er renten for perioden og $TP_t^{(n)}$ er terminspræmien for at holde n -periodes obligation i perioden. Afkastet af obligationen i beholdningsperioden afhænger hermed af den forventede rente på obligationen samt den ekstra præmie, som investorer kræver for at binde penge i længere tid.

For at få afkastet for flere perioder kan ligning 4-5 omskrives til:

$$r_t^n = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} r_{t+1}^1 + TP_t^n$$

Ligning 4-5

Hvor den n -periodes langsigtede rente er et vægtet gennemsnit af de forventende korte renter, r_{t+1} , og den gennemsnitlige terminspræmie på en n -periodes obligation indtil den udløber (Campbell & et.al, 1997, s. 395-425) (Cuthbertson, 1996, s. 218-225) (Tranum, 2025).

Terminspræmien refererer altså til den ekstra compensation, som investorer kræver for at binde deres kapital i længere løbetidsobligationer fremfor en serie af obligationer med kortere løbetider. Terminspræmier opstår som en refleksion af investorernes behov for risikokompensation, idet de længerevarende obligationer udsættes for større usikkerhed, f.eks. ændringer i renteniveauet, inflation og makroøkonomiske forhold. Dette skyldes, at investorer står overfor en usikker fremtidig renteutvikling, som gør det nødvendigt at tilføje en præmie for at kompensere for risikoen. (Diebold & Li, 2006) (Diebold, Rudebusch, & Aruoba, 2006). Matematisk kan terminspræmien defineres som forskellen mellem den observerede lange rente og den forventede korte rente over investeringshorisonten. Lad r_t^n være den n -årige observerede rente ved tidspunkt t , og lad $E_t(r_{t+1}^{n-1})$ være den forventede $(n-1)$ -årige rente et år frem. Terminspræmien, TP_t^n kan således skrives som:

$$TP_t^n = r_t^n - E_t(r_{t+1}^{n-1})$$

Ligning 4-6

Denne præmie kan opdeles i en række komponenter, som omhandler rentjusteringer, risikjusteringer, makroøkonomiske forhold og likviditetsfaktorer. En af de vigtigste faktorer, der påvirker terminspræmier, er renteniveauet. I teorien kan terminspræmien forklares ved forskellen mellem de nuværende og forventede fremtidige renter. Hvis renten stiger i fremtiden, vil terminspræmien for obligationer være højere i fremtiden for at afspejle det forventede afkast af at holde disse aktiver. Yderligere vil finansieringsmetoden have en effekt. Hvis investorer finansierer deres obligationer ved at låne penge, vil renteomkostningerne spille en vigtig rolle.

Hvis renteomkostningerne stiger, vil terminspræmien også typisk stige, da investorerne kræver et ekstra afkast for at kompensere for de øgede omkostninger. Terminspræmier består også af en risikojusteret komponent, og her er der fokus på investorernes risikovillighed. Hvis markedet er præget af høj volatilitet eller usikkerhed, vil investorer typisk kræve en højere præmie for at foretage mere langsigtede investeringer. Dette kan afspejle frygten for, at priserne vil ændre sig drastisk, eller at de makroøkonomiske forhold kan ændre sig på en måde, der påvirker markedsdynamikken. Dette er tæt knyttet til volatiliteten i samfundet, hvor en stigning her, vil være forbundet med en stigning i risikoen for, at markedet kan udvikle sig uforudsigeligt. Her vil investorer derfor kræve et ekstra afkast som compensation for den risiko, de påtager sig. Økonomisk vækst, inflation og makroøkonomisk usikkerhed er makroøkonomiske faktorer, som spiller en central rolle i at bestemme terminspræmien. Slutligt er der tale om likviditetsfaktorer, der påvirker terminspræmier. Her medtages obligationens likviditet, når terminspræmien skal bestemmes. Dog anses statsobligationer, især i de større økonomier, for at være en meget likvid investering. Der er mange købere og sælgere af disse obligationer, hvilket betyder, at likviditetsrisikoen er lav, og derfor kræves der ikke en stor likviditetspræmie. F.eks. er en 10-årig amerikansk statsobligation en af de mest handlede finansielle instrumenter i verden, og dens terminspræmie afspejler primært ændringer i rente- og makroøkonomiske faktorer snarere end likviditetsrisiko. Altså varierer terminspræmier ikke kun over tid, men også på tværs af økonomiske regimer. I perioder med økonomisk stabilitet har terminspræmierne tendens til at være lave, mens de stiger i perioder med økonomisk usikkerhed. Makrofinansielle modeller har identificeret en række drivkræfter bag disse bevægelser, herunder inflation, økonomisk vækst og den førte pengepolitik (Kopp & Williams, 2018) (Kim & Wright, 2011).

Rentekurven, der viser afkastet på obligationer med forskellige løbetider, spiller en central rolle i forståelsen af terminspræmier. Den traditionelle tilgang til at analysere rentekurven bygger på forventningsteorien, som hævder, at de lange renter reflekterer markedets forventninger til fremtidige korte renter. Hvis forventningsteorien var fuldt dækkende, ville terminspræmien være nul, og rentekurven ville udelukkende formes af forventninger til fremtidige korte renter. Terminspræmien kan derfor forstås som afvigelsen mellem observerede lange renter og de rentesatser, der ville være forudsigelige ud fra forventningsteorien alene. Et vigtigt aspekt ved relationen mellem terminspræmier og rentekurven er det makroøkonomiske miljø. Pengepolitiske beslutninger påvirker især de korte renter direkte, men kan også have indirekte effekter på de lange renter gennem deres indflydelse på inflationsforventninger og risikopræmier. Matematisk kan forskellen mellem en lang og en kort rente, og dermed hældningen på rentekurven, udtrykkes som:

$$Hældning_t = r_t^n - r_t^1 = \sum_{i=0}^{n-1} (E_t(r_{t+i}^1) - r_t^1) + TP_t^n$$

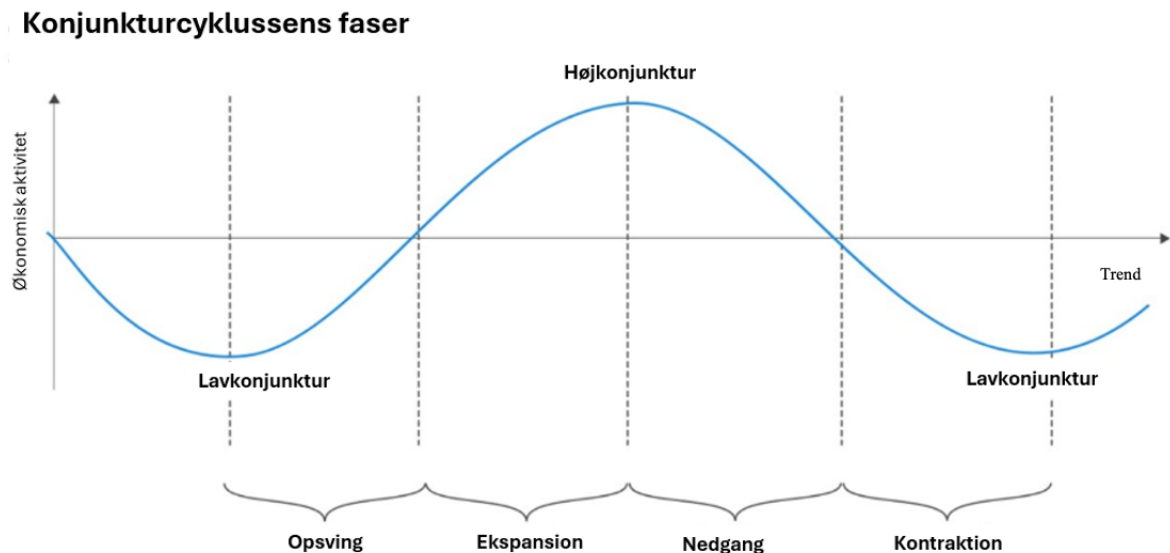
Hvor rentekurvens hældning således kan opdeles i en komponent drevet af forventede korte renter og en komponent drevet af terminspræmier. Empiriske analyser viser, at hældningen på rentekurven ofte korrelerer med makroøkonomiske variable som vækst og inflation, hvilket understreger vigtigheden af terminspræmier i forståelsen af renteutviklingen over tid. Sammenhængen mellem rentekurven og terminspræmier understreger, at en korrekt estimering af terminspræmien er afgørende for at kunne tolke rentekurvens signalværdi. Økonomiske modeller såsom affine rentekurvmodeller og state-space modeller anvendes ofte til at adskille terminspræmier fra forventningskomponenten og give en mere præcis forståelse af, hvordan investorer prissætter risiko i obligationsmarkederne (Diebold, Rudebusch, & Aruoba, 2006) (Diebold & Li, 2006).

Terminspræmier har stor relevans for både investorer, centralbanker og økonomiske beslutningstagere. For investorer giver terminspræmier indsigt i risikoforholdene på rentemarkederne og hjælper med at vurdere, om det er fordelagtigt at investere i lange obligationer frem for kortere alternativer. For centralbanker kan terminspræmier anvendes til at vurdere effektiviteten af pengepolitikken. Hvis en stram pengepolitik reducerer terminspræmierne, kan det være et tegn på, at investorerne har tillid til lav fremtidig inflation. Omvendt kan stigende terminspræmier indikere markedsusikkerhed eller manglende tillid til centralbankens evne til at styre inflation og vækst. Endelig spiller terminspræmier en rolle i makroøkonomisk analyse, hvor de anvendes til at forstå konjunkturforløb og økonomiske regimers skift. Ved at analysere bevægelser i terminspræmier over tid kan økonomer identificere trends i risikoforhold og forudsige potentielle økonomiske vendinger, hvilket gør dem til en vigtig komponent i moderne makrofinansielle studier. Til forståelsen af, hvordan terminspræmier udvikler sig over tid, og hvilke faktorer der driver deres variation, er det relevant at inddrage økonomiens konjunkturrelle tilstand. Da terminspræmien afspejler markedets forventninger til fremtidige makroøkonomiske forhold, vil denne præmie ikke være konstant, men i stedet fluktuere med økonomiske regimer og cykliske bevægelser. I den forbindelse bliver konjunkturcykler en central ramme for at analysere og forklare den observerede adfærd i terminspræmien. En forståelse af konjunkturcyklens struktur og faser er derfor afgørende for at kunne fortolke asymmetriske reaktioner på makroøkonomiske chok og de regimeafhængige effekter, som præmierne udviser (Šustek, 2024).

4.2 Konjunkturcykler

Konjunkturcykler er en beskrivelse af de tilbagevendende udsving, som ses i den økonomiske aktivitet omkring den langsigtede trend, som denne variabel har. Udsvingene omkring trenden viser sig typisk i ændringer i diverse makroøkonomiske variable, såsom beskæftigelse, BNP, inflation, forbrug og investeringer. Denne cyklus opdeles typisk i fire forskellige faser: opsving, ekspansion, nedgang og kontraktion. Mens lavkonjunktur og højkonjunktur er når økonomien befinder sig henholdsvis under og over det strukturelle niveau.

Figur 4-1: Konjunkturcyklens faser. Kilde: Egen fremstilling.



Opsvingsfasen er den periode, hvor økonomien revancherer sig efter en periode med kontraktion. Dette ses, som den opadgående hældning på konjunkturcyklen, som foregår under trenden. Som følge af en stigende efterspørgsel vil virksomheder gradvis øge deres produktion, hvilket fører til at den eksisterende produktionskapacitet gradvist udnyttes mere og mere. Derfor vil det økonomiske output stige, i takt med, at der produceres flere varer og servicetjenester, hvilket ligeledes vil resultere i en faldende arbejdsløshed, da virksomhederne begynder at ansætte for at imødekomme den stigende aktivitet. En stigende beskæftigelse vil styrke husholdningernes økonomiske forventninger, som vil medføre yderligere stimulering af efterspørgslen. I denne tidlige del af opsvingsfasen, som er præget af lav inflation samt ledig kapacitet, vil der ses positive forventninger til vækst, hvilket kan føre til faldende terminspræmier, da investorer opfatter risikoen som lavere. Centralbanker fastholder som regel en lempelig pengepolitik i denne periode for at understøtte opsvinget, hvilket yderligere reducerer usikkerheden om fremtidige renter og inflation (Wolla, 2023). I takt med at aktiviteten stiger, vil outputgabet også indsnævres og kapacitetsgrænsen nærme sig, og her vil økonomien bevæge sig mod højkonjunktur.

Ekspansion betegner den fase, hvor den økonomiske aktivitet er på eller over sit potentielle niveau. Økonomiens ressourceudnyttelse bevæger sig omkring fuld kapacitet, hvilket vil sige, at man nærmer sig fuld beskæftigelse og fuld udnyttelse af produktionskapaciteten. Efterspørgslen efter varer og tjenesteydelser er høj, og dette presser virksomheder til at producere tæt på deres maksimale kapacitet, hvilket kan medføre flaskehalse på arbejds- og varemarkeder. Her forventes stigende inflation, som konsekvens af stigende lønninger og inputomkostninger, fordi virksomheder konkurrerer om de knappe ressourcer, især arbejdskraften. Dette

løn- og omkostningspres kan overføres til forbrugerpriserne, hvilket kan få inflationen til at stige. Centralbanker vil typisk reagere på denne udvikling i inflationen gennem en stramning af pengepolitikken for at undgå overophedning. I fasen med ekspansion kan der opstå usikkerhed omkring, hvor meget centralbanken vil reagere, og disse usikkerheder omkring de fremtidige renter kan medføre stigende eller volatile terminspræmier. Dermed kan terminspræmien stige i perioder med ekspansion, fordi investorer kræver kompensation for at holde længerevarende obligationer over en periode, hvor der er øget usikkerhed om inflationsudviklingen og den pengepolitiske respons. Økonomier kan ikke blive ved med at ekspandere, og disse ekspansionsperioder har et toppunkt, hvorefter den økonomiske aktivitet aftager.

Herefter ses den nedadgående del af konjunkturcyklen, som kaldes nedgang. Dette er en fase, hvor der ses nedgang i vækst og aktivitet. I denne fase er efterspørgslen faldende, hvilket resulterer i nedgang i produktionen af varer og tjenesteydelser. Når dette finder sted, vil virksomhederne også anvende færre ressourcer, herunder arbejdskraft, samt investere mindre. Virksomhedernes faldende output betyder nemlig, at der ansættes færre nye medarbejdere og ofte ses der også afskedigelser af eksisterende medarbejdere. Dermed vil et fald i aktiviteten også resultere i en stigning i ledigheden. Idet efterspørgselspresset reduceres, vil markedsdeltagerne forvente, at inflationen vil aftage og at de fremtidige renter vil være lavere, idet centralbanken kan forsøge at afdæmpe nedgangen via lempelig pengepolitik. Hvis centralbanken reagerer hurtigt og lykkes med at bløde nedgangen op, kan det medføre, at markedsdeltagerne forventer faldende lange renter og dermed faldende terminspræmier, idet investorer ser en lav fremtidig usikkerhed, fordi de tror på, at centralbanken vil handle effektivt. Modsat kan der opstå usikkerhed omkring de fremtidige rentenedsættelser, hvis centralbanken ikke kan komme nedgangen til livs. Dette vil medføre, at terminspræmierne bliver mere volatile, idet der opstår usikkerheden omkring, hvor hurtigt og hvor meget den økonomiske aktivitet vil falde. Nogle investorer vil kræve højere præmier, som kompensation for risikoen for recession.

Perioder med kontraktion er kendetegnet ved lav eller negativ økonomisk vækst, stigende arbejdsløshed og lav inflation. I disse perioder befinder den økonomiske aktivitet sig under sit potentielle niveau. Den svage efterspørgsel får virksomheder til at reducere produktionen og afskedige medarbejdere, hvilket dæmper lønpres og dermed også inflationen, som i visse tilfælde kan blive negativ (deflation). For at stimulere økonomien vil centralbankerne typisk føre en ekspansiv pengepolitik ved at sænke renterne. Kombinationen af lav inflation og lempelig pengepolitik medfører ofte meget lave og i nogle tilfælde negative terminspræmier. Samtidig øger den lave økonomiske aktivitet usikkerheden omkring fremtiden, hvilket kan få investorer til at kræve en højere risikopræmie som kompensation. Derfor kan terminspræmien i kontraktionsfaser påvirkes af modsatrettede kræfter: På den ene side trækker lav inflation og pengepolitiske lempelser terminspræmien ned, mens øget usikkerhed trækker den op. Perioder med

lavkonjunktur varer, ligesom højkonjunkturer, ikke evigt, og på den anden side af denne kontraktionsfase vil konjunkturcyklen gentages, og der vil igen ses en periode om opsving (Šustek, 2024) (Kopp & Williams, 2018) (Rosenberg & Maurer, 2008).

Opdeling af konjunkturfaser kan ske ud fra outputgabets, som er en central indikator for, hvilken fasen økonomien befinder sig i. Outputgabets er defineret som forskellen mellem et lands potentielle BNP og dets faktiske BNP. Det potentielle niveau er et estimat for den mængde, som en økonomi kan producere, når den opererer med fuld kapacitet uden at skabe et inflationspres. Et positivt outputgab indikerer dette, at økonomien opererer over sit strukturelle niveau, mens et negativt gab betyder at der findes uudnyttet kapacitet (Barkema, Gudmundsson, & Mrkaic, 2020).

Outputgabets kan relateres til konjunkturcyklens faser på følgende måde:

- Opsvinget begynder, når outputgabets er negativt, men stiger gradvist og derfor bevæger sig mod et positivt niveau. Her stiger produktionen, og økonomien bevæger sig mod sit strukturelle niveau.
- Ekspansion opstår, når outputgabets bliver positivt, og økonomien drives af høj efterspørgsel og lav arbejdsløshed. I denne fase er der risiko for overophedning og stigende inflationspres.
- Nedgang opstår, når outputgabets stadig er positivt, men begynder at falde. Dette signalerer, at vækstdynamikken aftager, og økonomien bevæger sig væk fra sit kapacitetsmaksimum.
- Kontraktion karakteriseres ved et negativt outputgab, hvor den økonomiske aktivitet ligger under det strukturelle niveau. Arbejdsløsheden er høj, og inflationspresset er lavt eller fraværende (Jahan & Mahmud, 2013).

For at identificere de fire forskellige konjunkturfaser opdeles data på baggrund af data for outputgab. Først beregnes outputgabets trend ved anvendelse af et Hodrick-Prescott (HP)-filter. Her opdeles outputgabets i to komponenter:

$$outputgab_t = \tau_t + c_t$$

Ligning 4-8

Hvor $outputgab_t$ er den observerede variabel, outputgabets, på tidspunkt t . τ_t er den langsigtede trendkomponent og c_t er den cykliske komponent, som viser afvigelsen fra denne trend. Trenden estimeres via HP-filteret ved at minimere følgende udtryk:

$$\min_{\tau_t} \sum_{t=1}^T (outputgab_t - \tau_t)^2 + \lambda \sum_{t=2}^{T-1} ((\tau_{t+1} - \tau_t) - (\tau_t - \tau_{t-1}))^2$$

Ligning 4-9

Hvor første led $(outputgab_t - \tau_t)^2$ minimerer afvigelsen mellem de faktiske data og trenden, mens andet led $((\tau_{t+1} - \tau_t) - (\tau_t - \tau_{t-1}))^2$ viser ændringen i trendens vækstrate, altså hvor meget hældningen på trenden ændres mellem de observerede perioder. Dette er en straffunktion, og den bliver større, jo mere "ujævn" trenden er. Dette ganges med λ , som er glathedsparmeteren, for at styre, hvor meget glathed man ønsker. For månedligt data er denne typisk lig 129600.

Herefter udregnes ændring i outputgabet:

$$\Delta outputgab_t = outputgab_{t+1} - outputgab_t$$

Ligning 4-10

På baggrund af fortegnene på ændringen ($\Delta outputgab_t$) samt niveauet af outputgabet relativt til dets trend ($outputgab_t - trend_t$) kan hver observation i datasættet inddeles i én af fire konjunkturfaser (González-Astudillo, 2019):

- Opsving: Outputgabet stiger ($\Delta outputgab_t > 0$) og ligger under trenden ($outputgab_t < \tau_t$).
- Ekspansion: Outputgabet stiger ($\Delta outputgab_t > 0$) og ligger over trenden ($outputgab_t > \tau_t$).
- Nedgang: Outputgabet falder ($\Delta outputgab_t < 0$) og ligger over trenden ($outputgab_t > \tau_t$).
- Kontraktion: Outputgabet falder ($\Delta outputgab_t < 0$) og ligger under trenden ($outputgab_t < \tau_t$).

Et centralt træk ved terminspræmien er derfor, at den reagerer forskelligt på makroøkonomiske faktorer hen over konjunkturcyklen, og dermed synes terminspræmiens respons at være asymmetrisk, hvilket vil sige, at den samme type chok kan have forskellig effekt afhængigt af konjunkturfasen. Det samme gør sig også gældende på andre dele af rentemarkedet. At analysere asymmetriske effekter på rentemarkedet er derfor afgørende for at forstå, hvordan terminspræmier formes, og hvorfor deres bevægelser ikke nødvendigvis kan forklares med lineære eller

symmetriske modeller. Asymmetri udgør dermed en vigtig nøgle til at forstå rentemarkedets adfærd samt dets samspil økonomiske konjunkturer.

4.3 Asymmetriske effekter på rentemarkedet

I traditionelle makroøkonomiske modeller, såsom i den nykeynesianske ramme, antages det ofte, at effekterne af pengepolitik på økonomiske variable er symmetriske. Altså, at størrelsen af effekten fra et negativt rentechok er identisk med størrelsen fra et positivt chok. Men gennem tiden har adskillige empiriske og teoretiske studier konkluderet, at der findes asymmetriske effekter af pengepolitiske choks på den økonomiske aktivitet. Dette vil sige, at virkningen afhænger af den anvendte choktype, og hvilken konjunkturfase økonomien befinder sig i, når politikken udøves. Det er påvist, at en stramning af pengepolitikken vil få aktiviteten til at falde mere end en lempelse vil få aktiviteten til at stige, og dermed vil effekterne af pengepolitiske lempelser adskille sig fra stramninger. Gennem analyse af data for amerikansk BNP og arbejdsløshed ses det, at kontraktiv pengepolitik har stærkere og mere pålidelig effekt på output og beskæftigelse end ekspansiv pengepolitik. Dette beskriver Morgan (1993), og forklarer dette gennem finansielle friktioner. Herunder ses kreditmarkedets friktioner, som spiller en afgørende rolle i transmissionskanalen mellem pengepolitik og realøkonomien. Hæver en centralbank den pengepolitiske styringsrente, øges de finansielle omkostninger for både banker og låntagere, og dette vil typisk resultere i en reduktion i kreditgivning. Ved høje renter vil banker være mere selektive i deres udlånsvalg, grundet de højere omkostninger samt risikoen for misligholdelse, hvilket typisk stiger i en strammere økonomisk situation. Dette forstærker den negative effekt, specielt for husholdninger og virksomheder, hvis finansiering er afhængig af eksterne parter, som den kontraktive pengepolitik resulterer i. Derimod vil en pengepolitisk rentenedsættelse fra en centralbank ikke nødvendigvis resultere i en tilsvarende stigning i kreditgivningen. Rentenedsættelser sker ofte i perioder med lav økonomisk vækst, og i disse perioder er det ofte tilfældet, at banker kan være tilbageholdende med at øge deres udlånsaktivitet, grundet den øgede usikkerhed eller forventninger om lave afkast, som findes i disse perioder. Desuden kan låntagerne ligeledes have en modvillighed overfor at optage gæld, hvis den økonomiske situation er usikker. Hermed ses en asymmetri i kreditreaktionen, og ofte omtales denne som en del af den finansielle accelerator. Morgan peger derudover også på løn- og prisstivhed, som en årsag til, at effekterne i pengepolitiske rentelempelser vil være svagere i nedgangstider, og dermed er dette endnu en kilde til asymmetri på rentemarkedet. Træge lønninger og institutionelle forhold gør det vanskeligt for lønningsniveauet at falde i perioder med lav efterspørgsel, idet virksomheder og arbejdstagere typisk er modvillige overfor at reducere priser og lønninger. Dette kan begrænse den reale justeringsevne og dermed svække effektiviteten af en lempelig pengepolitik. I kontrast til dette vil man i perioder med højere økonomisk vækst se mere fleksible pris- og lønningsjusteringer, og dette medfører, at en kontraktiv pengepolitik vil være mere effektiv til at dæmpe overophedning (Morgan, 1993). Nyere forskning bekræfter disse asymmetriske effekter, og dokumenterer, at en stramning af pengepolitikken har en signifikant større effekt på arbejdsløsheden end en tilsvarende lempelse. Der vises desuden, at

effekten under højkonjunktur er særligt udtalt, hvorimod der ses en begrænset effekt af ekspansiv pengepolitik under lavkonjunktur. Hermed tales der om den tilstandsmæssige transmission, som ligeledes viser et asymmetrisk aspekt af effekten af pengepolitikken. Denne transmission bryder med de traditionelle lineære makromodeller, som tilsiger, at chok i de pengepolitiske styringsrenter har ensartede og konstante effekter uanset den konjunkturfase, som økonomien befinder sig i. Denne tilstandsmæssige afhængighed viser en reduceret effekt af ekspansiv pengepolitik på beskæftigelsen, når der ses lavkonjunktur, hvorimod samme chok har større effekt på inflationen under højkonjunktur. Ved lavkonjunktur er situationen præget af lav efterspørgsel og lav tillid, og dette begrænser rentenedsættelsens effektivitet. I perioder med højkonjunktur, hvor økonomien nærmer sig kapacitetsgrænsen og hvor der ses en lav arbejdsløshed, vil en lempelse af pengepolitikken alt andet lige medføre en stigning i inflationen, hvorimod effekten på aktiviteten og beskæftigelsen er yderst begrænset (Barnichon, Matthes, & Sablik, 2017). Samlet set bidrager disse mekanismer til, at der ses ikke-lineære og asymmetriske pengepolitiske transmissioner, og resulterer i, at pengepolitikens virkning ikke udelukkende afhænger af politikens størrelse og retningen, men også af andre udefrakommende faktorer, såsom konjunkturfase, inflationsniveau, arbejdsmarkedets tilstand og finansielle forhold. Dette udfordrer de antagelser, som findes i traditionelle makroøkonomiske modeller omkring symmetriske effekter. Dette har implikationer for både forventningsdannelsen hos markedsaktørerne, og for strategien hos centralbankerne omkring pengepolitikken, hvor evnen til at påvirke den økonomiske situation afhænger af den form for politik, som udføres (ekspansiv eller kontraktiv), samt den økonomiske tilstand, hvor politikken udøves i. Og dermed skal pengepolitikken kalibreres efter den økonomiske kontekst og centralbankerne kan være nødsaget til at anvende supplerende redskaber, såsom kvantitative lempelser, når traditionelle værktøjer er mindre effektive.

Disse asymmetriske virkninger af pengepolitik påvirker rentemarkedets dynamik, og har derfor også implikationer for terminspræmien. Udviklingen i disse påvirkes, som tidligere nævnt, af usikkerhed omkring fremtidige makroøkonomiske tilstande og af den fremtidig pengepolitik. Når effekten af pengepolitiske choks opfattes som asymmetriske, vil dette også påvirke, hvordan aktører på markedet former deres forventninger til de fremtidige renter, og dermed også, hvordan deltagerne prissætter langsigtede obligationer ud fra, hvor høje terminspræmier de kræver. Kliem & Meyer-Gohde (2017) påviser i deres empiriske analyse, at uventede pengepolitiske stramninger, såsom for hurtige eller overraskende rentehævelser, vil resultere i en betydelig større stigning i terminspræmien end en tilsvarende lempelse vil reducere dem. Dette afspejler investorernes præference for aversion og likviditet mod renterisiko i perioder med stramning, hvilket betyder, at der kræves en højere risiko for at holde langsigtede obligationer. Årsagerne til dette skyldes forskellige faktorer. En af disse er likviditetspræferencer, hvor investorer i usikre perioder foretrækker mere likvide og kortsigtede aktiver. Pengepolitiske

stramninger signalerer ofte vækststopbremsning, samt stigende volatilitet, og dette øger efterspørgslen efter likviditet. Dette medfører, at priserne på langsigtede obligationer falder, mens renten presses op, og dette øger terminspræmien. Der findes desuden asymmetrisk renterisiko, hvor obligationsinvestorer kan være mere bekymret for rentestigning end for rentefald. Dette skyldes, at renter ofte lettere kan hæves end sænkes, f.eks. grundet en nedre grænse for nominelle renter. Langsigtede obligationer vil derfor være mere risikable i kontraktive perioder, hvilket medfører højere terminspræmier. Derudover vil signalværdi og inflationsusikkerhed også have en påvirkning. Kontraktiv pengepolitik signalerer, at centralbanken forventer højere inflation i fremtiden eller frygter overophedning. Dette kan medføre en stigning i investorenes forventninger til de fremtidige renteniveauer, hvilket øger terminspræmierne (Kliem & Meyer-Gohde, 2017).

4.4 Delkonklusion

Dette teoretiske afsnit har vist, at terminspræmien spiller en central rolle i forståelsen af renteudviklingen og markedsforventninger i en makroøkonomisk kontekst. Terminspræmien reflekterer investorenes kompensation for at binde kapital i længere løbetider og afhænger af faktorer som renterisiko, inflation, likviditet og økonomisk usikkerhed. Den er således ikke konstant, men varierer over tid og særligt på tværs af konjunkturcyklens faser. Det er blevet belyst, at denne variation ofte udviser asymmetriske mønstre, hvor markedsreaktioner på makroøkonomiske chok afhænger af økonomiens aktuelle tilstand. Konjunkturcyklens fire faser; opsving, ekspansion, nedgang og kontraktion, påvirker både markedsageren og pengepolitisk respons, og derfor spiller de en afgørende rolle for, hvordan terminspræmien udvikler sig. En central pointe er derfor, at terminspræmier og deres drivkræfter ikke kan forstås uafhængigt af det makroøkonomiske regime. Dette understreger vigtigheden af at analysere terminspræmien med blik for konjunkturrens fase og for asymmetriske effekter, hvilket motiverer den empiriske analyse, hvor terminspræmien først estimeres via en dynamisk Nelson-Siegel-model og herefter analyseres via Local Projection-modeller. Nedstående afsnit vil forklare teorien bag disse modeller.

5 Økonometrisk Teori

I følgende afsnit redegøres der for de økonometriske teorier bag de modeller, som anvendes i analysen. Her præsenteres den dynamiske Nelson-Siegel model, og hvordan denne opstilles som en state-space model. Denne anvendes til at estimere terminspræmien for en 10-årig amerikansk statsobligation. Yderligere redegøres der for en Local-projection model, der anvendes til at analysere hvordan konjunkturudsving påvirker terminspræmien, i de forskellige økonomiske faser.

5.1 Dynamisk Nelson-Siegel model

For at analysere bevægelserne i terminspræmien kræves en præcis og fleksibel metode til at estimere denne præmie over tid. Den dynamiske Nelson-Siegel-model er særligt velegnet til

dette formål, da den kan adskille forventningskomponenten fra terminspræmien og samtidig fange tidsvariationer i rentekurven. Dette muliggør estimeringen af en konsistent og datadrevet terminspræmie, som efterfølgende anvendes i analysen af makroøkonomiske chok på tværs af konjunkturcyklens faser. Den dynamiske Nelson-Siegel (DNS) model er en udvidelse af den oprindelige Nelson-Siegel model, som blev udviklet for at beskrive rentekurvens form på en enkel og økonomisk meningsfuld måde. Modellen blev senere videreført i en dynamisk version af Diebold, Li og Aurora (2006), hvor parametrene ændrer sig over tid, så rentestrukturen bedre kan fange bevægelserne på de finansielle markeder.

DNS-modellen tager udgangspunkt i en state-space model, hvor den beskæftiger sig med latente faktorer, som er de underliggende variable, der styrer udviklingen af rentekurven over tid. DNS-modellen anvender en transitionsligning til at beskrive, hvordan disse latente faktorer (niveau, hældning og krumning) udvikler sig dynamisk over tid. Denne udvikling fanges ved hjælp af en vektor autoregressiv proces, hvor hver latente faktor afhænger af dens værdi på det foregående tidspunkt samt tilfældige stød, der kan påvirke systemet. DNS-modellen anvender en specifik funktionel form for rentekurven, og ser ud som følgende:

$$y_t(\tau) = \beta_{0t} + \beta_{1t} \frac{1 - e^{-\lambda_t \tau}}{\lambda_t \tau} + \beta_{2t} \left(\frac{1 - e^{-\lambda_t \tau}}{\lambda_t \tau} - e^{-\lambda_t \tau} \right)$$

Ligning 5-1

Hvor $y_t(\tau)$ er renten med løbetid τ på tidspunkt t . Dette kan altså indeholde et datasæt af forskellige renter med forskellige løbetider over tid. Parameteren β_0 repræsenterer det langsigtede renteniveau, mens β_1 beskriver kortsigtede udsving. Den tredje parameter β_2 fanger krumningen af kurven, hvilket betyder, at modellen kan håndtere situationer, hvor rentekurven er enten opad- eller nedadgående. Parameteren λ bestemmer, hvor hurtigt de eksponentielle funktioner aftager, og dette påvirker, hvor på rentekurven den maksimale krumning forekommer. Altså er $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ og λ parametre, hvor $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ varierer over tid, og repræsenterer faktorer for niveau, hældning og krumning. Yderligere er termene som ganges på faktorerne defineret som faktor-loadings, og ligningen kan omskrives til følgende:

$$y_{t(\tau)} = L_t + S_t \frac{1 - e^{-\lambda \tau}}{\lambda \tau} + C_t \left(\frac{1 - e^{-\lambda \tau}}{\lambda \tau} - e^{-\lambda \tau} \right)$$

Ligning 5-2

Her omskrives $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ til L, S og C, som repræsenterer henholdsvis, "Level, Slope og Curvature", altså niveau, hældning og krumning. De dynamiske processer for L, S og C følger en vektor autoregressiv proces af første ordre, og dermed danner modellen et state-space system.

Transitionsligningen som definerer dynamikkerne af state-vektoren, ser ud som følgende:

$$\begin{pmatrix} L_t - \mu_L \\ S_t - \mu_S \\ C_t - \mu_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L_{t-1} - \mu_L \\ S_{t-1} - \mu_S \\ C_{t-1} - \mu_C \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \eta_t(L) \\ \eta_t(S) \\ \eta_t(C) \end{pmatrix}$$

Ligning 5-3

Et eksempel på en observationsligning med tre løbetider og tre ikke-observerede faktorer ser ud som følgende:

$$\begin{pmatrix} y_{t(\tau_1)} \\ y_{t(\tau_2)} \\ y_{t(\tau_3)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1 - e^{-\lambda\tau_1}}{\lambda\tau_1} & \frac{1 - e^{-\lambda\tau_1}}{\lambda\tau_1} - e^{-\lambda\tau_1} \\ 1 & \frac{1 - e^{-\lambda\tau_2}}{\lambda\tau_2} & \frac{1 - e^{-\lambda\tau_2}}{\lambda\tau_2} - e^{-\lambda\tau_2} \\ 1 & \frac{1 - e^{-\lambda\tau_3}}{\lambda\tau_3} & \frac{1 - e^{-\lambda\tau_3}}{\lambda\tau_3} - e^{-\lambda\tau_3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L_t \\ S_t \\ C_t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_t(\tau_1) \\ \varepsilon_t(\tau_2) \\ \varepsilon_t(\tau_3) \end{pmatrix}$$

Ligning 5-4

Dette kan på ligningsform omskrives til følgende, hvor transitionsligningen defineres som:

$$(f_t - \mu) = A(f_{t-1} - \mu) + \eta_t$$

Ligning 5-5

Hvor f_t er en vektor af de tidsvarierende faktorer, L, S og C, A er en matrix, der beskriver de tidsvarierende faktorerers udvikling over tid, også kaldet transitionsmatricen. Yderligere definerer μ state-vektoren. Hvor udtrykket $(f_t - \mu)$ beskriver afvigelsen fra de langsigtede værdier, for de latente faktorer på tidspunkt t . Denne tilgang gør det muligt at modellere, hvordan rentestrukturen reagerer dynamisk på ændringer i økonomiske forhold.

Yderligere defineres observationsligningen som:

$$Y_t = \Lambda(\tau)f_t + \varepsilon_t$$

Ligning 5-6

Hvor Y_t er en vektor af observerede renter for de forskellige værdier af τ og $\Lambda(\tau)$ er en designmatrix, der afhænger af løbetiderne, denne matrice betegnes ofte som Z-matricen.

For optimering af Kalman-filteret kræves det, at fejleddene i de to ligninger opfører sig som hvid støj. Disse skal de være uafhængige af hinanden, samt uafhængige af den initiale tilstand. Dette kan beskrives ud fra følgende:

$$\begin{pmatrix} \eta_t \\ \varepsilon_t \end{pmatrix} \sim \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{pmatrix} Q & 0 \\ 0 & H \end{pmatrix}$$

Ligning 5-7

H definerer observationsligningens kovarians matrice, og denne er en diagonal matrice. Det betyder, at fejlene i de observerede obligationers afkast ikke antages at være korrelerede. Q definerer kovarians matricen for fejleddet, og dette er en ikke-diagonal matrice, og dermed tillades det, at de underliggende faktorer, relateret til niveau, hældning og krumning kan blive påvirket af stød.

Altså kan den dynamiske Nelson-Siegel model omskrives til en state-space model. Dette er en fordel, da der dermed kan anvendes Kalman-filteret, og derigennem optimere estimererne af de latente faktorer i systemet ved at anvende Maximum Likelihood-metoden. Dette betyder, at man justerer modelparametrene for at maksimere sandsynligheden for at observere de givne data. Denne tilgang er særligt nyttig, når man arbejder med økonometriske modeller, der beskæftiger sig med tidserier og dynamiske systemer, som rentekurveanalyse, hvor de latente faktorer ikke er direkte observerbare, men kun kan estimeres ud fra de observerede data (Diebold & Li, 2006).

5.2 Local Projection-model

For at analysere, hvordan terminspræmien reagerer på makroøkonomiske chok over konjunkturcyklen, er det nødvendigt at anvende en metode, der både kan fange dynamiske effekter og tillade asymmetrisk respons afhængigt af økonomiens tilstand. Local Projection (LP)-metoden er særligt egnede til dette, da disse modeller er et fleksibelt alternativ til de klassiske vektorautoregressive modeller, VAR-modeller, til estimering af impulssvar. Mens VAR-modeller kræver en fuld specificering og estimering af det underliggende multivariate dynamiske system, kan man via LP-modeller direkte estimere impulssvar uden denne kompleksitet. Metoden bygger i stedet på sekventiel estimering, hvor der udføres en separat regression for hver fremtidig horisont, som har interesse i den analyse som foretages. Hvorimod VAR fokuserer på den langsigtede respons, fokuserer LP på mere kortsigtede responser.

En LP-model kan estimeres ud fra følgende:

$$y_{t+h} = \alpha^h + \sum_{i=1}^p B_i^h y_{t-i} + \varepsilon_{t+h} \quad , h = 0, 1, 2, \dots, H-1$$

Ligning 5-8

Hvor y_{t+h} angiver den afhængige variabel h -antal perioder frem i tiden, α^h viser skæringen for horisonten h . B_i^h er koefficienterne, som måler, hvor meget hvert lagget observation påvirker y på horisonten $t+h$. y_{t-i} viser de laggede værdier af den afhængige variabel. Horisonten, h , angiver, hvor langt ude i fremtiden, som der ønskes at analysere effekten af et chok, og denne beskriver, hvordan påvirkningen af et chok udvikler sig over tid. ε_{t+h} angiver fejlløbet.

Effekten af x på y kan findes via følgende ARDL-estimering med en horisont på $h = 0$:

$$y_{t+h} = b_h + \beta_{h1}X_{t-1} + \beta_{h2}y_{t-1} + \beta_h x_t + \varepsilon_{t+h}$$

Ligning 5-9

Denne tilgang gør, at der estimeres en række ARDL-modeller for hver horisont, h , hvilket samlet udgør baggrunden for den samlede impulssvarsfunktion. Hvis analysen omfatter n -antal perioder, vil der estimeres n -antal separate regressioner; én for hvert fremtidigt tidspunkt. Dette medfører, at LP-modeller har en mere fleksibel ramme sammenlignet med VAR-modeller, hvor hele impulssvarforløbet i stedet udledes simultant fra den strukturelle model.

Som en af de primære fordele ved LP-modeller ses deres robusthed over for misspecifikationer af den dynamiske struktur i dataet. Dette skyldes, at estimeringen er baseret på regressionsteknikker, som er simple, og hvor der stilles færre krav til en korrekt modelstruktur, og hermed mindskes risikoen for forvrængede estimater ved strukturel usikkerhed. Særligt ved makroøkonomiske analyser, hvor der ses økonomiske sammenhænge, som er komplekse og ikke nødvendigvis stationære over tid, er denne type egenskaber nyttige. Derudover er LP-modeller særligt egnede til at undersøge ikke-lineære og asymmetriske dynamikker, som er situationer, hvor et chok ikke nødvendigvis har samme effekt i f.eks. en periode med højkonjunktur, som i en periode med lavkonjunktur. Antagelserne i traditionelle lineære modeller, såsom VAR-modeller, indebærer at impulssvarene er ens uanset den økonomiske tilstand, og kan derfor overse vigtige forskelle.

Ved disse modeller er det muligt at estimere regimeafhængige impulssvar ved at opdele datasættet i undergrupper på baggrund af f.eks. indikatorer for konjunkturcyklens faser, såsom outputgap eller arbejdsløshed. Denne opdeling gør det muligt at sammenligne, hvordan effekten af et chok i én makroøkonomisk variabel ændrer sig afhængigt af, hvilken konjunkturfase økonomien befinder sig i. Datasættet opdeles derfor i regimer ud fra en udvalgt indikator, og der defineres en tærskelværdi, som afgør i hvilket regime den enkelte observation befinder sig. Herefter estimeres impulssvarene separat for de perioder, hvor økonomien er henholdsvis over eller under tærsklen. Hermed opnår man regimeafhængige impulssvar, som separat estimeres ud fra valget af indikatorvariabel og tærskelværdier. Resultaterne fra LP- og VAR-modeller er,

ifølge Adämmer (2019) og Jordá (2005), ofte meget sammenlignelige, så længe der anvendes en identisk lagstruktur i modellerne. Yderligere har LP-modeller den fordel, at de bedre håndterer usikkerhed og strukturelle brud, især i længere tidshorisonter (Adämmer, 2019) (Jordá, 2005).

I dette speciale anvendes LP-modellen med henblik på at estimere ikke-lineære, samt asymmetriske relationer mellem terminspræmier og konjunkturforhold. Herunder hvordan effekten af makroøkonomiske chok varierer ud fra hvilken konjunkturfase økonomien befinder sig i. Denne metode gør det muligt at isolere og dermed sammenligne dynamikkerne i forskellige faser af konjunkturcyklen, hvilket er centralt i vurderingen af, hvordan de økonomiske forhold påvirker udviklingen i terminspræmien på en 10-årig amerikansk statsobligation. Her anvendes outputgabet som indikator for, hvilken konjunkturfase som økonomien befinder sig i. Dette er opdelt i opsving, højkonjunktur, nedgang og lavkonjunktur¹. Samtidigt anvendes en binær tærskelværdi, 0 eller 1, hvor 1 benyttes som den konjunkturfase der undersøges, mens 0 angiver de resterende faser. Hermed estimeres der udelukkende impulsresponsfunktioner for denne fase. I nedenstående afsnit vises resultaterne af den estimerede terminspræmie samt dens reaktion på makroøkonomiske choks hen over konjunkturcyklen.

6 Hvordan påvirkes terminspræmien af konjunkturcykler?

I følgende analyse estimeres terminspræmien for en 10-årig amerikansk statsobligation. Dette gøres på baggrund af den dynamiske Nelson-Siegel model, hvor der anvendes en state-space model. Efterfølgende anvendes den estimerede terminspræmie i en empirisk analyse, hvor konjunkturcyklers påvirkning på terminspræmien estimeres via en LP-model. Afslutningsvist udføres der modeldiagnostik samt robusthedsanalyse.

6.1 Estimering af terminspræmien

Terminspræmien for en 10-årig amerikansk statsobligation estimeres via “statespacer-pakken” i R-studio. Metoden er defineret på baggrund af den anvendte metode af Diebold, Rudebusch, and Aruoba (2006). Der anvendes data for amerikanske statsobligationer med 8 forskellige løbetider, herunder 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, og 10 år.

Modellen er opstillet som følgende, hvor tilstandsligningen er:

$$(f_t - \mu) = A(f_{t-1} - \mu) + \eta_t$$

Ligning 6-1

¹ Udregningen af dette kan ses i Konjunkturcykler

Hvor f_t er en vektor af de tidsvarierende faktorer, L, S og C, som ændrer sig over tid. Den bliver ikke estimeret som en fast parameter, men beregnes i stedet ved hjælp af Kalman-filteret. Det betyder, at man for hver tidsperiode i datasættet får en sekvens af estimerede værdier for f_t , men disse værdier er ikke direkte estimeret i modellen. Det er i stedet modellens øvrige parametre, der estimeres ud fra data, hvorefter f_t beregnes, betinget af disse estimerede parametre og de observerede data. μ er state-vektoren, som har dimensionerne 3×1 . Denne repræsenterer den langsigtede middelværdi af faktorerne, L, S og C, og er dermed et fast niveau, som f_t svinger omkring. μ estimeres i modellen og ser ud som følgende:

$$\mu = \begin{bmatrix} 5,43 \\ -1,61 \\ -0,37 \end{bmatrix}$$

A er transitionsmatricen, som er en 3×3 matrice, hvor der skal estimeres 9 parametre. Transitionsmatricen ser ud som følgende:

$$A = \begin{bmatrix} 0,99 & 0,01 & 0,01 \\ -0,024 & 0,94 & 0,05 \\ -0,01 & -0,02 & 0,99 \end{bmatrix}$$

A beskriver, hvordan de tre latente faktorer udvikler sig over tid, altså hvordan tidligere værdier af faktorerne påvirker deres fremtidige værdier. Her viser diagonalværdierne, hvor afhængige den enkelte faktor er af tidligere værdier af sig selv. Disse er meget tæt på 1, hvilket betyder, at ændringerne i faktorerne er vedvarende over tid. Yderligere er de øvrige værdier tæt på 0, hvilket viser, at der ses en mindre påvirkning fra de øvrige faktorer.

Yderligere defineres observationsligningen som:

$$Y_t = \Lambda(\tau)f_t + \varepsilon_t$$

Ligning 6-2

Hvor Y_t er en vektor af observerede renter for de forskellige værdier af τ . Dette er en 8×1 vektor, da der anvendes 8 forskellige løbetider for de amerikanske statsobligationer. Denne ser ud som følgende:

$$Y_t = \begin{bmatrix} Y_{t, 1\text{år}} \\ Y_{t, 2\text{år}} \\ Y_{t, 3\text{år}} \\ Y_{t, 5\text{år}} \\ Y_{t, 6\text{år}} \\ Y_{t, 7\text{år}} \\ Y_{t, 9\text{år}} \\ Y_{t, 10\text{år}} \end{bmatrix}$$

$\Lambda(\tau)$ er en designmatrix, der afhænger af løbetiderne. Denne matrice betegnes som Z-matricen i denne analyse, og dette er en 8x3 matrice, der beregnes på baggrund af værdien for λ , samt de 8 forskellige løbetider. Her sættes $\lambda = 0,06$, på baggrund af metoden anvendt af Diebold, Rudebusch, and Aruoba (2006). Z-matricen ser ud som følgende:

$$Z = \begin{bmatrix} 1 & 0,93 & 0,06 \\ 1 & 0,87 & 0,11 \\ 1 & 0,77 & 0,19 \\ 1 & 0,61 & 0,27 \\ 1 & 0,49 & 0,29 \\ 1 & 0,34 & 0,28 \\ 1 & 0,26 & 0,23 \\ 1 & 0,18 & 0,18 \end{bmatrix}$$

Z-matricen oversætter de tre latente faktorer til observerede renter på tværs af de 8 løbetider. Hver række i matricen svarer altså til 1 af de 8 løbetider, og hver kolonne svarer til en faktor, L, S og C. Kolonne 1 som viser niveau-komponenten er altid =1, da niveau-komponenten skal påvirke renten ens for alle løbetider. Kolonne 2 beskriver hældnings-komponenten, som defineres ud fra $\frac{1-e^{-\lambda\tau_1}}{\lambda\tau_1}$, og fanger forskellen mellem korte og lange renter. Bidraget er større ved korte løbetider og falder så i takt med at løbetiden stiger. Kolonne 3 viser krumnings-komponenten, $\frac{1-e^{-\lambda\tau_1}}{\lambda\tau_1} - e^{-\lambda\tau_1}$, som opfanger krumningen på midten af rentekurven. Derfor starter denne lavt, topper ved række 5, og efterfølgende falder igen. Dermed stemmer værdierne for Z-matricen overens med de teoretiske forventninger. Yderligere er værdien for λ estimeret til 0,046. Ud fra denne kan man udregne, hvor krumningskomponenten har den største vægt, via følgende formel:

$$\tau^* = \frac{1,78}{\lambda} = \frac{1,78}{0,046} = 38,7 \text{ år}$$

Denne udregning er den teoretiske udregning, og stemmer ikke overens med, hvad der ses i Z-matricen, som er den mere praktiske tilgang. Dette skyldes formentligt, at analysens løbetider

kun strækker sig til maksimalt 10 år, og dette er et kendt problem ved anvendelse af state-space modeller.

Yderligere estimeres matricerne Q og H, på baggrund af Ligning 5-7. Her er Q en 3x3 symmetrisk matrice, hvor der skal estimeres 6 værdier i alt, 3 kovarianser, samt en varians for innovationsstøjen, η_t , for hver af de tre faktorer, L, S og C.

Q ser ud som følgende:

$$Q = \begin{bmatrix} 0,07 & -0,07 & -0,05 \\ -0,07 & 0,09 & 0,05 \\ -0,05 & 0,05 & 0,43 \end{bmatrix}$$

Her viser diagonalelementerne variansen for η_t for hver af de tre faktorer. De yderligere elementer viser kovariansen mellem η_t for de tre faktorer.

Matricen H definerer variansen for observationsfejlen, og er en 8x8 matrice, hvor diagonalen består af variansen for de 8 forskellige løbetider, og de resterende værdier er lig 0. Diagonalen for H-matricen ser ud som følgende:

$$H = \text{diag}(0,016 \quad 1,90 * 10^{-8} \quad 0,005 \quad 0,003 \quad 3,08 * 10^{-8} \quad 0,003 \quad 1,69 * 10^{-6} \quad 0,012)$$

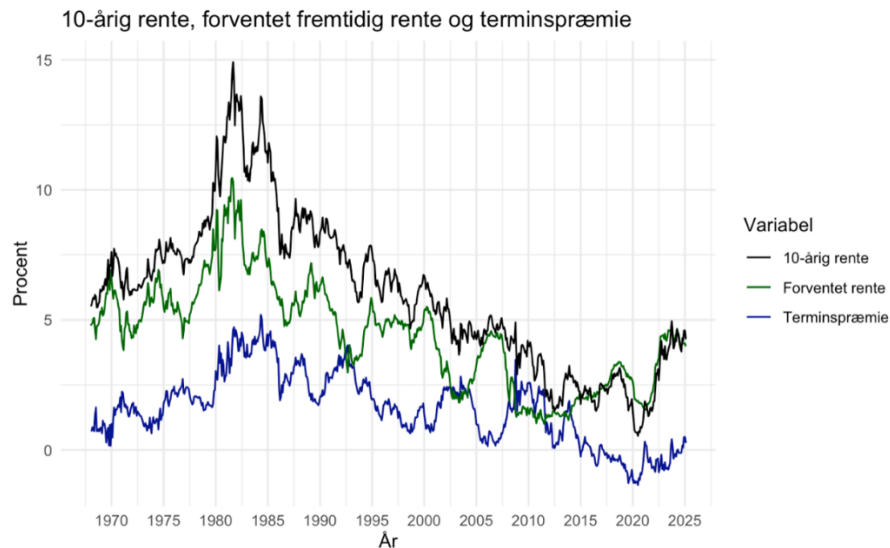
Diagonalen i H repræsenterer variansen af fejleddet i tilstandsligningen, ε_t . Her er det godt at opnå små værdier i diagonalen, da dette indikerer meget præcise målinger for den pågældende variabel, hvor større værdier indikerer mere usikkerhed. Samlet giver H-matricen et mål for, hvor meget usikkerhed, der er forbundet med det observerede data. Dette påvirker, hvor godt man kan estimere de latente tilstande i modellen, og dermed hvor præcist man kan forstå systemets underliggende dynamik.

I følgende Figur 6-1 ses den faktiske 10-årige rente for en amerikansk statsobligation, den estimerede forventede kortsigtede rente, samt den udregnede terminspræmie, på baggrund af følgende formel:

$$TP_t^n = r_t^n - E_t(r_{t+1}^{n-1})$$

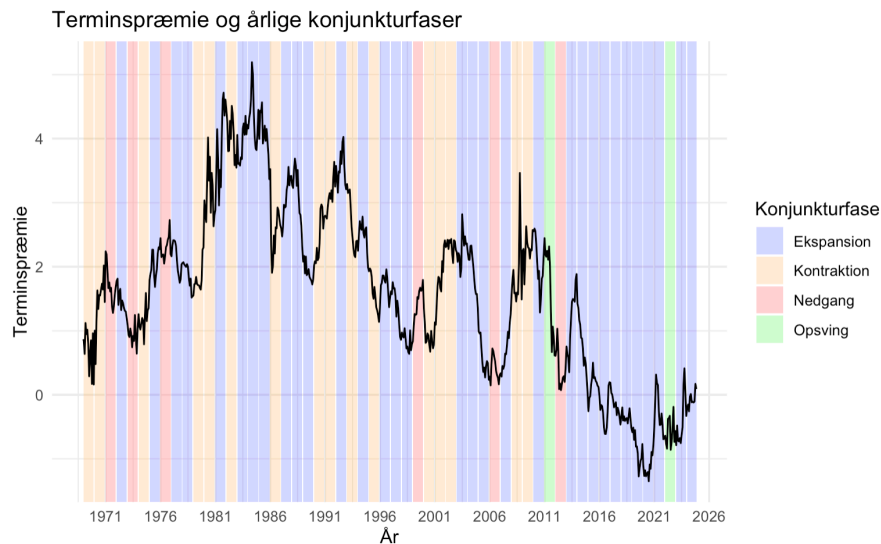
Ligning 6-3

Hvor TP_t^n angiver terminspræmien, og vises som den blå linje. r_t^n angiver den faktiske rente, og vises som den sorte linje, og $E_t(r_{t+1}^{n-1})$ angiver den forventede korte rente, som er estimeret i denne analyse, og vises som den grønne linje.

Figur 6-1: 10-årig rente, forventet fremtidig rente og terminspræmie Kilde: Egen fremstilling

Her ses udviklingen over tid i de tre forskellige variable, hvor den forventede korte rente i den første del af tidsperioden befinder sig under den faktiske 10-årige rente. Omkring år 2005 og frem til finanskrisen er niveauet for disse variable meget ens. Da finanskrisen rammer ses der et drastisk fald i den forventede korte rente, og dermed ses der en stigning i terminspræmien. Dette er tæt forbundet med den øgede usikkerhed, der opstår i krisetider. Omkring 2015 og frem til 2025, er de to renteniveauer igen meget ens, og dette skubber terminspræmien mod 0. Fra 2018 og frem ses der en negativ terminspræmie. Når der ses lave terminspræmier modtages der ikke nogen ekstra kompensation for at investere langsigtet, i stedet for kortsigtet. Altså er dette et tegn på, at markedet ikke ser nogen stor risiko eller usikkerhed ved at investere på lang sigt. Omkring 1980 og ca. 5 år frem ses der høje niveauer for terminspræmien, og det er også her kurven toppen. Dette afspejler en periode med høj inflation, samt høj usikkerhed.

Figur 6-2: Terminspræmien og årlige konjunkturfaser. Kilde: Egen fremstilling



I ovenstående Figur 6-2 ses den estimerede terminspræmie plottet sammen med de fire forskellige faser for konjunkturcyklerne. Faserne vises i årlige intervaller, hvor der på baggrund af månedligt data vises den fase som, er mest dominerende i det givne år. Dermed hvilken fase der optræder i flest måneder på det pågældende år. Den samme figur vises i appendiks, hvor konjunkturfaserne blot opgjort halvårligt, i stedet for årligt. Det fremgår, at terminspræmien i store træk varierer systematisk med den økonomiske cyklus. Overordnet stiger terminspræmien typisk i perioder med økonomisk usikkerhed og recession, mens den falder under stabile ekspansionsfaser. Denne sammenhæng afspejler både investorers risikopræferencer og deres forventninger til den fremtidige rente- og inflationsudvikling. Under nedgangstider samt tider med kontraktion ses ofte en forhøjet terminspræmie. Dette kan skyldes, at investorer kræver en højere kompensation for at binde kapital i lange obligationer, når fremtiden er præget af stor usikkerhed. I sådanne perioder er usikkerheden om fremtidig økonomisk politik, inflation og vækst stor, hvilket øger efterspørgslen efter en risikopræmie. Dette ses f.eks. under finanskrisen i 2008, hvor terminspræmien midlertidigt steg markant. Når økonomien bevæger sig ind i en opsvingsfase, hvor væksten genoprettes efter en recession, falder terminspræmien typisk. Væksten i økonomien er stigende, inflationen er lav og forudsigelig, og der er mindre behov for risikopræmier. Investorer har større tillid til den makroøkonomiske stabilitet og centralbankens evne til at fastholde inflationen tæt på målsætningen. Den lavere usikkerhed og øgede tillid mindsker behovet for en kompensation for rente- og inflationsrisiko, og det resulterer i lavere terminspræmier. Denne sammenhæng ses især tydeligt i perioden efter finanskrisen, hvor terminspræmien har været meget lav, og endda negativ, som følge af en lang periode med lav inflation og pengepolitiske lempelser.

Sammenfattende viser figuren, at terminspræmien er høj i perioder med økonomisk usikkerhed, især op til og under recessioner, og lav i perioder med stabil vækst og forudsigelig pengepolitik. Denne adfærd understreger, at terminspræmien ikke blot reflekterer forventede renteændringer,

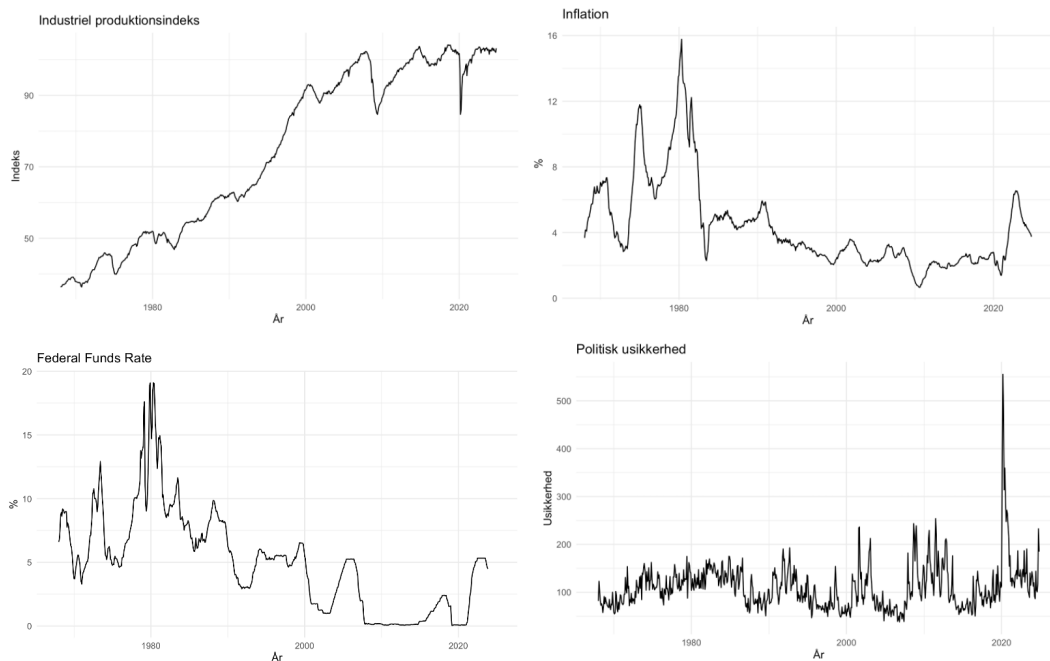
men også en kompensation for risiko og usikkerhed, som varierer i takt med konjunkturcyklussen. Denne variation undersøges i følgende empiriske analyse.

6.2 Resultater af LP-modellerne

I følgende afsnit udarbejdes en empirisk analyse, hvor det undersøges, hvordan terminspræmier påvirkes af udvalgte makrovariable i de forskellige konjunkturfaser. I analysen anvendes terminspræmien på en 10-årig amerikansk statsobligation, som er estimeret ud fra egne beregninger, som beskrevet i ovenstående afsnit. Denne repræsenterer den kompensation som investorer kræver for at holde en langsigtet obligation fremfor en serie af kortere obligationer, hvor risikoen er lavere. I analysen anvendes LP-modeller, da denne type model muliggør at estimere impulsresponsfunktioner på tværs af konjunkturfaserne uden at antage lineære relationer mellem de udvalgte variable. Denne metodes fordel er, at modellerne er fleksible med hensyn til regimer, hvilket er denne analyses centrale punkt, da det antages at terminspræmien påvirkes forskelligt af ændringer i makroøkonomiske variable alt efter hvor i konjunkturcyklen, som økonomien befinder sig. Konjunkturcyklen er, som tidligere nævnt, opdelt i fire faser; opsving, ekspansion, nedgang og kontraktion. Denne opdeling er baseret på outputgabet og dets afvigelser fra trenden, som også tidligere er beskrevet. For at muliggøre estimering af faseafhængige impulsresponsvar anvendes fire separate LP-modeller – én for hver af de fire faser. I stedet for at inddele det observerede data i regimer ud fra en fast grænseværdi, tilføjes en ekstra binær variabel til datasættet, som identificerer, hvilken konjunkturfase observationen tilhører i den givne måned. I modellen for opsvingsfasen vil den binære variabel for opsvingsfasen antage værdien 1 i måneder, hvor økonomien befinder sig i opsving, og 0 i alle andre måneder. Denne binære variabel anvendes hermed som indikator, der muliggør faseopdelte estimering. Hver LP-model estimeres således på baggrund af de observationer, der tilhører den pågældende fase. På den måde defineres regimet direkte ud fra konjunkturfaseinddelingen. Dermed estimeres effekten af chokket fra de makroøkonomiske variable separat for hver konjunkturfase, og på denne måde tillades en analyse, hvor effekten på terminspræmien varierer afhængigt af konjunkturfasen. Dette gør det muligt at undersøge, om effekterne varierer asymmetrisk på tværs af konjunkturcyklen.

De udvalgte makroøkonomiske variable, som anvendes som eksogene chok i modellerne er; industriel produktion, der anvendes som mål for den økonomiske vækst i økonomien. Inflation, som anvendes som indikator for prisdynamikken. Den pengepolitiske styringsrente fra den amerikanske centralbank, som beskriver pengepolitikens niveau. Samt politisk usikkerhed, som opfanger den politiske volatilitet, som skaber usikkerhed hos markedsdeltagerne. Udviklingen af disse kan ses i Figur 6-3

Figur 6-3: Plots af makroøkonomiske variable. Kilde: FRED, St. Louis Fed



Variablene er udvalgt på baggrund af empiriske resultater fra tidligere litteratur, samt teoretiske overvejelser, og da disse potentielt har en betydelig påvirkning på markedsdeltagernes forventninger til den fremtidig udvikling, og dermed også på terminspræmien, som investorerne vil kræve. Der anvendes månedligt data fra januar 1968 til december 2024, og der findes en oversigt over variablene i Tabel 6-1. Alt data er inden estimering og udarbejdelsen af modellerne testet for sæsonudsving, ligesom der er udført ADF-test for at undersøge om der ses unitroot i variablene. Der redegøres for baggrunden og resultaterne for disse test i appendiks.

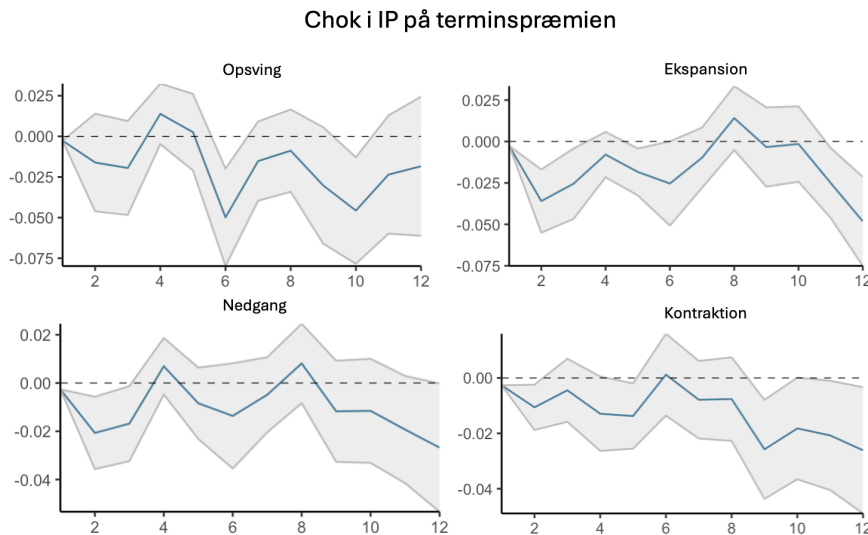
Tabel 6-1: Oversigt over anvendte makroøkonomiske variable. Kilde: Egen fremstilling og FRED

Variabel	Beskrivelse	Kilde
Terminspræmie	Terminspræmien på en 10-årig amerikansk statsobligation. Viser den ekstra præmie, som investorer kræver for at købe obligationer med lang løbetid.	Egen fremstilling ud fra Nelson-Siegel metoden.
Industriel produktion	Industriel produktionsindeks. Differenteret, og dermed vises vækstraten fra måned til måned.	FRED, St. Louis Fed

Inflation	Inflation, den årlig procentvise ændring i forbrugerpriser. Udregnet ud fra CPI, forbrugerprisindekset.	FRED, St. Louis Fed
FFR	Feds Fund rate, den pengepolitiske styringsrate fra den amerikanske centralbank, FED.	FRED, St. Louis Fed
Usikkerhed	Økonomisk politisk usikkerhed. Baseret på nyhedsartikler fra USA, og estimeret ud fra en model af Baker, Bloom og Davis (2012)	FRED, St. Louis Fed
Outputgab	Forskellen mellem reelt BNP og potentielt BNP. Anvendes som indikatorvariabel for konjunkturcyklussens faser.	FRED, St. Louis Fed

Formålet med den empiriske analyse er derfor at teste om effekten af disse makroøkonomiske faktorer på terminspræmien varierer på tværs af konjunkturcyklens faser. Samt om disse empiriske effekter kan bekræfte de teoretiske antagelser omkring regimesensitivitet og asymmetri. Dettet gøres i følgende afsnit, hvor de makroøkonomiske variables påvirkning på terminspræmien analyseres ud fra, hvilken konjunkturfase, som økonomien befinder sig i. Et chok angiver en 1%-stigning i chokvariablen, så dermed et positivt chok, og effekten vises 12 måneder frem. Ved anvendelse af LP-modeller vises effekten af chokket, som ændringen i niveauet for terminspræmien. Under antagelsen om linearitet i LP-modellen, vil man i disse modeller anse effekterne af et positivt chok som værende symmetriske med et negativt chok. Dermed vil et negativt chok give samme responskurve som et positivt, bare med omvendt fortegn.

Figur 6-4: Chok i industriel produktion på terminspræmien for en 10-årig amerikansk statsobligation. Kilde: Egen fremstilling

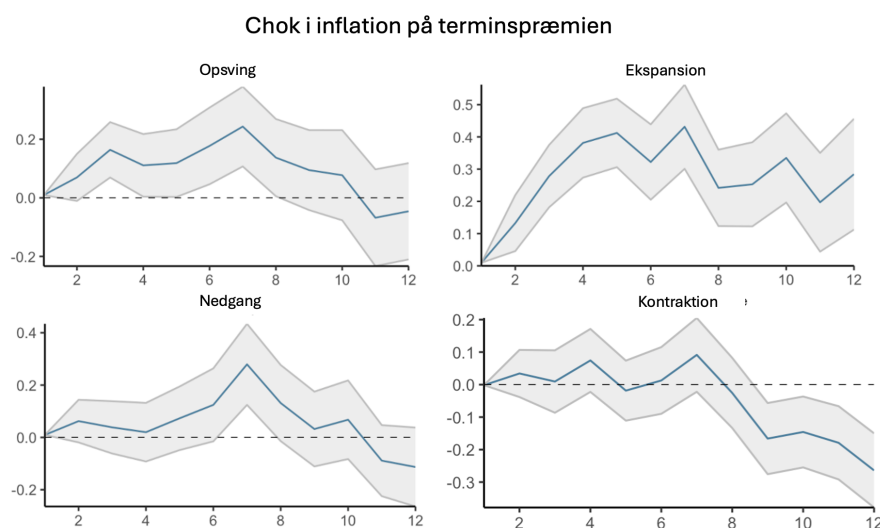


I Figur 6-4 ses effekten fra en 1%-stigning i væksten i industriel produktion på terminspræmien i de fire konjunkturfaser. Denne variabel anvendes som proxy for den økonomiske aktivitet, og en stigning vil derfor være et signal om en stærkere økonomisk vækst i fremtiden. Et vækstchok vil teoretisk set skulle reducere usikkerheden i økonomien, og dermed sænke terminspræmierne. Dette ses også i overordnede træk i alle fire faser af konjunkturcyklen, og bekræfter dermed teorien om, at terminspræmier falder, når økonomien forbedres og risikoen for recession falder. Dog er resultaterne for alle fire faser i dele af perioden ikke-signifikante. I opsvingsfasen, hvor økonomien forsøger at revanchere sig fra lavkonjunktur, men hvor aktiviteten stadig befinder sig under kapacitetsgrænsen, ses det, at effekten af chokket i industriel produktion kun i meget få måneder er signifikant. I disse perioder ses der dog en negativ påvirkning, hvor en 1% stigning i væksten i industriel produktion vil mindske terminspræmien med op til 0,05 procentpoint, eller 5 basispoint. I ekspansionsfasen ses der blandede effekter fra et chok i industriel produktion. Frem til måned 6 efter chokket ses et fald i terminspræmien på op imod 3 basispoint. Her bevæger responskurven sig mod en positiv effekt, som dog ikke er signifikant, mens man efter måned 11 igen ser en negativ effekt. Disse blandede signaler kan skyldes, at en stigning i den økonomiske vækst reducerer frygten for recession, hvilket får usikkerheden til at falde, og dermed også terminspræmien. Men øget økonomisk aktivitet vil i ekspansionsfasen, hvor økonomien bevæger sig omkring kapacitetsgrænsen, også få usikkerheden omkring fremtidig inflation til at stige, grundet et øget løn- og prispres. Dermed stiger usikkerheden omkring fremtidige renter også, hvilket får terminspræmien til at stige. Hermed ses der en sammenhæng mellem de blandede teoretiske forventninger til terminspræmien i ekspansionsfasen, og den empiriske analyses resultater. I nedgangs- og kontraktionsfase, hvor der typisk ses lav eller negativ vækst, vil en stigning i den økonomiske vækst typisk tolkes som et muligt vendepunkt, og dette vil reducere risikoopfattelsen, og dermed sænke terminspræmierne. I disse perioder stemmer dette positive chok dog ikke overens med den underliggende konjunktur, og

derfor vil det i stedet være relevant at kigge på et negativt vækstchok. Da chokeffekterne, som sagt, er symmetriske, vil et negativt chok i nedgangsfasen betyde en stigning i terminspræmien de første tre måneder på 2 basispoint, hvorefter effekten bliver ikke-signifikant. Teoretisk set vil reaktionen i terminspræmien i denne fase afhænge af, hvordan centralbanken reagerer på faldet i væksten. Reageres der i tide vil frygten for recession mindskes, hvilket reducerer terminspræmien, mens en for sen reaktion, som det er tilfældet her, hvor der ses yderligere afmatning i nedgangsfasen, vil usikkerheden omkring en kommende recession stige. Dette vil få terminspræmierne til at stige, idet investorerne vil kræve yderligere kompensation for risikoen for recession. Hvilket også afspejles i den omvendte responskurve. I kontraktionsfasen vil et negativt chok også resultere i stigninger i terminspræmien på mellem 1,5 og 3 basispoint i flere af analysens måneder. Dette skyldes ligeledes usikkerheden omkring recession, og hvor længe denne vil vare. I dette tilfælde, som ved nedgangsfasen, vil et yderligere negativt vækstchok, i form af et 1%-fald i industriel produktion, skabe yderligere økonomisk usikkerhed, og dermed stiger risikoen for en længerevarende recession, hvilket gør, at terminspræmierne stiger.

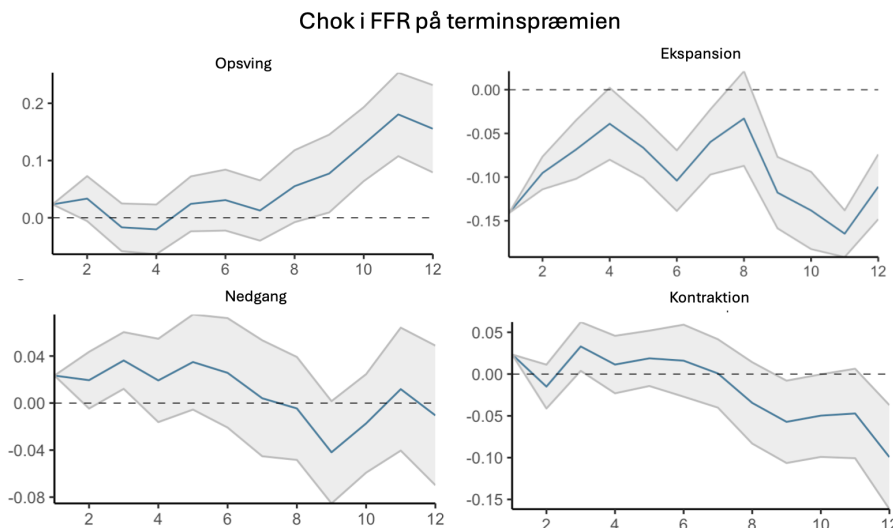
Via denne analyse af et chok i industriel produktion på terminspræmien påvises det, at der findes asymmetriske effekter på tværs af de fire konjunkturfaser. Effekten af chokket er større i perioderne med opsving og ekspansion med en stigning i terminspræmien på op mod 5 basispoint, mens man i kontraktionsfasen ser en effekt op mod 3 basispoint og 2 basispoint i nedgangsfasen. Hermed påvirkes terminspræmien mere af ændringer i væksten i opsving- og ekspansionsfasen end i nedgangs- og kontraktionsfasen. Overordnet set er disse resultater dog ikke-signifikante i flere af månederne, hvilket ikke stemmer overens med den teoretiske forventning om, at ændringer i den økonomiske aktivitet påvirker terminspræmierne. Dermed tyder på, at den forventede påvirkning fra denne variable muligvis er blevet optaget i effekterne fra en af de andre analyserede variable.

Figur 6-5: Chok i inflation på terminspræmien for en 10-årig amerikansk statsobligation. Kilde: Egen fremstilling



Figur 6-5 viser responskurverne for et positivt chok i inflationen på terminspræmien, og hvordan disse effekter varierer ud fra de forskellige konjunkturfaser. Inflationen udvikler sig i takt med konjunkturfaserne skifter, og denne variable påvirkes især af udviklingen på arbejdsmarkedet, som ændres i takt med konjunkturfaserne. Et positivt inflationschok, altså en 1%-stigning i inflationen, vil resultere i større usikkerhed omkring de fremtidige renter, idet det forventes, at centralbanken vil hæve de pengepolitiske styringsrenter for at imødekomme den stigende inflation samt en mulig overophedning af økonomien. Denne stigende usikkerhed opstår, da man ikke ved, hvor meget renterne skal stige, og dette medfører at investorerne vil kræve en højere terminspræmie for at holde langsigtede obligationer over en periode med inflations- og renteusikkerhed. Denne udvikling bekræftes overordnet set i ovenstående plots. I opsvingsfasen ses det, at et positivt inflationschok vil resultere i en stigning i terminspræmien på op mod 20 basispoint hver måned frem til måned 8, hvorefter effekten bliver ikke-signifikant. Denne fase er typisk præget af lav inflation, idet økonomien kommer fra en periode med lav vækst, høj arbejdsløshed og derfor også lav inflation. Idet inflationsniveauet typisk er lavt, vil et positivt chok i denne variabel have en mindre påvirkning i denne fase af konjunkturcyklen end det ses i ekspansionsfasen. I plottet for responsfunktionen for et chok i ekspansionsfasen ses det, at terminspræmien stiger op mod 40 basispoint, og effekten er dermed dobbelt høj som i opsvingsfasen. Dette stemmer overens med den teoretiske overbevisning om, at terminspræmier stiger i takt med at løn- og prispresset stiger. I denne fase bevæger den økonomiske aktivitet sig på kapacitetsgrænsen, hvilket presser inflationen op. Hermed vil investorerne i denne fase være mere sensitive overfor stigninger i inflationen, idet denne allerede er på høje niveauer, og dette får terminspræmierne til at stige. Ligesom ved opgangsfasen er effekten af et inflationschok svagere i nedgangs- og kontraktionsfasen, og her ses ligeledes blandende effekter. I disse faser er efterspørgslen og dermed væksten faldende eller negativ, mens arbejdsløsheden er stigende. Dette reducerer løn- og prispresset, hvilket gør investorer mindre bekymret for inflationsstigninger i disse perioder. Derudover vil en stigning i inflationen i nedgangspe-rioder muligvis tolkes som efterspørgselsdrevet, f.eks. fra stimuli, og dette vil reducere inflationsrisikoen, hvilket sænker terminspræmierne. Derfor vil terminspræmien påvirkes af modsatrettede effekter, og dermed vil responskurven ligge omkring 0-linjen med få signifikante måneder. Hermed ses der også asymmetriske effekter ved chok i inflation på tværs af konjunkturcyklens faser. Inflationen påvirker terminspræmierne markant mere i opsvings- og ekspansionsperioder, hvor inflationspresset er højere, end i perioder med nedgang og kontraktion, hvor der ses lille eller ingen effekten.

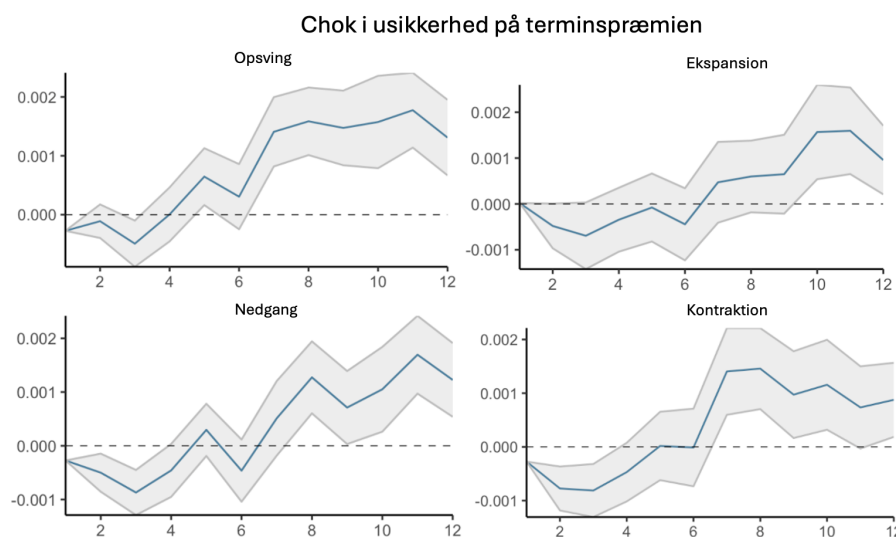
Figur 6-6: Chok i den pengepolitiske rente på terminspræmien for en amerikansk statsobligation Kilde: Egen fremstilling.



I ovenstående Figur 6-6 ses et positivt pengepolitisk chok på terminspræmien, og dermed effekten af en stigning i den pengepolitiske styringsrente fra Fed (FFR), altså kontraktiv pengepolitik. Den pengepolitiske styringsrente anvendes af den amerikanske centralbank til at styre sine to mandater; lav inflation og lav arbejdsløshed. Gennem en konjunkturcyklus ændres behovet for pengepolitikken, og dermed vil et chok i den pengepolitiske styringsrente forventeligt have asymmetriske effekter på terminspræmien. I opsvingsfasen, hvor økonomien forsøger at komme sig efter et krisestadie, og dermed ønsker stigende vækst, vil en rentestigning fra centralbanken sandsynligvis give en vis usikkerhed. Dette skyldes, at der ses en vis risiko for, at rentestigningen kan lægge en dæmper på den begyndende stigning i væksten. Derudover kan motivationen bagved rentestigningen også skabe en vis usikkerhed, idet grundlaget for denne kan være frygt for en vækstrate, som er for høj, og som dermed kan lede til mulig overophedning, og dermed højere inflation. Begge disse leder til stigninger i terminspræmien grundet usikkerhed omkring den fremtidige udvikling. Dette bekræftes i responskurven. Her ses signifikante positive effekter i periodens første to måneder samt de sidste tre måneder på op mod 20 basispoint. I opsvingstider vil centralbanker typisk lempe deres pengepolitik for at stimulere væksten, og dermed vil et negativt rentestød være mere retvisende for denne fase. Dette ses ved responskurven med modsatte fortegn. Et fald i den pengepolitiske styringsrente burde reducere terminspræmien, da det antages at være centralbankens forsøg på at stimulere opsvinget i gang, hvilket vil reducere frykten for recession og styrke investorernes optimisme. I ekspansionsfasen ses det, at en stigning i den pengepolitiske rente udløser fald i terminspræmien. Ekspansionsfasen er kendetegnet ved høj vækst og typisk høj inflation, og centralbanken, hvis mandat er stabil, lav inflation, vil her hæve styringsrenten for at sætte en dæmper på inflationen. Hvis investorerne har tillid til centralbankens evne til at bekæmpe inflationen gennem rentestigningerne, vil usikkerheden omkring den fremtidige udvikling i renterne falde, og dermed vil der kræves en mindre præmie for at holde langsigtede obligationer. Dermed ses det, at

chokket har modsatte effekt i ekspansionsfasen sammenlignet med opsvingsfasen. I nedgangsfasen, hvor der typisk ses faldende vækstrate, får en stigning i styringsrenten terminspræmien til at stige i de fleste af månederne i analysen. Dette skyldes, at man opfatter rentestigningen som en øget risikofaktor for endnu lavere fremtidig vækst, hvilket får usikkerheden og derfor terminspræmien til at stige. Ved et pengepolitisk chok i kontraktionsperioder ses der ikke-signifikante effekter. Dette stemmer ikke overens med teorien. Her burde et fald i den pengepolitiske rente ligeledes få forventninger til vækst til at stige, og dermed fjerne noget risiko for recession. Ved et pengepolitisk chok ses der hermed også asymmetriske effekter, både i retning og i styrke. I opsvings- og ekspansionsfasen er effekterne markant større end i nedgangs- og kontraktionsfasen.

Figur 6-7: Chok i politiske usikkerhed på terminspræmien for en 10-årig amerikansk statsobligation. Kilde: Egen fremstilling.



Ovenstående Figur 6-7 viser effekten af et chok i politisk usikkerhed på terminspræmien. Politisk usikkerhed er relevant, da denne ændres i forbindelse med ændringer i diverse politikker, såsom finans-, told- og skattepolitikken, samt udtalelser, reguleringer og offentlig gæld. Disse er faktorer, som påvirker den makroøkonomiske situation, og kan dermed ændre risikoopfattelsen i markedet. Dermed bruges denne variabel til at opfange den usikkerhed, som skabes ved den uforudsigelighed omkring fremtidig vækst og inflation, som ændringer i politikker kan skabe. En stigning i den politiske usikkerhed vil øge risikoen ved at holde langsigtede obligationer, og dermed vil investorer kræve en højere terminspræmie. Denne variabel for politisk usikkerhed medregner også sandsynligheden for policyfejl, f.eks. om der bliver ført en for lempelig eller for stram pengepolitik. En stigning i sandsynligheden for disse fejl øger altså den politiske usikkerhed. Et chok i variabelen for politisk usikkerhed vil indikere en stigning i usikkerheden. Overordnet set ses det, at effekterne af et sådant chok er meget små, hvor effekten maksimalt er en stigning i terminspræmien på 0,2 basispoint. I opsvingsfasen vil et chok i politisk usikkerhed i de første måneder resultere i fald i terminspræmien, hvilket er imod de teoretiske forventninger. Dog er effekten nærmest ikke signifikant i disse måneder. Efter måned

5 ses en signifikant stigning i terminspræmien, hvilket stemmer overens med teorien. I denne fase er den fremtidige vækst usikker, og et chok i den politiske usikkerhed vil derfor opfattes som alvorlig, og derfor vil investorer kræve en højere præmie. I ekspansionsfasen er effekten ligeledes positiv, dog først efter måned 9. I denne fase er økonomien typisk mere stabil, og dermed vil den ikke påvirkes i lige så høj grad af et chok i den politiske usikkerhed, som i opsvingsfasen, hvilket kan forklare effektens manglende styrke. Derfor ses en stigning i terminspræmien, men i et mere afdæmpet tempo. I nedgangsfasen ses det, at en stigning i den pengepolitisk usikkerhed i de første fire måneder medfører et meget lille fald i terminspræmien, hvilket ikke stemmer overens ens med de teoretiske forventninger. Efter måned 7 vil chokket dog resultere i stigninger i terminspræmien, hvilket skyldes, at en stigning i den politiske usikkerhed forstærker bekymringen for fejlagtig økonomisk politik, såsom en for sen ændring af pengepolitikken, og dette vil øge risikoen hos investorerne. Samme tendens gør sig gældende ved kontraktionsfasen, hvor den negative effekt i de første par måneder heller ikke stemmer overens med teorien. Generelt set, går de meget små effekter fra et chok i den politiske usikkerhed imod de teoretiske forventninger, hvor man i stedet havde set, at en stigning i usikkerheden ville resultere mere markante effekter på terminspræmien.

Samlet set, viser denne empiriske analyse, at chok i udvalgte makroøkonomiske variable påvirker terminspræmien på en 10-årig amerikansk statsobligation asymmetrisk afhængigt af, hvilken fase i konjunkturcyklen, som økonomien befinder sig i. Responskurverne viser en markant forskel fra fase til fase, både i effektens retning og styrke. Overordnet set, er effekterne mest markante i perioderne med opsving og ekspansion, hvor chok i variablene generelt set medfører de største ændringer i terminspræmierne. Årsagen til dette kan være, at i disse faser vil stigende vækst og inflation øge usikkerheden omkring centralbankens reaktion, og dermed de fremtidige renters udviklingen, hvilket afspejles i en øget terminspræmie. Modsat ses det, at effekten i perioderne med nedgang og kontraktion typisk er svagere og tit ikke-signifikante, grundet et lavere inflations- og vækstpres, samt en forventning om at centralbanken vil støtte via kontraktiv pengepolitik. Analysens resultater bekræfter overordnet set de teoretiske forventninger og tidligere litteratur omkring asymmetriske effekter på rentemarkedet, hvor effekten af ændringer i makroøkonomiske variable afhænger af det økonomiske udgangspunkt og den information, chokket sender om fremtiden. Dog viser resultaterne, specielt i lavkonjunktursperioderne, ikke-signifikante resultater, hvilket kan indikere, at andre makroøkonomiske faktorer kan spille en rolle i forklaringen af terminspræmiernes udvikling i denne periode.

6.3 Robusthedsanalyse

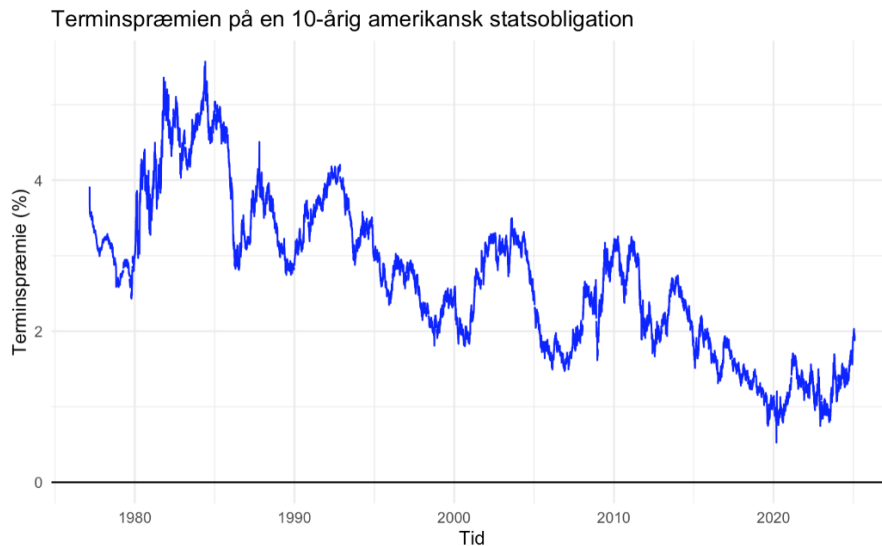
I følgende afsnit undersøges robustheden af den empiriske analyses resultater. Dette gøres for at sikre, at modellernes resultater har en vis robusthed og validitet, og dermed om fundne effekter, som de makroøkonomiske variable har på terminspræmierne i løbet af en konjunkturcyklus, er pålidelige. Først vurderes validiteten af den estimerede terminspræmie ud fra tidligere litteratur, samt andre estimeringsmetoder ved at sammenligne med alternative estimeringer for at sikre, at resultaterne ikke er afhængige af model- og metodevalget. Herefter foretages

modelldiagnostik. Til undersøgelse af validiteten af LP-modellernes resultater foretages der ligeledes modelldiagnostik. For at undersøge robustheden af resultaterne foretages yderligere empiriske analyser af effekten af makroøkonomiske chok på terminspræmien, her med en afkorteret tidsperiode samt anden metode for regimeopdeling.

6.3.1 Estimering af terminspræmien

Til estimeringen af terminspræmien for en 10-årig amerikansk statsobligation er der anvendt en anerkendt metode af Diebold, Rudebusch og Aruoba (2006), hvor der anvendes "statespacer-pakken" i R-studio. For at tjekke robustheden af den estimerede terminspræmie, sammenlignes denne analyses resultat med øvrige resultater, hvor der anvendes andre metoder, samt en anden pakke i R-studio. I Figur 2-1 ses den estimerede terminspræmie fra FRED (Kim & Wright, 2011) samt fra ACM (Adrian, Crump, & Moench, 2013). Her ses der klare entydige tendenser for de estimerede terminspræmier, hvor der især ses en meget tæt relation mellem den estimerede terminspræmie fra analysen og den estimerede terminspræmie af ACM. Dermed ses der, trods anvendelse af forskellige metoder, resultater der er i tæt overensstemmelse med hinanden, og dette indikerer robuste resultater for estimeringen af terminspræmien. Yderligere anvendes der en anden tidsperiode til estimeringen af terminspræmien af FRED, og dette kan give anledning til de variationer, som ses mellem dette estimat og dette speciales estimat. Dermed tyder det på, at resultaterne ikke udelukkende er et resultat af model- og metodevalg, da resultaterne er i overensstemmelse, selvom der anvendes henholdsvis en state-space model og affine rentekurvmodeller. Yderligere er der udført en estimering af terminspræmien via en anden R-pakke, hvor der ikke anvendes "Statespacer-pakken", men i stedet pakken "KFAS". I denne opbygges state-space modellen mere manuelt. I følgende Figur 6-8 ses resultaterne fra denne analyse, hvor der overordnet ses de samme tendenser, som ved estimering via "Statespacer-pakken". Dog ses der generelt højere estimater ved denne metode, og terminspræmien bliver ikke negativ på noget tidspunkt.

Figur 6-8: Estimering af terminspræmien via "KFAS". Kilde: Egen fremstilling



For alle fire estimater ses der overordnet de samme tendenser, og her er det særligt relevant at undersøge estimaternes udvikling omkring krisesituationer. Her tjekkes perioden omkring år 1980, hvor der var høj inflation og blev ført en stram pengepolitik. Dette forårsagede en stigning i terminspræmierne, som kompensation for den øgede usikkerhed. Yderligere ses der klare tegn på lave terminspræmier i årene op til finanskrisen for alle estimater, hvor der samtidig ses en stigning i terminspræmien inden finanskrisen indtræder. Dette er i overensstemmelse med teorien, der antager, at rentekurven kan forudsige recessioner. I nyere tid har terminspræmien overordnet været faldende for alle estimeringsmetoderne, og samtidig ses der en svag stigning den seneste tid efter 2020 og Covid-krisen.

Der er yderligere udført modeldiagnostik på modellen for at vurdere pålideligheden af estimaterne fra modellen. Først valideres modelstrukturen og residualfordelingen, som er forskellen mellem de observerede data og modellens forudsagte værdier. Dette vurderes ved hjælp af test for normalitet, skævhed og kurtosis, som anvendes med udgangspunkt i Gauss-Markov-antagelsen om normalfordelte fejllid. Hvis residualerne ikke er tilnærmelsesvis normalfordelte, kan det indikere modelfejlspecifikationer, f.eks. manglende latente faktorer eller strukturelle brud. Skævhed (skewness) måler symmetrien i fordelingen, hvor en værdi tæt på 0 indikerer symmetri. Kurtosis måler tykkelsen i fordelings haler, og her vil en værdi tæt på 3 svare til en normalfordeling. En normalitetstest, her Jarque-Bera-testen, bør ikke være signifikant. P-værdien skal derfor være større end 0,05 for ikke at forkaste normalitetsantagelsen. Derudover testes for autokorrelation i residualerne for at undersøge, om de er systematisk korrelerede over tid. Ideelt set bør residualerne opføre sig som hvid støj, hvilket vil sige, at de er uafhængige og identisk fordelte. En signifikant autokorrelationstest med en p-værdi under 0,05 kan indikere, at modellen ikke indfanger al dynamikken i dataserien. Der testes desuden for heteroskedasticitet, dvs. om residualernes varians er konstant over tid. Hvis modellen er korrekt specificeret,

bør residualvariansen være konstant (homoskedasticitet). En p-værdi under 0,05 i denne test indikerer heteroskedasticitet og dermed en afvigelse fra denne antagelse.

Tabel 6-2: Resultater af modeldiagnostik af state-space modellen. Kilde: Egen fremstilling

Test	Mål	Værdi
Skævhed	Tæt på 0	0,054
Kurtosis	Tæt på 3	3,81
Normalitet	P-værdi > 0,05	0,15
Autokorrelation	P-værdi > 0,05	0,35
Heteroskedasticitet	P-værdi > 0,05	0,47

I tabellen ses resultaterne for de fem diagnostiske tests. Kolonne to angiver den forventede værdi, der kræves for at opfylde testens krav, og kolonne tre viser testresultaterne for modellen. Her ses det, at modellen består alle test. Fordelingen af residualerne er tæt på en symmetrisk normalfordeling uden tunge haler, hvilket indikerer få ekstreme udsving. Dette styrker troværdigheden af modelantagelserne. Der ses desuden ingen tegn på autokorrelation eller heteroskedasticitet. Disse resultater understøtter modellens robusthed og taler for, at den estimerede terminspræmie er valid. Selvom kurtosis-værdien i state-space-modellen er en smule over 3 (3,81), vurderes dette ikke at påvirke modelrobustheden væsentligt, da øvrige test viser fravær af autokorrelation og heteroskedasticitet. Sammenfattende danner denne robusthedsanalyse et solidt grundlag for pålidelige estimater af terminspræmien, som derfor kan anvendes til videre analyse i LP-modellen.

6.3.2 LP-modellerne

Ved anvendelsen af LP-modeller skal man sikre sig, at de estimerede impulssvar er pålidelige og robuste. På trods af, at LP-modeller er mindre strukturelt afhængige end f.eks. VAR-modeller, er det stadig nødvendigt at undersøge modellens antagelser og de estimerede resultaters gyldighed. For at vurdere validiteten af estimaterne beregnes R-squared og justeret R-squared for hver LP-model, i hver fase og for hver horisont. Hermed er disse angivet i et interval, som dækker over de 12 horisonter. Disse angiver, hvor stor en andel af variationen i den afhængige variabel, der forklares af modellen. Derudover anvendes en F-statistik til at teste om alle regressionskoefficienter samlet set er signifikant forskellige fra nul. P-værdien tilknyttet F-testen indikerer modellens statistiske signifikans.

Tabel 6-3: Resultater for test af resultaternes validitet. Kilde: Egen fremstilling

Test	Opsving	Ekspansion	Nedgang	Kontraktion
R-squared	0,8-0,97	0,82-0,97	0,8-0,98	0,82-0,98
Adj. R-squared	0,73-0,97	0,75-0,97	0,74-0,97	0,76-0,97
F-stat	66,1-135,55	65,5-133,2	67-136,47	63,6-143,5
P-værdi	Tæt på 0	Tæt på 0	Tæt på 0	Tæt på 0

Der ses meget høje R-squared og adj. R-squared-værdier, hvilket indikerer, at modellerne forklarer en stor del af variationen i terminspræmien givet makroøkonomiske chok. De høje F-statistikker og tilhørende lave p-værdier understøtter, at de samlede effekter af de forklarende variable er statistisk signifikante gennem hele perioden. Ligesom ved state-space-modellen skal LP-modellernes residualer analyseres. Derfor testes de også for normalitet, autokorrelation og heteroskedasticitet.

Tabel 6-4: Resultater af modeldiagnostik for LP-modellen. Kilde: Egen fremstilling

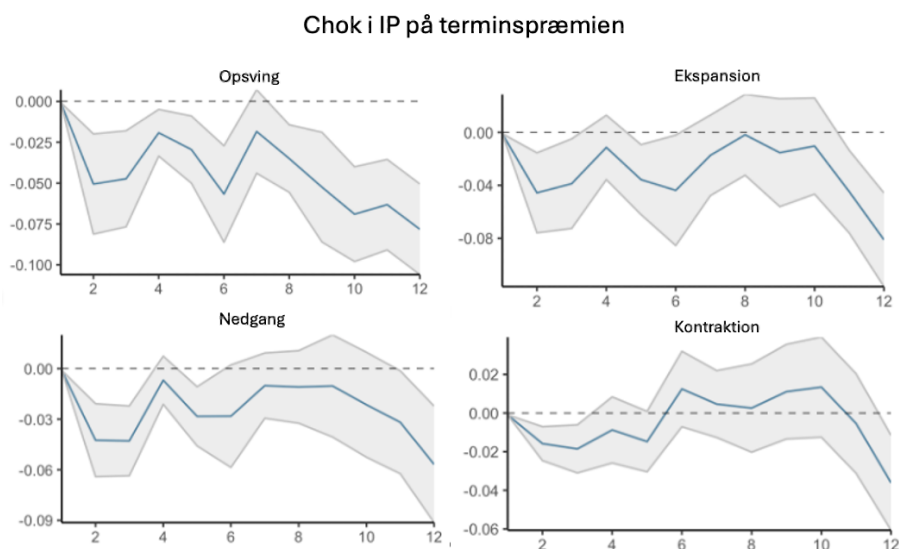
Test	Mål	Værdi
Skævhed	Tæt på 0	-0,03
Kurtosis	Tæt på 3	2,89
Normalitet	P-værdi > 0,05	0,13
Autokorrelation	P-værdi > 0,05	0,32
Heteroskedasticitet	P-værdi > 0,05	0,47

Ovenstående Tabel 6-4 viser, at LP-modellen også består de fem diagnostiske tests. Residualerne udviser næsten perfekt symmetri, og der observeres hverken autokorrelation eller heteroskedasticitet. Det vil sige, at residualernes varians er stabil over tid og opfører sig som hvid støj. Disse resultater styrker tilliden til LP-modellens estimer og dens videre brug i analysen.

For at teste robustheden af LP-modellernes resultater foretages endnu en analyse af makroøkonomiske variables effekt på terminspræmien gennem konjunkturcyklen. I denne analyse anvendes en afkortet tidshorisont fra 1985-2024. Dette gøres for at analysere en tidsperiode, hvor man kan undgå de volatile år op gennem 1970'erne og i starten af 80'erne, hvor der var store udsving i specielt inflationen og i den pengepolitiske styringsrente. Som det kan ses i Figur 6-3 har den slags volatilitet nemlig ikke fundet sted i mange år, hvor man i stedet hovedsageligt

har set mere stabile rente- og inflationsniveauer. Dermed vil denne tidsperiode give en bedre afspejling af den nuværende situation. Ulempen ved en afkortet tidsperiode er dog, at denne indeholder få perioder med recession, og da formålet med analysen er at undersøge, hvordan terminspræmien påvirkes gennem konjunkturcyklens faser, er det vigtigt, at alle disse faser er repræsenteret adskillige gange. Derfor er det relevant at analysere begge tidsperioder, og undersøge om dette har en betydning for den empiriske analyses resultater.

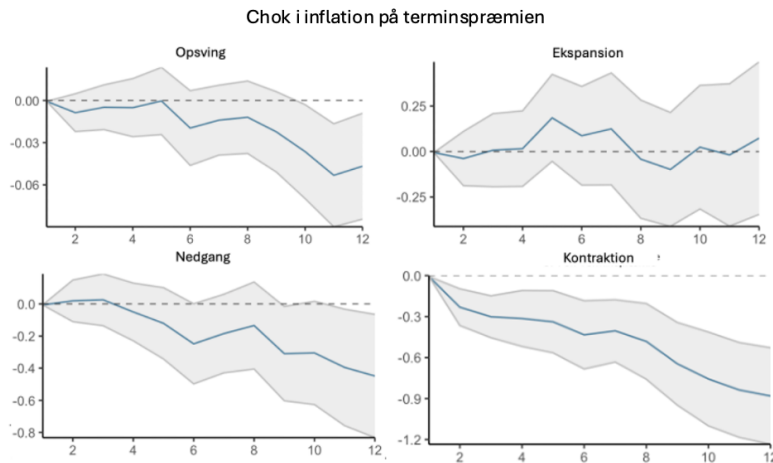
Figur 6-9: Chok i industriel produktion på terminspræmien, afkortet tidsperiode. Kilde: Egen fremstilling



I ovenstående Figur 6-9 viser effekten af et chok i industriel produktion på terminspræmien. Overordnet set viser responskurverne, at effekten af et sådant chok i den afkortede periode (1983-2024) både i styrke, retning og signifikansgrad er meget lig effekterne fra den længere tidsperiode (1968-2024), jf. Figur 6-4. Særligt i ekspansions- og nedgangsfasen er effekterne tæt på identiske. I opsvingsfasen i den korte tidsperiode er effekten gennem de fleste af månederne signifikante, hvilket ikke er tilfældet i den længere tidsperiode. Det kan indikere, at ændringer i væksten i industriel produktion har haft stærkere påvirkning på terminspræmien i perioden fra 1983-2024. I kontraktionsfasen ses der lignende effekter for de to analyser frem til måned 8, hvorefter effekten bliver negativ i analysen med den længere tidsperiode, mens dette først sker ved måned 11 i denne kortere tidsperiode. Dette viser, at aktivitetsvæksten har større påvirkning i kontraktionsfasen ved analysen med den længere tidsperiode. Samlet set viser disse responskurver, at resultaterne for chok i industriel produktion er relativt robuste, da

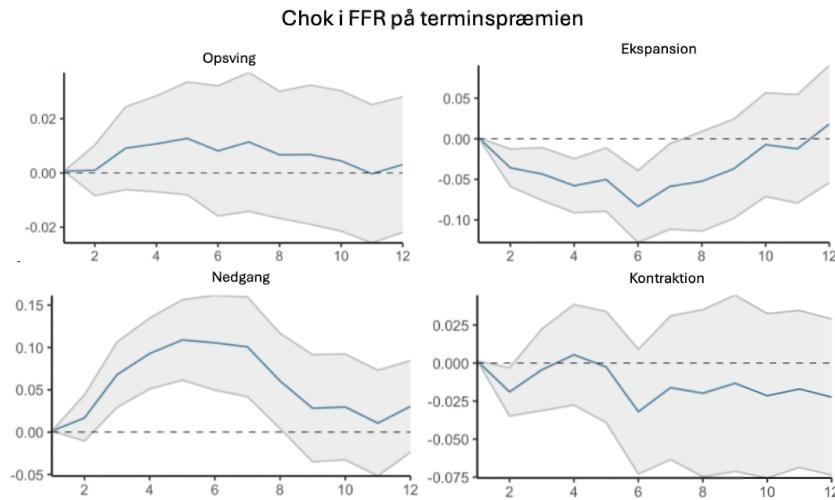
disse ikke er følsomme overfor valg af tidsperiode. Dette styrker validiteten af de konklusioner, der kan drages på baggrund af disse modeller.

Figur 6-10: Chok i inflations påvirkning på terminspræmien, afkortet tidsperiode. Kilde: Egen fremstilling



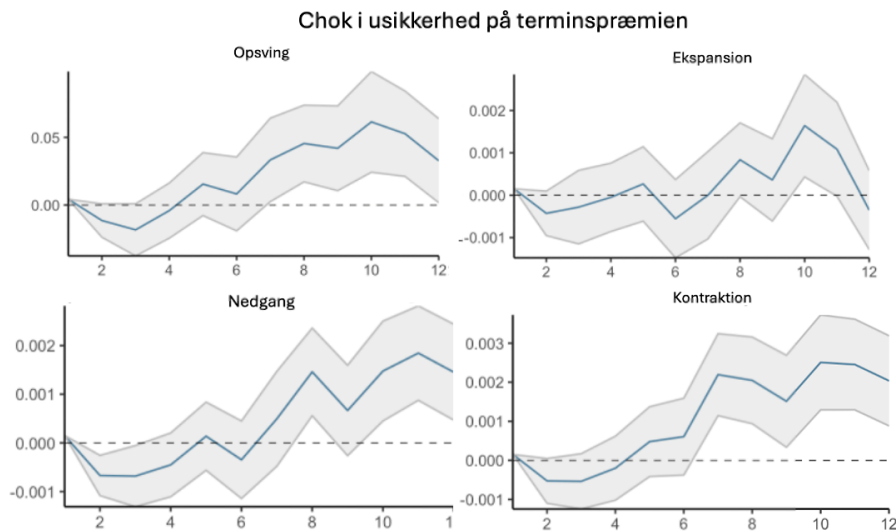
viser effekten af et inflationschok på terminspræmien i den afkortede tidsperiode (1968-2024). Sammenlignet med Figur 6-5 ses der overordnet set lignende tendenser i effekternes retning i de to analyser, men med væsentlige forskelle i signifikansniveauet. For opsvings-, nedgangs-, og ekspansionsfasen er effekten i den afkortede periode i størstedelen af månederne ikke-signifikant. Dette tyder på, at ændringer i inflationen i disse faser i denne periode har en mindre påvirkning sammenlignet med perioden 1968-2024. Modsat er effekten i kontraktionsfasen i den afkortede tid signifikant gennem alle månederne, hvilket ikke var tilfældet i analysen med den længere tidsperiode. Disse forskelle tyder på, at en ændring af tidsperioden har betydning for resultaterne af et chok i inflation på terminspræmien, hvilket svækker den generelle robusthed af disse resultater. Dog er den afkortede periode valgt, da denne viser en periode, som er karakteriseret ved en inflation, som har været lav og nogenlunde stabil, hvilket kan ses i Figur 6-3. Dette gør det forventeligt, at effekterne af et inflationschok bliver mindre eller ændrer karakter, og disse ændringer i inflationsdynamikken over tid kan derfor forklare variationen i effekterne snarere end modelsvagheder alene.

Figur 6-11: Chok i den pengepolitiske styringsrentes påvirkning, afkortet tidsperiode. Kilde: Egen fremstilling



Figur 6-11 viser effekten af et chok i den pengepolitiske styringsrente (FFR) på terminspræmien i perioden 1983–2024. Overordnet ses lignende tendenser i både retning og signifikansgrad sammenlignet med resultaterne fra den længere periode 1968–2024, jf. Figur 6-6. I opsvings- og kontraktionsfasen er effekterne i størstedelen af månederne ikke signifikante, hvilket også var tilfældet i analysen for den længere periode. Dog skal det bemærkes, at effekterne i den lange periode blev signifikante i de sidste tre måneder, hvilket ikke observeres i den afkortede periode. For ekspansionsfasen er resultaterne ligeledes ensartede, men effektens styrke er svagere i analysen for 1983–2024, og signifikansen i de sidste måneder forsvinder i den korte periode – i modsætning til den længere tidsperiode, hvor effekten forblev signifikant. Dette peger på en stærkere påvirkning fra pengepolitik i den længere periode. I nedgangsfasen er effekternes retning tilsvarende på tværs af perioderne, men effekterne er mere signifikante og stærkere i analysen af den nyere periode. Det tyder på, at ændringer i den pengepolitiske styringsrente har haft større betydning for terminspræmien i nedgangsperioder efter 1983. Sammenligningen viser både ligheder og forskelle i effekterne af makroøkonomiske chok på terminspræmien. Generelt er retningen på responskurverne konsistente på tværs af perioder, hvilket understøtter modellens robuste struktur. Dog ses der forskelle i styrken og signifikansen af effekterne afhængigt af den økonomiske fase og den valgte tidsperiode. I særdeleshed tyder resultaterne på, at pengepolitiske chok har haft mere markant effekt i nedgangsfasen i den nyere periode, mens effekterne generelt var stærkere og mere vedvarende i analysen, der dækkede hele perioden fra 1968. Ligesom det var gældende for inflation, er den pengepolitiske styringsrente også blevet lavere og mere stabil siden 1983. Derfor er det også forventeligt, at effekterne af et chok i pengepolitikken ændrer karakter. Hermed kan variationen i effekterne ligeledes forklares af ændringer i dynamikken snarere end modelsvagheder alene.

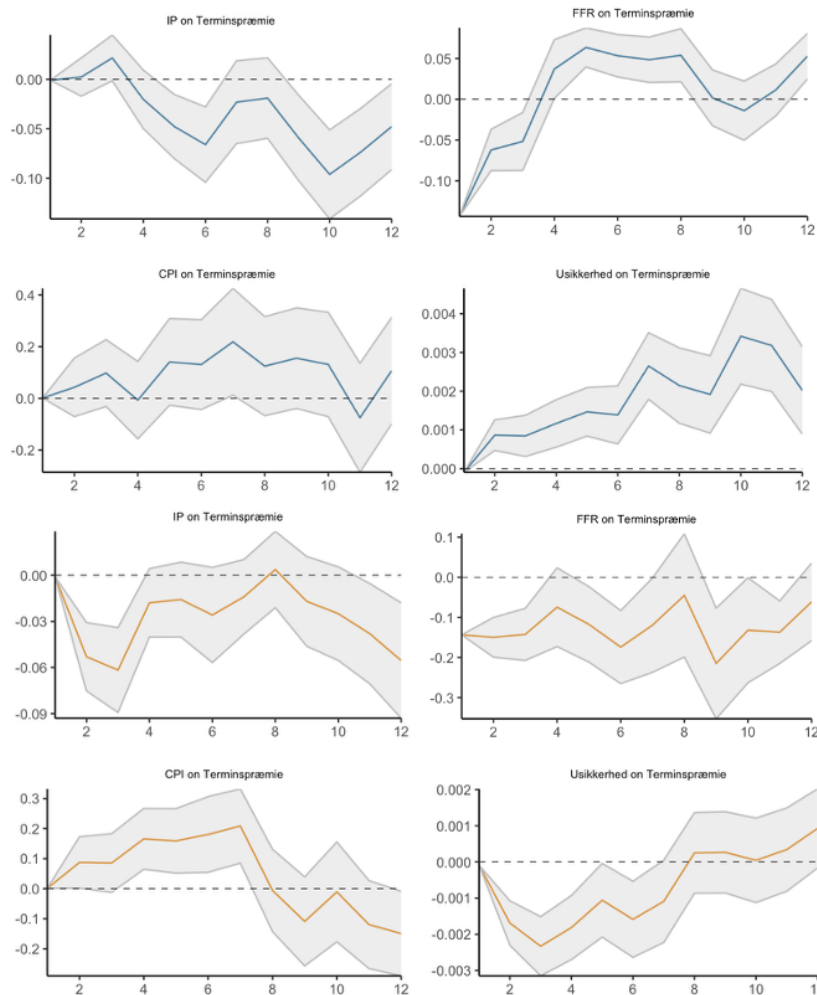
Figur 6-12: Chok i politisk usikkerheds påvirkning på terminspræmien, afkortet tidsperiode. Kilde: Egen fremstilling



Ovenstående Figur 6-12 viser effekten af et chok i den politiske usikkerhed på terminspræmien på tværs af de fire konjunkturfaser. Disse effekter sammenlignes med effekterne for perioden fra 1968-2024, jf. Figur 6-7. Både i retning, styrke og signifikans er effekterne fra de to forskellige perioder med lig hinanden. Dog ses det, som den eneste betydelige forskel, at styrken i opsvingsfasen i den afkortede perioder er noget højere end i den længere periode. Denne sammenligning af resultaterne viser, at effekten af chokket i politisk usikkerhed på terminspræmien er robust, og ikke følsomme overfor ændringer i tidsperioden.

Slutteligt i robusthedsanalysen gennemføres en alternativ analyse af, hvordan makroøkonomiske chok påvirker terminspræmien. I stedet for at opdele konjunkturcyklussen i fire faser baseret på outputgabet og en trendestimering, anvendes her en mere enkel og direkte tilgang: en binær opdeling af høj- og lavkonjunktur ud fra arbejdsløsheden, hvor en værdi over 6 % klassificeres som lavkonjunktur. Denne tilgang har flere formål. For det første reduceres metodisk usikkerhed forbundet med trendbaserede outputgab, som ofte kræver valg af glidende gennemsnit og som potentielt introducerer støj eller fejlklassifikation. Arbejdsløshed er derimod en let observerbar og veldefineret indikator, som ofte anvendes i praksis og i den økonomiske litteratur som proxy for konjunkturtilstanden. For det andet muliggør denne robusthedsanalyse en test af, om resultaterne fra den oprindelige, mere detaljerede model (med fire konjunkturfaser) er afhængige af netop den valgte faseinddeling. Hvis resultaterne fra arbejdsløshedsbaserede LP-modeller peger i samme retning som de oprindelige modeller, styrker det konklusionernes troværdighed og understøtter, at de fundne asymmetriske effekter ikke blot skyldes den specifikke metode, men har reel økonomisk betydning. Endelig tilfører analysen med arbejdsløshed som indikator en mere praktisk vinkel. Fordi arbejdsløsheden anvendes direkte som tærskelværdi, er analysen lettere at overføre til politisk og finansiell praksis, hvor aktører ofte anvender faste arbejdsløshedsgrænser i vurderingen af konjunktursituationen.

Figur 6-13: LP-model for henholdsvis lav- og højkonjunktur, opdelt efter arbejdsløshed. Kilde: Egen fremstilling.



Ovenstående Figur 6-13 viser responskurverne for makroøkonomiske choks på terminspræmien i henholdsvis lavkonjunktur, angivet som de blå kurver, og højkonjunktur, angivet som de orange kurve. Lavkonjunktur er typisk karakteriseret ved lav vækst og høj arbejdsløshed, hvilket øger sandsynligheden for lav inflation og lave renter fremadrettet. Ved højkonjunktur ses øget aktivitet og derfor en lavere arbejdsløshed, som kan medføre forventninger om stigende inflation og stigende fremtidige renter. Et chok i industriel produktionsvækst medfører små fald i terminspræmien i både lav- og højkonjunktursmodellen, dog med flere måneder, hvor responskurven ikke er signifikant. De samme tendenser gør sig gældende i resultaterne for LP-modellerne, som er faseopdelt. Ved chok i inflation ses der for lavkonjunktursmodellen ikke signifikante resultater, hvilket stemmer overens med resultatet af modellen for kontraktionsfasen. Resultatet for højkonjunktursmodellen viser en stigning i terminspræmien, hvilket også var tilfældet for modellen for ekspansionsfasen. Ligesom i LP-modellen, som er faseopdelt, er påvirkningen på terminspræmien markant højere ved chok i inflation end ved et aktivi-

tetschok. Et chok i den pengepolitiske styringsrente i højkonjunktursmodellen har meget lignende effekter som i modellen for ekspansionsfasen. Dette stemmer også overens med de teoretiske forventninger om, at en rentestigning i en højkonjunktursperiode burde mindske risikoen for stigende inflation. For lavkonjunktursmodellen ses blandede effekter ved dette chok, hvilket også var tilfældet for samme chok på terminspræmien i kontraktionsmodellen. Dog er effekterne i denne model signifikante, hvilket ikke er tilfældet i kontraktionsmodellen. Et chok i den politiske usikkerhed i lavkonjunktur medfører små stigninger i terminspræmien, hvorimod effekten var blandet for den faseopdelte model. Derimod er effekterne i højkonjunktur mere blandede og mindre signifikante, ligesom det ses i den faseopdelte model. Samlet set resulterer denne model i de samme overordnede tendenser som i den oprindelige faseopdelte analyse baseret på outputgab. Effekterne af makroøkonomiske chok på terminspræmien varierer fortsat markant afhængigt af den økonomiske tilstand, og asymmetriske effekter bekræftes på tværs af de to metoder. Dette tyder på, at resultaterne er robuste over for ændringer i metode og konjunkturdefinition, og at analysens centrale konklusioner ikke afhænger afgørende af den præcise måde, hvorpå konjunkturcyklussen defineres.

Analysen viser overordnet, at resultaterne er robuste og metodisk velunderbyggede. På tværs af forskellige metoder ses der markant overlappende tendenser i estimererne for terminspræmien, hvilket understøtter estimatets robusthed. De estimerede impulssvar fra LP-modellerne viser høj forklaringskraft og stærk samlet signifikans. Modeldiagnostikken for de to modeller viser, at residualerne opfylder Gauss-Markov-antagelserne om normalitet, fravær af autokorrelation og homoskedasticitet. Skævhed og kurtosis ligger tæt på teoretisk forventede værdier, og ingen af de diagnostiske tests giver anledning til bekymring. Dette styrker troværdigheden af den underliggende model og at resultaterne fra LP-modellerne er statistisk robuste. Ved at gentage LP-analysen på en afkortet periode (1983–2024) testes resultaternes følsomhed over for tidsvalg. For chok i industriel produktion og politisk usikkerhed viser responskurverne stort set samme tendenser og signifikans som i den længere periode, hvilket indikerer robusthed i disse effekter. For inflation og den pengepolitiske styringsrente ses større variationer, hvilket antyder, at resultaterne her er mere følsomme over for perioden – dog på en måde, der kan forklares økonomisk via ændringer i dynamikker frem for metodiske svagheder.

6.4 Delkonklusion

Resultaterne fra estimeringen stemmer overens med de teoretiske forventninger til terminspræmien. Den estimerede præmie varierer systematisk med konjunkturcyklussen, hvor den er høj under recessioner og økonomisk usikkerhed, og lav eller negativ i stabile ekspansionsperioder. Dette bekræfter, at terminspræmien både afspejler renteudsigter og behovet for risikokompensation. Den empiriske analyse viser, at makroøkonomiske chok påvirker terminspræmien på en 10-årig amerikansk statsobligation asymmetrisk afhængigt af konjunkturfase. Effekten er tydeligst under opsving og ekspansion, hvor øget vækst og inflation kan skabe usikkerhed om centralbankens reaktion, hvilket øger terminspræmien. I nedgang og kontraktion er effekterne

derimod svagere og ofte ikke-signifikante, hvilket kan skyldes lavere økonomisk pres og forventninger om støttende pengepolitik. Resultaterne stemmer overens med teorien om, at rentemarkedets reaktion afhænger af det økonomiske udgangspunkt og den information, chokket signalerer. Robusthedsanalysen viser, at estimerne for terminspræmien og resultaterne fra LP-modellerne generelt er stabile og valide på tværs af metoder, modeller og perioder. Sammenligninger med eksisterende litteratur og alternative modeller bekræfter, at resultaterne ikke er afhængige af et specifikt metodevalg. Det eneste område med visse følsomheder er effekten af inflations- og pengepolitisk chok, men dette vurderes som teoretisk plausibelt givet ændringer i det makroøkonomiske regime. På den baggrund konkluderes det, at analysens resultater er robuste og danner et solidt grundlag for videre fortolkning af terminspræmiens dynamik gennem konjunkturcyklussen. I følgende afsnit diskuteres analyses resultater, robusthed og de pengepolitiske implikationer.

7 Sammenhængen mellem konjunkturcykler og terminspræmien

På baggrund af denne empiriske analyse, hvor det er undersøgt, hvordan makroøkonomiske chok påvirker terminspræmien i forskellige konjunkturfaser, søger dette afsnit at perspektivere og fortolke resultaterne i lyset af den eksisterende teori og tidligere empiriske studier. Derudover diskuteres metodiske overvejelser, herunder styrker og begrænsninger ved de anvendte modeller samt resultaternes robusthed. Formålet er at vurdere analysens bidrag til forståelsen af asymmetriske effekter på rentemarkedet og de implikationer, dette kan have for økonomisk politik og investeringsstrategi.

I den ovenstående udførte analyse er terminspræmien på en 10-årig amerikansk statsobligation estimeret ved hjælp af en dynamisk Nelson-Siegel-model, som udføres på baggrund af en state-space model og estimeres via Kalman-filteret (Diebold, Rudebusch, & Aruoba, 2006) (Rudebusch, Sack, & Swanson, 2007). En central del af den dynamiske Nelson-Siegel model er estimeringen af de matricer, der styrer modellens dynamik og koblingen til de observerede renter. Transitionsmatricen i modellen er givet ved matricen A , som beskriver, hvordan de tre latente faktorer udvikler sig over tid. De estimerede værdier i denne A -matrice viser, at diagonalværdierne er tæt på 1, hvilket indikerer høj grad af persistens i de enkelte faktorer. For eksempel er værdien for niveau-faktorens egen påvirkning 0,99, hvilket betyder, at denne komponent i høj grad fastholder sin værdi over tid. De øvrige koefficienter i matricen beskriver krydseffekter mellem faktorerne, og disse er tæt på nul, hvilket tyder på, at faktorerne i modellen udvikler sig uafhængigt af hinanden. Dette stemmer godt overens med både teori og tidligere litteratur, hvor Nelson-Siegel-faktorerne ofte antages at følge en næsten uafhængig udvikling. Den langsigtede middelværdi, som tilstandsfaktorerne svinger omkring, er også estimeret. Her ses det, at niveau-komponenten er omkring 5,43, hvilket stemmer overens med et historisk gennemsnit for lange amerikanske renter over analysens periode. Hældningskomponenten er negativ, hvilket indikerer, at rentestrukturen i gennemsnit har været faldende, altså at de korte

renter typisk har været højere end de lange i den analyserede periode. Krumningskomponenten er også svagt negativ, hvilket antyder en let udfladning i midten af rentekurven. Fejlleddene i transitionssystemet er karakteriseret af matricen Q , som indeholder variansen og kovariansen for de latente faktorer. De estimerede værdier viser, at især krumningsfaktoren har en relativt høj varians, hvilket antyder, at denne faktor er mere volatil end de to andre. Dette er teoretisk forventeligt, da krumningskomponenten typisk opfanger kortsigtede udsving og midlertidige ændringer i rentekurvens form. Til gengæld har niveau- og hældningsfaktoren mindre variation. De negative kovarianser mellem faktorerne, indikerer, at når en af komponenterne bevæger sig op, har en anden tendens til at bevæge sig ned, hvilket også er i tråd med den teoretiske forståelse af samspillet mellem faktorerne. I observationsdelen indeholder H -matricen måleusikkerheden for de enkelte observerede renter, disse består generelt af små værdier på diagonalen, og er også tilfældet i denne analyse. Det tolkes som et udtryk for, at modellen forklarer de observerede renter med relativt høj præcision. Dog ses en lidt højere fejlvarians på den 10-årige rente (0,012), hvilket kan skyldes, at lange renter i højere grad påvirkes af faktorer udenfor modellen, f.eks. markedets langsigtede inflationsforventninger og politisk usikkerhed. Samlet set viser de estimerede matricer et mønster, der stemmer overens med både teoretiske forventninger og tidligere empiriske studier. Den høje persistens i faktorerne, den relativt større volatilitet i krumningskomponenten og de lave fejledd i observationssystemet understøtter modellens egenskab til at estimere og fortolke udviklingen i terminspræmien over tid (Diebold, Rudebusch, & Aruoba, 2006) (Rudebusch, Sack, & Swanson, 2007) (Rosenberg & Maurer, 2008).

Denne estimering viser, at terminspræmie på en 10-årig amerikansk statsobligation udviser betydelig variation over tid, og at den er følsom overfor både konjunkturcyklus og markedsforventninger. Den gennemsnitlige præmie er positiv, men i perioder, og især i nyere tid, er præmien negativ eller meget tæt på 0. Denne observation er i tråd med den observerede udvikling i både pengepolitik og inflationsforventninger, men tyder også på, at terminspræmien nødvendigvis ikke kun reflekterer en risikopræmie. På baggrund af bl.a. forventningshypotesen, er en negativ terminspræmie atypisk. Ifølge teorien bør investorer kræve kompensation for at påtage sig varigheden og risikoen ved længere obligationer. At præmien bliver negativ, kan derfor tolkes som en indikation på, at investorerne forventer markant lavere korte renter fremadrettet, evt. som følge af lav vækst, lav inflation eller strukturelt lavere naturlig rente (r^*). Alternativt kan det skyldes et skifte i dynamikken for investorerne og porteføljesammensætning, hvor f.eks. reguleringer eller centralbankers opkøb af obligationer har reduceret markedets behov for risikokompensation. Denne kompleksitet bekræfter, at terminspræmien ikke udelukkende er en risikopræmie, men en sammensat komponent, der også indfanger usikkerhed, likviditetspræferencer og ændringer i investors efterspørgselsstruktur. I perioder med høj økonomisk usikkerhed, som under finanskrisen, observeres det, at terminspræmien kortvarigt stiger, hvilket stemmer overens med øget risikoaversion. Dog afhænger den lineære forståelse mellem økonomiske kriser og terminspræmien i høj grad af, hvilke risici investorer anser for

relevante, og hvordan disse prissættes (Adrian, Crump, & Moench, 2013) (Kim & Wright, 2011) (Gürkaynak, Sack, & Wright, 2010). Derudover bør det nævnes, at resultaterne er følsomme overfor den metode, der er anvendt. Den dynamiske Nelson-Siegel-model antager en bestemt funktionel form for rentekurvens udvikling, og de faktorer, der udtrækkes, tolkes som langsigtede og kortsigtede renteændringer samt kurvens hældning. Selvom denne tilgang giver gode empiriske resultater, er der ikke garanti for, at disse latente faktorer entydigt svarer til markedsdeltagernes forventninger. Især når modellen bruges i en state-space model, afhænger estimeringen af modelvalget og antagelser om fejllid og parameterstabilitet. Derfor er robustheden af modellen undersøgt grundigt gennem en række metodiske tests og sammenligninger. Resultaterne viser overordnet en høj grad af stabilitet i estimatet på tværs af både alternative metoder og forskellige softwarepakker, herunder anvendelsen af både "Statespacer"- og "KFAS"-pakken i R. Den klare overensstemmelse mellem specialets estimerede terminspræmie og resultaterne fra anerkendte kilder som Kim & Wright (2011) og Adrian, Crump og Moench (2013) indikerer, at estimatet ikke er stærkt følsomt over for metodevalg og derfor kan betragtes som robust. Dette styrkes yderligere af, at modellen opfylder centrale antagelser i den anvendte state-space ramme, såsom normalitet, fravær af autokorrelation og konstant varians i residualerne, hvilket fremgår af de diagnostiske test i Tabel 6-2 (Kim & Wright, 2011) (Adrian, Crump, & Moench, 2013). Yderligere udføres der modeldiagnostik for at vurdere pålideligheden af estimaterne fra modellen. Her valideres modelstrukturen og residualfordelingen, som kan forklares ved forskellen mellem de observerede data og modellens forudsagte værdier. Dette vurderes ved hjælp af test for normalitet, skævhed og kurtosis, som anvendes med udgangspunkt i Gauss-Markov-antagelsen om normalfordelte fejllid. Her består modellen alle test, og indikerer dermed robuste estimater. Det skal dog anerkendes, at terminspræmien er en ikke-observerbar variabel, og derfor nødvendigvis skal estimeres ud fra modelantagelser. Dette åbner for metodiske diskussioner, især når den estimerede variabel anvendes som forklarende variabel i videre analyser, som er gældende i LP-modellen. Brugen af en estimeret variabel kan introducere estimeringsusikkerhed, som ikke nødvendigvis indgår i den videre analyse, og dermed potentielt undervurderer den samlede usikkerhed omkring slutresultaterne. Dette problem er velkendt i økonometrisk litteratur og diskuteres blandt andet af Faust og Wright (2013), som påpeger, at forskellige terminspræmie-estimater ofte er relativt ens i deres dynamik, men kan variere væsentligt i niveau, og de derfor bør anvendes med forsigtighed, især i politiske analyser (Faust & Wright, 2013). En anden relevant betragtning er, at anvendelsen af estimerede variable som forklaringsvariable kan medføre en problematik, hvor usikkerheden i estimeringen ikke er direkte inkorporeret i den efterfølgende analyse. Dette anerkendes også i arbejdsrapporter fra centralbanker, hvor det anbefales at validere resultaterne gennem flere modelvarianter, som netop er gjort i denne analyse (Bundick, Herriford, & Smith, 2021).

Sammenfattende vurderes det, at det anvendte estimat for terminspræmien er robust og pålideligt, understøttet af både metodiske test og overensstemmelse med eksisterende litteratur. Ikke

desto mindre er det vigtigt at være opmærksom på de potentielle begrænsninger ved at arbejde med estimerede latente variable, og disse forbehold skal anerkendes i tolkningen af den videre analyse. Afslutningsvis viser estimeringen, at terminspræmien er en nyttig indikator for det økonomiske standpunkt samt risikoopfattelse, men ikke nødvendigvis et entydigt mål. Dens udvikling skal fortolkes i kontekst af den økonomiske situation, f.eks. den førte pengepolitik, eller hvor i konjunkturfasen økonomien befinder sig. Dermed er det relevant at analysere, hvordan effekterne af makroøkonomiske chok på terminspræmien varierer over konjunkturcyklens faser.

Dette gøres på baggrund af den estimerede terminspræmie via faseopdelte LP-modeller, og resultaterne fra den udførte empiriske analyse indikerer samlet set, at påvirkningen fra makroøkonomiske variable på terminspræmien er tydeligt asymmetriske på tværs af konjunkturcyklens faser. Effekterne fra de forskellige variable varierer både i styrke og retning afhængigt af, hvilken konjunkturfase, som chokket sker i. Særligt ved inflationschok og chok i den pengepolitiske styringsrente er de asymmetriske effekter på terminspræmien tydelige, mens disse er svagere ved chok i industriel produktion og politisk usikkerhed. Dette understøtter antagelsen om regimesensitivitet. Et inflationschok har f.eks. en betydelig større påvirkning på terminspræmien i ekspansionsfasen, hvor økonomien bevæger sig omkring kapacitetsgrænsen, hvilket skaber frygt for overophedning, og derfor er risikoen for stigende renter her betydelig større. Det afspejles i responskurverne i Figur 6-5, hvor der ses stigninger i terminspræmien på 40 basispoint, hvilket er en markant stigning. I kontrast til dette ses kontraktionsfasen, hvor økonomien i stedet er præget af lav efterspørgsel og derfor lavere vækst og inflation. Dette reducerer dermed bekymringerne for rentestigninger, hvilket også afspejles i resultaterne, hvor effekten af et inflationschok i kontraktionsfasen ikke er signifikant. Disse resultater er i overensstemmelse med litteraturen, hvor særligt Adrian et.al (2013) finder sammenhæng mellem præmien for risiko og inflations- og vækstudsigterne. Her tolkes stigende inflation i lavvækstperioder sjældent som en trussel, og dette får dermed ikke centralbankens reaktion og investorenes risikoopfattelse til at ændre sig markant (Adrian, Crump, & Moench, 2013). Den empiriske analyse adskiller sig dog fra Adrian et.al (2013), idet denne også undersøger opsvingsfasen, hvor inflationen og væksten er tiltagende. Her er effekten på terminspræmien moderat, hvilket muligvis indikerer, at markedsdeltagerne endnu ikke priser fuld risiko ind i denne fase. Resultaterne viser ligeledes, at effekten af et vækstchok varierer på tværs af konjunkturcyklen, og dette bekræfter denne asymmetri. Et chok i aktivitetsvæksten har modsatrettede effekter i ekspansionsfasen, hvor en stigning i væksten reducerer risikoen for recession, hvilket medfører fald i terminspræmien. Modsat vil denne stigning i væksten også øge risikoen for fremtidige inflationsstigninger, som kan resultere i stigninger i terminspræmien. Dette kan forklare, hvorfor responskurven i denne fase kun er delvis signifikant og med blandede effekter. Modsat giver samme vækstchok i kontraktionsfasen en mere signifikant og ensidig reaktion, idet usikkerheden falder, og investorerne kræver lavere compensation, hvilket sænker terminspræmien. Også ved chokket i den pengepolitiske styringsrente ses der asymmetriske effekter, hvor man

i ekspansionsfasen ser tydelige signifikante effekter, mens effekterne i specielt nedgangs- og kontraktionsfasen er både skiftende i retningen og minimalt signifikant. Sammenlignet med et inflationschok er størrelsen på effekten af et vækstchok markant mindre. Det kan ikke udelukkes, at noget af effekten af vækstchokket bliver opfanget i påvirkningen fra inflationen, specielt i opsvings- og ekspansionsfasen. De to variable er tæt korrelerede i visse faser af konjunkturcyklen, og et positivt chok i aktivitetsvæksten vil ofte være ledsaget af et øget inflationspres. Inflation analyseres som en selvstændig variabel i disse modeller, og derfor kan dele af effekten fra chok i industriel produktion allerede være medtaget i responsen på inflationschokket. Dette kan være en mulig forklaring på, hvorfor påvirkningen af vækstchokket i ekspansionsfasen fremstår svagere og mindre signifikant end teoretisk forventet.

Selvom disse makroøkonomiske faktorer naturligvis er centrale drivkræfter bag udviklingen i terminspræmien, indikerer den empiriske analyses resultater, at de observerede asymmetrier i effekterne ikke udelukkende kan forklares af selve ændringerne i faktorer. Derimod må der findes andre mekanismer, som kan forklare, hvorfor markedet reagerer forskelligt på samme chok i forskellige faser. En mulig forklaring er, at markedsaktørerne har forskellige risikopræferencer på tværs af konjunkturcyklen, hvor investorer i f.eks. ekspansionsfasen er mere følsomme overfor inflations- og renterisikoen, hvilket medfører øget volatilitet i terminspræmien. Mens investorenes risikoaversion overfor væksten er markant højere i nedgangsperioden, hvor frygten for markedsuro og recession er dominerende. I denne fase vil negative chok, også af begrænset størrelse, kunne medføre relativt markante reaktioner i terminspræmien, da investorerne vil kræve en højere kompensation for at binde deres kapital i langsigtede aktiver (Morgan, 1993). Herudover spiller markedsaktørernes vurdering af centralbankens pengepolitiske troværdighed også en central rolle. I perioder med høj inflation eller politisk usikkerhed kan selv relativt små afvigelser i inflationsdata eller pengepolitiske signaler medføre større udsving i de langsigtede renter og dermed i terminspræmierne. Årsagen til dette er, at markedsaktører i høj grad reagerer på den forventede fremtidige pengepolitik og usikkerheden omkring den. Dermed kan en høj grad af pengepolitisk usikkerhed eller mistillid til centralbankens evne til at kontrollere inflationen forstærke reaktionerne på makroøkonomiske chok. Dette er ligeledes dokumenteret i litteraturen, hvor det beskrives, at markedsreaktionerne iht. ændringer i terminspræmien er stærkere ved kontraktiv pengepolitik end ved ekspansiv, hvilket tydeligt viser asymmetrisk risikoopfattelse (Kliem & Meyer-Gohde, 2017). Desuden kan markedsuro og likviditet også have indflydelse på påvirkningen på terminspræmien. I perioder med nedgang og kontraktion er markederne typisk præget af en investoradfærd, som er usikker og risikosky. Her vil investorer søge om mere sikre og kortfristede aktiver, en såkaldt "flight to quality/safety"-strategi. Den estimerede og undersøgte præmie er terminspræmien på en 10-årig amerikansk statsobligation, og denne ikke betragtes som "safety" på grund af dens lange løbetid, som gør den mere følsom overfor renterisiko. Grundet denne ændrede præference vil investorer søge væk og i stedet kræve mere risikokompensation for at holde dette aktiv, og dermed vil terminspræmien stige. Denne adfærd kan potentielt udligne eller dæmpe effekten på terminspræmien

af visse makroøkonomiske chok, idet markedsreaktionerne i højere grad afspejler likviditetspræferencer og frygten for recession end selve størrelsen på chokket. Som følge heraf kan f.eks. et positivt vækstchok i nedgangs- eller kontraktionsfase have en mere afdæmpet effekt end forventet, fordi usikkerheden i forvejen dominerer markedets vurdering (Kopp & Williams, 2018) (Tenreyro & Thwaites, 2016). Som beskrevet tidligere er effekten af et inflationschok og et chok i den pengepolitiske styringsrente på terminspræmien i nedgangs- og ekspansionsfasen både blandede i retningen og minimalt signifikante. En mulig forklaring på dette kan være, at disse typer chok statistisk set sjældent forekommer i disse faser, hvilket har metodiske implikationer. Når økonomien oplever en periode med aftagende vækst, som er tilfældet i disse faser, ses der yderst sjældent stigninger i inflationen, ligesom centralbanken typisk heller ikke foretager stramninger af pengepolitikken. Dette skyldes, at den lave vækst typisk letter løn- og prispresset, grundet en lavere efterspørgsel både på vare- og arbejdsmarkedet, og dette dæmper inflationen. Derudover vil centralbanker typisk lempe pengepolitikken i disse faser for at stimulere den økonomiske aktivitet. Derfor vil en overraskende inflationsstigning eller en uventet stigning i den pengepolitiske rente sjældent ses i praksis. Dette betyder, at der i datasættet vil være relativt få observationer, hvor der sker et signifikant positivt inflations- eller rentestød i en nedgangsfase. Dette gør det vanskeligt for LP-modellen at identificere en signifikant gennemsnitseffekt ved sådanne hændelser, og derfor vil responskurven typisk være usikker og flad på disse choks i de pågældende faser.

Derudover reflekterer terminspræmien som tidligere nævnt markedsaktørernes forventninger til fremtidige økonomiske forhold, f.eks. i henhold til inflationsniveauet, den økonomiske vækst og renteniveauet. I den empiriske analyse anvendes faktiske variable i form af observeret data, som proxy for chok i makroøkonomiske faktorer, og dette kan potentielt medføre en metodisk begrænsning. Markedsdeltagerne kan have reageret på forventningsdata, såsom surveys eller forward-renter, fremfor det faktiske data, som anvendes i denne analyse, og samtidigt kan dette data være revideret efter udgivelse. Dermed er det usikkert om investorer har reageret og dermed opkrævet terminspræmier ud fra det anvendte data på tidspunktet for chokket. Denne mangel på eksplicite forventningsvariable betyder, at analysen indirekte antager, at ændringer i f.eks. inflation i dag også ændrer markedsaktørernes forventninger til fremtiden. Dette er en plausibel antagelse, men en yderligere udvidelse med eksplicite forventningsdata kunne have givet en skarpere forståelse. Ved anvendelse af LP-modeller er det desuden vigtigt at være opmærksom på, at disse estimerer betingede gennemsnitseffekter og identificerer dynamiske korrelationer frem for direkte kausale sammenhænge. Det vil sige, at analyserne viser, hvordan terminspræmien historisk har reageret på ændringer i makroøkonomiske variable, men ikke nødvendigvis fastslår, at disse chok forårsager ændringer i præmien. Et væsentligt metodisk hensyn i denne sammenhæng er spørgsmålet om endogenitet, altså risikoen for, at de uafhængige variable i modellen påvirkes af den afhængige variabel eller af udeladte variable. Dette kan ske grundet "omitted variable bias", hvor effekten af udeladte variable bliver opfanget i fejlløbet, hvilket kan medføre, at dette korreler med en eller flere af de uafhængige vari-

able i modellen. I modsætning til traditionelle VAR-modeller, hvor potentielle endogene forhold kan forplante sig og akkumuleres over alle horisonter, er LP-modeller mere robuste over for denne problematik. Dette skyldes, at effekten af et givent chok i LP-rammen estimeres separat for hver horisont, hvilket begrænser, at omvendt kausalitet og samtidige relationer får vedvarende effekt i fremskrivningen. Med andre ord bliver endogenitet ikke videreført fra én periode til den næste, men har en mere lokal, og derfor mere kontrollerbar, indvirkning på estimaterne. Endogenitetens indflydelse svækkes dermed over tid i LP-modellen, hvilket gør denne metode velegnet i situationer, hvor simultane påvirkninger og strukturel usikkerhed kan være udfordrende. Dog eliminerer LP-modeller ikke nødvendigvis problemet fuldstændigt. Hvis der f.eks. mangler centrale forklarende variable i modellen, kan dele af deres effekt opfanges i fejlløbet, hvilket potentielt kan føre til biased estimater (Jordá, 2005).

Ved anvendelse af LP-modeller estimeres et eksogent chok på en responsvariabel, men hvis dette chok ikke er eksogent og dermed korrelerer med fejlløbet i modellen, vil responskurverne ikke kunne isolere den kausale effekt. Og dermed kan de estimerede effekter være drevet af andre bagvedliggende faktorer, som der ikke er kontrolleret for. Derfor er det vigtigt at kontrollere, at de anvendte chok er så eksogene som muligt, så de observerede effekter på terminspræmien kan tilskrives de pågældende makroøkonomiske choks. Dette er gjort ved at inkludere relevante lags for både den eksogene chokvariable og den afhængige variable, og hermed kontrollere for forudgående information. Disse mekanismer kan være vanskelige at adskille i en empirisk analyse, og det bør derfor overvejes, at nogle resultater kan være drevet af gensidige feedback-effekter snarere end énvejskausalitet. Derfor bør fortolkningen af resultaterne ske med forbehold for potentielle simultane påvirkninger og strukturelle forhold. Når man anvender LP-modeller, skal man ligeledes være opmærksom på, et chok er defineret som en 1%-stigning i eksogene chokvariable. Denne tilgang anvendes for at sikre en intuitiv og konsistent fortolkning af responskurverne på tværs af de undersøgte variable (Enders, 2015). Dette valgt indebærer dog en række metodiske antagelser, hvor det forudsættes at forholdet mellem chokvariablen og responsvariablen er lineært, og hvor det antages at alle choks har lige stor betydning og markedsopfattelse uanset konjunkturfasen. Disse antagelser er naturligvis problematiske i praksis, da makroøkonomiske reaktioner ofte ikke er lineære, men i stedet afhængige af kontekst, retning og timing af chokket. Netop dette bekræfter den empiriske analyse, hvor der findes asymmetriske effekter på tværs af konjunkturcyklen. Desuden skal man være opmærksom på, at der findes en praktisk begrænsning ved fortolkningen af disse, da et 1%-chok i månedsændring af nogle af variablene synes at være et relativt urealistisk stort chok. Ved variable som inflation og den pengepolitiske styringsrente ses typisk markant mindre bevægelser, og et sådant chok vil ses repræsentere en ekstrem og usædvanlig begivenhed. Derfor skal responskurverne tolkes med varsomhed, idet disse i nogle tilfælde illustrerer effekterne af et relativt kraftigt chok, der typisk ikke forekommer i praksis. Denne metodetilgang vurderes på trods af disse begrænsninger at være hensigtsmæssig til brug i en sammenlignende undersøgelse, hvor sammenlignelighed i analyse er centralt til at vurdere de asymmetriske reaktioner.

For at sikre troværdigheden af disse resultater fra den empiriske analyse er det vigtigt at vurdere modellernes robusthed, både ud fra de underliggende antagelser, dataopdeling samt den anvendte specifikation. Den udførte modeldiagnostik viser generelt tilfredsstillende egenskaber, og derfor opfylder antagelserne. Modellens residualerne er normalfordelte, homoskedastiske og uden systematiske mønstre for autokorrelation, mens skævhed og kurtosis ligger tæt på teoretisk forventede værdier. Dette styrker antagelsen om, at estimerterne fra LP-modellerne er statistisk valide. Da de anvendte LP-modeller er sensitive over for valg af modelstruktur, konjunkturodeling samt det udvalgte data, er det afgørende at undersøge om effekten på terminspræmien ændres under alternative forudsætninger. Derfor er der udført yderligere analyser for at sikre resultaternes robusthed. For det første er der udført en supplerende analyse for at teste modellens sensitivitet overfor ændringer i datasættet, hvor modellen er baseret på en afkortet tidsperiode fra 1983-2024. Hensigten er at undersøge om det økonomiske regime, som ses i nyere tid, der er præget af lavere inflation og mindre volatile renter, ændrer påvirkning på effekten på terminspræmien. Den supplerende analyse på 1983-2024 er derfor vigtig, fordi den isolerer en periode med mere stabil økonomisk politik og inflationsforventninger. Det gør det muligt at vurdere, om de observerede effekter i den lange periode, fortsat gør sig gældende under nyere økonomiske forhold. En sammenligning med resultaterne fra denne supplerende analyse bekræfter de overordnede tendenser i responskurverne, som ses i den oprindelige analyse. Dette gælder især for chok i den økonomiske vækst samt politisk usikkerhed. Dette indikerer, at de fundne resultater ikke er drevet af ekstreme observationer eller de særlige forhold i en bestemt tidsperiode, og det bidrager derfor til analysens metodiske robusthed. For chok i inflation og den pengepolitiske styringsrente ses forskelle i resultaterne sammenlignet med analysen for hele perioden, 1968-2024. Variationerne i effekterne på terminspræmien tyder på, at resultaterne for disse variable er mere følsomme overfor den analyserede tidsperiode. Dog skal dette ikke nødvendigvis tolkes som et tegn på metodisk svaghed, men kan derimod forklares med ændringer i de økonomiske og institutionelle dynamikker over tid. Effekterne af inflationschokket i opsvings, ekspansion og nedgangsfasen er, modsat den lange tidsperiode, ikke signifikant i størstedelen af månederne. Dette tyder på, at markedsaktørerne i nyere tid har reageret mindre kraftigt på inflationschok i disse faser. Årsagen til dette kan være, at inflationsniveauet generelt har været mere stabil og forventelig, samtidig med at centralbankens reaktioner muligvis har været mere forudsigelig. I kontraktionsfasen er effekten af inflationschok signifikant i næsten alle måneder, modsat resultatet i den lange periode. Dette kan skyldes, at en stigning i inflationen i nyere tid i højere grad opfattes som usædvanligt og potentielt problematisk. Et inflationschok under nedgangsfasen kan tolkes som tegn på stagflation eller signaler, at centralbanken står over for en mere kompleks beslutningssituation, hvilket øger præmiekravet for investorerne. Også for den pengepolitiske styringsrente ses forskelle mellem de to perioder. I den længere analyseperiode var responsen på pengepolitiske chok generelt stærkere og mere udbredt på tværs af konjunkturfaserne. Dette stemmer overens med, at pengepolitikken historisk set var mindre transparent og mere reaktiv. Modsat er effekterne i den kortere periode mindre i styrke og delvist usikre i visse faser. Det kan skyldes, at markedsaktørerne i

højere grad har tilpasset deres forventninger til centralbankens fremtidige ageren, hvilket gør selve rentebeslutningen mindre overraskende og dermed reducerer dens effekt på terminspræmien. Det kan medføre, at et givet chok i den pengepolitiske styringsrente i dag ikke opfattes som et signal om ny information, men i stedet som en forventet justering. Dette dæmper investorernes reaktion og resulterer i mindre udsving i terminspræmien (Šustek, 2024). Valget af tidsperiode i en empirisk analyse spiller hermed en afgørende rolle for de fundne resultater. Dette gælder særligt i analyser af makroøkonomiske sammenhænge, hvor strukturelle skift og eksterne chok kan påvirke forholdet mellem variabler over tid. Det fulde periode fra 1968–2024 inkluderer flere markante økonomiske begivenheder, herunder oliekriserne i 1970'erne, stagflationen i 1980'erne, dotcom-boblen, finanskrisen i 2008, COVID-19-krisen og senest den høje inflation i 2022–2023. Disse begivenheder kan på hver deres måde have forstyrret normale markedsmekanismer og ændret investorernes risikoopfattelse. Det er derfor sandsynligt, at de har påvirket både størrelsen og retningen af terminspræmiens reaktion på makroøkonomiske chok i visse perioder. Særligt i kontraktions- og nedgangsfaserne kan ekstreme begivenheder være dominerende. F.eks. vil finanskrisen og COVID-19-krisen sandsynligvis være koncentreret i disse faser og dermed have stor indflydelse på de estimerede effekter i LP-modellerne. Det betyder, at resultaterne i disse faser kan være drevet af atypiske begivenheder snarere end generelle økonomiske sammenhænge. Dermed skal resultaterne tolkes med bevidsthed om, at enkelte faser kan være overrepræsenteret af ekstreme hændelser, hvilket potentielt reducerer generaliserbarheden af resultaterne.

Til den empiriske analyse af de makroøkonomiske faktorerers påvirkning på terminspræmien på tværs af konjunkturcyklen opdeles konjunkturcyklen i fire faser, baseret på outputgabet og dets afvigelser fra trenden. Via denne opdeling forsøges det at give en nuanceret forståelse for økonomiens bevægelser, men på trods af dette findes der metodiske udfordringer ved denne fremgangsmåde. Indledningsvist er metoden afhængig af den trend-estimering, som anvendes. Outputgabet udregnes som forskellen mellem det faktiske BNP, her industriel produktion, og den strukturelle trend, som er beregnet via et HP-filter. Dette er en udbredt metode til at udtrække den langsigtede væksttrend i makroøkonomiske analyser, men da dette er en estimeret variabel, findes der naturligvis også potentielle problemer herved. HP-filteret er særligt følsomt i slutningen af samplet, grundet anvendelsen af både fremad- og bagudrettede information, som gør trendestimatet i slutningen af tidsrækken mere ustabil. Ligeledes har glathedsparameteren stor betydning for, hvor sensitiv trendkurven reagerer. En for lav lambdaparameter kan medføre, at cykliske udsving betragtes som trend, mens en for høj lambdaværdi evt. kan udjævne reelle strukturelle skift, og dette kan dermed påvirke, hvornår faserne skifter. Her er $\lambda = 129.600$ valgt, da dette er typisk for månedligt data. Opdelingen af faser bygger på to elementer, som er om outputgabet er under eller over trenden, og om dets ændring er stigende eller aftagende. Hvis trendlinjen er ustabil, kan det medføre en mulig fejlklassificering af faserne, og dermed resulterer i fejlagtige estimerede effekter i LP-modellerne (Jordá, 2005). Derudover kan der findes en ujævn fordeling af observationer i de fire faser, hvilket kan øge risikoen for usikre og ikke-signifikante estimater og lav statistisk styrke, som ikke nødvendigvis skyldes fravær af

effekt, men derimod manglende datagrundlag. Dog kan det ses i Tabel 11-4 i Appendiks, at fordelingen er forholdsvis stabil, hvor man kun ser, at ekspansionsfasen er lidt dominerende, men hvor alle faser er godt repræsenteret. Derudover vil markedsopfattelsen af grænserne mellem faserne ikke altid være tydeligt adskilt i praksis, ligesom det ses i modellen. Grundet disse metodiske usikkerheder i faseopdelingen er der gennemført en supplerende analyse af de makroøkonomiske faktors påvirkning på terminspræmien, hvor konjunkturcyklen er opdelt binært i lav- og højkonjunktur. Denne model anvender en tærskelværdi for arbejdsløsheden på 6%, hvilket gør modellen mindre følsom over for valg af filtre og som dermed sikrer en mere objektivt observerbar og stabil klassifikation. Selvom denne tilgang er metodisk grovere og ikke fanger de mere nuancerede faser af konjunkturcyklen, giver den en mere robust og konsistent opdeling, som kan styrke resultaternes generaliserbarhed. Resultaterne fra denne robusthedsanalyse viser i store træk samme mønstre og asymmetrier i chokeffekterne på terminspræmien som den faseopdelte model, særligt ved vækst- og inflationschok. Det tyder på, at analysens resultater ikke er afhængige af en bestemt definition af konjunktoren, og dette styrker analysens metodiske robusthed og resultaternes validitet.

Samlet tyder disse resultater på, at mens de overordnede mønstre i terminspræmiens respons på vækst- og usikkerhedsskok er relativt robuste, så er effekterne af inflations- og pengepolitiske chok mere afhængige af tidsperioden. Dette understreger vigtigheden af at tolke resultaterne i lyset af de aktuelle økonomiske forhold, og samtidigt styrkes argumentet for, at de observerede forskelle i robusthedsanalysen i højere grad afspejler ændringer i de underliggende økonomiske dynamikker end metodiske problemer. Dette understøtter relevansen af at inkludere periodeopdelte og regimeafhængige analyser, som forsøgt gennemført i dette projekt via supplerende tidsopdeling og alternativ konjunkturklassifikation. Afslutningsvis viser projektet vigtigheden af at være opmærksom på den tidsperiode og de økonomiske forhold, der ligger til grund for analyserne. Selvom der findes stærke, signifikante og teoretisk konsistente effekter i analysen, er det afgørende at anerkende, at disse kan være drevet af historiske forhold og dermed ikke nødvendigvis afspejler de mekanismer, der præger det nuværende makroøkonomiske landskab. Resultaterne fortolkes som udtryk for langsigtede statistiske sammenhænge, snarere end præcise forudsigelser for aktuelle markedsreaktioner.

Disse fundne resultater i den udførte analyse har flere anvendelsesmuligheder og implikationer for både markedsaktører og beslutningstagere. Terminspræmien er en central indikator for investorernes forventninger til fremtidige renter og økonomiske forhold, og analysens dokumentation af asymmetriske effekter over konjunkturcyklens faser har direkte relevans for aktører såsom centralbanker, investorer og risikoanalytikere. For investorer kan analysens konklusioner bidrage til mere konjunkturafhængige strategier for obligationsinvesteringer. Resultaterne viser, at makroøkonomiske chok, som ændringer i inflation eller pengepolitik påvirker terminspræmien forskelligt alt efter hvilken konjunkturfase økonomien befinder sig i. Dette betyder, at forventningen til obligationsafkastet bør justeres afhængigt af, hvor i cyklen økonomien be-

finder sig. For centralbanker har analysen flere pengepolitiske implikationer. Resultaterne viser, at makroøkonomiske chok skaber forskellige effekter på terminspræmien afhængigt af det økonomiske udgangspunkt. Dette understøtter teorien om tilstandsafhængig transmission, hvor pengepolitikens effektivitet varierer med konjunktursituationen (Tenreiro & Thwaites, 2016). En renteforhøjelse under højkonjunktur kan skabe større ændringer i markedsforventninger og præmier end en tilsvarende nedsættelse under lavkonjunktur. Denne asymmetri antyder, at centralbanker ikke bør føre pengepolitik ud fra symmetriske modeller, men derimod tilpasse reaktionsfunktionen til økonomiens tilstand. Et konkret eksempel er brugen af forward guidance, altså kommunikationen om fremtidige pengepolitiske beslutninger. I lavkonjunktur, hvor de traditionelle renteinstrumenter er mindre effektive, har centralbanker ofte anvendt forward guidance for at påvirke de langsigtede renter via forventningskanalen. Centralbanker bør vurdere, om andre redskaber, som kvantitative lempelser er nødvendige i lavvækstmiljøer, hvor markedsdeltagernes reaktion på renteændringer er begrænset. I en bredere makrofinansiell kontekst bidrager denne analyse til forståelsen af, hvordan finansielle markeder opfatter økonomisk information asymmetrisk. Analysens resultater viser, at rentemarkedets risikoopfattelse og præmiekrav i høj grad afhænger af økonomiens position i konjunkturcyklen. Dette bør få både politikere og analytikere til at genoverveje simple fortolkninger af rentekurven som indikator for fremtidig økonomisk aktivitet, og i stedet anvende mere nuancerede modeller, der inkluderer regimespecifik adfærd (Rudebusch, Sack, & Swanson, 2007) (Cieslak & Povala, 2015). Afslutningsvist peger analysen på et behov for mere fleksible makroøkonomiske modeller og værktøjer, der i højere grad tager højde for asymmetriske effekter og ikke-lineariteter. Dette gælder både i teori og praksis, hvor udviklingen af pengepolitisk strategi i stigende grad må tage hensyn til den forskelligartede respons på pengepolitiske chok afhængigt af det makroøkonomiske miljø. Dermed understøtter disse resultater behovet for en differentieret pengepolitisk tilgang.

8 Konklusion

Dette speciale har undersøgt, hvordan terminspræmien på en 10-årig amerikansk statsobligation påvirkes af makroøkonomiske chok på tværs af konjunkturcyklens faser. Formålet har været at analysere asymmetriske effekter på rentemarkedet og identificere potentielle regimeafhængige mønstre i investorernes adfærd og forventningsdannelse. Med afsæt i en teoretisk forståelse af rentestrukturen og terminspræmiens determinanter, herunder forventningshypotesen og risikopræmiehypotesen, er der opbygget et fundament for at forstå, hvordan terminspræmier formes, og hvorfor de varierer over tid og konjunkturer.

I specialet er den dynamiske Nelson-Siegel-model blevet anvendt til at estimere den tidsvarierende terminsstruktur ved hjælp af en state-space tilgang, hvor Kalman-filteret muliggør en konsistent og datadrevet estimering af de latente faktorer. Den estimerede terminspræmie anvendes herefter som responsvariabel i en række faseopdelte Local Projection-modeller for at undersøge, hvordan præmien reagerer på forskellige makroøkonomiske chok, herunder inflation, økonomisk vækst, pengepolitisk styringsrente og politisk usikkerhed, afhængigt af den aktuelle konjunkturfase.

Resultaterne viser tydeligt, at der eksisterer asymmetriske effekter i terminspræmiens respons. Effekterne varierer ikke alene i størrelse, men også i retning, afhængigt af den konjunkturrelle kontekst. I opsvings- og ekspansionsfaserne ses typisk stærkere og mere vedvarende reaktioner, især i forbindelse med inflations- og pengepolitiske chok. Dette kan forklares med øget usikkerhed omkring centralbankens fremtidige ageren, stigende inflationspres og ændringer i investorernes risikoopfattelse. I kontrast hertil er effekterne i nedgangs- og kontraktionsfaserne oftest svagere og ikke-signifikante, hvilket kan tilskrives lavere inflations- og vækstpres samt forventninger om ekspansiv pengepolitik. Resultaterne bekræfter dermed centrale hypoteser i nyere makrofinansiell litteratur og udbygger forståelsen af, hvordan finansielle markeder interagerer med konjunkturrelle bevægelser.

Specialet fremhæver de praktiske implikationer af de fundne resultater. For centralbanker indikerer asymmetrien, at transmissionen af pengepolitik er regimeafhængig, hvilket bør integreres i deres pengepolitiske overvejelser. I lavkonjunktur, hvor terminspræmien responderer svagt, kan konventionelle tiltag være utilstrækkelige til at påvirke de lange renter, hvilket understreger behovet for alternative metoder som kvantitative lempelser. For investorer og markedsaktører har resultaterne relevans i forhold til risikoprissætning og timing af obligationsstrategier, da risikopræmien på lange obligationer ikke er konstant, men afhænger af makroøkonomiske faktorer og konjunkturfasen.

Samlet set viser specialet, at terminspræmien er dynamisk og afhænger af den økonomiske kontekst. Anvendelsen af den dynamiske Nelson-Siegel-model kombineret med faseopdelte

8. Konklusion

Local Projection-modeller har gjort det muligt at identificere betydelige asymmetrier i præmiens reaktion på makroøkonomiske chok. Disse resultater bidrager til den makrofinansielle litteratur ved at fremhæve betydningen af regimespecifik adfærd i forståelsen af renteudvikling og investeringsbeslutninger. Specialet demonstrerer dermed både teoretisk og empirisk, at fremtidige analyser af terminspræmier og rentekurver bør integrere konjunkturfølsomme og asymmetriske modeller for at kunne give et mere præcist og politisk anvendeligt billede af dynamikken på de finansielle markeder.

9 Bibliografi

- Adämmmer, P. (2019). *lpirfs: An R Package to Estimate Impulse Response Functions by Local Projections*.
- Adrian, T., Crump, R. K., & Moench, E. (2013). *Pricing the Term Structure with Linear Regressions*. Federal Reserve Bank of New York.
- Aastveit, K. A., & Anundsen, A. K. (2018). *Asymmetric effects of monetary policy in regional housing markets*.
- Barkema, J., Gudmundsson, T., & Mrkaic, M. (2020). *What Do We Talk About When We Talk About Output Gaps*. IMF. Hentet fra What Do We Talk About When We Talk About Output Gaps.
- Barnichon, R., Matthes, C., & Sablik, T. (2017). *Are the Effects of Monetary Policy Asymmetric?* Federal Reserve Bank of Richmond.
- Bundick, B., Herriford, T., & Smith, A. L. (2021). *Forward Guidance, Monetary Policy Uncertainty, and the Term Premium*. Federal Reserve Bank of Kansas City.
- Campbell, J. Y., & et.al. (1997). *The Econometrics of Financial Markets*. Princeton University Press.
- Christensen, M. (2005). *Obligationsinvestering*. Jurist- og Økonomforbundets Forlag.
- Cieslak, A., & Povala, P. (Oktober 2015). Expected Returns in Treasury Bonds. *The Review of Financial Studies*, s. 2859-2901.
- Cochrane, J. H., & Piazzesi, M. (Marts 2005). Bond Risk Premia. *THE AMERICAN ECONOMIC REVIEW*.
- Cuthbertson, K. (1996). *Quantitative Financial Economics*. John Wiley and sons.
- Diebold, F. X., & Li, C. (2006). Forecasting the term structure of government bond yields. *Journal of Econometrics*, s. 337-364.
- Diebold, F. X., Rudebusch, G. D., & Aruoba, S. B. (Marts 2006). The macroeconomy and the yield curve: a dynamic latent factor approach. *Journal of Econometrics*, s. 309-338.
- Enders, W. (2015). *APPLIED ECONOMETRIC TIME SERIES*. Wiley.
- Fama, E. F. (4. December 1984). The information in the term structure. *Journal of Financial Economics*, s. 509-528.
- Fama, E. F., & Bliss, R. R. (Sep 1987). The Information in Long-Maturity Forward Rates. *The American Economic Review*, s. 680-692.
- Faust, J., & Wright, J. (2013). *Forecasting Inflation*. Handbook of Economiv Forecasting.
- Gürkaynak, R. S., Sack, B., & Wright, J. H. (Januar 2010). The TIPS Yield Curve and Inflation Compensation. *American Economic Journal: Macroeconomics*, s. 70–92.
- González-Astudillo, M. (2019). *An output gap measure for the euro area: Exploiting country-level and cross-sectional data heterogeneity*. European Economic Review.

-
- Gordon, R. (1952). *Wesley Mitchell and the Study of Business Cycles*. The Journal of Business of the University of Chicago.
- Jahan, S., & Mahmud, A. S. (2013). *What Is the Output Gap?* IMF.
- Jordá, Ó. (2005). *Estimation and Inference of Impulse Responses by Local Projection*.
- Kessel, R. A. (1965). *The Cyclical Behavior of the Term Structure of Interest Rates*. National Bureau of Economic Research.
- Kim, D. H., & Wright, J. H. (2011). *An Arbitrage-Free Three-Factor Term Structure Model and the Recent Behavior of Long-Term Yields and Distant-Horizon Forward Rates*. Federal Reserve.
- Kliem, M., & Meyer-Gohde, A. (2017). *(Un)Expected Monetary Policy Shocks and Term Premia*. Deutsche Bundesbank.
- Kopp, E., & Williams, P. D. (2018). *A Macroeconomic Approach to the Term Premium*. IMF.
- Morgan, D. P. (1993). *Asymmetric Effects of Monetary Policy*. Federal Reserve Bank of Kansas City.
- Rosenberg, J. V., & Maurer, S. (2008). *Signal or Noise? Implications of the Term Premium for Recession Forecasting*. Federal Reserve Bank of New York.
- Rudebusch, G., Sack, B. P., & Swanson, E. (Juli 2007). Macroeconomic Implications of Changes in the Term Premium. *Federal Reserve Bank of St. Louis*, s. 241-269.
- St. Louis Fed*. (1. Marts 2023). Hentet fra All About the Business Cycle: Where Do Recessions Come From?: <https://www.stlouisfed.org/publications/page-one-economics/2023/03/01/all-about-the-business-cycle-where-do-recessions-come-from>
- Tenreyro, S., & Thwaites, G. (2016). *Pushing on a String: US Monetary Policy Is Less Powerful in Recessions*. AMERICAN ECONOMIC JOURNAL: MACROECONOMICS.
- Tranum, E. (2025). *Rentekurvens nuværende forudsigelsesevne*. Aalborg Universitet.
- Tranum, E., & Pedersen, S. (2023). *Realøkonomiske effekter af ukonventionel pengepolitik*.
- Tsai, I.-C. (2012). *The asymmetric impacts of monetary policy on housing prices: A viewpoint of housing price rigidity*. Department of Finance, National University of Kaohsiung, Taiwan, ROC.
- Wolla, S. A. (1. Marts 2023). *St Louis Fed*. Hentet fra All About the Business Cycle: Where Do Recessions Come From?
- Šustek, R. (Februar 2024). Yield Curve and the Business Cycle in Conventional Times. *Journal of Mathematical Finance*.

10 Figur-, tabel- og ligningsliste

10.1 Figurliste

Figur 1-1: Terminspræmie for 10-årig amerikansk statsobligation. Kilde: Egen fremstilling ..	2
Figur 2-1: Terminspræmier. Kilde FRED og ACM.....	6
Figur 4-1: Konjunkturcyklens faser. Kilde: Egen fremstilling.	15
Figur 6-1: 10-årig rente, forventet fremtidig rente og terminspræmie Kilde: Egen fremstilling	30
Figur 6-2: Terminspræmien og årlige konjunkturfaser. Kilde: Egen fremstilling.....	31
Figur 6-3: Plots af makroøkonomiske variable. Kilde: FRED, St. Louis Fed.....	33
Figur 6-4: Chok i industriel produktion på terminspræmien for en 10-årig amerikansk statsobligation. Kilde: Egen fremstilling	35
Figur 6-5: Chok i inflation på terminspræmien for en 10-årig amerikansk statsobligation. Kilde: Egen fremstilling.....	36
Figur 6-6: Chok i den pengepolitiske rente på terminspræmien for en amerikansk statsobligation Kilde: Egen fremstilling.	38
Figur 6-7: Chok i politiske usikkerhed på terminspræmien for en 10-årig amerikansk statsobligation. Kilde: Egen fremstilling.	39
Figur 6-8: Estimering af terminspræmien via "KFAS". Kilde: Egen fremstilling	42
Figur 6-9: Chok i industriel produktions påvirkning på terminspræmien, afkortet tidsperiode. Kilde: Egen fremstilling.....	45
Figur 6-10: Chok i inflations påvirkning på terminspræmien, afkortet tidsperiode. Kilde: Egen fremstilling.....	46
Figur 6-11: Chok i den pengepolitiske styringsrentes påvirkning, afkortet tidsperiode. Kilde: Egen fremstilling.....	47
Figur 6-12: Chok i politisk usikkerheds påvirkning på terminspræmien, afkortet tidsperiode. Kilde: Egen fremstilling.....	48
Figur 6-13: LP-model for henholdsvis lav- og højkonjunktur, opdelt efter arbejdsløshed. Kilde: Egen fremstilling.....	49
Figur 11-2: Terminspræmie og konjunkturfaserne, vist halvårligt. Kilde: Egen fremstilling ..	71

10.2 Tabelliste

Tabel 6-1: Oversigt over anvendte makroøkonomiske variable. Kilde: Egen fremstilling og FRED	33
Tabel 6-2: Resultater af modeldiagnostik af state-space modellen. Kilde: Egen fremstilling.....	43
Tabel 6-3: Resultater for test af resultaternes validitet. Kilde: Egen fremstilling	44

Tabel 6-4: Resultater af modeldiagnostik for LP-modellen. Kilde: Egen fremstilling.....	44
Tabel 11-1: Resultater for test af sæsonudsving. Kilde: Egen fremstilling	69
Tabel 11-2: Tabel over kritiske værdier for ADF-test. Kilde: Egen fremstilling	70
Tabel 11-3: Resultater af ADF-test. Kilde: Egen fremstilling	71
Tabel 11-4: Tabel over antal observationer i hver fase. Kilde: Egen fremstilling.....	72

10.3 Ligningsliste

Ligning 3-1.....	8
Ligning 4-1.....	11
Ligning 4-2.....	11
Ligning 4-3.....	11
Ligning 4-4.....	12
Ligning 4-5.....	12
Ligning 4-6.....	12
Ligning 4-7.....	13
Ligning 4-8.....	17
Ligning 4-9.....	18
Ligning 4-10.....	18
Ligning 5-1.....	22
Ligning 5-2.....	22
Ligning 5-3.....	23
Ligning 5-4.....	23
Ligning 5-5.....	23
Ligning 5-6.....	23
Ligning 5-7.....	24
Ligning 5-8.....	24
Ligning 5-9.....	25
Ligning 6-1.....	26
Ligning 6-2.....	27
Ligning 6-3.....	29
Ligning 11-1.....	68

Ligning 11-2.....	69
Ligning 11-3.....	69

11 Appendiks

11.1 Økonometriske test

Inden data anvendes i analysen udføres der en række test på alle variable, for at opnå pålidelige økonometriske modeller, og herigennem pålideligt data. Her testes der både for sæsonudsving, samt unit root (Enders, 2015, s. 96). Der kan testes for sæsonudsving ved anvendelse af dummy-variable metoden, hvor der opstilles tre dummy-variable, da der ses fire kvartaler på et år, og der ikke skal være perfekt kolinearit. Her opstilles der følgende regression, $Y_t = \alpha + \beta_2 D_2 + \beta_3 D_3 + \beta_4 D_4 + \varepsilon_t$, hvor betaværdierne afspejler sæsonudsvingene, og fejlladet betegner variablen uden sæsonudsving, altså den sæsonkorrigerede variabel. Herefter køres der en F-test, hvor der testes for denne nulhypotese, $H_0 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$. Altså at værdierne ikke er signifikante, og dermed er =0. Hvis H_0 forkastes, er betaværdierne altså ikke =0, og dermed ses der sæsonudsving i variablen. Dermed ønskes det ikke at forkaste H_0 , da der dermed kan konkluderes, at der ikke ses sæsonudsving i variablen (Enders, 2015).

Herefter udføres der en unit root test på alt data, for at teste for stationært data. Dette gøres via en Augmented Dickey Fuller test, ADF-test, som er en udvidet version af en DF-test.

DF-testen kan opstilles ud fra følgende:

$$Y_t = \theta Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Ligning 11-1

Hvor $\varepsilon_t \sim IID(0, \sigma^2)$. Her estimeres værdien for θ , og på baggrund af denne værdi kan det konkluderes om der ses unit root i variablen, der anvendes følgende kriterier:

$$|\theta| < 1 \rightarrow \text{Stationær, ingen unit root}$$

$$|\theta| = 1 \rightarrow \text{Ikke stationær, unit root}$$

$$|\theta| > 1 \rightarrow \text{Processen eksploderer}$$

DF-testen tester om θ er lig med 1, eller ikke, dermed om der er unit root eller ikke. Her omskrives Ligning 11-1 til følgende, hvor Y_{t-1} trækkes fra Y_t , og herefter sættes Y_{t-1} udenfor parentesen, og $(\theta - 1)$ sættes lig med π :

$$Y_t - Y_{t-1} = \theta Y_{t-1} - Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta Y_t = (\theta - 1) Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta Y_t = \pi Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Ligning 11-2

Så testes der for om π er lig med 0, eller ikke, da $\pi = 0$ vil svare til $\theta = 1$, og dermed unit root i variabelen. Der testes for følgende nulhypotese, $H_0: \pi = 0$. Hvor t-værdien holdes op med de kritiske værdier for en DF-test (Enders, 2015, s. 488).

ADF-testen er en udvidet version af DF-testen, og her tilføjes der flere lags til modellen, hvor der dermed tages højde for seriekorrelation. Der findes tre forskellige versioner af ADF-testen, hvor der henholdsvis medtages, ingen skæring og ingen trend, skæring og ingen trend, og skæring og trend. De tre versioner kan opstilles som følgende:

$$\Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^K \beta_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (\text{Ingen skæring, ingen trend})$$

$$\Delta Y_t = a_0 + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^K \beta_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (\text{Skæring, ingen trend})$$

$$\Delta Y_t = a_0 + \beta_t + \gamma Y_{t-1} + a_2 t + \sum_{i=1}^K \beta_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (\text{Skæring, trend})$$

Ligning 11-3

Testresultaterne fra ADF-testen, sammenlignes med de kritiske værdier for den anvendte ADF-test, på baggrund af dette konkluderes det om der ses unit root i variabelen eller ikke.

Efter ADF-testen, opstilles der en Ljung-Box test, som er en test for seriekorrelation i residualerne for variabelen. Denne udføres for at teste pålideligheden af resultaterne fra ADF-testen.

Dette er vigtigt, da resultaterne fra ADF-testen kun kan anvendes, under forudsætning af ingen seriekorrelation.

I følgende afsnit ses resultaterne fra ovenstående tests.

Tabel 11-1: Resultater for test af sæsonudsving. Kilde: Egen fremstilling

Variabel	P-værdi	Sæsonudsving
Industriel produktion	0.9385	Nej
Inflation	0,9834	Nej
FFR	0,9872	Nej
Politisk usikkerhed	0,9792	Nej

11. Appendiks

På baggrund af Tabel 11-1 ses resultaterne ses det, at de anvendte variable ikke indeholder sæsonudsving, og derfor udføres der ikke sæsonkorrigerings.

Herefter er dataet testet for unitroot via ADF-test. De kritiske værdier der anvendes, er oplyst i nedenstående tabel, og de vises for de tre forskellige ADF-test, hvor der medtages henholdsvis, trend og drift, kun med drift, og uden både trend og drift.

Tabel 11-2: Tabel over kritiske værdier for ADF-test. Kilde: Egen fremstilling

Trend og drift	1%	5%	10%
Tau3	-3,98	-3,42	-3,13
Phi2	6,15	4,71	4,05
Phi3	8,34	6,30	5,36

Drift	1%	5%	10%
Tau2	-3,44	-2,87	-2,57
Phi1	6,47	4,61	3,79

None	1%	5%	10%
Tau1	-2,58	-1,95	-1,62

Resultaterne fra ADF-testen ses i nedenstående. Disse vises på et 5% signifikansniveau, samt 12 lags for alle variable. Resultaterne viste, at trend og drift ikke var signifikant for variablene, og dermed udføres testen uden disse. Yderligere fandtes der unit root i industriel produktion, og derfor differentieres denne, og testen udføres igen. Altså ses de afslutningsvise resultater af testen, i følgende tabel:

11. Appendiks

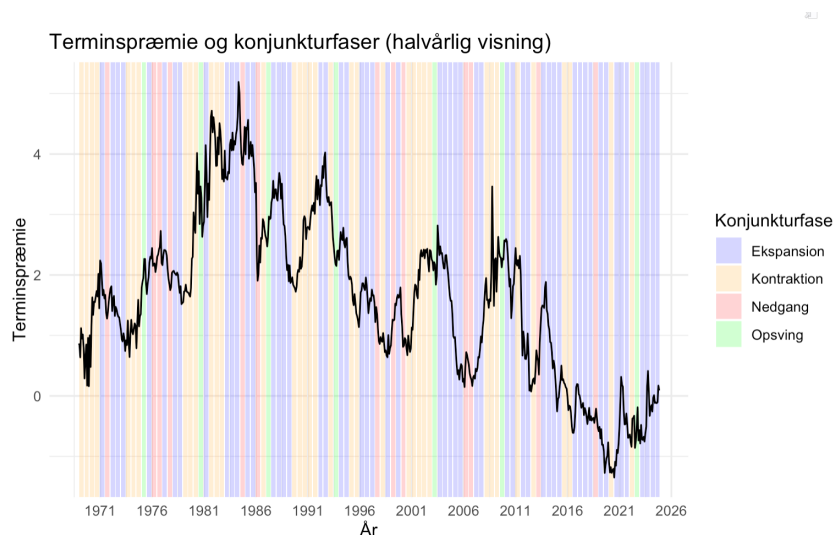
Tabel 11-3: Resultater af ADF-test. Kilde: Egen fremstilling.

Variabel	Tau1	Unitroot
Δ Industriel produktion	-2,1401	Nej
Inflation	-2,065	Nej
FFR	-4,1459	Nej
Politisk usikkerhed	-2,6349	Nej

På baggrund af de ovenstående Tau1 værdier for de differentierede variable ses det, at alle værdierne er mindre end den kritiske værdi på -1,95. For at teste om resultaterne af ADF-testen er troværdige, udføres en Ljung-box test for seriekorrelation. Her ses der ingen tegn på seriekorrelation, og derfor kan det konkluderes, at der ikke længere ses unit root i tidsserierne, som det kan ses i resultaterne. Dermed er det lykkedes at fjerne unit root i variablene, ved hjælp af differentiering, altså kan det konkluderes at alle variable er en $I(1)$ -proces.

11.2 Inddeling af konjunkturfaserne

Figur 11-1: Terminspræmie og konjunkturfaserne, vist halvårligt. Kilde: Egen fremstilling



11. Appendiks

Tabel 11-4: Tabel over antal observationer i hver fase. Kilde: Egen fremstilling.

Konjunkturfase	Antal observationer
Opsving	118
Ekspansion	248
Nedgang	140
Kontraktion	166