

Boligmarkeder i dynamisk stokastiske generelle ligevægtsmodeller for konjunkturudviklingen

Kandidatafhandling i samfundsøkonomi
30. april 2014

Michael Harboe Møller

Vejleder: Lasse Bork



AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Titelblad

Uddannelse:
Samfundsøkonomi, Cand.oecon.

Uddannelsessted:
Aalborg Universitet

Projekt:
Speciale

Projekttitel:
Boligmarkeder i dynamisk stokastiske generelle
ligevægtsmodeller for konjunkturudviklingen

Gruppemedlemmer:
Michael Harboe Møller

Vejleder:
Lasse Bork

Omfang:
46,1 normalsider
(foruden forside, titelblad, indholdsfortegnelse og appendix)

Sider:
63
(foruden forside og titelblad)

(Michael Harboe Møller)

Summary

Through the latest few years, the western world has gone through a period of severely weakened economic activity as compared to the years leading up to a chain of events within the financial sector in 2007. It is widely accepted, that the spark that ignited the fire is to be found in the rising default rates on the loans of low income homeowners, which were highly securitized. On top of this, housing markets seem to have played a role in other business cycles as well, as witnessed by the findings of Leamer(2007), that most recessions have been preceded by a decline in residential investment, and the findings of Davis(2010) that residential investment is more volatile than GDP by a power of 6.

This motivates some scrutiny of the role of housing markets within theories of the business cycle, among which models of the type known as Dynamic Stochastic General Equilibrium models are the most prominent in these years. Therefore two very different DSGE models, focusing on the reproduction of empirical facts regarding housing in the business cycle, are selected for evaluation of their ability to actually produce coherent explanations of the level of volatility of GDP, house prices and residential investment, as well as the correlation structure between them. In accordance with the standard approach to evaluation of DSGE model, second moment statistics across simulations of the model are held up against the corresponding statistics for for the model variables empirical counterparts. Further, the parameter choices resulting in the observed model statistics are scrutinized for coherence.

The first of the two models, which is a multisector real business cycle model by Davis & Heathcote(2005) attempting to reproduce empirical findings through differences in the volatility of technology shock processes across sectors, is found only to be able to explain part of the business cycle as long as the variance in Solow residuals, which is used as a proxy for the variance of technological progress across sectors, are truly exogenous to the economy. This is found not to be the case, and as such the model is rejected.

The second model is a financial accelerator model by Iacoviello(2005) attempting to explain the severity of business cycles by means of the impact of house prices on the liquidity constraint facing a subset of households who are debtors. This model is found to suffer from shock processes which are not truly exogenous as well, relying on a postulate that 80% of the variance in house prices stem from stochastic changes to household preferences for housing in order to produce the optimum possible match between model and empirical statistics, which is

not in itself convincing. The transaction mechanism from house prices through financial markets to GDP is however found to be valid. Finally an agenda for further research possibilities is laid out, revolving around possible improvements to the Iacoviello(2005) model, by means of improving the specification of agents house price expectations, as it is found likely that adaptive expectations will improve upon the models ability to match empirical findings.

Indhold

1	Introduktion/Motivation	5
2	Problemformulering	5
3	Metode	6
4	Teori	8
4.1	DSGE-modeller	8
4.2	Davis and Heathcote (2005)	8
4.2.1	Produktion	8
4.2.2	Husholdningssektoren	12
4.2.3	Offentlig sektor	13
4.2.4	Definition af ligevægt	13
4.3	Iacoviello (2005)	17
4.3.1	Tålmodige husholdninger	17
4.3.2	Utålmodige husholdninger	19
4.3.3	Entreprenører	20
4.3.4	Forhandlere	21
4.3.5	Centralbanken	22
4.3.6	Betingelser for ligevægt	22
5	Analyse	26
5.1	Metoder til evaluering af DSGE-modeller	26
5.2	Davis and Heathcote (2005)	27
5.3	Iacoviello (2005)	35
6	Øvrig modelkritik	45
7	Afhandlingens begrænsninger	51
8	Konklusion	53

A Dynare program for modellen i Iacoviello (2005)	56
B Dynare output	60

1 Introduktion/Motivation

Den vestlige verden har igennem de seneste år gennemlevet en periode med væsentligt svækket produktion og beskæftigelse i forhold til hvad der har været situationen umiddelbart forud for en række hændelser i den finansielle sektor i 2007. Starten på den aktuelle lavkonjunktur er i USA kendt under navnet the Subprime Mortgage Crisis, idet det er vidt anerkendt, at krisens oprindelse skal findes i en stigende misligholdelse af boliglån ydet til lavindkomsthusholdninger med ringe kreditværdighed.¹

Foruden den aktuelle lavkonjunktur, har der i de seneste år, været skrevet en række artikler netop omkring boligmarkedets rolle i tidligere konjunkturcyklusser. Et eksempel herpå er Leamer (2007), som i en artikel for Federal Reserve Bank of Kansas City, går så vidt som til at skrive at "Housing is the business cycle". I denne artikel når Leamer frem til, at 8 af de 10 seneste amerikanske recessioner er kommet efter en periode med aftagende boligbyggeri. Davis (2010) finder, ligeledes for det amerikanske marked, at boligbyggeri er dobbelt så volatilt som øvrige former for investering og seks gange så volatilt som BNP, samt at boligbyggeri er stærkest korreleret med BNP ved en forsinkelse på et kvartal for BNP i forhold til boligbyggeri. Desuden findes også huspriser, at være positivt korrelerede med BNP, om end i mindre grad, og uden forsinkelse. Her er det dog værd, at bemærke at priser på boliger selvfølgelig ikke er et delelement af BNP, hvorimod byggeriet af boliger er.

I lyset af, at boligmarkedet indvirker så kraftigt i konjunkturudviklingen, som det lader til at være tilfældet, og oven i købet lader til effektivt at kunne bidrage til at forudsige udviklingen i økonomisk output, virker det oplagt, nærmere at undersøge hvorvidt der her er tale om en egentlig årsagssammenhæng, og i givet fald, af hvilken art.

Dette speciale vil derfor søge at belyse netop denne problemstilling gennem evaluering af to vidt forskellige dynamisk stokastiske generelle ligevægtsmodeller (DSGE), som postulerer forskellige transaktionsmekanismer mellem boligmarkedet og den generelle økonomi.

2 Problemformulering

Dette projekt søger, at evaluere DSGE-modellers forklaringssevne i forhold til boligmarkedets rolle i konjunkturdannelsen.

¹Yearbook team, The Statesman's (2011)

3 Metode

Udgangspunktet for dette speciales behandling af boligmarkedets rolle i konjunkturdannelsen er to dynamisk stokastiske generelle ligevægtsmodeller (DSGE), en type af makroøkonomiske modeller, som bygger på et mikroøkonomisk fundament, og som antager løbende eksogene påvirkninger af modelvariable som kilde til variation i modellens øvrige variable. Årsagen til, at denne tilgang er valgt, er at DSGE-modellering i skrivende stund er den dominerende tilgang til konjunkturanalyse, og sågar har spredt sig fra akademiske kredse til at blive anvendt som analyseredskab i en lang række centralbanker.²

Den første af de behandlede modeller er en nyklassisk model foreslået af Davis and Heathcote (2005), som søger at forklare boligmarkedets rolle i konjunkturudviklingen udelukkende gennem reelle (ikke-monetære) fænomener, ved hjælp af forskelle i varibiliteten af den teknologiske vækstrate på tværs af sektorer. Dermed er modellen et eksempel på Real Business Cycle litteraturen.

Den anden model, som hører til den nykeynesianske litteratur, er foreslået af Iacoviello (2005), og søger at forklare samspillet mellem boligmarkedet og den generelle konjunkturudvikling i kraft af en finansiel accelerator betinget af lånebegrænsninger bundet op på den pantbare værdi af fast ejendom.

Disse to modeller beskrives i detaljer i afsnit 4, hvor modellerne også specificeres, og førsteordensbetingelser for modellernes optimeringsproblemer udledes.

For at kunne vurdere hvorvidt modellerne er gearet til, at forklare udviklingen i konjunkturerne, vil resultaterne af simuleringer af modellerne blive opstillet i afsnit 5, hvor med fordelingen af tidsseriemomenter³ fra disse simulationer kan sammenholdes med de tilsvarende tidsseriemomenter for empiriske observationer af den Amerikanske økonomi, hvor netop den amerikanske økonomi er valgt idet begge modeller afbilder lukkede (eller globale) økonomier. USA forekommer umiddelbart at være en af de bedre tilnærmelser hertil.⁴ Disse simulationer vil, i RBC-modellens tilfælde, ikke blive udført i forbindelse med dette speciale.⁵ I stedet rapporteres resultater af simuleringer

²Undtaget er dog bl.a. Nationalbanken, som hovedsageligt anvender den makroøkonometriske model MONA til deres fremskrivninger. Pedersen (2012). Blandt centralbanker som har udviklet egne DSGE-modeller kan nævnes Bank of Canada (ToTEM), Bank of England (BEQM), Central Bank of Chile (MAS), Central Reserve Bank of Peru (MEGA-D), Den Europæiske Centralbank (NAWM), Norges Bank (NEMO), Sveriges Riksbank (RAMSES) og US Federal Reserve (SIGMA). Tovar (2009)

³Variablenes middelværdier, standardafvigelse og kovariation.

⁴En anden fordel ved at anvende USA er, at det i evaluering af modellerne er nødvendigt, at kunne opgøre udviklingen i de faktiske boligpriser, for at kunne holde modelresultaterne op herimod. For amerikanske markeder findes boligprisindeks af en relativt høj kvalitet, i forhold til hvad der eksempelvis gør sig gældende for det danske marked, hvor de eneste prisindeks, som søger at kontrollere for variation i kvaliteten af de handlede boliger, gør dette ved hjælp af de ikke overvældende pålidelige offentlige ejendomsvurderinger. (Andersen (2011))

⁵Det er forsøgt gjort, således at den eksakte betydning for modellen af at korrigere Solow-residualerne for kapitalstokkens udnyttelsesgrad ville kunne udledes. Det har dog vist sig særdeles tidskrævende, og er derfor droppet af hensyn til behovet for, at få gjort specialet færdigt indenfor den dertil knyttede tidsramme.

foretaget af modellernes ophavsmænd, hvorefter modellerne vurderes på dette grundlag. I den finansielle accelerator models tilfælde foretages derimod egne simulationer. Dette dog på grundlag af parameterverdier, som er taget fra Iacoviello (2005), og på baggrund af dennes log-linearisering af modellen.

Afsnit 6 vil se bort fra modellernes evne, eller mangel på samme, til at matche teoretiske og reelle udfald, og kritisere modellerne på en række andre punkter. Herunder foretages bl.a. foretage en kort kritik af DSGE-modellerne som fællesmængde. Særligt fokus vil tillægges de postulerede eksogene shocks reelle eksogenitet. I afsnit 7 vil afhandlingens svage sider blive behandlet, som et oplæg til videre forskning, hvorefter afsnit 8 vil konkludere.

4 Teori

Dette afsnit vil redegøre først for hvad der kendetegner en dynamisk stokastisk generel ligevægtsmodel, og siden for den konkrete struktur i de to konkrete modeller, repræsenterende hver deres tilgang til sammenhængen mellem boligmarkedet og den bredere økonomi.

4.1 DSGE-modeller

Dynamic Stochastic General-Equilibrium (DSGE) betegner en række af modeller, som dynamisk (over tid) modellerer samfundsøkonomien udvikling, på baggrund af en række antagelser om rationelt optimerende fremadskuende mikroøkonomiske agenter præferencer, og som afhænger af stokastiske variationer fra eksogene kilder, som eksempelvis den teknologiske vækstrate eller præferencer, som udgangspunkt for at initiere konjunktursvingninger. Disse modeller vil dog typisk indeholde mekanismer, som forklarer, hvorledes disse shock vil forplante sig gennem økonomien.

DSGE-modeller kan indeholde relationer af nominel natur, men behøver ikke nødvendigvis at gøre det. I bekræftende fald, vil den konkrete model typisk regnes for, at tilhøre den ny-keynesianske skolesom det gør sig gældende for den ene af de undersøgte modeller, Iacoviellos(2005) finansielle accelerator model. I modsat fald vil modellen være et eksempel på Real Business Cycle Theory (RBC), og regnes under den nyklassiske skole, som det gør sig gældende for den anden af de undersøgte modeller, formuleret af Davis and Heathcote (2005). Boligmarkedet kan inkluderes i modellen indenfor begge skoler, som det vil ses nedenfor, hvor to DSGE-modeller med forskelligt specificerede roller for boligmarkedet stilles op.

4.2 Davis and Heathcote (2005)

Som et eksempel på, hvor langt man kan nå, i at forklare samspillet mellem boligmarkedet og den generelle konjunkturudvikling, indenfor real business cycle litteraturen, opstilles i dette afsnit en model foreslået af Davis and Heathcote (2005). Dens evne til at matche empiriske momenter behandles i afsnit 5.2. Øvrig behandling af modellens forklaringsevne forekommer i afsnit 6.

4.2.1 Produktion

Kernen i Davis & Heathcotes forsøg på, at forklare boligmarkedets rolle i konjunkturudviklingen, er en opstilling, hvori produktion af et boliggede henholdsvis et kombineret investerings- og forbrugsgode afhænger af forskellig teknologi, hvis produktivi-

tet udsættes for forskellige stokastiske variationer. Dette har i andre flersektormodeler medført en negativ korrelation mellem output af de forskellige goder, som følge af substitution, eksempelvis mod sektorer, hvis output er blevet relativt billigere som følge af ringe produktivitetsudvikling i den sektor som har oplevet et negativt shock. Dette strider dog imod en empiri, som klart viser, at konjunkturer har en tendens til, at omfavne alle økonomiens sektorer. Davis og Heathcote undgår dette resultat ved dels, at antage at deres models to færdiggode-produktioner, et forbrugs- og investeringsgode henholdsvis et bolig-gode, anvender de samme teknologier, blot i forskellige kombinationer, og dels ved at antage at bolig-godet kombineres med et komplet uelastisk udbud af byggemodnet jord.

Intermediære teknologier

De tre teknologier som indgår i varierende grad ved produktion af begge de endelige goder, består i produktionen af de tre intermediærgoder byggeri, b , fabrikation, m , og service, s . Herunder opstilles produktionsfunktioner for disse goder, hvor i anvendes som pladsholder for de enkelte intermediærgodesektorer, t anvendes til tidsindeksering, x angiver produktionen af gode i per capita (samtlige variable i modellen er ligeledes angivet per capita), k angiver kapitalanvendelsen i sektor i , z angiver produktiviteten i sektor i og n angiver arbejdskraftanvendelsen i sektor i .

$$x_{it} = k_{it}^{\theta_i} (z_{it} n_{it})^{1-\theta_i} \quad i \in \{b, m, s\} \quad (1)$$

Det ses altså, at de tre teknologier udelukkende afviger fra hinanden i kraft af deres relative kapital- og arbejdskraftintensivitet, hvilket er afspejlet i θ , og i kraft af forskelle i hvor effektiv arbejdskraften er i den pågældende sektor, hvilket afhænger af teknologien, z , som er det led, som vil være kilden alle modellens konjunktursvingninger. Disse to forhold tager den repræsentative intermediærgodeproducent for givne, når den foretager profitmaksimering:

$$\max_{\{k_{it}, n_{it}\}_{i \in \{b, m, s\}}} \sum_i \{p_{it} x_{it}\} - r_t k_t - w_t n_t \quad i \in \{b, m, s\} \quad (2)$$

Her angiver p prisen på et givent gode, mens r angiver lejeprisen for kapital, som er ejet af den repræsentative husholdning, og w angiver lønraten for arbejdskraft som ligeledes aftages fra husholdningen. Denne profitoptimering forekommer under hensyntagen til en række forudsætninger. For det første må virksomhederne som minimum antage den mængde arbejdskraft og kapital i markedet, som de anvender fordelt på de tre intermediærgoder.

$$n_t \geq \sum_i n_{it}$$

$$k_t \geq \sum_i k_{it}$$

Derudover kan der ikke forekomme negativ faktor anvendelse i produktionen af nogen af intermediærgodeproduktionerne.

$$\{k_{it}, n_{it}\}_{i \in \{b, m, s\}} \geq 0$$

Kilder til stokastisk variation

Den sektorspecifikke produktivitet, z_{it} , antages i modellen, at følge en stokastisk proces, med en konstant trend, g_{zi} , således at økonomien ikke udviser stiafhængighed. Dermed vil en periodes produktivitet kunne opstilles på følgende form:

$$\log z_{it} = (\log z_{i0} + t \log g_{zi}) + \log \tilde{z}_{it} \quad (3)$$

Hvor parentes blot er trendværdien i den pågældende periode, mens tilden over \tilde{z} angiver, at der er tale om afvigelse fra trendværdien. Denne afvigelse fra den teknologiske trend har i sig selv en autoregressiv komponent, såvel som en stokastisk komponent:

$$\tilde{z}_{t+1} \equiv \begin{bmatrix} \log \tilde{z}_{b,t+1} \\ \log \tilde{z}_{m,t+1} \\ \log \tilde{z}_{s,t+1} \end{bmatrix} = B \tilde{z}_t + \varepsilon_{t+1} \quad (4)$$

Hvor B er en 3x3 matrix af koefficienter, som afspejler tidligere afvigelsers betydning for indeværende periodes afvigelser på tværs af de enkelte sektorer, mens ε er en søjlevektor af dimension 3x1, som angiver periodens nye chok, taget fra en normaldistribution med middelværdi 0 og varians-kovariansmatricen V.

Færdige goder

Alle tre intermediærgoder indgår som produktionsfaktorer i produktionen af både et forbrugs-/investeringsgode og boliggodet. Sidstnævnte kræver dog foruden boligstuk-

turer, som er en komposit af de tre intermediærgoder, også byggemodnet jord. Produktionsfunktionen for henholdsvis forbrugs-/investeringsgodet, c, og boligstrukturer, d, kan opstilles på formen

$$y_{jt} = b_{jt}^{B_j} m_{jt}^{M_j} s_{jt}^{S_j} \quad (5)$$

gældende for $j \in \{c, d\}$. Her angiver y_{jt} udbuddet af færdiggode j og b_{jt} anvendelsen af konstruktionsintermediærgodet i sektor j i periode t , mens B_j angiver færdiggodeproduktionens elasticitet med hensyn til input af konstruktionsintermediærgodet. Tilsvarende gør sig gældende for de resterende variable og parametre i ligningen, blot med fabrikation og service i stedet for konstruktion.

Da prisen på forbrugs-/investeringsgodet sættes lig 1, kan færdiggodeproducentens optimeringsproblem opstilles på følgende form:

$$\max_{\{b_{ct}, b_{dt}, m_{ct}, m_{dt}, s_{ct}, s_{dt}\}} = \{y_{ct} + p_{dt}y_{dt} - p_{bt}[b_{ct} + b_{dt}] - p_{mt}[m_{ct} + m_{dt}] - p_{st}[s_{ct} + s_{dt}]\} \quad (6)$$

under den yderligere forudsætning, at der ikke forekommer negativ faktor anvendelse

$$\{b_{jt}, m_{jt}, s_{jt}\}_{j \in \{c, d\}} \geq 0$$

Ejendomssektor

Førend boligstrukturgodet kan anvendes som bolig, skal det kombineres med byggemodnet jord, i en sidste sektor. Dette foregår, ligesom i de øvrige sektorer, i en Cobb-Douglas produktionsfunktion:

$$y_{ht} = x_{lt}^{\phi} x_{dt}^{1-\phi} \quad (7)$$

Her angiver y_{ht} udbuddet af nybyggede boliger, mens x_{lt} og x_{dt} angiver ejendomssektorens efterspørgsel efter henholdsvis jord og boligstrukturer og ϕ er boligproduktionens elasticitet med hensyn til input af jord. Det antages desuden, at udbuddet af byggemodnet jord er fuldkomment uelastisk, således at x_{lt} kan normaliseres til 1. Dermed bliver (7) til:

$$y_{ht} = x_{dt}^{1-\phi} \quad (8)$$

Den byggemodnede jord opstår i husholdningssektoren, således at ejendomssektoren, for at kunne skabe en bolig, må købe den til markedspris på linie med boligstruktur-godet. Dermed bliver ejendomssektorens profitoptimeringsproblem følgende:

$$\max_{x_{lt}, x_{dt}} \{p_{ht}y_{ht} - p_{lt}x_{lt} - p_{dt}x_{dt}\} \quad (9)$$

Økonomiens aggregerede boligbeholdning per capita kan opstilles på følgende form:

$$\eta h_{t+1} = x_{dt}^{1-\phi} x_{lt}^{\phi} + (1 - \delta_s)^{1-\phi} h_t \quad (10)$$

hvor δ_s angiver boligstrukturets forfaldsrate, idet $1 - \delta_h = (1 - \delta_s)^{1-\phi}$ kendetegner den samlede boligs forfaldsrate, under forudsætning af at grunden, hvorpå boligen står, ikke forfalder. η er befolkningens vækstrate, og ganges her på idet h , ligesom alle øvrige variable i modellen, er angivet per capita.

4.2.2 Husholdningssektoren

Den repræsentative husholdnings optimeringsproblem går på tværs af tid, idet det er nutidsværdien af al fremtidig nytte, som skal optimeres. I hver enkel periode drager husholdningen nytte af dens forbrug, c_t , boligbeholdningen, h_t , og fritid ($1 - n_t$). Således kan periodenytten opstilles på formen:

$$U(c_t, h_t, (1 - n_t)) = \left(\frac{c_t^{\mu_c} h_t^{\mu_h} (1 - n_t)^{1 - \mu_c - \mu_h}}{1 - \sigma} \right)^{1 - \sigma} \quad (11)$$

hvor μ_c, μ_h og $1 - \mu_c - \mu_h$ angiver nyttens elasticitet med hensyn til henholdsvis forbrug, boligbestanden og fritid. Det er dog også af betydning, hvorledes forbrugsmuligheder, ved hjælp af investeringer i kapital, kan forskydes over tid. Derfor opstilles også en formel for nutidsværdien af nutidig, såvel som fremtidig, nytte.

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \eta^t U(c_t, h_t, (1 - n_t)) \quad (12)$$

$1/\beta$ angiver her husholdningens tilbagediskonteringsrate. Denne nyttefunktion optimeres under hensyntagen til en budgetbegrænsning, som foreskriver at en periodes forbrug, tilvækst af kapital samt tilvækst af boliger, og afskrivninger på samme, skal kunne finansieres ud af nettoløn- og kapitalindkomster samt indkomster fra salg af grunde (som opstår som mana fra himlen) og overførsler fra den offentlige sektor.

$$c_t + \eta k_{t+1} - (1 - \delta_k)k_t + \eta p_{ht} h_{t+1} - (1 - \delta_h)p_{ht} h_t = (1 - \tau_n)w_t n_t \quad (13)$$

$$+((1 - \tau_k)r_t + \tau_k\delta_k)k_t + p_{lt}x_{lt} + \xi_t$$

4.2.3 Offentlig sektor

At der i ovenstående optimeringsproblem skelnes mellem brutto- og nettoindkomster, skyldes at der i modellen indgår en simpel offentlig sektor. τ_n og τ_k angiver således skatteraten for henholdsvis løn- og kapitalindkomster, mens ξ_t angiver overførsler tilbage husholdningssektoren. Udover dette opereres der med et offentligt forbrug, g_t . Det offentlige forbrug antages at være en konstant andel af det samlede output af forbrugs-/investeringsgodet, mens resten af de offentlige indkomster føres tilbage til den repræsentative husholdning.

4.2.4 Definition af ligevægt

Modellens ligevægt er kendetegnet ved, at de priser, som gør sig gældende, resulterer i clearede markeder, givet at husholdningerne løser deres optimeringsproblem og virksomhederne profitmaksimerer mens de tager disse priser for givne. Samtidigt er den offentlige sektors budgetbegrænsning overholdt ved de skatter, overførsler og det offentlige forbrug, som gør sig gældende.

Markedet for forbrugs- og investeringsgodet clearer, når produktionen i sektoren, y_{ct} , netop svarer til periodens private forbrug, offentlige forbrug og anvendelsen af godet som kapital i periode $t+1$.

$$c_t + g_t + (\eta k_{t+1} - (1 - \delta_k)k_t) = y_{ct} \quad (14)$$

Clearing af markedet for boliger indebærer blot at næste periodes boligbestand svarer til svarer til indeværende periodes boligbestand minus forfald plus indeværende periodes produktion af boliger fra ejendomssektoren.

$$\eta h_{t+1} = (1 - \delta_h)h_t + y_{ht} \quad (15)$$

På samme vis som ovenstående indebærer clearing af markederne for boligstrukturgodet og byggegrunde, at udbud og efterspørgsel stemmer overens ved de gældende priser. Bemærk at udbuddet af byggegrunde er antaget fuldkomment uelastisk, og sat til 1.

$$x_{dt} = y_{dt} \quad (16)$$

$$x_{lt} = y_{lt} = 1 \quad (17)$$

Clearing af markederne for intermediærgoderne indebærer, at udbuddet af det pågældende gode eksakt modsvarer anvendelsen heraf som produktionsfaktor i produktionen af forbrugs-/investerings- og boligstrukturgodet.

$$b_{ct} + b_{dt} = x_{bt} \quad (18)$$

$$m_{ct} + m_{dt} = x_{mt} \quad (19)$$

$$s_{ct} + s_{dt} = x_{st} \quad (20)$$

På tilsvarende vis gælder, et trin lavere i produktionshierarkiet, at arbejdsmarkedet og markedet for leje af kapital clearer når løn og lejepris (rente) resulterer i, at den samlede efterspørgsel i forbindelse med intermediærgodeproduktionen eksakt modsvarer det udbudte.

$$n_{bt} + n_{mt} + n_{st} = n_t \quad (21)$$

$$k_{bt} + k_{mt} + k_{st} = k_t \quad (22)$$

Eftersom modellen ikke har finansielle markeder, som den offentlige sektor kan agere på, må det gælde, at den offentlige sektors budgetrestriktion er overholdt, når overførsler og offentligt forbrug eksakt modsvares af skatteindtægterne.

$$\xi_t + g_t = \tau_n w_t n_t + \tau_k (r_t - \delta_k) k_t \quad (23)$$

Førsteordensbetingelser for ligevægt

Efterspørgslen efter en given produktionsfaktor er, eftersom der antages fuldkommen konkurrence og aftagende faktorafkast, bestemt ved det niveau hvorved prisen på faktoren modsvarer værdien af dets marginalprodukt.

Løsninger på maksimeringsproblemerne (2) for firmaer i intermediærgodesektoren må således være kendetegnet ved, at kapital aflønnes med sit marginalprodukt. D.v.s. at

renten (prisen på leje af kapitalgoder fra husholdningssektoren), for hvert intermedieergode, svarer til den afledede af (1) med hensyn til kapital, ganget med prisen på intermedieergodet.

$$r_t = \frac{\delta x_{it}}{\delta k_{it}} p_{it} = p_{it} \theta_i k_{it}^{(\theta_i-1)} (z_{it} n_{it})^{1-\theta_i} \quad i \in \{b, m, s\} \quad (24)$$

Tilsvarende gør sig gældende for lønninger:

$$w_t = \frac{\delta x_{it}}{\delta n_{it}} p_{it} = p_{it} k_{it}^{\theta_i} (1 - \theta_i) (z_{it} n_{it})^{-\theta_i} z_{it} \quad i \in \{b, m, s\} \quad (25)$$

På tilsvarende vis, aflønnes intermedieergoderne med værdien af deres marginalprodukt i produktionen af de to færdiggoder. For konstruktionsgodet gælder:

$$p_{bt} = p_{ct} \frac{\delta y_{ct}}{\delta b_{ct}} = \frac{\delta y_{ct}}{\delta b_{ct}} = B_c b_{ct}^{(B_c-1)} m_{ct}^{M_c} s_{ct}^{S_c} = \frac{B_c y_{ct}}{b_{ct}} \quad (26)$$

$$p_{bt} = p_{dt} \frac{\delta y_{dt}}{\delta b_{dt}} = B_d b_{dt}^{(B_d-1)} m_{dt}^{M_d} s_{dt}^{S_d} = \frac{p_{dt} B_d y_{dt}}{b_{dt}} \quad (27)$$

På tilsvarende vis kan førsteordensbetingelserne for færdiggodeproducenten udledes m.h.t. input af fabrikations- og servicegoderne:

$$p_{mt} = \frac{M_c y_{ct}}{m_{ct}} = \frac{p_{dt} M_d y_{dt}}{m_{dt}} \quad (28)$$

$$p_{st} = \frac{S_c y_{ct}}{s_{ct}} = \frac{p_{dt} S_d y_{dt}}{s_{dt}} \quad (29)$$

Førsteordensbetingelserne for ejendomssektoren foreskriver, på samme vis, at prisen på boligstrukturgodet og byggegrunde afspejler værdien af deres marginalprodukt:

$$p_{dt} = p_{ht} \frac{\delta y_{ht}}{\delta x_{dt}} = x_{dt}^{\phi} (1 - \phi) x_{dt}^{-\phi} p_{ht} = \frac{(1 - \phi) p_{ht} y_{ht}}{x_{dt}} \quad (30)$$

$$p_{lt} = p_{ht} \frac{\delta y_{ht}}{\delta x_{lt}} = \phi p_{ht} x_{lt}^{\phi-1} x_{dt}^{1-\phi} = \frac{\phi p_{ht} y_{ht}}{x_{lt}} \quad (31)$$

Husholdningens optimeringsproblem

Af central betydning i modellen, er husholdningernes optimeringsadfærd i lyset af de skiftende faktor- og godepriser, som resulterer af produktiviteternes stokasticitet.

Ligesom det gælder for producenter, at de maksimerer profit, når værdien af marginalproduktet modsvarer af marginalomkostningerne, vil også den repræsentative husholdning have en række førsteordensbetingelser for maksimering af dens nytte, som findes hvor marginalnyttens af en disposition eksakt modsvarer det marginale nyttetab, som resulterer af offeromkostningen.

Således vil en egentlig løsning til modellen bl.a. skulle overholde førsteordensbetingelsen for husholdningens intertemporale substitution, den såkaldte Euler-funktion, som foreskriver at den nyttemaksimerende husholdning i ligevægt nødvendigvis må være i en situation, hvor nytteværdien af et øget forbrug (som udledes af (12)), i marginen, svarer til den tilbagediskonterede nytteværdi af det senere forbrug, som ville muliggøres gennem investering af en tilsvarende sum (som udledes af (13) og substitueres ind i (12)).⁶

$$\mu c_t^{\mu_c - 1} h_t^{\mu_h} (1 - n_t)^{1 - \mu_h - \mu_c} = E_t \{ \beta \mu_c c_{t+1}^{\mu_c - 1} h_{t+1}^{\mu_h} (1 - n_{t+1})^{1 - \mu_h - \mu_c} [(1 - \tau_k) r_{t+1} + (1 - \delta_k)] \} \quad (32)$$

På tilsvarende vis, skal en løsning på modellen findes hvor førsteordensbetingelsen for husholdningens arbejdsudbud er overholdt. Denne foreskriver, at marginalnyttens af forbrug eksakt skal modsvarer af marginalnyttens af en tilsvarende mængde fritid.

$$w_t = \frac{1}{1 - \tau_n} \frac{(1 - \mu_c - \mu_h) c_t}{\mu_c (1 - n_t)} \quad (33)$$

Desuden skal en løsning på modellen overholde førsteordensbetingelsen for husholdningens boligforbrug. Denne foreskriver, at marginalnyttens af forbrug i periode t eksakt skal modsvarer at den marginale nytte, som opnås i periode t+1, ved at investere tilsvarende sum i et boliggede, plus marginalnyttens af holde det deprecierende boliggede i de efterfølgende perioder (hvilket dog blot må svare til nytten af, i periode t+1, at forbruge et beløb svarende til, hvad det ville koste at investere i her at investere i boliggeder svarende til den deprecierede rest i periode t+2).

$$p_{ht} = \beta E_t \left\{ \left(\frac{c_{t+1} \mu_h^{\frac{1}{1-\sigma}} h_{t+1}^{\mu_h - \frac{1}{1-\sigma}} (1 - n_{t+1})^{1 - \mu_c - \mu_h}}{\mu_c c_t^{\mu_c - \frac{1}{1-\sigma}} h_t^{\mu_h} (1 - n_t)^{1 - \mu_c - \mu_h}} \right)^{1-\sigma} \right.$$

⁶Udtrykket før lighedstegnet er blot nyttefunktionen differentieret mht. c_t og divideret med β^t . Efter lighedstegnet er et forbrug svarende den renteindtægt, som ville opnås i periode t+1 ved investering af 1c i periode t substitueret ind i nyttefunktionen, som herefter differentieres med hensyn til c_{t+1} og divideres med β^t . Derudover er værdien af kapitalgodet i periode t+1 taget højde for, idet $(1 - \delta_k) c_{t+1}$ skulle forbigås for at opnå de renteindtægter, som den oprindelige investering ville medføre fra periode t+2 og fremefter. Også dette udtryk er substitueret ind i nyttefunktionen, differentieret mht. c_{t+1} og divideret med β^t . På begge sider af lighedstegnet er deuden ganget med $(1 - \sigma)$.

$$+ \left(\frac{c_{t+1}^{\mu_c-1} h_{t+1}^{\mu_h} (1 - n_{t+1})^{1-\mu_c-\mu_h}}{c_t^{\mu_c-1} h_t^{\mu_h} (1 - n_t)^{1-\mu_c-\mu_h}} \right)^{1-\sigma} (1 - \delta_h) p_{h,t+1} \} \quad (34)$$

Endelig skal (13), husholdningens budgetfunktion, selvfølgelig også være overholdt i ligevægt

4.3 Iacoviello (2005)

I modsætning til Davis & Heathcotes rent reelt funderede model, opstiller Iacoviello (2005) en model, hvori nominelle faktorer får lov til at spille en rolle. Konkret søges boligprisernes konjunkturdynamik forklaret ved deres indvirkning på budgetbegrænsningen hos en delmængde af modellens husholdninger, som har en særligt høj præference for at fremskynde deres forbrug (en høj tilbagediskonteringsfaktor på deres nytte), og som derfor søger gældsfinansiering. Dertil kommer en gældsdeflationseffekt, begrundet i nominelt denominerede lån, som sikrer at (real)gælden, som holdes af husholdninger med høj forbrugstilbøjelighed, bliver mindre i tilfælde af prisstigninger. Dette leder til en finansiel accelerator for så vidt angår efterspørgselschok, og en finansiel decelerator for så vidt angår udbudsshock.⁷ Til gengæld abstraherer Iacoviello fra byggeaktivitetens betydning for konjunkturudviklingen, på samme vis som Davis & Heathcote abstraherede fra de finansielle markeder. Således er den aggregerede mængde ejendomme (bygninger) i modeløkonomien fast.

Nedenfor opstilles Iacoviellos model og de deraf afledte førsteordensbetingelser. Modellen indeholder 3 typer af repræsentative husholdninger, to arbejdstagerhusholdninger med hver deres tidspræference og en entreprenørhusholdning, som finansierer sit forbrug gennem kapitalafkast. Dertil kommer et kontinuum af forhandlere, som anvendes til at implementere et element af monopolistisk konkurrence og bindende priser, og en centralbanksrelation som bestemmer pengemængden i modellen ud fra en renteregulering.

4.3.1 Tålmodige husholdninger

Den mest simple af husholdningerne i modellen, er den tålmodige husholdning, som har en lav tilbagediskonteringsfaktor for nytte (vægter fremtidig nytte relativt højt), og derfor ikke vil støde mod en lånebegrænsning. Som en af de husholdningstyper, som ikke er entreprenør, ejer husholdningen ikke kapital, som indgår i produktionen. Til gengæld indgår ejendomme i dens nyttefunktion, og beholdningen heraf kan frit

⁷Som eksempel på denne decelerator, vil et negativt udbudsshock medføre stigende priser, hvilket igen medfører et fald i realgælden, og øger det økonomiske råderum for husholdninger med høj forbrugstilbøjelighed på bekostning af udlåner, som har en lav forbrugstilbøjelighed. Dermed vil efterspørgslen stige, og medføre at effekten på output udvandes.

justeres mellem perioderne, dog underlagt en transaktions-/konverteringsomkostning som er uafhængig af hvorvidt ejendommen overgår fra utålmodige husholdninger eller fra entreprenører.⁸ De tålmodige husholdninger ejer desuden økonomiens forhandlere, hvoraf de afleder profitter. Nutidsværdien af al fremtidig nytte for den repræsentative tålmodige husholdning kan opstilles på følgende form.

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t (\ln c'_t + j_t \ln h'_t - \frac{(L'_t)^\eta}{\eta} + \chi \ln(\frac{M'_t}{P_t})) \quad (35)$$

Primtegn angiver her, at den pågældende variabel vedrører den tålmodige husholdning specifikt. β angiver de tålmodige husholdningers tilbagediskonteringsfaktor, c'_t angiver deres forbrug i periode t , h'_t angiver husholdningens beholdning af ejendomme, L'_t angiver husholdningens arbejdsudbud mens η angiver husholdningens arbejdsaversion og M'_t/P_t angiver husholdningens reelle pengebeholdning. j_t og χ er blot vægte. Bemærk at j_t er tidsindekseret. Dette skyldes, at husholdningernes præferencer for boliger indeholder et stokastisk element, således at de udsættes for eksogent definerede shock.

Nytteoptimering sker under hensyntagen til en budgetbegrænsning som foreskriver, at udgifter inklusiv tilbagebetaling af lån og renter skal modsvares af indtægter (fra lønarbejde og ejerskab af forhandlerne), nyoptagne lån, overførselsidkomster (fra centralbanken, følgende et rentemotiv) og tærring på likvide beholdninger:

$$c'_t + q_t \Delta h'_t + \frac{R_{t-1} b'_{t-1}}{\pi_t} = w'_t L'_t + b'_t + F_t + T'_t - \frac{\Delta M'_t}{P_t} - \varepsilon_{h',t} \quad (36)$$

Her angiver q_t realprisen på boliger i periode t , R_t angiver den nominelle rente, $b'_t \equiv B'_t/P_t$ angiver nyoptagne lån af en periodes varighed i reelle termer⁹, $\pi_t \equiv P_t/P_{t-1}$ angiver inflationen, $w'_t \equiv W'_t/P_t$ angiver reallønnen, F_t angiver profitter fra forhandlerne, T'_t angiver overførsler fra centralbanken, finansieret ved at trykke penge, M'_t angiver husstandens pengebeholdning og $\varepsilon_{h',t} = \phi_{h'} (\Delta h'_t/h'_{t-1})^2 (q_t h'_{t-1}/2)$ angiver transaktionsomkostninger i forbindelse med justering af boligbeholdningen. $R_{t-1} b'_{t-1}/\pi_t$ afspejler lånenes nominelle natur, og er det som leder til gældsdeflationseffekten, hvorved en prisstigning mindsker tålmodige husholdningers tilgodehavende hos husholdninger med større tendens til at forbruge ud af tilgængelige midler, og dermed øger efterspørgslen.

⁸Denne transaktionsomkostning udgår dog ved parametrisering af modellen.

⁹Grundet tidspræferencen, vil b'_t generelt være negativ, således, at den tålmodige husholdning er udlåner.

4.3.2 Utålmodige husholdninger

En anden af husholdningerne i modellen, er den utålmodige husholdning, som har en høj tilbagediskonteringsfaktor for nytte (vægter fremtidig nytte relativt lavt), og derfor, i modsætning til den tålmodige husholdning, vil støde mod en lånebegrænsning i og omkring steady state. Ligesom de tålmodige husholdninger, består de utålmodige husholdninger af arbejdstagere, som ikke ejer kapital, ud over deres boligbeholdning, som dog indgår i deres nyttefunktion fremfor at bidrage til produktion af goder som afsættes på markedet. Nutidsværdien af al fremtidig nytte for den repræsentative utålmodige husholdning kan opstilles på følgende form.

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} (\beta'')^t (\ln c_t'' + j_t \ln h_t'' - \frac{(L_t'')^\eta}{\eta} + \chi \ln(\frac{M_t''}{P_t})) \quad (37)$$

Her angiver dobbelt primtegn, at der er tale om utålmodige husholdninger. Det bemærkes at samtlige parametre, bortset fra tilbagediskonteringsfaktoren er delt med den tålmodige husholdning. Her gælder $\beta'' < \beta$. Det vil sige, at husholdningernes præferencer er identiske, hvis man ser bort fra tidspræferencen.

Nytteoptimering sker under hensyntagen til en budgetbegrænsning som foreskriver, at udgifter inklusiv tilbagebetaling af lån og renter skal modsvares af lønindkomst, nyoptagne lån, overførsler fra centralbanken og tærring på likvide beholdninger:

$$c_t'' + q_t \Delta h_t'' + \frac{R_{t-1} b_{t-1}''}{\pi_t} = w_t'' L_t'' + b_t'' + T_t'' - \frac{\Delta M_t''}{P_t} - \varepsilon_{h'',t} \quad (38)$$

Denne budgetbegrænsning svarer til, hvad der gør sig gældende ved de tålmodige husholdninger. Blot modtager de utålmodige husholdninger ikke profitter fra forhandler-virksomhederne.

Ud over den rent ligningsmæssige budgetbegrænsning er den utålmodige husholdning også underlagt en begrænsning på hvor meget den kan låne, som er knyttet op på den pantbare værdi af husholdningens beholdning af ejendomme:

$$b_t'' \leq m'' E_t \left(\frac{q_{t+1} h_t'' \pi_{t+1}}{R_t} \right) \quad (39)$$

Her angiver m'' den del af ejendommens værdi, som kan bruges som pant, når der tages højde for en transaktionsomkostning, i forbindelse med inddragelse af pantet, som beløber sig til $(1 - m'')$ gange ejendommens værdi. Det er denne lånebegrænsning, som medfører en positiv virkning fra boligpriser til efterspørgsel.

4.3.3 Entreprenører

Den sidste repræsentative husholdning er entreprenører, som ejer den del af kapitalapparatet som indgår i produktionen, herunder også den del af ejendomsstokken som indgår i produktion. Den producerer intermediærgoder, som afsættes på et marked med fuldstændig konkurrence til forhandlerene, ud fra følgende produktionsfunktion:

$$Y_t = A_t K_{t-1}^\mu h_{t-1}^v L_t'^{\alpha(1-\mu-v)} L_t''^{(1-\alpha)(1-\mu-v)} \quad (40)$$

Her angiver fraværet af primtegn, at der er tale om entreprenøren. Y_t er udbuddet af intermediærgoder, A_t angiver teknologi, og varierer stokastisk. μ , v og $(1 - \mu - v)$ angiver intermediærgodeproduktionens elasticitet med hensyn til input af henholdsvis kapital, ejendomme og arbejdskraft. α og $(1 - \alpha)$ angiver det relative omfang af de to typer af arbejdstagerhusholdningers bidrag i produktionen. Disse to typer lønarbejdere er altså lige produktive.¹⁰

Entreprenørhusholdningerne søger, ligesom de øvrige husholdninger, at maksimere nutidsværdien af deres nytte, som dog, af hensyn til at holde modellen simpel, ikke indeholder nogen nytte fra boliger. Deres nyttefunktion kan opstilles påfølgende form:

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \gamma^t \ln c_t \quad (41)$$

Her gælder, at $\beta'' < \beta$, således at lånebegrænsningen, som fremgår af ligning (43), er bindende i og omkring steady state. Budgetbegrænsningen foreskriver at indtægter og nyoptagne lån for entreprenøren, skal modsvarre udgifter til forbrug såvel som til produktionsfaktorer, i form af arbejdskraft og investeringer i ejendomme og realkapital samt tilbagebetaling af tidligere perioders lån.

$$\frac{Y_t}{X_t} + b_t = c_t + q_t \Delta h_t + \frac{R_{t-1} b_{t-1}}{\pi_t} + w_t' L_t' + w_t'' L_t'' + I_t + \varepsilon_{e,t} + \varepsilon_{K,t} \quad (42)$$

X_t angiver her forhandlernes markup over intermediærgodepriserne, og $1/X_t = P_t^w/P_t$ (hvor P_t^w angiver engrospriser) er således den andel af produktets endelige pris, som tilfalder entreprenøren. $\varepsilon_{e,t} = \phi_e (\Delta h_t/h_{t-1})^2 (q_t h_{t-1}/2)$ angiver transaktionsomkostninger i forbindelse med justering af entreprenørernes boligbeholdning og er dermed entreprenørernes svar på ε_h . $\varepsilon_{K,t} = \psi (I_t/K_{t-1} - \delta)^2 (K_{t-1}/2\delta)$ er den tilsvarende omkost-

¹⁰Denne antagelse kan anfægtes, idet en tålmodig husholdning, alt andet lige, må antages at have taget en længere uddannelse, enten fordi det følger af tidspræferencen, eller i tilfælde af at tidspræferencen blot afspejler forskellige stadier i husholdningernes livforløb, fordi de utålmodige husholdninger endnu ikke har nået højdepunktet for deres tilegnelse af human kapital.

ning ved at investere i kapitalstokken.¹¹ $I_t = K_t - (1 - \delta)K_{t-1}$ er investeringer i realkapital. Derudover gælder følgende restriktion for periodens lånebeløb, som er fuldstændigt ekvivalent med den som gælder for de utålmodige husholdninger, blot med en selvstændig parameter for den pantbare andel af “boligerne”:

$$b_t \leq mE_t\left(\frac{q_{t+1}h_t\pi_{t+1}}{R_t}\right) \quad (43)$$

4.3.4 Forhandlere

Bindende priser og ufuldkommen konkurrence er implementeret i Iacoviellos model gennem et kontinuum af forhandlere $z \in [0, 1]$, som køber intermediærgodet af entreprenørhusholdningen under fuldkommen konkurrence til prisen P_t^w , differentierer den uden omkostninger, således at det bliver til produktet $Y_t(z)$, og afsætter dette til prisen $P_t(z)$ på et marked med monopolistisk konkurrence. Aggregatet af differentierede goder, som udgør økonomiens endelige output, vil i hver periode t , kunne opgøres som $Y_t^f = (\int_0^1 Y_t(z)^{\varepsilon-1/\varepsilon} dz)^{\varepsilon/\varepsilon-1}$ i og omkring steady state, hvor ε angiver substitutionselasticitet mellem de forskelligt differentierede varer. Prisen på differentierede goder er $P_t = (\int_0^1 P_t(z)^{1-\varepsilon} dz)^{1/1-\varepsilon}$. Hver forhandler søger så, at optimere sin profit på baggrund af følgende individuelle efterspørgselskurve:

$$Y_t(z) = \left(\frac{P_t(z)}{P_t}\right)^{-\varepsilon} Y_t^f \quad (44)$$

som sammen med prisen på intermediærgodet tages for given. Forhandlere har dog hver især kun $(1 - \theta)$ sandsynlighed for at kunne justere deres pris i hver periode, hvilket komplicerer udledning af deres priser noget. Herunder angiver $P_t^*(z)$ derfor den pris som forhandleren vil vælge at sætte i en given periode, dersom den får muligheden, og $Y_{t+k}^*(z) = \left(\frac{P_t^*(z)}{P_{t+k}}\right)^{-\varepsilon} Y_{t+k}^f$ den afledte omsætning i efterfølgende perioder $t+k$ indtil forhandleren igen kan ændre sin pris. Den optimale værdi af $P_t^*(z)$ ligestiller den forventede tilbagediskonterede marginalomsætning med de forventede tilbagediskonterede marginalomkostninger, og løser således følgende ligning:

$$\sum_{k=0}^{\infty} \theta^k E_t \left\{ \beta \frac{c'_t}{c'_{t+k}} \left(\frac{P_t^*(z)}{P_{t+k}} - \frac{\varepsilon/\varepsilon-1}{X_{t+k}} \right) Y_{t+k}^*(z) \right\} = 0 \quad (45)$$

Her er $\beta(c'_t/c'_{t+k})$ er den relevante tilbagediskonteringsrate for forhandlernes ejere, de tålmodige husholdninger. $\varepsilon/\varepsilon-1$ er ligevægtsværdien for markup.

¹¹Iacoviello tilskriver dene omkostning til installation af kapitalapparatet. Installation af kapitalapparatet burde dog fremfor blot at være en finansiel belastning, sådan som det er formuleret her, også at føre til et forbrug af arbejdskraft.

Det aggregerede prisniveau i økonomien vil, grundet den begrænsede mulighed for justering af priserne, til enhver tid være givet ved

$$P_t = (\theta P_{t-1}^\varepsilon + (1 - \theta)(P_t^*)^{1-\varepsilon})^{1/(1-\varepsilon)} \quad (46)$$

4.3.5 Centralbanken

Pengemængden i Iacoviellos model fastsættes gennem en centralbanksrelation, hvorved overførsler til husholdningerne varieres, for at leve op til en målsætning om at sætte renten i overensstemmelse med en art af Taylor-regel på formen

$$R_t = (R_{t-1})^{r_R} (\pi_{t-1}^{1+r_\pi} (\frac{Y_{t-1}}{Y})^{r_Y} \bar{r})^{1-r_R} e_{R,t} \quad (47)$$

Det første led tillader blot en grad af inertie. Derudover afhænger den fastsatte rente af inflationen og afvigelsen af output fra sit steady state niveau, Y . \bar{r} angiver steady state værdien for realrenten. Slutteligt er leddet $e_{R,t}$ stokastisk varierende, eksogent definerede, pengepolitiske shock.

4.3.6 Betingelser for ligevægt

Modellens ligevægt er kendetegnet ved, at de priser, som gør sig gældende, resulterer i clearede markeder, givet at husholdningerne løser deres optimeringsproblem og virksomhederne profitmaksimerer mens de tager disse priser for givne. For at modeløkonomien er i ligevægt, må det nødvendigvis gælde, at udbuddet af goder, eksakt modsvarer efterspørgslen, i form af husholdningernes forbrug og entreprenørernes investeringer i realkapital:

$$Y_t = c_t + c'_t + c''_t + I_t \quad (48)$$

Desuden må det gælde at summen af lån og udlån må være nul:

$$0 = b_t + b'_t + b''_t \quad (49)$$

Da stokken af ejendomme i modellen antages, at være fast, kan denne standardiseres til 1. Dermed gælder:

$$1 = h_t + h'_t + h''_t \quad (50)$$

Desuden gælder selvfølgelig at budgetbegrænsningerne, ligning (36), (38) og (42), skal være overholdt.

Førsteordensbetingelser for ligevægt

På samme vis som ved Davis & Heathcotes model, må det i ligevægt nødvendigvis også gælde at husholdningerne ikke kan forbedre deres tilbagediskonterede nytteafkast, ved at ændre i deres dispositioner. Derfor må det gælde for hver af de repræsentative husholdninger, at de i ligevægt ikke opnår nogen nytteændring i marginen, ved at ændre på deres forbrug i en periode for at ændre det tilsvarende i en anden.

For den tålmodige husholdning gælder:

$$\frac{1}{c'_t} = \beta E_t \left(\frac{R_t}{\pi_{t+1} c'_{t+1}} \right) \quad (51)$$

For den utålmodige husholdning gælder

$$\frac{1}{c''_t} = \beta''_t E_t \left(\frac{R_t}{\pi_{t+1} c''_{t+1}} \right) + \lambda''_t R_t \quad (52)$$

hvor λ''_t angiver lagrangemultiplikatoren på lånebegrænsningen, svarende til nytteafkastet af at låne R_t , forbruge dem, og reducere forbruge tilsvarende mindre i efterfølgende periode.

For entreprenørhusholdningen gælder:

$$\frac{1}{c_t} = \gamma_t E_t \left(\frac{R_t}{\pi_{t+1} c_{t+1}} \right) + \lambda_t R_t \quad (53)$$

På tilsvarende vis gælder for de to arbejdstagerhusholdninger, at det i ligevægt nødvendigvis må være umuligt at øge nytteafkastet ved at ændre på hvor meget tid der vies til arbejdsmarkedet. Derfor må nytteafkastet af forbrug, ved ligevægten, nødvendigvis eksakt modsvare nytteomkostningen ved at ofre den mængde fritid som skal til for at skaffe midler til dette forbrug i form af løn. For den tålmodige husholdning løser dette problem:¹²

$$\frac{w'_t}{c'_t} = (L'_t)^{\eta-1} \quad (54)$$

Den tilsvarende betingelse for utålmodige husholdninger er

$$\frac{w''_t}{c''_t} = (L''_t)^{\eta-1} \quad (55)$$

¹²Denne udledning svarer ikke til den, som optræder i Iacoviello (2005). Der er tale om en fejl i hans artikel, som dog ikke er til stede i replikationsfilerne, og dermed ikke påvirker resultaterne i afsnit 5.

Entreprenørhusholdningen udbyder ikke arbejdskraft, men aftager den derimod til anvendelse i produktionen. Følgelig har den en førsteordensbetingelse for hver af arbejdstagernes arbejdskraft, som foreskriver at lønnen i ligevægt må modsvarre marginalproduktet af arbejdskraft divideret med X , forhandlernes markup over engrosprisen. Dermed er førsteordensbetingelsen for entreprenørhusholdningens optimering m.h.t. hhv. den tålmodige og den utålmodige husholdnings arbejdskraft:

$$w'_t = \alpha(1 - \mu - v) \frac{Y_t}{X_t L'_t} \quad (56)$$

$$w''_t = (1 - \alpha)(1 - \mu - v) \frac{Y_t}{X_t L''_t} \quad (57)$$

For boligbeslutningen gælder, at den marginale nytteværdi af at forbruge i en periode, i ligevægt, må svare til værdien af de tilbagediskonterede boligydelse som kan opnås ved at bruge en tilsvarende sum på at erhverve sig boliggoder. Da samme må gælde i efterfølgende periode, kan nutidsværdien af boligydelsernes nytteafkast dog reduceres til nytten af at holde boliggodet i en periode tillagt nytteværdien af den offeromkostning, i form af forbrug, som ville være nødvendig for at anskaffe den samme mængde bolig en periode senere. For den tålmodige husholdning gælder derfor, at:

$$\frac{q_t}{c'_t} = \frac{j_t}{h'_t} + \beta E_t \left(\frac{q_{t+1}}{c'_{t+1}} \right) \quad (58)$$

For den utålmodige husholdning gælder

$$\frac{q_t}{c'_t} = \frac{j_t}{h'_t} + E_t \left(\frac{\beta'' q_{t+1}}{c''_{t+1}} + \lambda'' m''_t q_{t+1} \pi_{t+1} \right) \quad (59)$$

Entreprenørerne drager ikke direkte nytte af boliggodet, men har det i stedet som en del af produktionsfunktionen. Følgelig følger udledningen af førsteordensbetingelsen for deres optimale boligefterspørgsel et tilsvarende ræsonement til deres efterspørgsel efter arbejdskraft, dog med den detalje, at ejendomme er en stok-variabel i stedet for en flow-variabel, og der derfor skal tages højde for, at det kun er marginalomkostningen ved at holde dem i en periode, som skal holdes op mod entreprenørens andel, $1/X$, af marginalproduktet. Følgelig er førsteordensbetingelsen for optimaliteten af entreprenørens beholdning af ejendomme følgende ligning:

$$\frac{1}{c_t} q_t = E_t \left(\frac{\gamma}{c_{t+1}} \left(v \frac{Y_{t+1}}{X_{t+1} h_t} + q_{t+1} \right) + \lambda_t m_t \pi_{t+1} q_{t+1} \right) \quad (60)$$

På tilsvarende vis i forhold til førsteordensbetingelsen for entreprenørens investering i ejendomme, skal også entreprenørens valg af I_t overholde en førsteordensbetingelse. Denne foreskriver, at nytteværdien af entreprenørens andel af marginalproduktet af kapital, eksakt skal modsvares af den offeromkostning som er forbundet med at øge kapitalstokken i marginen, når der tages højde for justeringsomkostningen $\varepsilon_{K,t}$.

I periode t , vil en øgning af kapitalstokken, finansieret ved en nedgang i forbruget, belaste nytten med:

$$\frac{\delta \sum_{t=0}^{\infty} \gamma^t \log c_t}{\delta c_0} \frac{\delta c_0}{\delta I_0} = \frac{-1}{c_t} \left(1 + \frac{\psi}{\delta} \left(\frac{I_t}{K_{t-1}} - \delta\right)\right)$$

I periode $t+1$ opnås nytte, ved kapitalafkastet fra investeringen:

$$\frac{\delta \sum_{t=0}^{\infty} \gamma^t \log c_t}{\delta c_0} \frac{\delta c_1}{\delta Y_1} \frac{\delta Y_1}{\delta K_0} = \frac{\mu \gamma Y_t}{c_{t+1} X_{t+1} K_t}$$

Ligeledes opnås også et kapitalafkast af investeringen i alle perioder efter $t+1$. Da førsteordensbetingelsen vil skulle være overholdt i periode $t+1$ på samme vis, som i periode 0, må dette fremtidige nytteafkast dog kunne reduceres til at være nytten af den mængde forbrug, som skulle undværes i periode $t+1$, for at opnå disse kapitalafkast ved en ny investering, dersom investeringen i periode t ikke var forekommet:

$$\frac{\delta \sum_{t=0}^{\infty} \gamma^t \log c_t}{\delta c_1} \frac{\delta c_1}{\delta I_1} \frac{\delta I_1}{\delta K_0} = \frac{\gamma}{c_{t+1}} \left(1 + \frac{\psi}{\delta} \left(\frac{I_{t+1}}{K_t} - \delta\right)\right) (1 - \delta)$$

Endelig vil niveauet for senere justeringsomkostninger være påvirket af stigningen i kapitalbeholdningen.

$$\frac{\delta \sum_{t=0}^{\infty} \gamma^t \log c_t}{\delta c_1} \frac{\delta c_1}{\delta \varepsilon_{K,1}} \frac{\delta \varepsilon_{K,1}}{\delta K_0} = \frac{\gamma}{c_{t+1}} \left(\frac{\psi}{2\delta} \left(\left(\frac{I_{t+1}}{K_t}\right)^2 - \delta^2\right)\right)$$

Tilsammen giver disse forhold førsteordensbetingelsen for I_t .

$$\begin{aligned} \frac{1}{c_t} \left(1 + \frac{\psi}{\delta} \left(\frac{I_t}{K_{t-1}} - \delta\right)\right) &= E_t \left[\frac{\gamma}{c_{t+1}} \left(\frac{\mu Y_t}{X_{t+1} K_t} + \left(1 + \frac{\psi}{\delta} \left(\frac{I_{t+1}}{K_t} - \delta\right)\right) (1 - \delta) \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{\psi}{2\delta} \left(\left(\frac{I_{t+1}}{K_t}\right)^2 - \delta^2\right) \right] \end{aligned} \quad (61)$$

Endelig udgør ligning (45) førsteordensbetingelsen for forhandlernes optimeringsproblem.

5 Analyse

5.1 Metoder til evaluering af DSGE-modeller

I afsnit 4 blev førsteordensbetingelser for de mikroøkonomiske agents optimeringsproblemer og budgetbegrænsninger for de to behandlede modeller opstillet. Disse ligninger repræsenterer nødvendige betingelser, som nødvendigvis må være opfyldt før end modeløkonomierne kan befinde sig i ligevægt. Tilsammen med funktionerne som repræsenterer beholdningsvariablenes udvikling og rækken af shock, som økonomien udsættes for, udgør disse et dynamisk system, som indebærer en sekvens af beslutninger omkring forbrug, beskæftigelse og investeringer og en deraf følgende bane for økonomiens udvikling.

En analytisk udledning af denne beslutningsrække er dog yderst sjældent en mulighed, når man arbejder med DSGE-modeller (Gong and Semmler (2006)). I stedet anvendes et væld af forskellige metoder til at approksimere modellens løsning. Et eksempel herpå er, efter at have parametriseret modellen, at log-linearisere omkring modellens steady state, resulterende i en række differensligninger, som skal løses for at udlede en tilnærmet beslutningsfunktion, som funktion af log-afvigelsen fra steady state. Denne metode anvendes bl.a. i Iacoviello 2005.¹³

Givet denne beslutningsfunktion, vil modellens evne til at forklare de fænomener, de er designet til (i dette tilfælde samvariationen mellem boligpriser, boligbyggeri og den generelle konjunkturudvikling), søges evalueret. En udbredt tilgang hertil, er at beregne fordelingen af tidsseriemomenter ud fra gentagne simuleringer med forskellige shock, trukket fra disses fordelingsfunktion.¹⁴ Typisk vil der fokuseres på fordelingen af middelværdierne, standardafvigelserne og kovariationerne mellem modellens variable.¹⁵ Denne fordeling af momenter holdes derefter op imod momenterne fra en tilsvarende empirisk observeret tidsserie. Således kan det, såfremt modellen er korrekt parametriseret, vurderes hvor stor sandsynlighed der er for, at virkelighedens hændelsesforløb vil opstå i et system med den samme underliggende struktur som modellen. Altså hvorvidt modellen er en god repræsentation af virkeligheden.

Nedenfor præsenteres og behandles resultaterne af Davis & Heathcote (2005) og Iacoviellos (2005) egne parametriseringer og simuleringer af modellerne. I Iacoviellos tilfælde, er Iacoviellos gamle Dynare-modelfil dog omskrevet, således at den kan afvikles i nyere versioner af programmet, og rapporterer simple andenmomentstatistikker, fremfor impulsresponsfunktioner.¹⁶ Disse resultater vil danne grundlag for en vurdering af modellerne, følgende den klassiske tilgang til evaluering af DSGE-modeller. En

¹³For nærmere om løsning af DSGE-modeller ved log-linearisering, se Uhlig 2001.

¹⁴Gong and Semmler (2006), kapitel 3

¹⁵Dog ikke middelværdier, når log-linearisering er anvendt.

¹⁶Impulsresponsfunktioner udgør en alternativ metode til evaluering af DSGE-modeller. En sådan produceres ved, i stedet for at køre en egentlig simulering af modellen, at sætte log-afvigelsen fra steady state til

mere nuanceret vurdering af modellernes evne til at forklare konjunkturvariationer vil følge i afsnit 6.

5.2 Davis and Heathcote (2005)

Davis & Heathcotes egen tilgang til evaluering af deres model følger den meget udbredte metode, med basis i sammenligning af tidsseriemomenter fra et empirisk funderet datasæt med tilsvarende momenter fra en række MonteCarlo-simuleringer af den parametriserede model, som beskrevet i afsnittet herover. Af hensyn til tidsrammen for dette speciale, anvendes Davis & Heathcotes simuleringer til den konventionelle evaluering af modellen, frem for, at parametrisere modellen og foretage simuleringer på ny.

Empiri og parametrisering

Successkriteriet for modellen er, i henhold til den mest almindelige evalueringsmetode i DSGE-litteraturen, at modellen er opbygget på en sådan måde, at de empiriske ekvivalenter til modellens simuleringresultater, vil være sandsynlige at observere indenfor modellen, ved et tilstrækkeligt stort antal simuleringer. For at kunne vurdere dette, må disse empiriske modstykker til modellens variable selvsagt observeres. Det drejer sig om bruttonationalproduktet, såvel aggregeret som fordelt på sektorer, privatforbruget, beskæftigelsen, kapitalinvesteringer, investeringer i bygninger, boligpriser, sektorspecifik værdiskabelse, sektorspecifik beskæftigelse og sektorspecifikke kapitalinvesteringer. Alle disse observationer stammer fra U.S. Department of Commerce: Bureau of Economic Analysis (BEA), på nær boligpriserne, som følger Freddie Mac Conventional Mortgage House Price Index.¹⁷ Observationerne dækker årene 1948-2001. Deres middelværdier og standardafvigelser, som er det som søges matchet, er rapporteret i tabel 2 og tabel 3, sammen med resultaterne af simulering af modellen. Der skal dog knyttes et par kommentarer til den nærmere specifikation af data

nul for alle variable i periode 0. I periode 1 sættes en enkelt af de eksogene (shock)variable til 1, hvorefter den i periode 2 sættes tilbage i nul. Impulsresponsfunktionen viser da blot hvordan de øvrige variable i modellen reagerer på dette enkeltstående shock. Impulsresponsfunktioner vil herefter typisk blive holdt op imod resultatet af en vektorautoregression på de empiriske modstykker til modellens variable.

¹⁷Freddie Mac Conventional Mortgage House Price Index, er et indeks over boligpriser observeret ved faktiske handler og omlægninger af boliglån, for enfamiliehuse, hvor Freddie Mac har været involveret i finansieringen. Der er tale om et konstant kvalitets prisindeks, i den forstand, at det der måles på er prisændringer mellem observationer involverende den samme ejendom. På den måde sikres det, at indekset ikke forurenes ved variationer i hvilke dele af markedet der er mest aktive eller af nybyggeri. Indekset kan dog få problemer dersom ejendomme, som er handlet hyppigt nok til at kunne medtages i indekset (er observeret mindst to gange indenfor observationsintervallet) ikke er repræsentative for den samlede boligstok. Desuden vil det introducere et bias til indekset, hvis der er ændringer i de konkrete ejendommers karakteristika imellem observationerne. Sidstnævnte problem kan korrigeres ved konstruktion af et sådant indeks, hvis man frasorterer ejendomme, hvor der er observeret ændringer (se eksempelvis Case and Shiller (1987)). Dette er dog ikke gjort ved CMHPI. (Stephens et al. (1995))

på industriniveau. Sektoropdelingen i BEA's National Income and Product Accounts (NIPA), svarer ikke eksakt til sektoropdelingen i Davis & Heathcotes model. Derfor er foretaget en fordeling af posterne fra NIPA, således at modellens fabrikationssektor defineres som landbrug, fiskeri, skovdrift, minedrift og fabrikation, byggeri defineres blot som byggeri og service fastsættes til, at indeholde transport, forsyning, handel og service. Således mangler den del af USAs BNP som kan tilskrives finans-, forsikrings- og ejendomsindustrierne at blive indregnet. Dette skyldes, at ejendomsservices (de løbende værdistrømme fra boligerne) i modellen ikke er indregnet som produktion i modellen, men istedet indgår implicit, ved at den repræsentative husstand afleder et nytteafkast fra boligbestanden.

Før end modellen kan simuleres, vil det desuden være nødvendigt, at kalibrere denne med værdier for modellens parametre, herunder de forskellige produktionsteknologi-ers elasticiteter med hensyn til input, nytteelasticiteter og produktionsteknologiens varians. Nedenfor skitseres groft hvorledes empiriske data danner grundlag for parametriseringen.¹⁸

Koefficienten for relativ risikoaversion, σ , er sat til 2. D&H har ikke argumenteret for dette, men det er et estimat, som er hyppigt anvendt i litteraturen. Befolkningens vækstrate, η , er sat til 1,67 % per år, svarende til den gennemsnitlige vækstrate for antal arbejdede timer over perioden 1948-2001.¹⁹ Tilbagediskonteringsfaktoren, β , har Davis & Heathcote sat til 0,951, således at renten (kapitalafkastet) efter skat bliver 6%. Heller ikke dette er begrundet. Skatterne i sig selv, er sat til 37,88. Offentligt forbrug, g_t , er sat til $0,179(y_{ct} + p_{dt}y_{dt} + q_t h_t)$, altså 17,9% af BNP, svarende til den gennemsnitlige andel af BNP som i NIPA tilskrives offentligt forbrug samt offentlige investeringer i militærtforsvar.²⁰ Skatterne er imidlertid ikke begrundet empirisk i faktiske skattesatser. Derimod er de sat, således at modelsimuleringerne ender med at matche empirien på to andre punkter: kapitalstokkens omfang og strømmene af offentlige overførsler til den private sektor.

Outputelasticiteterne med hensyn til anvendelse af arbejdskraft i intermedieergode-sektorerne er udledt som den andel af værdiskabelsen i den pågældende sektor, som anvendes til aflønning af medarbejdere.

$$1 - \theta_i = \frac{\text{kompensation af sektorens arbejdstagere}}{\text{værditilvækst} - \text{indirekte erhversskatter} - \text{indkomst for medarbejdede ejer}}$$

¹⁸For nærmere detaljer omkring metoden for parametrisering, se Davis and Heathcote (2000).

¹⁹Reelt er den amerikanske befolkning i den arbejdsdygtige alder kun vokset med 1,40% i den pågældende periode (<http://www.bls.gov/cps/cpsaat01.pdf>). Denne højere vækstrate for ydet arbejdstid kan i store træk tilskrives tilgang af kvinder til arbejdsstyrken (<http://www.bls.gov/cps/cpsaat02.pdf>). Da modellen ikke kan tage højde for, at en skiftende andel af befolkningen står udenfor arbejdsstyrken, kan det dog være nødvendigt, blot at anvende vækstraten for antallet af arbejdede timer.

²⁰Militært isenkram anvendes ikke i produktion, på samme vis som det kapitalapparat som der ellers investeres i.

Erhvervsskatterne og indkomsten for medarbejdende ejere er fratrukket, idet det her ikke er muligt entydigt at svare på, hvilken del som kan tilskrives arbejde og hvad der skal tilskrives kapital. Ved blot at trække det fra, antages det implicit at $(1 - \theta_i)$ er den andel heraf som tilskrives arbejdskraft. Outputelasticiteten med hensyn til kapitalanvendelse, θ_i , følger direkte af elasticiteten med hensyn til arbejdskraft, idet summen af elasticiteterne nødvendigvis må være 1, som følge af Cobb-Douglas-produktionsfunktionen. De resulterende outputelasticiteter med hensyn til kapitalanvendelse i intermediærgodesektoren er:

θ_b	θ_m	θ_s
0,13	0,31	0,24

Det følger af ligning (26)-(29), at såfremt modellens antagelser er repræsentative for virkelighedens verden, må profitmaksimering resultere i, at outputelasticiteterne med hensyn til anvendelse af intermediærgoder i færdiggodesektorerne, B_c , M_c , S_c , B_d , M_d og S_d , kan observeres som forholdet mellem værdien af det samlede input af intermediærgoder og værdien af produktet. Eksempelvis gælder for outputelasticiteten for forbrugs- og investeringsgodet med hensyn til input af intermediærgoder fra konstruktionssektoren:

$$B_c = \frac{p_b b_c}{y_c}$$

Empiriske observationer af produktionen i færdiggodesektorerne (nævneren i ovenstående relation) findes i NIPA-tabellernes opdeling af BNP på personlige forbrugsudgifter (som fratrækkes lejeværdien af boligstokken, af hensyn til modeldefinitionen), residentielle investeringer og ikke-residentielle investeringer (som tillægges offentlige investeringer).²¹ For så vidt angår input i færdiggodesektoren, kan endelige salg fra økonomiens sektorer, i højre side af input-output-tabellerne for anvendelse i de amerikanske nationalregnskaber, tilskrives den endelige anvendelse, opdelt på privatforbrug, private investeringer og offentligt forbrug og investering. Al værdi af disse varer er dog ikke nødvendigvis opstået i den sektor, hvorfra den endeligt afgår. Virkelighedens verden er ikke så simpel som modellens, og i virkeligheden handler intermediærgodesektorerne indbyrdes, som belyst i ventre side af samme tabel. Således gælder, at når Davis & Heathcote antager, at 100% af input til boligstruktursektoren er aftaget fra konstruktionssektoren,²² betyder det ikke at B_d skal sættes til 1. Entreprenøren har trods alt, selv om den hører til byggesektoren, anvendt byggematerialer, fra fabrikationssektoren, og serviceydelser fra servicesektoren for at kunne levere den endelige vare. Kun godt halvdelen af værditilvæksten i forbindelse med opførelsen af

²¹ Af hensyn til modellens lukkede natur, abstraheres fra handelsbalancen.

²² I/O-tabellerne opdeler ikke private investeringer i residentiel og ikke-residentiel. Derfor behovet for et skøn.

en boligstruktur, er således opstået i dette sidste led, og kan tilskrives konstruktionssektoren direkte. Dertil kommer desuden at de sektorer, som har leveret halvfabrikata og ydelser til den endelige leverandør af varen, på sigt også har aftaget halvfabrikata og ydelser fra andre sektorer. Derfor er anvendt en uendelig rekursion til, ud fra input-output-tabellen at udlede værditilvækstens oprindelsessektor fordelt på anvendelser (tælleren i ovenstående relation). De konkret resulterende parametre er $B_c = 0,0307$, $B_d = 0,4697$, $M_c = 0,2696$, $M_d = 0,2382$, $S_c = 0,6997$ og $B_d = 0,2921$.

Af helt central betydning i modellen er de parametre, som knytter sig til den teknologiske udvikling, idet det er herfra alle udsving i økonomien oprinder. Det drejer sig om de trenden i teknologiudviklingen i de tre intermedieergodesektorer, g_{zb} , g_{zm} og g_{zs} , så vel som standardafvigelse for innovationerne, ε_b , ε_m og ε_s (som har middelværdi 0), og parametrene i matricen B, som er bestemmende for shokkenes vedholdenhed og indbyrdes sammenhæng sektorerne imellem. En numerisk værdi af teknologi kan ikke direkte observeres til brug for kalibreringen. Såfremt modellen er korrekt specificeret og repræsentativ for virkeligheden, må det dog følge af ligning 1, at logaritmen af det årlig Solow-residual²³ kan udledes som:

$$\log(z_{it}) = \frac{1}{1 - \theta_i} (\log(x_{it}) - \theta_i \log(k_{it}) - (1 - \theta_i) \log(n_{it})) \quad (62)$$

Parametrene θ_i , er allerede fastsat i teksten herover. Sektorspecifikt output (værditilvæksten fra den pågældende sektor) observeres i de amerikanske nationalregnskaber, som beskrevet herover. Samme gælder for kapitalstokken i den enkelte sektor, og antal arbejdede timer. Den resulterende ikke-stationære tidsserie anvendes i en simpel OLS-regression mod en konstant og et tidsindeks. Residualet fra denne regression angiver logaritmen til de detrendede solow-residualer, mens parameteren på tidsindekset angiver vækstraten for teknologien i den pågældende sektor. Endnu en række regressioner af de detrendede Solow-residualer på hinandens laggede værdier giver matricen B, samt innovationerne ε_i (residualerne af disse regressioner). De resulterende parametre er teknologiske vækstrater for fabrikationssektoren på 2,85 % p.a., 1,65 % i servicesektoren og -0,27 % i konstruktionssektoren.²⁴ Matricen B, såvel som innovationerne er rapporteret i tabel 1.

Det bemærkes ud fra tabellen, at den teknologisk udvikling i konstruktionssektoren er kalibreret til at være mere volatil end i de øvrige sektorer, hvilket burde fremme korrelationen mellem boligbyggeriet og BNP i simuleringerne, og ligeledes gøre boligbyggeriet mere volatilt end forbrug og investeringer, idet boligbyggeriet i høj grad

²³Den del af udviklingen i det økonomiske output som hverken kan tilskrives udviklingen i antal arbejdede timer, eller i kapitalstokken, og som følgelig (indenfor modeluniverset) kun kan skyldes ændringer i teknologi/totalfaktorproduktivitet.

²⁴Davis and Heathcote (2005) anerkender i en fodnote, at det er et kontroversielt resultat, at der ingen teknologiudvikling er i konstruktionssektoren, men arbejder dog rask væk videre med en model, som efter parametriseringen bygger på aftagende teknologi i sektoren.

Tabel 1: eksogene shock i Davis and Heathcote (2005)

Autogressive koefficienter i matricen B			
	$\log \tilde{z}_{b,t+1}$	$\log \tilde{z}_{m,t+1}$	$\log \tilde{z}_{s,t+1}$
$\log \tilde{z}_{b,t}$	0,707 (0,089)	-0,006 (0,078)	0,003 (0,038)
$\log \tilde{z}_{m,t}$	0,010 (0,083)	0,871 (0,073)	0,028 (0,036)
$\log \tilde{z}_{s,t}$	-0,093 (0,098)	-0,150 (0,087)	0,919 (0,042)
R^2	0,551	0,729	0,903
Standardafvigelse for teknologishock			
	ε_b	ε_m	ε_s
	0,041	0,036	0,018

gør brug af byggesektoren. Modsat gælder at forbrug og investering, som i modellen primært afhænger af servicesektoren, med dens relativt stabile teknologivækst, vil være svagere korreleret med konjunkturerne og mindre volatilt. At dette faktisk gør sig gældende kan ses af simuleringresultaterne, som er rapporteret i afsnittet herunder.

Simulering

Givet parameterverdierne, gennemfører Davis & Heathcote 500 simuleringer af modeløkonomien med simuleringsslængde svarende til den empiriske dataserie, efter samme metode, som er beskrevet i afsnit 5.1. Den parametriserede og simulerede models egenskaber er rapporteret i tabel 2, som belyser niveauet for variablene, og 3, som belyser deres varians.

I tabel 2 er modellens steady-state-værdier for en række variable opstillet. Dvs. det niveau, som variabelen ville ligge stabilt på, dersom økonomien ikke udsættes for shock. Til evaluering af i hvilket omfang modellen har held til at matche empirien, er desuden opstillet observerede middelværdier. At sammenligne middelværdier fra empirien med steady state værdier for model-økonomien, kan forekomme at være en skæv sammenligning. De middelværdier, som kan observeres ved simulering af modellen, vil dog asymptotisk nærme sig steady-stateværdierne, efterhånden som antallet af simulationer bliver tilstrækkeligt stort, da modellen er symmetrisk omkring dette. Modsat gælder det, hvis man for en stund antager, at steady state (forstået som en stabil sti-uafhængig ligevægt) er et koncept, som har gyldighed i virkeligheden, og at økonomien udvikler sig symmetrisk der omkring, at de observerede middelværdier blot kan ses som en proxy for virkelighedens steady state.

At anvende de gennemsnitlige middelværdier fra de 500 simulationer, som er udført,

Tabel 2: Steady-state-værdier i Davis and Heathcote (2005): % af BNP

	Middelværdier for USA	Modellens steady state
Kapitalstokken	152 %	152 %
Stokken af boligstrukturer	100 %	100 %
Privatforbrug	63,8 %	63,9 %
Offentligt forbrug	17,9 %	17,9 %
Kapitalinvesteringer	13,5 %	13,9 %
Boliginvesteringer	4,7 %	4,4 %
Værditilvækst i konstruktionssektor	5,2 %	4,8 %
Værditilvækst i fabrikationssektor	32,8 %	24,7 %
Værditilvækst i servicesektor	61,5 %	70,6 %
Nettokapitalafkast		6,0 %

til sammenligningen ville dog have givet muligheden for, i lyset af fordelingen af middelværdier på tværs af simulationerne, at vurdere hvorvidt de empirisk observerede værdier kan opstå indenfor modelverdenen.

Problemet her i vil dog være, at parametriseringen af modellen afhænger af at økonomien i gennemsnit har befundet sig i ligevægt. Derfor giver det ikke mening, at undersøge hvorvidt det empirisk observerede er et sandsynligt resultat indenfor den parametriserede model, da enhver afvigelse af observationerne fra deres steady-state-værdi blot vil betyde at modellen er forkert parametriseret, hvilket dog ikke er ens betydende med, at modellen er forkert opbygget.

Tilbage står at konstatere, at steady-stateværdierne i det store hele ikke er helt ved siden af empirien, særligt givet hvor relativt simpel modeløkonomien er. Dette hænger dog sammen med, at modellens parametre i et omfang er udvalgt til, at sikre dette match. Følgeligt er sammenfald mellem empiriske observationer og modellens resultater ikke ens betydende med at modellen er korrekt specificeret.

Det bemærkes desuden, at fordelingen af BNP på de forskellige sektorer ikke helt er i tråd med empirien, hvilket kan skyldes, at færdiggodesektorernes outputelasticiteter med hensyn til anvendelse af intermediærgoder er kalibreret på baggrund af data for 1992, mens resten af parametrene er kalibreret på grundlag af en noget længere tidsserie.

Der hvor det for alvor er interessant, at evaluere en konjunkturmodel er dog ikke i dens steady-state-værdier, men derimod dens evne til, at forklare variationer. I tabel 3 er således opstillet en række udvalgte gennemsnitlige anden-momenter for modellen

over de 500 simulationer, som Davis & Heathcote har udført. Eftersom de har været selektive omkring hvilke data, de gengiver, er det ikke muligt at komme hele vejen omkring modellen. Da de desuden mangler at rapportere standardafvigelser for fordelingen af standardafvigelserne mellem simulationerne, er disse heller ikke gengivet her, og det er dermed ikke muligt at svare entydigt på, ved hvilket konfindensinterval en eventuel hypotese om at de empiriske resultater er opstået i et system svarende til modellen kan forkastes. Det vil dog ses, at modellen præsterer tilstrækkeligt ringe, til at sådanne overvejelser reelt er af sekundær betydning.

Som det ses af første linie i tabellen, præsterer modellen ikke at reproducere al økonomiens volatilitet. Det forekommer dog umiddelbart imponerende, at en så simpel model er i stand til, at forklare en så stor andel af udsvingene i den økonomiske aktivitet. At modellen er i stand til at skabe variation i sit output, er dog ikke nødvendigvis ens betydende med, at man har forklaret hvordan variabiliteten er opstået. Derfor skal BNP's standardafvigelse ses i lyset af, hvorvidt modellens øvrige variable, som mestendels er delmængder af BNP, udvikler sig på en måde som stemmer overens med empirien. Modellen præsterer, at levere kontemporære korrelationer mellem BNP og privatforbrug, mellem BNP og kapitalinvesteringer, mellem BNP og boligpriser, samt mellem BNP og boliginvesteringer, som er tæt på det observerede niveau. Det centrale faktum, at BNP lagges boligbyggeriet kan modellen dog ikke reproducere. Der ud over er der i modellens resultater ligefrem forkert fortegn på korrelationen mellem boligpriser og boliginvesteringer. Dette er dog, overraskende nok, hverken i datasættet eller modellen en videre kraftig korrelation. Boligprisernes høje volatilitet mangles også i modellen. Det ses desuden af tredje række i tabellen, at modellen lider af en typisk anomali, som optræder generelt i RBC-modeller,²⁵ idet beskæftigelsen i modellen er væsentligt mindre volatil end i empirien. Det bemærkes desuden, at konjunkturer har en tendens til, at påvirke alle økonomiens sektorer, resulterende i høj korrelation mellem sektorernes output og beskæftigelse. Heller ikke denne tilsyneladende afsmitning mellem økonomiens dele, kan modellen forklare, hvilket dog er forventeligt, givet at eneste kilde til konjunkturdannelse i modellen er de sektorspecifikke udbudsshock.

Delkonklusion

Det findes, ikke at være muligt at forklare hovedparten af boligmarkedets rolle i konjunkturdannelsen udelukkende i kraft af udbudssiden i en RBC-model. I hvert fald ikke i den her anvendte form. Afsnit 6 vil desuden redegøre for, at den del af konjunktursvingningerne, som tilsyneladende er forklaret af modellen, reelt heller ikke kan tilskrives Davis & Heathcotes model. Modellen bør derfor forkastes.

²⁵Gong and Semmler (2006) s. 88

Tabel 3: Anden-momenter i Davis and Heathcote (2005)

	Empiri (1948-2001)			Simulation		
Standardafvigelse (% af BNP)						
BNP	2,26			1,73		
Privatforbrug	0,78			0,48		
Beskæftigelse	1,01			0,41		
Kapitalinvesteringer	2,30			3,21		
Boliginvesteringer	5,04			6,12		
Boligpriser	1,37 (1970-2001)			0,40		
Sektorspecifik værditilvækst	y_b	y_m	y_s	y_b	y_m	y_s
	2,47	1,85	0,85	4,02	1,58	0,99
Sektorspecifik beskæftigelse	n_b	n_m	n_s	n_b	n_m	n_s
	2,32	1,53	0,66	2,15	0,39	0,37
Sektorspecifikke investeringer	I_b	I_m	I_s	I_b	I_m	I_s
	9,69	3,53	2,35	25,90	3,23	3,43
Korrelationer						
Privatforbrug, BNP	0,80			0,95		
Boligpris, BNP	0,65 (1970-2001)			0,65		
Privatforbrug, kapitalinv.	0,61			0,91		
Privatforbrug, boliginv.	0,66			0,26		
Kapitalinv., boliginv.	0,25			0,15		
Boligpriser, boliginvest	0,34 (1970-2001)			-0,20		
Sektorspecifik værditilvækst	y_b, y_m	y_b, y_s	y_m, y_s	y_b, y_m	y_b, y_s	y_m, y_s
	0,61	0,71	0,82	0,21	0,25	0,70
Sektorspecifik beskæftigelse	n_b, n_m	n_b, n_s	n_m, n_s	n_b, n_m	n_b, n_s	n_m, n_s
	0,75	0,86	0,79	0,48	0,23	0,96
Sektorspecifikke investeringer	I_b, I_m	I_b, I_s	I_m, I_s	I_b, I_m	I_b, I_s	I_m, I_s
	0,26	0,46	0,32	0,19	-0,23	0,91
Tidsforskudte korrelationer	$i = 1$	$i = 0$	$i =$	$i = 1$	$i = 0$	$i =$
			-1			-1
Kapitalinv. $_{t-i}$, BNP $_t$	0,25	0,75	0,48	0,45	0,94	0,33
Boliginv. $_{t-i}$, BNP $_t$	0,52	0,47	-0,22	0,19	0,44	0,14
Kapitalinv. $_{t-i}$, Boliginv. $_t$	-0,37	0,25	0,53	0,07	0,15	0,08

5.3 Iacoviello (2005)

Empiri og parametrisering

Ligesom det gjaldt for Davis & Heathcotes model, vil det være nødvendigt med en parametrisering af modellen fra Iacoviello (2005), før end det kan efterprøves, hvorvidt modellen udviser samme momentegenskaber²⁶ som kan observeres empirisk. Her følges Iacoviellos egen parametrisering. I modsætning til hvad der gjorde sig gældende ved behandlingen af Davis & Heathcotes model, vil den parametriserede models egenskaber dog blive udledt på ny i afsnittet herunder, ved hjælp af MATLAB, og præprocessoren Dynare, da Iacoviello ikke selv rapporterer numeriske værdier for momentstatistikkerne.

Iacoviello vælger hovedparten af sine parametre i henhold til hvad andre ophavs-mænd til DSGE-litteratur har kalibreret sig frem til, for andre modeller med en periodelængde på et kvartal. Det drejer sig om den tålmodige husholdnings tilbagediskonteringsfaktorer (β), den utålmodige husholdnings tilbagediskonteringsfaktor (β''), entreprenør-husholdningens tilbagediskonteringsfaktor (γ), forhandlernes markup i steady state (X), kapitaljusteringsomkostningerne (ψ) kapitalstokkens forfaldsrate (δ), outputelasticiteten med hensyn til kapitlanvendelse (μ), den kvartalsvise sandsynlighed for at forhandlerne kan justere deres priser (θ), og husholdningernes disnytte ved arbejde (η). De konkrete parameterværdier kan aflæses af tabel 4. Outputelasticiteten med hensyn til anvendelse af ejendomme (v) og boligbeholdningens vægt i husholdningernes nyttefunktioner (j) sættes således, at modellen i steady state matcher det gennemsnitligt observerede forhold mellem BNP og erhvervsbygningers henholdsvis boligers værdi.

Justeringsomkostningerne ved reallokering af modeløkonomiens boligstok mellem de forskellige husholdningstyper er sat til 0. Det kan forekomme ulogisk, at ejendoms-mæglere, boligadvokater og flyttemænd tilsyneladende ikke skal have løn, men at fjernes transaktionsomkostningerne beløber sig reelt til, at abstrahere fra et aspekt i markedet, som Iacoviello alligevel ikke havde formået at modellere særligt godt. For det første vil transaktionsomkostninger, istedet for blot at være ressourcer som udgår af økonomien, reelt skulle ses som et tillæg til lønindkomster (i hvilket tilfælde pengene indenfor modelverdenen blot vil skifte hænder fra repræsentative husholdninger til repræsentative husholdninger, mens der dog påføres en nytteomkostning som følge af arbejdsaversionen). Der ud over kan det argumenteres, at transaktionsomkostningerne burde afhænge af, om bygningen overgår mellem anvendelse som bolig mellem de to husholdninger, mellem anvendelse i forskellig erhvervsmæssig sammenhæng, eller overgår fra at være kornsiloer til at være lejligheder. I det hele taget kan man videre

²⁶varians, kovarians og autokorrelationer

Tabel 4: Kalibrerede parametre i Iacoviello (2005)

β	β''	γ	j	η	μ	v	ψ	δ	ϕ	X	θ
0,99	0,95	0,98	0,1	1,01	0,3	0,03	2	0,03	0	1,05	0,75

Tabel 5: Estimerede parametre i Iacoviello (2005) med standardafvigelser

α	m	m''	ρ_u	ρ_j	ρ_A	σ_u	σ_j	σ_A
0,64 (0,03)	0,89 (0,02)	0,55 (0,09)	0,59 (0,06)	0,85 (0,02)	0,03 (0,10)	0,17 (0,03)	24,89 (3,34)	2,24 (0,24)

argumentere for, at det ikke for alvor giver mening, i det hele taget at lade bygninger til produktionsbrug være konvertible til boliganvendelse i en konjunkturmodel, idet det nok sjældent forekommer, at erhvervsbygninger konverteres på denne måde af hensyn til ændringer i den relative efterspørgsel på nationalt plan, men snarere vil ske som følge af lokale demografiske forandringer og teknologisk forældelse. Konvertering af boliger til anvendelse i produktion vil nok blot være endnu mindre plausibelt. Planlove findes trods alt også.

De parametre, som beskriver centralbankens taylor-regel, er udledt ved hjælp af en simpel OLS-regression af det amerikanske modsvar til den danske CIBOR-rente, the Federal Funds Rate (som dog også er den rente som the Federal Reserve sætter mål for, således at den også har lighed med diskontoen), på værdier for samme rente, ændringer i forbrugerprisindekset og detrended BNP fra perioden forinden. De konkrete parameterværdier, som herved opnås er $r_R = 0,73$, $r_Y = 0,13$ og $r_\pi = 0,27$.

De sidste af modellens parametre er udledt gennem estimation. Det vil sige, at parametrene er udvalgt, ikke på baggrund af empiriske observationer af proxyer herfor og mikroøkonomiske studier, men derimod ved at anvende de værdier for parametrene som giver det bedst mulige match mellem modellen og empirien. Derved overkommes, ifølge Fernández-Villaverde and Rubio-Ramírez (2006), det problem, at parameterestimerer fra andre studier, ofte ikke vil være kompatible med en relativt kompliceret DSGE-model, samtidigt med at estimation pålægger en grad af disiplin og systematik, som ikke er opnåelig ved simpel kalibrering af modeller. Ved at estimere parametre undgås det således også, at man risikerer at afvise modellen blot fordi den er dårligt parametriseret. Modsat er der dog også risikoen for, at de parametre, man estimerer sig frem til, blot kan være udtryk for en under- eller fejlspecificeret model, således, at eksempelvis de shockstrukturer, man har estimeret, ender med blot at afspejle korrelation med uobserverede variable, som er den reelle årsag til økonomiens dynamik, og følgelig ender med reelt at være endogene. De estimerede parameterværdier kan aflæses af tabel 5. Konkret vælger Iacoviello en fremgangsmåde til estimation af parametrene, som går ud på at minimere afstanden mellem de impulsresponsfunktioner,

som opnås ved at udføre en vektorautoregression af 20. orden med variablene filtreret BNP, inflation, filtrerede huspriser²⁷ og rente,²⁸ og de tilsvarende impulsresponsfunktioner fra den parametriserede model.

Dersom modellen er korrekt specificeret, vil parameterestimerne desuden kunne bruges til, at tolke på, hvorvidt modellens mekanismer hver især er signifikante. Eksempelvis kan man af estimerne for m og m'' tolke, at likviditetsbegrænsninger betinget af boligpriser faktisk har en effekt, idet parametrene er signifikant forskellige fra nul. Ligeledes betyder det, at α er signifikant forskellig fra 1, at der faktisk findes husholdninger, som er likviditetsbegrænsede. Disse udgør $100 \times (1 - 0,64) \%$ af husstandene (36 %), målt ved arbejdsbud.

Det er dog også værd at bide mærke i de mere konkrete parameterestimer for m og m'' . Den umiddelbare betydning af, at m er estimeret højere end m'' , må være at erhvervsbygninger er væsentligt bedre egnede som pant end boliger er. Dette kan umiddelbart forekomme kontraintuitivt, idet det må være lettere, at finde ny anvendelse for en bolig efter at der er gjort udlæg i den, end det vil være for erhvervsbygninger. Der er trods alt et bredt marked for hver bolig, idet det er et relativt homogent gode (i forhold til erhvervsbygninger), og der er væsentligt flere husstande på et givent boligmarked, end der vil være virksomheder på hvert delmarked for erhvervsbygninger, som ofte kan være opført til et meget specifikt behov. Desuden virker det også kontraintuitivt med en loan-to-value-ratio på blot 55 %, for husholdninger som i modellen er defineret til at være på marginen af hvad den kan låne, dersom begrænsningen udelukkende skal være betinget af boligens værdi, som det er tilfældet i modellen. Disse betragtninger giver altså anledning til, at tage modellens konklusioner med et gran salt. En mulig forklaring på den lave værdi for m'' kan dog være, at modellen ikke opererer med en lejesektor. En del af de utålmodige husholdninger må være ude af stand til at tage lån med pant i deres boliger, hvorimod entreprenører vil kunne tage lån i deres lejeres boliger. Dette kan muligvis være årsagen til det umiddelbart kontraintuitive resultat.

En anden ting som er værd at bemærke, i forbindelse med de estimerede parametre, er autokorrelationen mellem teknologishock, ρ_A , som ikke findes at være signifikant. Det kan fortolkes sådan, at den teknologiske udvikling kan få svært ved at blive være årsag til konjunktursvingninger i modellen, idet konjunkturer er noget mere lavfrekvente end blot et enkelt kvartal.

Bemærk desuden den meget høje standardafvigelse for husholdningernes boligpræ-

²⁷Huspriserindekset, som er anvendt til estimering af modellen er Freddie Mac Conventional Mortgage Home Price Index.

²⁸BNP og huspriser er filtreret på en sådan måde, at trenden bliver sorteret fra konjunkturudviklingen. Ud fra en betragtning om, at trenden kan være variabel, er anvendt et Baxter-King-filter (band-pass), som frasorterer svingninger med en frekvens på 32 kvartaler eller derover, frem for blot at antage en lineær trend.

ferencer, σ_j , som er estimeret til 24,89.²⁹ Hvad dette beløber sig til, er at økonomiens husholdninger kollektivt skal være særdeles ubeslutsomme om hvor stor nytte boligforbrug bringer. Det er selvfølgelig muligt, at "folkesjælen" tillægger boliger skiftende værdi i takt med, at kulturen ændrer sig. Grundet filtrering, skulle disse ændringer i folkesjælen dog forekomme ved frekvenser af mindre end 8 års varighed, for at kunne faktoreres ind. Det virker derfor mere sandsynligt, at resultatet følger af, at noget ved den måde, modellen opstiller boligefterspørgslen, ikke er specificeret korrekt. Det er vigtigt, at de eksogene shock, som modellen udsættes for også reelt er eksogene, dersom modellen skal forklare noget. I den forbindelse er det uheldigt, at anvende boligpræferencer som forklarende element, idet disse givetvis vil være påvirket konjunkturen, i takt med, at medier, under en højkonjunktur, får stigende fokus på materielle bestræbelser, hvilket rent anekdotisk kan eksemplificeres ved boligforbedringsprogrammer såsom "Fra skrot til slot".

Modelresultater

Ligesom ved Davis & Heathcotes model, er det efter parametriseringen af modellen nu muligt at simulere modellen, for at vurdere, hvor godt modellens tidsseriemomenter matcher empiriens. Det er dog værd at bemærke, at en en-til-en sammenligning mellem modellerne ikke er mulig, idet modellernes variable er defineret forskelligt. Eksempelvis i kraft af, at Iacoviellos model er parametriseret med kvartalsvise data.

I modsætning til Davis & Heathcote, lineariseres ligningssystemet ved hjælp af metoderne beskrevet i Uhlig (2001). Herved opnås beslutningsfunktioner for agenterne, som er funktioner af variabelnes logaritmiske afvigelse (~procentuelle) fra modellens steady state. Det giver derfor ikke megen mening, at sammenholde førstemomenter fra modellen med førstemomenter fra virkeligheden, som det blev gjort ved Davis & Heathcotes model. Middelværdien for afvigelse fra steady state vil blot være 0.

Standardafvigelserne har dog en simpel fortolkning. De angiver variabelens gennemsnitlige relative afvigelse fra steady state, og kan aflæses af tabel 6.

Til brug for evaluering af modellen er opstillet tilsvarende statistikker for variabelnes empiriske modstykker. Disse er søgt opstillet på tilsvarende vis som Iacoviello har gjort ved estimering af parametre, for at sikre ovenensstemmelse, mellem hvad modellen er tiltænkt og parametriseret til at forklare, og hvad den bliver holdt op imod.

²⁹Da det stokastiske element er implementeret efter loglineariseringen, som en afvigelse i log-afvigelsen fra middelværdien for vægten på boligpræferencen, må den umiddelbare fortolkning være, at præferenceparameteren varierer med 2,489 %. Dette ville indebære at boliger en væsentlig del af tiden blev betragtet som et onde, hvad der ikke virker realistisk, og hvad der også ville resultere i, at BNP bliver negativt ved simulationerne. Det antages derfor, at Iacoviello har angivet afvigelserne i procent uden at angive det (Dette vil ikke påvirke resultaterne, så længe det er gjort symmetrisk for alle shockprocesserne og simulationsresultaterne fortolkes derefter). En standardafvigelse på 24,89 % forekommer dog stadig ualmindeligt højt.

Således er det anerkendt, at modellen ikke søger, at forklare svingninger i økonomisk aktivitet med frekvenser på over 8 år eller under 2 kvartaler, da mere lavfrekvente svingninger tilskrives trends, mens højfrekvente svingninger tilskrives støj. Derfor har jeg på logaritmen til BNP, Investeringer og boligpriser³⁰ anvendt et 12.-ordens band-pass-filter (efter Baxter and King 1999) til at udskille konjunkturbevægelserne fra dataserierne. Dataserierne er i udgangspunktet af 118 kvartalers varighed, fra 1. kvartal 1974 til 2.kvartal 2003, men som følge af filteret, ender serien af udledte afvigelser fra trenden, som danner grundlag for de empiriske standardafvigelser i tabellen, med at udgøre 94 kvartaler fra 1. kvartal 1977 til 2. kvartal 2000. Inflation og rente³¹ er til gengæld ikke filtreret. Standardafvigelserne herfor er derfor beregnet på grundlag af 118 observationer.

De empiriske korrelationer er grundet filteret ligeledes begrænset til de 94 observationer mellem 1. kvartal 1977 og 2. kvartal 2000, på nær tilfælde, hvor der er lags involveret, i hvilket tilfælde der kun vil være 93.

I udgangspunktet er det ved anvendelse af log-linearisering ikke nødvendigt, at foretage deciderede simulationer, for at udlede standardafvigelserne. Det kan analytisk udledes, hvilke værdier disse vil gå imod, efterhånden som antallet af simulationer går mod uendeligt. Denne opgave er gennemført i Dynare, som er et udvidelsesprogram til MATLAB og GNU Octave, til arbejde med DSGE-modeller.

Til trods for de analytisk udledte resultater, er dog også foretaget 50 simuleringer af modellen af 118 perioders varighed. Disse er anvendt til beregning af standardafvigelserne for fordelingen af standardafvigelser og korrelationskoefficienter mellem simulationer (i parenteser).³² Hvor det empiriske modstykke kun indeholder 94 observationer, er det samme selvfølgelig gældende for det udsnit af simulationsresultaterne, som er anvendt i beregningen af fordelingen heraf. På samme vis, er også de laggede korrelationer for modelvariablene resultat af en egentlig simulation. I dette tilfælde med 500.000 perioder, resulterende i meget præcise estimater.

Overordnet omkring modellens evne til, at matche de empiriske momenter, bemærkes

³⁰Observationer af BNP og investeringer er taget fra National Income and Product Accounts (NIPA), som kan hentes på bea.gov, mens boligpriserne er fra det nu udgåede Freddie Mac Conventional Mortgage Home Price Index, og er skaffet gennem replikationsfilerne til Iacoviello's model, som kan erhverves på American Economic Reviews hjemmeside, aeaweb.org/aer.

³¹Inflationen er udledt af forholdet mellem BNP i faste henholdsvis løbende priser fra NIPA. Renten er den effektive Federal Funds Rate, som målt ved transaktioner mellem en række større amerikanske banker. Kvartalsvise data herfor er opnået ved at tage et uvægtet gennemsnit af de gennemsnitlige renter i måneder som hører til det pågældende kvartal. Den anvendte serie af renter kan findes på <http://www.federalreserve.gov/releases/h15/data.htm>.

³²50 simulationer giver her ikke overvældende præcise estimater, men de rapporterede standardafvigelser skulle alligevel give et begreb om hvorledes de forskellige statistikker er fordelt. En hypotese om identitet mellem model og virkelighed kan søges besvaret ved hjælp af disse standardafvigelser. Da modellen i sagens natur repræsenterer et forsøg, på at fremstille en stiliseret udgave af virkeligheden, som kan belyse sammenhænge som er vigtige for at forstå konsekvenserne af politiske, mens den abstraherer fra detaljer, som komplicerer forståelsen uden at bidrage væsentligt, må den dog selvfølgelig ikke holdes op imod om den kan forklare alt med ultimativ præcision.

Tabel 6: Anden-momenter i Iacoviellos model

	Empiri			Model		
Standardafvigelse (%)						
(Real)BNP	1,38			1,96 (0,22)		
(Real)huspriser	1,60			2,65 (0,35)		
(Nom.)Rente(procentpoint)	3,43			0,38 (0,04)		
Inflation(procentpoint)	0,69			0,45 (0,04)		
(Real)investeringer	5,66			4,62 (0,47)		
Tidsforskudte korrelationer	i=1	i=0	i=-1	i=1	i=0	i=-1
$BNP_{t+i}, Huspriser_t$	0,42	0,46	0,50	0,18 (0,14)	0,45 (0,13)	0,30 (0,13)
$BNP_{t+i}, Rente_t$	-0,03	0,11	0,17	-0,52 (0,10)	-0,77 (0,06)	-0,41 (0,09)
$BNP_{t+i}, Inflation_t$	0,16	0,19	0,25	-0,17 (0,12)	-0,08 (0,11)	-0,16 (0,13)
$BNP_{t+i}, Investeringer_t$	0,74	0,90	0,79	0,52 (0,08)	0,86 (0,03)	0,61 (0,08)
$Huspriser_{t+i}, Rente_t$	0,20	0,28	0,36	-0,09 (0,12)	-0,23 (0,13)	-0,12 (0,13)

det, at modellen generelt rammer en del ved siden af, og det kan uden megen tøven afvises, at de empiriske momenter kan være opstået i et system, som i udpræget grad svarer til modellen.

Såvel BNP som boligpriser ender i modellen med, at være væsentligt mere volatile end det empirisk observerede, og da de empiriske standardafvigelser ligger henholdsvis 2,6 og 3 standardafvigelser, for de af modellen udledte standardafvigelser på tværs af simulationer, fra modellens gennemsnitlige standardafvigelser, vil det være relativt usandsynligt, at virkelighedens hændelsesforløb opstår i et system, svarende til modellens.

Det bør dog fremhæves, at den empirisk observerede volatilitet ikke er uafhængig af stikprøveperioden, og at de til evalueringen anvendte tidsserier stopper umiddelbart før finanskrisen, som må formodes, at trække de empirisk observerede volatiliteter op ad.

Som et eksempel på, hvor følsomme disse estimater af volatiliteterne for de empiriske modsvar til modellens variable er overfor valg af tidsramme, er boligprisernes konjunktoregenskaber søgt udledt ud fra tilsvarende metode som de i tabellen rapporterede, men blot ved anvendelse af et datasæt, som dækker perioden fra 1. kvartal 1987 til 4. kvartal 2013, hvoraf band-pass-filteret eliminerer 6 år, så estimater for boligprisernes konjunktoregenskaber i de 80 kvartaler fra 1. kvartal 1990 til 4. kvartal 2010 står tilbage.³³ Dette resulterer i, at standardafvigelsen for de empirisk observerede boligprisers afvigelse fra deres trend-værdi nu estimeres til 4,17 %, altså i dette tilfælde over 4 standardafvigelser fra modellens middelværdi, blot i den modsatte retning, hvilket indenfor modelverdenen, gør den observerede volatilitet til noget af en sort svane.

Skønt modellen har problemer med omfanget af BNP og boligprisers volatilitet, præsterer den dog, at ramme korrelationen mellem de to variable meget godt. Således ligger korrelationskoefficienterne herfor indenfor 2 standardafvigelser af hvad der i gennemsnit vil kunne observeres i simulationer af modellen.

Også mellem BNP og investeringer præsterer modellen et fornuftigt match til empirien,³⁴ og skønt modelsimulationens resultater med hensyn til investeringsaktivitetsniveauets volatilitet rammer en smule lavt i forhold til empirien, er det ikke i et sådant omfang, at det, hvis det stod alene, ville være årsag til ligefrem at forkaste modellen.

³³Da Freddie Mac Conventional Mortgage Home Price Index ikke længere opdateres, er i stedet anvendt Standard & Poors' Case-Shiller U.S. National Home Price Index (<http://us.spindices.com/indices/real-estate/sp-case-shiller-us-national-home-price-index>). Dette indeks er opgjort ud fra en tilgang svarende til CMHPI, men med de forskelle, at der i større omfang elimineres boliger, for hvilke der er observeret ændringer i deres karakteristika imellem transaktioner, og at der ikke medtages vurderinger af boliger i forbindelse med låneomlægninger. Begge disse forhold taler for at Case-Shiller-indeksets må være mere præcise. Til gengæld er der huller i Case-Shiller-indeksets geografiske dækning af USA. (S&P Dow Jones Indices (2013))

³⁴Investeringer er dog også en delmængde af BNP, og endda en betragtelig del heraf. Derfor må en høj grad af korrelation forventes, både i empiri, og i enhver model.

Hvor modellen klarer sig klart værst, er i dens pengepolitiske relationer, hvor renten kun varierer ganske lidt i forhold til hvad der ses i virkeligheden. Også modellens korrelationer imellem henholdsvis renten og det økonomiske aktivitetsniveau og mellem renten og huspriserne rammer helt ved siden af. Endda i et sådant omfang, at der i modellen forekommer modsat fortegn.³⁵ Dette kan pege i retning af, at modellens primære problem består i dens håndtering af renten.

To umiddelbare problemer kunne være, at en rente som handles mellem banker er anvendt i estimering af modellen. Modelrenten er dog imidlertid i store træk en rente som anvendes til boliglån. I det omfang de to renter afviger fra at udvikle sig synkront, kan dette resultere i at Federal Funds Rate er en dårlig proxy. Et andet problem, kan være at modellens agents beslutninger, som afhænger af renten, effektueres i samme kvartal som agenten har observeret renten. Dette kan særligt forekomme problematisk for investeringer. Edge (2000) finder eksempelvis, at planlægningsfasen for opførelse af erhvervsbygninger i gennemsnit er 6 måneder, mens selve byggefasen løber over 14 måneder, og at dette leder til en forsinket reaktion for BNP på et renteshock. Dette bekræftes også af det her anvendte datasæt, hvor fortegnet på den kraftigste korrelation imellem BNP og renten faktisk er negativ, ligesom i simulationsresultatet. Forskellen er blot at den absolut højeste korrelationskoefficient for empirien, som er på -0,44, forekommer med en tidsforskydning på 6 kvartaler mellem observationerne for BNP og observationerne for renten.

At modellens problemer med, at matche empiriske momenter relaterer sig til renten bliver ligeledes helt tydeligt, når man sammenholder modellens impulsresponsfunktioner med resultatet af den vektor-autoregression, som blev anvendt til estimation af modellens parametre, sådan som Iacoviello selv har gjort i hans eget forsøg på, at evaluere modellen.³⁶ Her ses, at modellen generelt præsterer særdeles fornuftigt med hensyn til at replikere impulsresponsfunktionerne. En markant undtagelse herfra er dog de tre impulsresponsfunktioner for renteshocks, som ikke vedrører selve rentens autokorrelation.

Til trods for den relativt beskedne varians for renten i modellen, ender hovedparten af variationen (60%) i BNP fra dets trend med at blive tilskrevet forhold som er afledt af

³⁵I det empiriske datasæt optræder en positiv korrelation mellem rente og boligpriser. Dette kan forekomme kontraintuitivt idet renten vil have en positiv effekt på boligomkostninger, og måske vigtigere endnu, boligudgifterne, således at potentielle køberes betalingssevne svækkes. Korrelationen mellem de to variable, skal dog ikke nødvendigvis forklares ved en kausal sammenhæng imellem de to, men nærmere mellem det økonomiske aktivitetsniveau og hver af de to.

³⁶Iacoviello (2005) side 754. Vær opmærksom på, at Iacoviello i opstillingen af den nederste række af impulsresponsfunktioner, angivende respons på et teknologishock, meget vel kan være kommet til at forskube impulsresponsfunktionerne. Således angiver den funktion, som er markeret 'response of R' reelt ikke er rentens reaktion, men derimod BNPs. På samme vis er den angivne responsfunktion for inflationen reelt rentens reaktion, mens boligprisen reelt afbilder inflationens reaktion og figuren for BNP reelt afbilder boligprisen. Derfor kan det også være svært, at tolke på impulsresponsfunktionerne med hensyn til et teknologishock, uden at foretage et frisk sæt vektorautoregressioner, for at sikre, at også de er hvor de bør i figuren.

Tabel 7: Variansdekomposition (% af variation i variable som har oprindelse i givent shock)

	Præferenceshock	Inflationsshock	Teknologishock	Renteshock
Rente	7,99	12,05	9,23	70,73
Inflation	15,67	33,90	32,09	18,33
Boligpriser	89,39	1,92	3,73	4,96
BNP	29,74	10,00	0,48	59,78
Investeringer	71,13	2,05	1,56	25,26

renteshocks, grundet den høje grad af korrelation mellem rente og BNP i modelresultaterne, som det kan ses af varians-dekompositionen i tabel 7. Da modellen tydeligvis er misspecificeret med hensyn til rente, skal dette dog ikke tolkes som udtryk for verdens sande tilstand, men blot tolkes i retning af, at det er sandsynligt at en korrektion i udledning af renten, vil kunne bringe modellens varians for BNP ned tættere på empirien ligeså.

Af tabellen ses også, at når boligpriserne i modellen svinger, skyldes det i det store hele ikke boligmarkedets sammenhæng med den øvrige økonomi, men derimod næsten udelukkende modellens høje varians for nytteafkastet af boliger, hvilket igen understreger behovet for en bedre modellering af bolig efterspørgslen.

Til gengæld påvirkes modeløkonomien i væsentlig grad af boligmarkedet, både i kraft af at den finansielle accelerator igennem boligmarkedet forstærker effekten af shock fra andre dele af økonomien, i det omfang de påvirker boligprisen, men særligt i kraft af shocks til boligpræferencerne, som gennem boligpriserne effekt på likviditetsbegrænsningen hos de utålmodige og erhvervsdrivende husholdninger har en betragtelig effekt på den øvrige økonomi. Det i en sådan grad, at små 30 % af BNPs volatilitet i modellen kan spores tilbage til disse shock. Den del af BNP som er mest afhængig af shockene, for at forklare sin volatilitet, er dog investeringsniveauet, hvor 70% af variationen kan føres tilbage til boligpræferencerne. Når investeringsniveauet i modellen rammes så relativt hårdt, skyldes det, at ændrede boligpriser ikke blot vil påvirke entreprenørhusholdningens likviditet. Det vil også lede til et behov for at substituere imellem ejendomme, arbejdskraft og kapital. Dermed påvirkes investeringsniveauet yderligere i samme retning som husholdningernes bolig efterspørgsel.³⁷

Delkonklusion

Iacoviellos model er tydeligvis ikke identisk med virkeligheden, men resulterer dog i store træk i impulsresponsfunktioner, som er i overensstemmelse med empirien. Mo-

³⁷En yderligere effekt, som vil trække i denne retning, men som modellen dog ikke kan redegøre for, grundet den fastlåste boligstok/ejendomsstok, er at en stigning i ejendomspriserne vil øge Tobins q , og dermed burde føre til øget byggeri, hvilket i sig selv er en delmængde af investeringer.

dellen har desuden potentiale til gennem et bedre match af pengemarkederne, eventuelt at kunne præstere bedre.

Hvad angår rentens påvirkning af økonomien, rammer modellen dog helt skævt. Dette gør det endog meget pekuliært, at Iacoviello i artiklen, hvori modellen fremsættes,³⁸ netop anvender modellen til pengepolitisk policyanalyse.

Det kan dog gennem estimeringen af modellen konstateres, at den boligmarksbedingede finansielle accelerator, som er modellens hovedattraktion, er af betydning for økonomien, og at monetære forhold dermed har en rolle, at spille i økonomiens udvikling og variabilitet.

³⁸Iacoviello (2005)

6 Øvrig modelkritik

Indtil videre er de to modeller, blevet evalueret på deres egne præmisser. Det vil sige, at de hovedsageligt er blevet vurderet på, i hvilket omfang de har formået, at generere udfald, som er statistisk ekvivalente med empirien, som målt hovedsageligt ved andenmomenter.

Dette er indtil videre gjort stort set uden at forholde sig til, hvorvidt de modelegenskaber, som leder til disse resultater, i det hele taget har noget hold i virkeligheden. Det vil det aktuelle kapitel søge, at råde bod på.

I begge de to modeller, ligger implicit en lang række fælles antagelser, som generelt hører DSGE-modellering til. Iblandt disse, at økonomien er befolket af intertemporalt nyttemaksimerende agenter, med eksogent definerede præferencer, som handler ud fra rationelle³⁹ forventninger, forstået på den måde, at de besider fuld information, ikke om økonomiske udfald i lyset af deres handlinger, men dog om ufaldsrummet her for. Det antages videre, at de relationer, som eksisterer agenterne imellem, er tilstrækkeligt ukomplicerede til, at disse repræsentative agenter blot kan aggregeres, for at opnå et repræsentativt billede af deres rolle i økonomien.⁴⁰

Desuden antages det, at markeder til enhver tid vil klare, idet markedskræfterne vil føre økonomien i ligevægt,⁴¹ så der eksempelvis ikke forekommer ufrivillig arbejdsløshed, og at økonomien, uagtet konjunkturpåvirkninger, har en fast trend, som den vil finde tilbage i retning af i perioder med mindre shock, således at økonomien ikke er præget af stiafhængighed.

Der er altså tale om et idealiseret økonomisk system, som jf. Jespersen (2007) tager udgangspunkt i en række aksiomer, frem for at starte med empirien, og bygge en model ud fra identificerede kausale reaktioner, som Jespersen mener, det gør sig gældende i den post-keynesianske litteratur.

For at få konjunktursvingninger til i det hele taget at være mulige i dette idealiserede system, antages det videre, at volatilitet er et eksogent fænomen, som påvirker økonomien udefra, og at økonomien således ikke har en iboende tendens til instabilitet, som eksempelvis kunne følge af markedsfejl, sådan som det eksempelvis ses i Minsky (2008).⁴²

³⁹'Rationelle' skal i denne sammenhæng forstås som betydende, at forventningerne er modelkongruente.

⁴⁰Iacoviello (2005) bløder dog, i nogen grad op på denne antagelse, ved at inkludere tre typer af repræsentative husstande, med forskellige præferencer og aktiver. Elementer af træghed, som eksempelvis Iacoviellos implementation af monopolistisk konkurrence, som på sigt er taget fra en anden model, er i det hele taget kendetegnende for nyklassiske DSGE-modeller.

⁴¹Igen introducerer Iacoviello dog et par undtagelser, idet han introducerer monopolistisk konkurrence på varemarkedet, med bindende riser til følge, og desuden modelerer, at låntagere er ude af stand til at optage den mængde lån, som vil opfylde deres optimeringsproblem ved den gældende rente.

⁴²Minskys finansielle instabilitetshypotese udgør en post-keynesiansk udlægning af gældsdeflationsteori, som dog i sit udgangspunkt ikke tildeler nogen særlig rolle til boligmarkedet i forhold til øvrige aktiv-

Ikke alle disse er i lige god overensstemmelse med virkeligheden, og nogle er end ikke efterprøvelige, men er blot udtryk, for deduktioner om hvordan tingenes tilstand må være i en idéel verden. Generelt tjener antagelserne dog til at opretholde en intern logisk konsistens og samtidig holde modellerne operationaliserbare. Der er eksempelvis næppe mange, som vil påstå, at Cobb-Douglas-funktioner indeholder kilden til den endegyldige sandhed om hvordan al produktion foregår, og hvordan individers velfærd skabes, men de udgør en medgørlig måde at opnå konstante skalaafkast, og er relativt lette at arbejde med. I tråd hermed, kan det argumenteres at ikke alle urealistiske antagelser nødvendigvis er af det onde, men at de måske bør bibeholdes, dersom de bidrager med konsistens og simplicitet uden samtidigt at forvrænge resultaterne i en grad som afholder dem fra at være anvendelige. Med dette in mente, vil nogle af modellernes forudsætninger dog alligevel blive anfægtet herunder.

Rationelle forventninger

Såvel Davis and Heathcote (2005) som Iacoviello (2005) anvender i udpræget grad en antagelse om, at økonomiens agenter optimerer intertemporalt på grundlag af modelkongruente forventninger til fremtiden,⁴³ hvilket udelukker muligheden for at bobler kan opstå i modellen.

Der skal dog ikke megen fantasi til, for at forestille sig, at de reelle individer, som udgør samfundsøkonomien, kan være kognitivt og informationsmæssigt begrænsede, og dermed i bedste fald vil udvise begrænset rationalitet (bounded rationality). Blot det faktum, at denne afhandling behandler divergerende teorier om økonomiens strukturer, skulle i sig selv være tilstrækkeligt til at afvise, at den gennemsnitlige økonomiske agent besider fuldstændig information om alle økonomiske sammenhænge, endsige vil være i stand overskue konsekvenserne, som følger af disse informationer. Derfor må det gælde, at de økonomiske agenter danner deres forventninger på baggrund af en række tommelfingerregler, som så i større eller mindre omfang kan føre til de samme konklusioner, som ville opstå, ved at være alvidende og altoverskuende.

Det blev i afsnit 5.3 belyst, hvordan en ualmindeligt stor andel af variationen i boligpriser, indenfor Iacoviellos model, blot blev tilskrevet eksogene variationer i husholdningernes nytteafkast af deres boligbeholdning, og at boligmarkedet kun i relativt beskedent omfang blev påvirket af den omkringliggende økonomi.

Det af parametriseringen resulterende postulat, om at 30% af konjunkturudsving i den markeder. Der er dog skrevet om dens applikabilitet i forhold til boliggæld. Eksempelvis i form af McCulley (2009).

⁴³En mindre afvigelse herfra er dog, implementeringen i Iacoviellos model af et loft over loan-to-value-forholdet, hvilket effektivt svarer til, at de tålmodige husholdninger, som er udlåner, mangler information om, at det indenfor modelverdenen umuligt kan forekomme, at lån misligholdes. Den manglende mulighed herfor, er dog blot en abstraktion, som medvirker til at holde modellen simpel.

amerikanske økonomi skyldes, at samtlige individer i økonomien⁴⁴ synkront beslutter sig for, at de vil have en markant anden balance mellem deres boligforbrug på den ene side, og deres forbrug og fritid på den anden side, uden at der dog er tale om langsigtede trends i disse "værdisæt", er ikke umiddelbart en tilfredsstillende forklaring på, hvordan boligpriser dannes.

Implementering af begrænset rationalitet i modellen, tilbyder her et oplagt bud på, hvordan hvordan en mere meningsfuld forklaring kan opnås. Boligøkonomisk Videncenters kvartalsvise forventningsundersøgelser,⁴⁵ som dog er for gennemført med danske respondenter, hvorimod modellerne er for den amerikanske økonomi, og som er gennemført siden februar 2010, giver et indtryk af hvordan disse forventninger eventuelt vil kunne modelleres. I spørgeskemaet som ligger til grund for undersøgelserne, udspringes respondenterne om hvad deres forventninger til de fremtidige boligpriser er. Der ud over, bedes de dog om selv at indikere, hvilke faktorer der, efter deres egen overbevisning, ligger til grund for deres forventninger. De to højst scorende forklaringer er her konsistent "Danmarks økonomiske situation" og "Prisudviklingen på boliger indenfor det seneste halve år". Det kan selvfølgelig ikke med sikkerhed udelukkes, at det som respondenterne reelt mener er, at de observerer bevægelser væk fra steady state, og helt modelkonsistent forventer en korrektion. Det vil først kunne vides, når det har vist sig hvordan respondenternes forventninger påvirkes i lyset af markante ændringer i boligpriserne. Umiddelbart forekommer en oplagt videre færd i forhold til at forbedre på modellen dog, at være implementering af adaptive forventninger.

Eksogene stokastiske processer

Fælles for begge modeller er ligeledes, at de, i tråd med øvrige DSGE-modeller, reelt ikke giver svar på, hvordan konjunkturcyklusser opstår, men derimod blot antager, at der forekommer en række påvirkninger udefra.

Hvad modellen derimod forklarer, er konjunktursens spredning fra den antagne shock-process og videre rundt i økonomien, givet at modellen vel at mærke er korrekt specificeret.

Dette efterlader dog spørgsmålet om hvorvidt de i modellen inkluderede shockprocesser nu reelt også er eksogene, idet hele ideen om, at modellen har forklaret noget, står og falder der med. Diskussionen i afsnittet herover er et eksempel på en formodning om, at en estimeret stokastisk process (i dette tilfælde shock til boligpræferencerne i Iacoviello's model) reelt ikke er eksogen.

⁴⁴bortset fra den driftige andel, entreprenørhusholdningerne, som for at holde modellen simpel, ikke anvender boliger til beboelse men blot til produktion.

⁴⁵Se eksempelvis Haagerup (2012)

Også shocks til den teknologiske vækstrate kan udsættes for denne mistanke. Særligt i Davis & Heathcotes model, hvor det er påfaldende, at den smule succes som modellen har i at reproducere det empiriske resultat, at boligbyggeriet er mere volatilt end resten af den økonomiske aktivitet, afhænger af at den mest volatile del af økonomiens teknologiske udvikling samtidigt også er den sektor, som ifølge Davis & Heathcote ikke er udsat for teknologisk fremgang i det hele taget. Dette giver simpelthen ikke mening, medmindre man samtidigt antager en mulighed for teknologisk tilbagetog, sådan som Davis & Heathcote i den konkrete parametrisering af deres model ligefrem har antaget, at det gør sig gældende i steady state. En sådan antagelse forekommer dog ikke i overensstemmelse med almen logik, og derfor må Davis & Heathcotes model ultimativt forkastes, sammen med antagelsen om, at kortsigtede svingninger i Solow-residualet, som Davis & Heathcote har brugt til at kalibrere modellen, kan anvendes som en proxy for den teknologiske udvikling.

To ganske umiddelbare årsager til, at Solow-residualet ikke kan formodes at være eksogent kan nævnes. Dels kan en nedgang i aktivitetsniveauet, som reelt stammer fra efterspørgsel, indenfor en virksomhed resultere i faldende produktion per medarbejder, dersom virksomheden vælger, at fastholde sin arbejdsstyrke, frem for at skalere ned i dårlige tider. Dels vil Cobb-Douglas-formen for produktionsfunktionen indebære, at der skal produceres mere per medarbejder efter en nedgang i beskæftigelsen dersom kapitalstokken er den samme, for at arbejdskraftproduktiviteten ved Solow-residualet kan blive målt til at være uændret. Da økonomiens kapitalstok må formodes, at være designet til anvendelse af det tidligere antal medarbejdere, må dette dog formodes, ikke at forekomme i det fornødne omfang.⁴⁶

På tilsvarende vis, blev der i afsnit 5.3 argumenteret for, at variationer i den repræsentative agents boligpræferencer (i Iacoviellos model angivet ved σ_j), idet agenten repræsenterer et aggregat af husholdninger, må være udtryk for kulturelle ændringer, og at disse ændringer formentlig vil være betinget konjunktursituationen. Dermed vil heller ikke ændringerne i boligpræferencer reelt være eksogene

Konstante standardafvigelse for shockprocesserne gennem så lange perioder som skal til for at estimere en model, forekommer ligeledes problematisk. Der vil igen så lang en periode formodes, at ske ændringer i den institutionelle ramme omkring økonomien, som nødvendigvis må ændre dens struktur og konjunktoregenskaber. Eksempelvis ville det trods alt være kedeligt, hvis ikke samfundet reagerede på lavkonjunkturer, og søgte at ændre de strukturer, som har ledt økonomien til at være udsat. Kun i det tilfælde, hvor shockprocesserne reelt er så tilfældige, at de end ikke afhænger af samfundet, må dette ikke være et problem.

⁴⁶Som et eksempel herpå, vil en systue med det samme antal symaskiner som syersker (forudsat at maskinerne ikke har nedetid i forbindelse med vedligehold) næppe opleve nogen stigning i output per medarbejder, dersom de fyrrer en af syerskerne. I hvert fald ikke en som resulterer af den overskydende symaskine.

Gældsrelationers kompleksitet

Skønt Iacoviello faktisk modeller simple gældsrelationer, for derved, at udlede den finansielle accelerator gennem boligpriserne, og der i lånebegrænsningen, som er bundet op på pant, implicit ligger en anerkendelse af at lån kan misligholdes, mangler den faktiske mulighed for egentlig misligholdelse. Sådanne misligholdelser forekom som et meget centralt element, under sub-prime krisen i USA, idet faldende boligpriser og aktivitetsniveau dermed ikke blot påvirker lønarbejderen og boligejeren, som i Iacoviellos model får reduceret sine forbrugsmuligheder, men i virkelighedens verden også vil påvirke den finansielle institution, som har boligejerens gældsforpligtelser blandt sine aktiver. Dette sker gennem balanceeffekter, og i kraft af deres behov for i lyset deraf, at afhænde aktiver, kan dette eskalere situationen omkring aktivpriser yderligere. Her er dog tale om så komplekse relationer, at de næppe vil kunne implementeres i en DSGE-model af nogen art. Skal modellen til fulde kunne forklare aktivmarkedets (herunder boligmarkedet) indflydelse på konjunkturudviklingen, vil der altså formentlig kræves en alternativ tilgang, baseret på en mangfoldighed af ikke-repræsentative agenter.⁴⁷

DSGE-modeller behøver dog ikke nødvendigvis fuldstændigt at afskrives af den grund. I det omfang en DSGE-model kan bruges til, at forklare udviklingen i boligpriser bedre end Iacoviellos model, vil det stadig være muligt, at anvende den som et redskab til policyanalyse, så længe det anerkendes, at den ikke kan finde anvendelse på alt for væsentlige afstande fra steady state, da der trods alt skal noget til, før end systemiske tab på finansielle relationer agenterne imellem slår ind. Analyser, skal da have fokus på, hvorledes aktivpriser kan stabiliseres.

Generelt mangelfuld detaljeringsgrad

Foruden hvad der allerede er nævnt herover, kan det nævnes, at begge modeller videre abstraherer fra en hel del aspekter ved de økonomiske systemer. RBC-modellen i en sådan grad, at den ender med ikke rigtigt at modellere noget af relevans for boligmarkedets konjunkturdynamik, og det vil derfor ikke søges at opremse denne models mangler. I Iacoviellos tilfælde, kan dog bemærkes, at også denne model abstraherer fra en del aspekter ved økonomien. Det er selvfølgelig utopisk at stile efter en komplet repræsentation af virkelighedens verden, og man må i konstruktion af modeller derfor sigte imod, blot at inkludere forhold, som er af central betydning for det som søges forklaret.

⁴⁷Et eksempel herpå, som jeg dog ikke har indgående kendskab til, kan være de relativt nyudviklede ACE-modeller, med Erlingson, Einer Jon et al (2014) som et eksempel på denne modeltypes anvendelse til analyser for boligmarkedet.

Tre manglende aspekter ved Iacoviellos model, foruden de allerede nævnte i dette afsnit, som dog synes, at være værd at efterlyse fra en model, som søger at forklare boligmarkedets indvirkning på økonomien kan dog nævnes.

Modellen skelner ikke imellem boliger og erhvervsbygninger (eller forudsætter i hvert fald at de uden problemer kan substitueres for hinanden). Det problematiske heri, er allerede belyst i afsnit 5.3, og det vil i forlængelse heraf være ønskeligt, at fjerne muligheden for, at substituere imellem dem fra modellen.

Endvidere mangler modellen, i kraft af den fraværende konstruktionssektor, en vigtig transaktionsmekanisme fra boligpriser, over en Tobins Q betragtning, til økonomisk output.

Endelig kan det nævnes, som der ligeledes blev redegjort for i afsnit 5.3, at modellen mangler, at tage højde for, at beslutninger som træffes på baggrund af aktuelle økonomiske forhold, typisk ikke kan have (hele) deres egen effekt på økonomien øjeblikkeligt, da eksempelvis det at opføre en bolig eller et domicil tager tid. Implementering heraf vil også kunne motivere, at agenterne foretager fejlpositioner, idet de mangler information om hverandres dispositioner, indtil disse er effektueret, og dermed risikerer at "skyde over mål".

Alle disse tre manglende features er at betragte som oplagte kandidater til forbedringer af modellens fit.

7 Afhandlingens begrænsninger

Denne afhandling giver sig for, at evaluere DSGE-modellers egnethed til at forklare sammenhæng mellem boligmarkedet og det dertil knyttede boligbyggeriet på den ene side og den bredere økonomis konjunkturtilbøjeligheder på den anden side. Det har dog ikke været muligt indenfor den tidsramme, som er knyttet til en sådan afhandling, at behandle mere end to af de DSGE-modeller, som behandler området, hvilket selvfølgelig ikke er udtømmende for hvad der er muligt indenfor teorirammen. Følgelig er det heller ikke muligt ud fra specialet, endegyldigt at svare på hvorvidt der kan eksistere DSGE-modeller, som giver et godt billede af hvordan boligmarkedet spiller ind i konjunkturudviklingen. Det kan blot konstateres, at ingen af de to modeller helt har held til det.

Der ud over kan det beklages, at to modeller er opstillet, som ikke umiddelbart er gensidigt udelukkende.⁴⁸ Ergo giver det ikke megen mening direkte at søge, at diskriminere imellem dem. Givet bedre tid, havde det været oplagt, at søge at belyse, om elementerne fra de to, når de stilles sammen, giver bedre match til empirien, end modellerne gør hver for sig, hvilket givetvis ikke kan udelukkes, da Iacoviellos model, som er den bedst præsterende af de to modeller, mangler en kanal for boligpriser til at omsættes i øgede boliginvesteringer i lyset af et højere Tobins q .

Videre kan det beklages, at efter den kategoriske afvisning af Davis & Heathcotes model, står tilbage en model, som på ingen måde vil være i stand til at forklare et af de centrale punkter i motivationen for denne afhandling, netop den interessante sammenhæng mellem boligbyggeri og BNP, idet den ikke modellerer boliginvesteringer og udviklingen i boligstokken, hvilket igen kunne motivere, at se på kombinationen af de to modeller.

I slutningen af det foregående afsnit, fremhæves det, at DSGE modeller formentligt vil have problemer med, at implementere effekterne af en finansiel nedsmeltning, i retning af hvad der kunne observeres under sub-prime-krisen, idet det vil være svært at implementere et tilstrækkeligt sofistikeret finansielt system, til at agenter i DSGE modeller kan påføre hinanden tab i kæder. Imidlertid opstilles ikke noget særligt alternativ til DSGE-modellen. Minsky (2008) har udviklet en forklaring af hvordan en sådan process kan opstå, i en model fra 1986. Denne er dog ikke direkte møttet på boligmarkedet, om end den behandler gældsfinansiering af aktiver og relativt let vil kunne tolkes i forhold til boligmarkedet. Modellen er dog ikke tilstrækkeligt stringent opstillet til at den for alvor vil kunne finde anvendelse i policyanalyse. I en sådan

⁴⁸Faktisk opstiller Iacoviello, M. og Neri, S. (2010), "Housing Market Spillovers: Evidence from an Estimated DSGE Model," *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2 (April): pp. 125–164 en model som indarbejder elementer fra netop begge de her behandlede modeller, som jeg dog ikke har haft tid til at stifte nærmere bekendtskab.

sammenhæng, vil det formentlig også gælde, at der skal bruges håndfaste numeriske resultater, før end en model for alvor kan gøre sig gældende i det politiske system. Dette er en klar styrke ved DSGE-modeller.

I afhandlingen sandsynliggøres det, at modellen som er opstillet af Iacoviello (2005), skønt den ikke formår at forklare hovedparten af svingninger i boligpriser, på anden vis, end ved fejlagtigt at udlede en høj grad af eksogen variation i de økonomiske agents præferencer for boliger ved estimeringen af modelparametrene, vil kunne bringes til, at give resultater, som er i bedre overensstemmelse med empirien, og samtidigt indeholde mere af en forklaring på boligmarkedets sammenhæng med den øvrige økonomi. Dette kan dog ikke vides med sikkerhed, før end modellen er forsøgt udvidet, eksempelvis med adaptive forventninger til boligpriserne, som foreslået. Det ville have været ønskeligt, at have efterprøvet i afhandlingen, men er ikke nået. Deri består følgelig et oplæg til videre forskning. Såfremt modellens resultater herved reelt kommer til at stemme bedre overens med empirien, vil det derefter være muligt, at anvende den i policyanalyse.

8 Konklusion

Denne afhandling sætter sig for, at evaluere DSGE-modellers evne til, at forklare boligmarkedets rolle i konjunkturdannelsen, gennem en behandling af to udvalgte modeller.

Den første model, som er en multisektor Real Business Cycle-model, opstillet af Davis and Heathcote (2005), kan kategorisk afvises som havende evne til, at forklare konjunkturer, idet den i sit forsøg på, at genskabe de empirisk observerede momenter, gør sig afhængig af, at de eksogene stokastiske processer for teknologi, som anvendes, kan parametriseres på en sådan måde, at deres værdier også faktisk afspejler eksogene forhold, og at modellen da stadig vil være i stand til at tilbyde en forklaring på økonomiens konjunkturdynamik. Dette findes ikke, at være tilfældet.

Tilbage står altså den anden model, en finansiel accelerator model, som søger at forklare boligmarkedets rolle i konjunkturudviklingen i kraft af boligprisernes betydning for budgetrestriktionen hos en delmængde af økonomiens husholdninger, som har en særligt høj tilbagediskonteringsfaktor (vægter fremtidig nytte relativt lavt), og derfor vil søge, at fremskynde deres forbrug. Det findes at også denne model i nogen grad har problemer med de estimerede eksogene variationers reelle eksogenitet, således at den ikke bør anvendes i policyanalyse, før end der er rettet op her på. Dog findes boligprisens betydning for kreditrestriktionen rigtigt nok, at være et gyldigt bidrag til forståelsen af konjunkturdannelsen.

Endelig findes det sandsynliggjort, at modellen kan forbedres gennem implementering af begrænset rationalitet i forventningsdannelsen med hensyn til boligpriser, nybyggeri af boliger, tidsforskudte effekter af investeringsbeslutninger og fjernelse af den feature at der i modellen kan substitueres imellem erhvervsbygninger og boliger i produktionen af såvel boligydelse som forbrugs- og investeringsgoder.

Litteratur

- Andersen, M. L. (2011). Mulighederne for konstruktion af boligprisindeks som tager højde for konstant kvalitet i Danmark. Technical report, Boligøkonomisk Videncenter, København.
- Baxter, M. and King, R. G. (1999). Measuring business cycles: approximate band-pass filters for economic time series. *Review of economics and statistics*, 81(4):575–593.
- Case, K. E. and Shiller, R. J. (1987). Prices of single family homes since 1970: New indexes for four cities. Cowles Foundation Discussion Papers 851, Cowles Foundation for Research in Economics, Yale University.
- Davis, M. A. (2010). Housing and the business cycle. In Durlauf, S. N. and Blume, L. E., editors, *The New Palgrave Dictionary of Economics*. Palgrave Macmillan, Basingstoke.
- Davis, M. A. and Heathcote, J. (2000). Housing and the business cycle: Data appendix.
- Davis, M. A. and Heathcote, J. (2005). Housing and the business cycle. *International Economic Review*, 46(3):751–784.
- Edge, R. M. (2000). The effect of monetary policy on residential and structures investment under differential project planning and completion times. International Finance Discussion Papers 671, Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.).
- Erlingsson, Einer Jon et al (2014). Housing market bubbles and business cycles in an agent-based credit economy. *Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*, 8(2014-8).
- Fernández-Villaverde, J. and Rubio-Ramírez, J. F. (2006). Our research agenda: Estimating dsge models.
- Gong, G. and Semmler, W. (2006). *Stochastic Dynamic Macroeconomics: Theory and Empirical Evidence*. Oxford University Press, USA, New York.
- Haagerup, C. D. (2012). *Danskernes forventninger til boligmarkedet: en undersøgelse af forventningerne og deres baggrund - februar 2010 - september 2012*. Boligøkonomisk Videncenter, København.
- Iacoviello, M. (2005). House prices, borrowing constraints and monetary policy in the business cycle. *American Economic Review*, 95(3):729–764.
- Jespersen, J. (2007). *Makroøkonomisk metodologi - i et samfundsvidenskabeligt perspektiv*. Jurist-og Økonomforbundet Forlag, København.

- Leamer, E. E. (2007). Housing is the business cycle. In *Proceedings, Federal Reserve Bank of Kansas City*, pages 149–233.
- McCulley, P. (2009). The shadow banking system and hyman minsky’s economic journey. Technical report, PIMCO Global Central Bank Focus.
- Minsky, H. (2008). *Stabilizing an Unstable Economy*. McGraw-Hill.
- Pedersen, J. (2012). Finanspolitik i makroøkonomiske modeller. In *Kvartalsoversigt, 3. kvartal, del 2*, page 33, København. Nationalbanken.
- S&P Dow Jones Indices (2013). *S&P/Case-Shiller Home Price Indices Methodology*. McGraw-Hill Financial, New York.
- Stephens, W., Ying, L., Lekkas, V., Abraham, J., Calhoun, C., and Kimner, T. (1995). Conventional mortgage home price index. *Journal of Housing Research*, 6:389–418.
- Tovar, C. E. (2009). Dsge models and central banks. *Economics E-Journal*.
- Uhlig, H. (2001). *A Toolkit for Analysing Nonlinear Dynamic Stochastic Models Easily*, pages 30–61. Oxford University Press, Oxford.
- Yearbook team, The Statesman’s (2011). Credit crunch chronology: April 2007-september 2009. In Durlauf, S. N. and Blume, L. E., editors, *The New Palgrave Dictionary of Economics*. Palgrave Macmillan, Basingstoke.

A Dynare program for modellen i Iacoviello (2005)

```
// Iacoviello (AER, 2005), tilpasset Dynare 4 og optimeret en smule.
// Det oprindelige program er tilgængeligt på Iacoviellos hjemmeside.
// https://www2.bc.edu/matteo-iacoviello/research.htm
// Dette program er anvendt til udledning af modellens variables
// standardafvigelse. Andre programmer, med samme grundlæggende
// opbygning, men med andre argumenter i stoch_simul, og med løkker
// omkring, er anvendt til at skabe de datasæt, som er anvendt til
// beregninger af tidsforskudte korrelationskoefficienter samt
// fordelingen af simulationsresultater på tværs af simulationer
// med samme længde som datasættet, som det holdes op imod ved
// evaluering.

// Declaration of endogenous variable
Var
// basic endogeneous variables
Yhat chat c1hat c2hat lhat Khat Xhat qhat bhat b2hat hhat h2hat pihat
Rhat /* Defined variable:*/ rrhat /*Endogenous variables with
exogenous dynamics:*/ jhat Ahat uhat;

// Declaration of exogeneous variables (shocks)
Varexo ejhat euhat eAhat eRhat;

parameters
beta beta2 gamma j eta my ypsilon psi delta fie fih X theta alfa
m m2 rhou rhoj rhoA sigmau sigmaj sigmaA sigmaR rR rpi rY h1ss
/* h1ss is steady state stock of houses owned by patient
households*/ gammae gammah omega kappa s1 s2 qhtoY btoY c1toY
qh1toY qh2toY htoh1 h2toh1 b2toY c2toY ctoY ItoY jota jota2 R;

// Setting of numerical values for parameters
beta = 0.99;
beta2 = 0.95;
gamma = 0.98;
j = 0.1;
eta = 1.01;
my = 0.3;
ypsilon = 0.03;
psi = 2;
```

```

delta = 0.03;
fie = 0;
fih = 0;
X = 1.05;
theta = 0.75;
alfa = 0.64;
m = 0.89;
m2 = 0.55;
rhou = 0.59;
rhoj = 0.85;
rhoA = 0.03;
sigmau = 0.17;
sigmaj = 24.89;
sigmaA = 2.24;
sigmaR = 0.29;
rR = 0.73;
rpi = 0.27;
rY = 0.13;

// Defined parameters
gammae = (1-m)*gamma + m*beta;
gammah = beta2+m2*(beta-beta2);
omega = (beta2-m2*beta2)/(1-m2*beta);
kappa = (1-theta)*(1-beta*theta)/theta;
s1 = (alfa*(1-my-ypsilon)+X-1)/X;
s2 = (1-alfa)*(1-my-ypsilon)/X;
qhtoY = gamma*ypsilon/(X*(1-gammae));
btoY = beta*m*qhtoY;
qh2toY = j*s2/(1-beta2-m2*(beta-beta2-j*(1-beta)));
c1toY = s1+(1-beta)*(m*qhtoY+m2*qh2toY);
qh1toY = j/(1-beta)*c1toY;
htoh1 = qhtoY/qh1toY;
h2toh1 = qh2toY/qh1toY;
b2toY = j*beta*m2/(1-beta2-m2*(beta-beta2)+j*m2*(1-beta))*s2;
c2toY = s2*(1-beta2-m2*(beta-beta2))/(1-beta2-m2*(beta-beta2)
+j*m2*(1-beta));
ctoY = (my+ypsilon-delta*gamma*my/(1-gamma*(1-delta))
-(1-beta)*m*X*qhtoY)/X;
ItoY = 1-ctoY-c1toY-c2toY;
jota = (1-beta)*htoh1;

```

```

jota2 = (1-beta)*h2toh1;
R = 1/beta;

// Model equations
model(linear);
Yhat = ctoY*chat+c1toY*c1hat+c2toY*c2hat+ItoY*Ihat;
c1hat = c1hat(+1)-rrhat;
Ihat = Khat(-1)+gamma*(Ihat(+1)-Khat)+(1-gamma*(1-delta))*(Yhat(+1)
-Xhat(+1)-Khat)/(psi)+(chat-chat(+1))/(psi);
qhat = gammae*qhat(+1)+(1-gammae)*(Yhat(+1)-Xhat(+1)-hhat)
-m*beta*rrhat-(1-m*beta)*(chat(+1)-chat)-fie*(hhat-hhat(-1)
-gamma*(hhat(+1)-hhat));
qhat = gammah*qhat(+1)+(1-gammah)*(jhat-h2hat)-m2*beta*rrhat
+(1-m2*beta)*(c2hat-omega*c2hat(+1))
-fih*(h2hat-h2hat(-1)-beta2*(h2hat(+1)-h2hat));
qhat = beta*qhat(+1)+(1-beta)*jhat+jota*hhat+jota2*h2hat+c1hat
-beta*c1hat(+1)+fih*(htoh1*(hhat-hhat(-1))+h2toh1*(h2hat
-h2hat(-1))-beta*htoh1*(hhat(+1)-hhat)-beta*h2toh1*(h2hat(+1)
-h2hat));
bhat = qhat(+1)+hhat-rrhat;
b2hat = qhat(+1)+h2hat-rrhat;
Yhat = eta*(Ahat+ypsilon*hhat(-1)+my*Khat(-1))/(eta-(1-ypsilon-my))
-(1-ypsilon-my)*(Xhat+alfa*c1hat+(1-alfa)*c2hat)/(eta
-(1-ypsilon-my));
pihat = beta*pihat(+1)-kappa*Xhat+uhat;
Khat = delta*Ihat+(1-delta)*Khat(-1);
btoY*bhat = ctoY*chat+qhtoY*(hhat-hhat(-1))+ItoY*Ihat+R*btoY
*(Rhat(-1)+bhat(-1)-pihat) -(1-s1-s2)*(Yhat-Xhat);
b2toY*b2hat = c2toY*c2hat+qh2toY*(h2hat-h2hat(-1))+R*b2toY*(b2hat(-1)
+Rhat(-1)-pihat)-s2*(Yhat-Xhat);
Rhat = (1-rR)*(1+rpi)*pihat(-1)+rY*(1-rR)*Yhat(-1)
+rR*Rhat(-1)+eRhat;

// Defined variable(s)
rrhat = Rhat-pihat(+1);

// equations for variables with exogenous AR(1)-dynamics
jhat = rhoj*jhat(-1)+ejhat; uhat = rhou*uhat(-1)+euhat;
Ahat = rhoA*Ahat(-1)+eAhat;
end;

```

```
// End of model block

// calculation of steady state (egentlig ligegyldigt for lineær model)
steady;
check;

shocks;
var eRhat;
stderr sigmaR;
var euhat;
stderr sigmau;
var ejhat;
stderr sigmaj;
var eAhat;
stderr sigmaA;

end;
stoch_simul(irf=0) Rhat pihat qhat Yhat Ihat;
```

B Dynare output

```
>> addpath /usr/share/dynare/matlab
>> dynare iacoviello_aer
Configuring Dynare ...
[mex] Generalized QZ.
[mex] Sylvester equation solution.
[mex] Kronecker products.
[mex] Sparse kronecker products.
[mex] Local state space iteration (second order).
[mex] Bytecode evaluation. [mex] k-order perturbation solver.
[mex] k-order solution simulation.
[mex] Quasi Monte-Carlo sequence (Sobol).
[no] Markov Switching SBVAR.

Starting Dynare (version 4.3.2).
Starting preprocessing of the model file ...
Found 18 equation(s). Evaluating expressions...done
Computing static model derivatives:
  - order 1
Computing dynamic model derivatives:
  - order 1
  - order 2
Processing outputs ...done
Preprocessing completed.
Starting MATLAB/Octave computing.

Warning: Some of the parameters have no value (h1ss) when using
steady. If these parameters are not initialized in a steadystate
file , Dynare may not be able to solve the model...
> In test_for_deep_parameters_calibration at 46
  In steady at 33
  In iacoviello_aer at 305
  In dynare at 128

STEADY-STATE RESULTS:
Yhat          0
chat          0
c1hat        0
c2hat        0
```

Ihat	0
Khat	0
Xhat	0
qhat	0
bhat	0
b2hat	0
hhat	0
h2hat	0
pihat	0
Rhat	0
rrhat	0
jhat	0
Ahat	0
uhat	0

EIGENVALUES :

Modulus	Real	Imaginary
1.219e-16	-1.219e-16	0
2.082e-16	-2.082e-16	0
2.485e-09	-1.71e-16	2.485e-09
2.485e-09	-1.71e-16	-2.485e-09
0.03	0.03	0
0.4659	0.4659	0
0.59	0.59	0
0.7239	0.7239	0
0.85	0.85	0
0.8669	0.8669	0
0.9839	0.9839	0
1.011	1.011	0
1.02	1.02	0
1.044	1.044	0
1.253	1.243	0.1534
1.253	1.243	-0.1534
1.268	1.268	0
Inf	Inf	0
Inf	Inf	0
Inf	Inf	0
Inf	Inf	0

There are 10 eigenvalue(s) larger than 1 in modulus for 10

forward-looking variable(s)

The rank condition is verified.

Warning: Some of the parameters have no value (h1ss) when using stoch_simul. If these parameters are not initialized in a steadystate file, Dynare may not be able to solve the model...

> In test_for_deep_parameters_calibration at 46
 In stoch_simul at 22 In iacoviello_aer at 323
 In dynare at 128

MODEL SUMMARY

Number of variables: 18
Number of stochastic shocks: 4
Number of state variables: 11
Number of jumpers: 10
Number of static variables: 1

MATRIX OF COVARIANCE OF EXOGENOUS SHOCKS

Variables	ejhat	euhat	eAhat	eRhat
ejhat	619.512100	0.000000	0.000000	0.000000
euhat	0.000000	0.028900	0.000000	0.000000
eAhat	0.000000	0.000000	5.017600	0.000000
eRhat	0.000000	0.000000	0.000000	0.084100

POLICY AND TRANSITION FUNCTIONS

	Rhat	pihat	qhat	Yhat
Khat(-1)	0	-0.180374	0.051074	-0.109680
bhat(-1)	0	0.032223	0.062065	-0.444524
b2hat(-1)	0	-0.023170	0.050154	-0.046133
Rhat(-1)	0.730000	-0.394747	-1.193383	-3.394492
jhat(-1)	0	-0.002983	0.048734	0.026935
Ahat(-1)	0	-0.003391	0.004059	-0.000961
uhat(-1)	0	0.832199	-0.449207	-0.710929
Yhat(-1)	0.035100	-0.019416	-0.062776	-0.139623
hhat(-1)	0	-0.039517	-0.065769	0.498498
h2hat(-1)	0	0.042128	-0.091190	0.083879
pihat(-1)	0.342900	-0.189676	-0.613275	-1.364007

ejhat	0	-0.003509	0.057334	0.031688
euhat	0	1.410507	-0.761367	-1.204964
eAhat	0	-0.113044	0.135311	-0.032026
eRhat	1.000000	-0.553152	-1.788496	-3.977857

THEORETICAL MOMENTS

VARIABLE	MEAN	STD. DEV.	VARIANCE
Rhat	0.0000	0.3887	0.1511
pihat	0.0000	0.4533	0.2055
qhat	0.0000	2.6532	7.0394
Yhat	0.0000	1.9566	3.8282
Ihat	0.0000	4.6239	21.3806

VARIANCE DECOMPOSITION (in percent)

	ejhat	euhat	eAhat	eRhat
Rhat	7.99	12.05	9.23	70.73
pihat	15.67	33.90	32.09	18.33
qhat	89.39	1.92	3.73	4.96
Yhat	29.74	10.00	0.48	59.78
Ihat	71.13	2.05	1.56	25.26

MATRIX OF CORRELATIONS

Variables	Rhat	pihat	qhat	Yhat	Ihat
Rhat	1.0000	-0.1216	-0.2255	-0.7711	-0.4393
pihat	-0.1216	1.0000	-0.0927	-0.0773	-0.1127
qhat	-0.2255	-0.0927	1.0000	0.4462	0.7149
Yhat	-0.7711	-0.0773	0.4462	1.0000	0.8643
Ihat	-0.4393	-0.1127	0.7149	0.8643	1.0000

COEFFICIENTS OF AUTOCORRELATION

Order	1	2	3	4	5
Rhat	0.5451	0.3285	0.2203	0.1663	0.1394
pihat	0.3209	0.1855	0.1278	0.0994	0.0839
qhat	0.7999	0.6311	0.4928	0.3810	0.2911
Yhat	0.6643	0.4489	0.3053	0.2094	0.1455
Ihat	0.6459	0.4045	0.2406	0.1311	0.0597

Total computing time : 0h00m14s