

VÆKST I LANDE PÅ DEN TEKNOLOGISKE FRONTIER -

HAR UDVIKLINGEN I PATENTER INDELYDELSE HERPÅ?



US00RE40800E

(19) **United States**
 (12) **Reissued Patent**
 Smith

(54) **GPS AIRBORNE TARGET GEOLOCATING METHOD**

(75) Inventor: **Patrick Lawrence Smith**, Arroyo Grande, CA (US)

(73) Assignee: **The Aerospace Corporation**, El Segundo, CA (US)

(21) Appl. No.: **11/552,323**
 (22) Filed: **Oct. 24, 2006**

Related U.S. Patent Documents

Reissue of:
 (64) Patent No.: **6,535,816**
 Issued: **Mar. 18, 2003**
 Appl. No.: **10/166,525**
 Filed: **Jun. 10, 2002**

U.S. Applications:
 (62) Division of application No. 11/084,867, filed on Mar. 18, 2005, now Pat. No. Re. 39,620.

(51) **Int. Cl.**
G01C 21/00 (2006.01)

(52) **U.S. Cl.** **701/213; 701/207; 701/214; 701/215; 701/222**

(10) **Patent Number:** **US RE40,800 E**
 (45) **Date of Reissued Patent:** **Jun. 23, 2009**

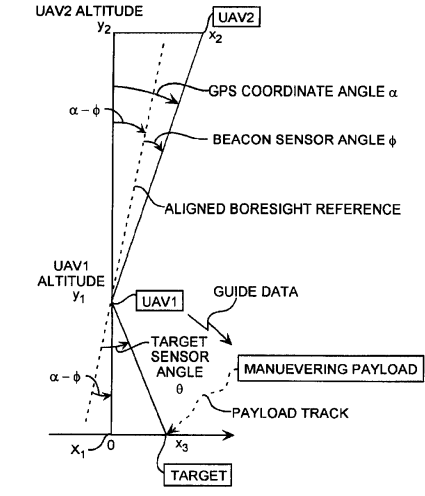
(58) **Field of Classification Search** 701/207, 701/213, 214, 215, 222, 225, 200, 205, 206; 73/17 BR; 33/300, 304, 313; 342/385, 386, 342/149, 152, 387, 357.01, 357.12
 See application file for complete search history.

(56) **References Cited**
U.S. PATENT DOCUMENTS
 6,118,402 A 9/2000 Küpfer 342/149
 6,269,306 B1 7/2001 Ibrahim et al. 701/214
 6,353,412 B1 3/2002 Soliman 342/387

Primary Examiner—Richard M. Camby
 (74) *Attorney, Agent, or Firm*—Woodcock Washburn LLP

(57) **ABSTRACT**
 A geolocation method is applied for accurate targeting of a target using an airborne beacon as a pseudo star generated by a high altitude vehicle, and using optical sensors by a low altitude vehicle for imaging the beacon and target for generating accurate relative GPS positioning of the target for improved the geolocation of the target preferably for precise delivery of a payload to the target. The method is applicable to military and civilian needs for accurate delivery of a payload to a target, such as for precise delivery of humanitarian aid or weapon munitions.

22 Claims, 3 Drawing Sheets



TWO DIMENSIONAL ALIGNED BORESIGHT GEOMETRY

Anna E. M. Jakobsen & Mads D. Nielsen

Cand.oecon speciale, Aalborg universitet, 2009

Titel: *Vækst i lande på den teknologiske frontier – har udviklingen i patenter indflydelse herpå?*

Title: *Growth in countries on the technological frontier – is it affected by development in patents?*

Vejleder: Jørgen Drud Hansen

Afleveret den _____

Udarbejdet af:

Anna E. M. Jakobsen _____

Mads D. Nielsen _____

Oplag: 5

Datasæt og filer samt yderligere information kan erhverves ved henvendelse til:

aemj@mail.dk

Forord

Dette speciale er skrevet ved kandidatuddannelsen cand.oecon i makroøkonomi og økonomisk politik på Aalborg Universitet. Vi har valgt at arbejde med neoklassisk vækstteori, da kurser i dette på cand.oecon uddannelsen hurtigt fangede vores interesse.

Specialet er blevet til i tæt samarbejde med vejleder Jørgen Drud Hansen, der har været yderst hjælpsom og tålmodig. Vi vil gerne sige tak for den konstruktive kritik samt de altid brugbare kommentarer og feedback.

Projektet er opdelt i tre ansvarsområder: Vi har fælles ansvar for kapitel 1 og 6 samt afsnit 5.5 og 5.6. Mads har hovedansvaret for kapitel 2 og 3. Anna har hovedansvaret for kapitel 4 og 5 med undtagelse af ovenstående afsnit 5.5 og 5.6. Derudover har hun hovedansvaret for datasættet og alle de tilhørende filer samt appendiks 1, 2 og 3.

God læselyst!

Mads og Anna

Abstract

We set out to investigate whether the long-run growth rate in countries on the technological frontier can be explained by the Romer (1990) equation for development in patents. Our investigation is motivated by the ongoing empirical discussions of determinants of growth in the literature of neoclassical growth theory. For many years, researchers have taken technological progress to lie at the heart of long-run growth as shown by Solow (1956). However, an issue with empirical growth regressions is whether it is possible to capture variations in growth rates in a single model for most countries in the world as done by many researchers. We handle this issue by focusing on endogenous growth theories as researchers have begun to do in recent years. We argue that an endogenous explanation of technological progress suits a certain group of countries; especially countries on the technological frontier. With the help of Sachs' (2000) five economical categories, we identify the countries on the technological frontier as high-income OECD countries.

The theoretical foundation of our investigation is the micro founded endogenous growth model authored by Romer (1990). Our structural model is based on Romer's equation of technological progress. The equation uses the domestic stock of patents and human capital used in research to determine the development in patents. We do not explicitly use Romer's point of view regarding the assumptions as to the linearity of the equation as we also look towards Jones' (2002) modification of the Romer equation. We argue that the main difference between these two models is Jones' (2002) belief in the conclusions of the Solow model in which long-run growth is determined by the growth rate of the population. However, our model does not restrict itself to anyone belief, we let the estimation speak.

The estimation of our empirical model is inspired by Luintel & Khan (2005) who uses triadic patent families as the proxy for technological progress. This is done since these patents are assumed to be the most innovative. Our estimation uses a new set of data for high income OECD countries from 1987 to 2004 with OECD as the only source of data. The estimation method is chosen to be the fixed effects panel data method assuming that countries have unobservable information re-

garding technological progress which cannot directly be measured by the stock of patents and human capital used in research. Our data show some country variations in the productivity measured as number of patents per researcher as well as an increase in patent filings in the second half of the 1990s. These findings correspond to country differences in industry production and the TRIPs agreement of increased protection of intellectual property rights.

Our results for the structural model support Jones' (2002) conclusion as the elasticity of the stock of patents in the development of patents is clearly below one as argued by Romer (1990). The same is true for the elasticity of human capital used in research in the development of patents. Thus our findings support that long-run growth is determined by the growth in the population similar to the conclusions of the Solow model.

Especially, we find that the elasticity of the stock of patents is 0.464 and the elasticity of the human capital used in research is 0.417. Our results are improved by including a dummy variable for the time period 1994 to 2000 as a proxy for the introduction of the personal computer and the TRIPs agreement. Furthermore, we find that R & D expenditures have a positive effect on the development of patents. However, the model is not improved by this inclusion. On the contrary to Porter & Stern (2000) and Luintel & Khan (2005), we find the effect of the foreign stock of patents to be insignificant. Additionally we test the model by excluding different countries and by using different time periods. We conclude that these tests do not significantly affect the results of our model.

Since our conclusion supports Jones' (2002) conclusions regarding the determination of long-run growth, we have to support Jones' (2002) conclusion regarding policy evaluations in general as Jones (2002) states that the effects of policies only have a level effect. However we conclude that it is possible to affect the level of technology by conducting certain economic policies such as increasing R & D expenditures.

Indholdsfortegnelse

1. Udviklingen i vækstundersøgelser	7
1.1. Sachs' fem vækst kategorier	8
1.2. Problemformulering	10
1.3. Romer-modellens hovedpunkter	11
1.4. Besvarelse af problemformuleringen	12
2. Vækstteoriens udvikling	14
2.1. Neoklassisk vækstteori	14
2.1.1 Solow-modellen	14
2.1.2. Solow-modellens konklusioner	16
2.2. Endogen vækstteori	17
2.2.1. Endogen vækst via et makroøkonomisk fundament	18
2.2.2. Endogen vækst via et mikroøkonomisk fundament	20
2.2.3. Vertikal innovation	20
2.2.4. Horisontal innovation	21
3. Produktion af viden i Romer-modellen	22
3.1. Modellens forudsætninger	22
3.2. Nonrival og excludability	25
3.3. En kort gennemgang af Romer-modellen	32
3.3.1. Researchsektoren	33
3.3.2. Kapitalgodesektoren	35
3.3.3. Forbrugsgodesektoren	36
3.4. Diskussion af den 1. Sektor, researchsektoren	36
3.5. Udviklingen i patenter	39
3.6. Vedvarende vækst i Romer- og Jones-modellen	40
3.7. Vækstbestemmelse i Romer-modellen	42
3.8. Romer-modellens konklusioner	43
4. Vækstundersøgelsesernes udvikling	46
4.1. En formel vækstregression	47
4.2. En uformel vækstregression	49
4.3. Vækstundersøgelserne mangler	50
4.4. Endogene vækstundersøgelser	53
4.4.1. Nytænkende bidrag	54
5. Undersøgelse af vidensproduktion i udviklede lande	58
5.1. Data	58
5.1.1 Patenter som proxy for viden	60
5.1.2 Researchers som proxy for humankapital	64
5.1.3. Kontrolvariable	65
5.2. Dataoversigt	67
5.2.1. Udviklingen i viden over tid	73
5.2.2. Diskussion af heterogenitet mellem landene	75
5.3. Estimation via paneldata	81
5.3.1. Random Effects	87
5.3.2. Uobserverbar heterogenitet	88
5.3.3. Fixed Effects	90
5.3.4. Valg af estimationsmetode	92
5.4. Modelspecifikation for vidensproduktion	92
5.5. Tidsforskydninger i modelspecifikationen	95

5.6. Modellens resultater.....	98
5.6.1. Den strukturelle model.....	99
5.6.2. Test af den strukturelle model.....	102
6. Konklusion	108
Appendiks	115
Litteraturliste	119

1. Udviklingen i vækstundersøgelser

Siden 1980'erne er der opstået en retning inden for empirisk økonomi, der beskæftiger sig med undersøgelser af vækst ud fra et ad-hoc perspektiv. Ifølge Temple (1999) har denne retning har sit udspring i den neoklassiske vækstteori og undersøger oftest efterkrigstidens vækst. Dette sker ud fra en undren over, hvorfor nogle lande er på et højere udviklingstrin end andre lande. Ofte anvendes Solow-modellen som først beskrevet af Solow (1956) som base for de empiriske undersøgelser. Det skal ses i den sammenhæng, at Solow-modellen har en veldefineret beskrivelse af konvergens mellem fattige og rige lande. Til gengæld finder Solow-modellen, at det i sidste ende er den teknologiske udvikling, der kan beskrive den vedvarende vækst.

Generelt er der inden for denne gren af empirisk vækstteori en konsensus om, at der er en lang række af variable, der har indflydelse på væksten samt eksistensen af konvergens imellem de forskellige lande. Men en manglende gennemsigthed i valget af variable har skabt udfordringer for denne empiriske side af vækstteorien.

Levine og Renelt (1992) argumenterer i deres artikel "*A sensitivity analysis of cross-country growth regressions*" fra 1992 for at:

"There does not exist a consensus theoretical framework to guide empirical work on growth,..."

De siger endvidere:

"Given that over 50 variables have been found to be significantly correlated with growth in at least one regression, readers may be uncertain as to the confidence they should place in the findings of any one study."

Levine & Renelt (1992, side 943, 942)

Kernen i denne retning af empirisk vækstteori er, at undersøgelserne som nævnt mangler struktur i forklaringen af vækst. Nogle artikler undersøger betydningen af politiske og institutionelle faktorer, og deres betydning for konvergens landene imellem, mens andre artikler undersøger betydningen af investeringer og

humankapital. Generelt for dem alle er, at de anvender et datasæt for de fleste af verdens lande, samt at de anvender den økonometriske metode *ordinary least squares*, OLS, til at analysere diverse problemstillinger og hypoteser.

For os at se ville det være vanskeligt for os at bidrage med originalitet, såfremt vi skulle lave en tilsvarende vækstundersøgelse, da området efter vores mening er yderst veldokumenteret.

I takt med at de endogene vækstteorier er blevet udbygget, er der sket et skift indenfor empirisk vækstteori hen imod disse endogene undersøgelser. Således findes der efterhånden flere artikler, der beskæftiger sig med betydningen af den teknologiske udvikling i forhold til den vedvarende vækst.

Mulighederne i de endogene vækstundersøgelser er, at:

- De endogene vækstteorier ligger op til, at man fokusere på et udvalg af lande frem for at se på et bredt udsnit af mange forskellige lande.
- De endogene vækstteorier ligger op til, at man undersøger vækst igennem en strukturel undersøgelse af den teknologiske udvikling.

1.1. Sachs' fem vækst kategorier

Sachs (2000) mener, at vækst er så komplekst et emne, at man ikke nødvendigvis kan lave en generel beskrivelse af vækst for verdens lande i én model. Derfor opstiller Sachs (2000) fem kategorier til inddeling af verdens lande ud fra økonomiske kriterier.

Sachs (2000) skriver i sin artikel: "*Globalization and patterns of economic development*":

"In this article I will describe five different patterns of development, and illustrate how each is related to the underlying geography, economic policies, and resource endowments of a country." Sachs (2000, side 581)

Vi har opstillet Sachs' (2000) kategorier i nedenstående tabel:

Tabel 1

Kategori	Kriterium	Karakteristika
Endogen vækst	Der er registreret mindst 10 patenter i USA per million indbyggere i landet i 1995	Økonomisk vækst genereret af teknologisk udvikling
Catching-up vækst	Eksporten af: maskiner, transport samt diverse produktions sektorer udgør mindst 5 % af BNP i 1995, og er ikke klassificeret som endogen vækst økonomi	Økonomisk vækst genereret af spredning af teknologi og kapital fra den endogene vækst-økonomi
Ressourcebaseret vækst	Eksporten af naturressourcer udgør mindst 10 % af BNP i 1995, og er ikke klassificeret som en af de ovenstående	Økonomisk vækst genereret af eksport af naturressourcer
Malthusian decline	Den totale fertilitetsrate er større end eller lig 4,0 i 1995, og er ikke klassificeret som en af de ovenstående	Faldende per capita indkomst på grund af høj fertilitet
Økonomisk isolation	Det pågældende land er landlocked, og er ikke klassificeret som en af de ovenstående	Økonomisk stagnation forårsaget af fysisk eller politisk tvungen isolation

Kilde: Sachs (2000) med direkte oversættelse fra engelsk til dansk.

Hvis man ser på denne model ud fra et teoretisk perspektiv, vil det være muligt at tilknytte forskellige teoretiske modeller til hver kategori. For de økonomier, der placeres i kategorien med økonomisk *catching-up* vækst, vil en Solow-model måske kunne tænkes at være en passende beskrivelse i den forstand, at den teknologiske udvikling kommer udefra. I forhold til en simpel Solow-model er der dog tilføjet relationer, der specificerer, hvordan disse lande absorberer teknologien fra lande på den teknologiske frontier. Set fra et teoretisk perspektiv optimerer landene med *catching-up* vækst altså deres indkomst ved hjælp af kapitalakkumulering givet det eksisterende niveau af teknologi.

Ses der på lande i kategorien med endogen vækst, må det være tilfældet, at disse landes vækst ikke længere er drevet af kapitalakkumulering og eksogent givet teknologi. For disse lande skabes den vedvarende vækst netop igennem akkumulering af teknologi og viden. Landene kan ses som værende på den teknologiske frontier. Det vil altså sige, at man kan knytte endogene vækstteorier til denne kategori. Den vedvarende vækst i Solow-modellen skabes som bekendt igennem væksten i teknologien. Det vil derfor sige, at det er væsentligt for de lande i kate-

gorien med endogen vækst at opretholde den vedvarende vækst for at disse lande dermed måske i sidste ende at være med til at opretholde væksten i landene med *catching-up*.

1.2. Problemformulering

Som det ses af ovenstående, er litteraturen, såvel den teoretiske som den empiriske gået i retning af endogen bestemmelse af økonomisk vækst. Derfor er det for os interessant at lave en undersøgelse af landene på den teknologiske frontier. Det skal også ses i sammenhæng med, at de lande, der er i kategorien med *catching-up* vækst, kunne være beskrevet af en Solow-model. Dermed kunne væksten i denne kategori i sidste ende være afhængig af væksten i de lande, der er i kategorien med endogen vækst. Derfor er det relevant at se på en produktionsfunktion for teknologi frem for en produktionsfunktion for outputtet målt ved BNP.

Både Romer (1990) og Dernis et al. (2001) mener, at patenter er et godt mål for den teknologiske udvikling. Dernis et al. (2001) skriver, at:

”Among the few available indicators of technology output, patent-based indicators are probably the most frequently used.....the close relationship between patents and innovative output is widely recognised....”

Dernis et al. (2001, side 130)

Endvidere peger både Romer (1990) og Jones (1995) på, at både beholdningen af patenter samt ressourcer afsat til R & D i form af humankapital anvendt i research er de centrale determinanter i forhold til den teknologiske udvikling. Derfor opstiller vi følgende problemformulering:

Kan vedvarende vækst i lande på den teknologiske frontier forklares ved Romers ligning for udviklingen i patenter?

I dette spørgsmål ligger en undersøgelse af vækst i et endogent perspektiv, sådan at vækst undersøges igennem endogen vækstteori og gennem forklaringen af, hvordan teknologisk udvikling skabes.

En udgave af, hvordan teknologisk udvikling skabes, er beskrevet af Romer (1990) i: ”*Endogenous technological change*”. Vi ønsker derfor at undersøge det opstillede problem gennem den model, som Romer (1990) opstiller for teknologisk udvikling; også kaldet vidensproduktion.

Vi vælger højindkomst-OECD lande¹ til at beskrive lande på den teknologiske frontier, fordi disse lande ses som de mest udviklede lande i verden.

Undersøgelsen af vækst foretages empirisk igennem en strukturel model for Romers ligning for udviklingen i patenter. Det vil sige, at vi anvender et datasæt indeholdende højindkomst-OECD landene målt i en årrække for de faktorer, som har betydning for den teknologiske udvikling ifølge Romer (1990) og endvidere af Jones (1995).

1.3. Romer-modellens hovedpunkter

Romer (1990) udarbejder en model, hvor den vedvarende økonomiske vækst skabes endogent i modellen. Dette sker igennem en model med et mikroøkonomisk fundament med tre sektorer. Specielt er vi interesseret i sektoren, der producerer viden og teknologi, som Romer (1990) måler via patenter. I det nedenstående er en beskrivelse af modellen med det formål at give læseren en kort introduktion til modellen.

Opfindelser skabes i researchsektoren. Disse opfindelser kaldes også for ny viden i form af et design. Denne viden eller design, udtrykt ved et patent, bliver solgt til kapitalgodesektoren, som via patentet har monopol på det givne design. I kapitalgodesektoren skabes kapitalgoder, der lejes ud til forbrugsgodesektoren. Denne sektor skaber forbrugsgoder ved hjælp af kapitalgoderne, arbejdskraft samt humankapital anvendt til produktion af forbrugsgoder. I researchsektoren udtrykker

¹ Australien, Belgien, Canada, Danmark, Finland, Frankrig, Grækenland, Holland, Island, Irland, Italien, Japan, Luxembourg, New Zealand, Norge, Portugal, Schweiz, Slovakiet, Spanien, Storbritannien, Sverige, Sydkorea, Tjekkiet, Tyskland, Ungarn, USA, Østrig. (Verdensbanken, 2009)

Romer (1990) altså udviklingen af viden gennem en produktionsfunktion for udviklingen i viden.

1.4 Besvarelse af problemformuleringen

Den teoretiske del af projektet leder til en forståelse af Romer (1990) gennem udviklingen i vækstteorien. For at forstå Romers teoretiske bidrag til den endogene vækstteori ser vi på udviklingen i neoklassisk vækstteori tilbage fra Solow (1956). Efter Solow-modellen fokuserer vi på endogene modeller for at få en forståelse af, hvilke endogene bidrag Romer (1990) bygger sin model på (herefter Romer-modellen). Solow-modellen er vigtig at have med som referenceramme til de endogene modeller, da Solow-modellen opstiller en ramme for, hvordan de eksogene vækstmodeller generelt griber vidensproduktion an. Vi afslutter den teoretiske del med en diskussion af Romer-modellens konklusioner i forhold til Jones-modellens konklusioner med specielt fokus på ligningen for vidensproduktion.

Den empiriske del af projektet skal hjælpe os med at specificere Romers ligning for vidensproduktion, så den kan estimeres; altså undersøges empirisk. Vi opstiller også det datasæt, som, vi ønsker, skal fokusere på lande på den teknologiske frontier, og finder variable, der bedst understøtter de faktorer, som Romer (1990) inkluderer i sin ligning. Den empiriske del starter med en gennemgang af den empiriske udvikling i neoklassiske vækstundersøgelser. Som i den teoretiske del starter vi med at diskutere vækstundersøgelser, der baserer sig på Solow-modellens principper. Denne gennemgang giver os en forståelse af, hvordan man startede med at udføre empiriske vækstundersøgelser, hvis metoder stadig anvendes i dag. Herefter ser vi på de endogene vækstundersøgelser for at følge samme metode som anvendt i teorien og ender med en diskussion af to af de endogene vidensproduktionsundersøgelser for at forstå, hvordan disse er udført. Denne gennemgang af empiriske undersøgelser giver os også inspiration til, hvordan vi skal udføre vores undersøgelse af vidensproduktion og dermed besvare problemformuleringen.

Den endelige undersøgelse af de empiriske resultater foregår i analysen af de resultater, som fremkommer for den model, vi specificerer efter Romers og Jones' ligning for vidensproduktion med vores eget datasæt, og estimationsmetoder inspireret af tidligere undersøgelser.

Vi har lagt vægt på følgende i projektet og adskiller os til dels fra andre undersøgelser på følgende punkter:

- Vores empiriske undersøgelse understøttes af et detaljeret teoretisk fundament
- Vi fokuserer helt *bevidst* på en undersøgelse af lande på den teknologiske frontier ved hjælp af Sachs (2000)
- Vi indsamler vores eget datasæt ud fra specifikke krav til kilden
- Vores undersøgelse fokuserer til dels på en ny tidsperiode
- Vi gør specifikke valg i forhold til tidsangivelsen i specifikationen af den empiriske model

Projektet er struktureret fremover, så kapitel 2 indeholder en diskussion af vækstteoriens udvikling med fokus på de endogene vækstteorier. Kapitel 3 indbefatter en diskussion og gennemgang af Romer (1990) med fokus på Romers og Jones' ligning for vidensproduktionen. Kapitel 4 giver en diskussion af vækstundersøgernes udvikling de sidste 30 år. I kapitel 5 forklares datasættet, den estimationsmetode vi anvender, specifikationen af den empiriske model, som vi vælger, samt resultaterne for vores model. Kapitel 6 konkluderer på problemformuleringen.

2. Vækstteoriens udvikling

For at forstå hvorfor vi vælger at anvende Romer (1990) til vores analyse vil vi til at se på hvilke bidrag Romer modellen bygger på og hva-d Romers teoretiske fundament var da han skrev sin artikel "*Endogenous technological change*". Vi vil også til at diskutere tidligere vækstmodeller for bedre at forstå hvor det er Romer modellen skiller sig ud og hvad det er der gør Romer (1990) interessant i forhold til vores problemstilling. Vi vil derfor i det følgende give en kort redegørelse for andre bidrag indenfor området.

2.1. Neoklassisk vækstteori

Inden for den neoklassiske vækstteori findes en lang række af bidrag; det er blandt andet Diamond-modellen, andre modeller i både diskret og kontinuert tid, med og uden nyttemaksimerende agenter. Men et af de mere centrale bidrag er efter vores mening Solow-modellen; denne er blevet fortolket i flere forskellige lærebøger. Den er desuden anvendt som basis for en række af videreudviklinger af forskellig art samt som basis for en række endogene vækstmodeller.

2.1.1 Solow-modellen

Det Solow (1956) gerne vil med sin model fra artiklen "*A Contribution to the Theory of Economic Growth*" fra 1956 er at komme med et bidrag til den økonomiske vækstteori. I særdeleshed beskæftiger han sig med, hvorledes mindre økonomiske velstillede lande kommer op på niveau med lande, der er bedre økonomisk stillede. Dette gør han ved at undersøge, om og hvorledes fattige lande konvergerer mod de rige lande i BNP vækst. I det følgende anvendes David Romers (2001) fremstilling af Solows model. Solow-modellen (1956) opstiller en Neoklassisk vækstmodel, der er bygget på et makroøkonomisk fundament. I Solow-modellen indgår faktorer som kapital K , arbejdskraft L og teknologi A . Af disse faktorer er arbejdskraft og teknologi eksogent bestemt ved henholdsvis væksten i befolkningen n og en faktor g for den teknologiske vækst. Det sidste input, kapital, er endogent bestemt i modellen. David Romer (2001) bruger en del tid på at analysere dynamikken i kapitalen for dermed at analysere dynamikken i Solow-modellen. David Romer (2001) kommer frem til at modellen er i ligevægt, der hvor der er ligevægt i kapitalapparatet K . Dette sker dér, hvor de faktiske investe-

ringer er lig afskrivningerne, væksten i befolkningen og væksten i teknologien. Grunden til, at de to sidste faktorer skal med sammen med afskrivningerne, hænger sammen med at Solow (1956) udleder modellen i et format, hvor han ser på outputtet per effektiv arbejder, altså: $f(k) \equiv (K/AL, 1)$, hvor $f(k)$ er outputtet per effektivarbejder. Solow-modellen bruger begrebet effektiv arbejder i den sammenhæng, at der menes, at teknologien A kan ses som en form for produktivitet.

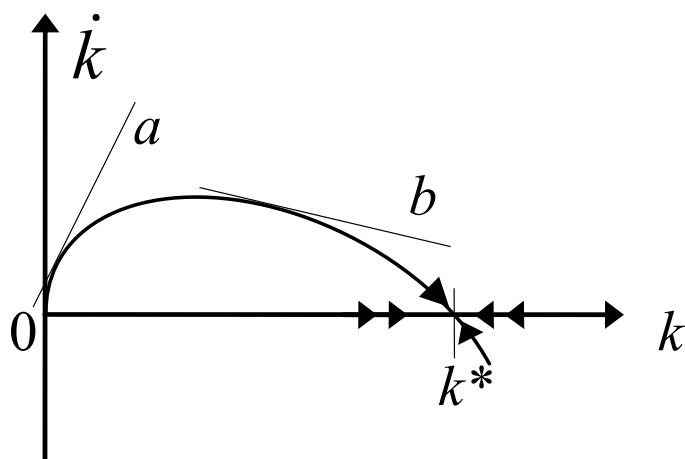
Ligevægten i økonomien kan beskrives ved Solows fundamentale ligning; $\dot{k}(t) = sf(k(t)) - (n + g + \delta)k(t)$. Her er $\dot{k}(t)$ udviklingen i kapitalapparatet over tid per effektiv arbejder $sf(k(t))$ er de faktiske investeringer, hvor s er opsparings- eller investeringskvotienten, hvorfra der som nævnt fratrækkes afskrivninger mv. fra det eksisterende kapitalapparat. Solow-modellen kommer frem til at desto større kapitalapparatet bliver, desto større bliver afskrivningerne. Dermed vil økonomien ifølge David Romer (2001) konvergerer mod ligevægten i k^* , der også benævnes *the balanced growth path*.

Af den fundamentale ligning ses, såfremt der sker en ændring i opsparingskvotienten, kan det være med til at ændre $\dot{k}(t)$ positivt. Det påvirker ifølge David Romer (2001) opsparingen så, den permanent vil være på et højere niveau. Kapitalapparatet per effektiv arbejder vil ligeledes konvergere mod et højere niveau. Væksten i outputtet per arbejder vil også konvergere mod et højere niveau. Vækstraten i outputtet per arbejder vil derimod først stige for derefter at konvergere mod det oprindelige niveau, og det samme vil være gældende for udviklingen i kapitalapparatet per effektivarbejder $\dot{k}(t)$.

Alt i alt kommer Solow-modellen altså frem til, at en ændring i opsparingskvotienten udelukkende har en niveaueffekt på outputtet og ingen permanent effekt på vækstraten. David Romer (2001) skriver derfor, at ved *the balanced growth path* er k lig k^* , og at økonomien her er i ligevægt. Det er antaget, at befolkningen vokser med n , og teknologien vokser med g , og når k er konstant må outputtet per arbejder dermed vokse med $g + n$. Det vil altså sige at Solow-modellen konkluderer at det er teknologien og befolkningstilvæksten, der kan skabe vedvarende vækst.

Men Solow-modellen er derudover interesseret i, hvorledes de fattige lande konvergerer mod de rige landes indkomstniveau. Dette er bedst forklaret ved nedenstående figur. Det er klart, at kapitalapparatet vokser hurtigst når det er mindre, hvilket vil sige tæt ved nul, illustreret ved hældningskoefficienten af tangent a . Jo tættere kapitalapparatet kommer på k^* jo langsommere vokser kapitalapparatet, her illustreret ved hældningskoefficienten af tangent b . Solow (1956) siger altså, at fattige landes output vil vokse hurtigere, og jo tættere landet kommer *the balanced growth path*, jo mere vil væksten i outputtet per effektiv arbejder aftage. På selve *the balanced growth path* vil vækstraten i økonomien være lig væksten i de eksogene parametre n og g , væksten i henholdsvis befolkningen og teknologien.

Figur 1



2.1.2. Solow-modellens konklusioner

Solow-modellen kommer frem til, at opsparingen kan være med til at ændre niveauet af outputtet. Vi har også i det ovenstående set, at økonomien i modellen konvergerer mod en *balanced growth path*, og at Solow-modellen kommer frem til at lande der er langt fra *the balanced growth path* vokser hurtigere i kraft af større kapitalakkumulering, således at fattige lande også på sigt vil konvergere mod *the balanced growth path*. Til gengæld kommer Solow-modellen frem til at dét der skaber vedvarende vækst i modellen er væksten i teknologien og befolkningen, og dermed er den vedvarende vækst i Solow-modellen eksogent givet.

2.2. Endogen vækstteori

David Romer (2001) udtrykker hvad han anser som værende problemstillingen ved neo-klassiske vækstmodeller i sin bog *Advanced Macroeconomics*. Han siger i indledningen til kapitlet om *New growth theory*:

"The models we have seen so far do not provide satisfying answers to our central questions about economic growth. The models' principal result is a negative one: if capital's earnings reflect its contribution to output and if its share in total income is modest, then capital accumulation cannot account for a large part of either long-run growth or cross-country income differences. And the only determinant of income in the models other than capital is a mystery variable, the "effectiveness of labor" (A), whose exact meaning is not specified and whose behaviour is taken as exogenous."
David Romer (2001, side 98)

De modeller David Romer (2001) her omtaler er Solow, Ramsey-Cass-Koopmans og Diamond-modellen. De to sidste er udbygninger af Solow-modellen. Ramsey-Cass-Koopmans modellen behandler desuden nytteoptimeringen hos den repræsentative agent som en del af forklaringen på udviklingen af kapitalapparatet. Diamond-modellen anvender ligeledes nytteoptimering til at forklare kapitalapparatet, men denne model er i modsætning til Solow og Ramsey-Cass-Koopmans modellerne opført i diskret tid. Som David Romer (2001) siger, er teknologi og arbejdskraft behandlet eksogent i modellerne og kapitalapparatet er derfor den eneste endogene variabel der kan forklare vækst.

Som det i ovenstående ses i diskussionen af Solow-modellen forklarer ændringer i kapitalapparatet ændringer i niveauet, og ikke den vedvarende vækst, det samme gør sig gældende for Ramsey-Cass-Koopmans og Diamond modellerne. Det har affødt den gren af forskere der analyserer den økonomiske vækst ved, specielt at behandle akkumuleringen af viden eller teknologi, samt humankapital endogent i deres respektive modeller.

I dette afsnit vil vi se på *AK-modellen* der har influeret Paul M. Romer i opbygningen af sin artikel "*Endogenous Technological Change*". I *AK-modellen*, antages det at teknologien A afhænger af kapital per arbejder L .

2.2.1. Endogen vækst via et makroøkonomisk fundament

AK-modellen er i modsætning til Solow modellen *capital argumenting*, det vil sige at teknologien A er knyttet til kapitalapparatet. I Solow-modellen vil man ved læsning af David Romer (2001) se at teknologien er knyttet til arbejdskraften. Dermed blev teknologien gjort eksogen. I *AK-modellen* er teknologien ifølge Jones (2002) afhængig af kapitalapparatet, der er endogent bestemt i modellen, og dermed er teknologien ligeledes endogent bestemt i modellen. Ifølge Jones (2002) er den vedvarende vækst i *AK-modellen* skabt af en linearitet på grund af antagelsen om, at befolkningsvæksten er lig nul. Det betyder at den fundamentale ligning ser således ud:

$$\dot{K} = sAK^\alpha - \delta K, \alpha = 1$$

hvor δ er lig afskrivningerne på kapital, s er opsparingskvotienten, der bestemmer de faktiske investeringer. Det faktum, at befolkningstilvæksten er lig nul, er ensbetydende med, at ligningen for befolkningen ser således ud; $L(t) = L_0 e^{n(t)}$, $n = 0 \Leftrightarrow L_0 e^{0(t)} = L_0$ og dermed er n ikke med. Såfremt vi antager, at $\alpha = 1$ er betydningen af denne ligning, at udviklingen i kapitalapparatet $\dot{K}$ ikke vil konvergere mod nul, som det er tilfældet i Solow modellen, idet ligningen for $\dot{K}$ er lineær. Til gengæld er det stadig antaget, at udviklingen i teknologien A er eksogent givet ved; $\dot{A} = gA$. Det vil sige, at *AK* modellen godt nok har vedvarende vækst, men udviklingen i teknologien er stadig eksogent givet. Dermed er *AK-modellen* ikke kommet så meget længere end Solow modellen.

Ser vi på den ovenstående endogene model i forhold til vores problemstilling, vil denne ikke være brugbar, idet den endogene vækst stadig i stor grad afhænger af kapitalapparatet. Dette er ganske udmærket, såfremt man ønsker en introduktion til endogen vækstteori. Den ovenstående endogene vækstmodel har skabt den

vedvarende vækst ved at skabe linearitet i kapitalapparatet. Det vi vil her i specialet er at undersøge, hvad der skaber A . Vi mener jævnfør Romer (1990), at skabelsen af viden / teknologi, A , er *bevidste* handlinger af individerne og virksomhederne i økonomien. På baggrund af dette vil vi heller ikke anvende AK -modellen. Vi mener, at teknologi er skabt igennem forskning og udvikling og af de mennesker, der er beskæftiget i denne sektor. Rent teoretisk er det ganske simpelt at forstå, hvad begrebet kapital dækker over, men vi vil også lave en empirisk analyse af vores problemstilling. Inden for dette felt er det alment udbredt, at det er vanskeligt at finde en empirisk variabel, der er i stand til at rumme begrebet kapital.

De modeller vi har set på indtil nu har flere ting til fælles. De bygger på principperne fra Solow modellen med en produktionsfunktion, der ligner Solows. De har alle nogenlunde samme antagelser om fuldkommen konkurrence, konstant skalaafkast, fuld beskæftigelse mv. I den endogene vækst model er teknologien er *capital argumenting* hvor Solow-modellen er *labor argumenting*. Dette er med til at hjælpe den endogene vækstmodel med at endogenisere teknologien. Dermed skaber den endogene vækstmodel den vedvarende vækst, men i sidste ende afhænger væksten i teknologien af kapitalapparatet og således er der stadig kun en endogen variable, kapital.

En anden ting modellerne indtil nu har til fælles er at de alle har et makroøkonomis fundament. Det vil sige at de har én samlet produktionsfunktion $Y = F(K, AL)$ eller $Y = F(AK, L)$. De behandler således økonomien på et aggregeret niveau med en samlet mængde af kapital, arbejdskraft og teknologi. De modeller der har forbrugere med, antager ligeledes, at der er én repræsentativ agent der maksimerer sin nytte under givne præferencer. Mikroteoretikerne har ifølge Verspagen (1993) brugt meget tid på at undersøge hvorledes den teknologiskudvikling kan endogeniseres. Verspagen (1993) skriver:

"R & D efforts undertaken by firms (and thus endogenous to microeconomic theory) are a main determinant of technological progress in modern society,..." Verspagen (1993, side 50)

2.2.2. *Endogen vækst via et mikroøkonomisk fundament*

Dette har affødt en gren indenfor endogen vækstteori der anvender mikroøkonomiske teorier til at endogenisere den teknologiske udvikling. Det er specielt Aghion & Howitt (1992) i deres artikel "*A model of growth through creative destruction*", og Romer (1990) "*Endogenous technological change*". Ifølge Verspagen (1993) har de begge det til fælles at de har et mikroøkonomisk fundament. Det vil sige at de begge har virksomheder der søger at maksimere deres profit. Begge to har tre sektorer i deres model; en research-, varig kapitalgode- og en forbrugsgode- sektor. Det samme gør sig gældende for Jones (1995) i hans artikel "*R & D-Based models of economic growth*", der bygger videre på Romer (1990). Aghion & Howitt (1992) kommer frem til en model hvor der kun eksisterer der kun ét mellemgode af gangen. Romer (1990) og Jones (1995) vil vi komme ind på i det efterfølgende kapitel.

2.2.3. *Vertikal innovation*

Aghion & Howitt (1992) beskriver i deres artikel en model, hvor innovationen sker vertikalt. Det vil sige at antallet af opfindelser er konstant, således, at når der bliver gjort en ny opfindelse, vil dette gøre det tidligere opfindelser overflødigt. I modsætning til mange andre tidligere vækstmodeller er længden af én periode i Aghion & Howitt (1992) defineret som tiden mellem to opfindelser, som er tilfældig på grund af den stokastiske opførsel opfindelser har. Ifølge Aghion & Howitt (1992) medfører forventningen om mere forskning i næste periode at der vil være mindre forskning i den pågældende periode. Dette kan ifølge dem selv i værste fald medføre at modellen kommer ind i en *no growth trap* hvor økonomien ender med en periode hvor der ikke bliver generet nogen opfindelse, dermed bliver en periode uendelig og økonomien vil gå i stå.

I Aghion & Howitt (1992) modellen opstår ny teknologi ved en Poisson ankomst rate² på. Selve ligningen for A ser således ud: $A_t = A_0 \gamma^{(t)}$. Det vil sige at brugen af et nyt varigt kapitalgode øger produktiviteten med faktoren $\gamma > 1$. A_0 er initial-

² Ifølge Andersen et al (2002): "*Poissonfordelingen approksimerer således fordelingen af det antal gange en hændelse indtræder i n forsøg, når sandsynligheden for hændelsen er lille, men konstant.*" Andersen et al (2002, side 109) Poissonfordeling kan for eksempel også bruges til at måle sandsynligheden for antal mål i en fodboldkamp.

værdien af teknologien givet af historien. Ifølge Aghion & Howitt (1992) kommer væksten i modellen udelukkende fra den teknologiske udvikling og forskningen motiveres af udsigten til monopolrenter. Til gengæld har modellen ikke humankapital med i modellen.

Det kan også diskuteres hvorvidt det er realistisk at opfindelsen af et nyt research-produkt gør det tidligere research-produkt helt overflødigt. Det ville være ensbetydende med at hvis der kommer en ny printer på markedet ville den helt erstatte den tidligere model.

Aghion & Howitts model vil desuden ikke være egnet til vores undersøgelse idet de ikke har humankapital med i modellen, som vi mener, er relevant at have med i vores undersøgelse. Aghion & Howitt (1992) er interessant, idet de undersøger hvilken indflydelse teknologi A har på væksten, dette har været med til at hjælpe os i udvælgelsen af den model vi ønsker at undersøge her i specialet, også fordi Aghion & Howitt (1992) er en af de nyeste modeller på området.

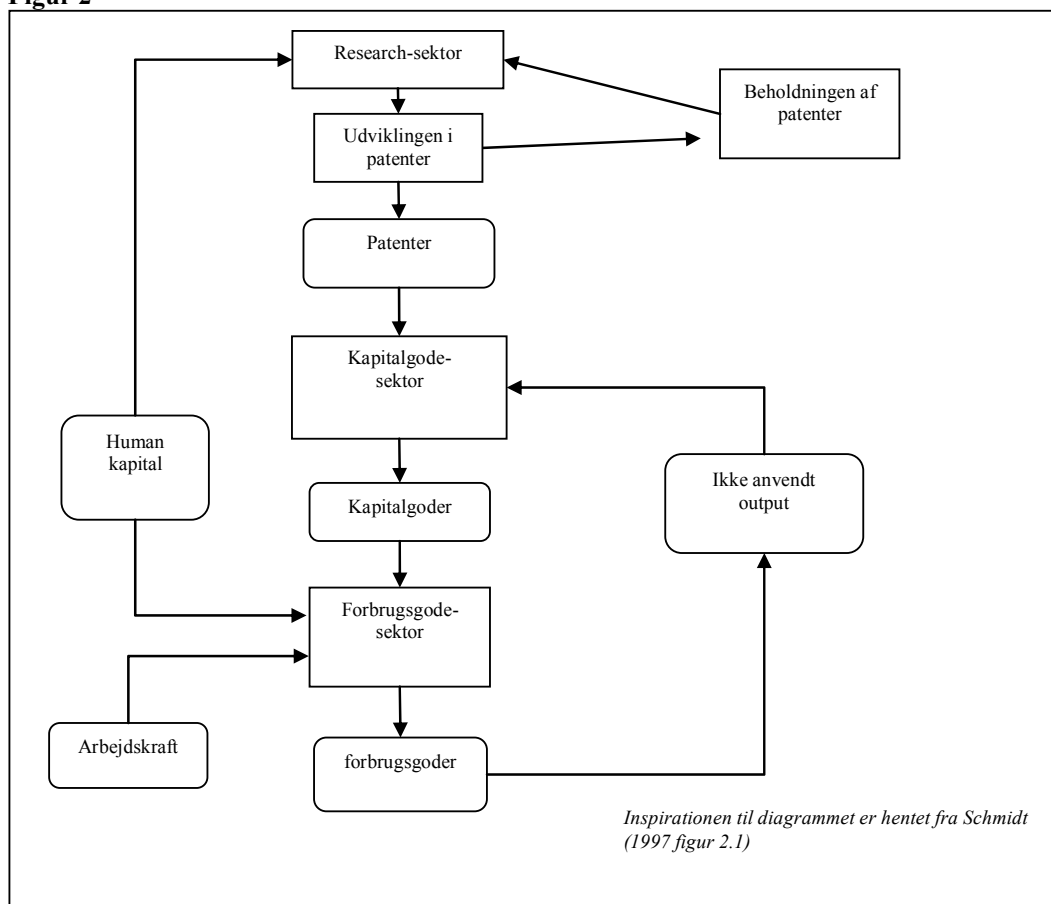
2.2.4. *Horisontal innovation*

Aghion & Howitt (1992) har lavet en model, hvor det er forbedringer i allerede eksisterende produkter der driver væksten. Romer (1990) har i sin artikel "Endogenous technological change" beskrevet en model hvor innovationen sker ved at der udvikles nye opfindelser; research-produkter, i modsætning til Aghion & Howitt (1992), hvor der kun er ét researchprodukt. Der er flere årsager til, at det er Romer (1990) modellen vi har valgt at undersøge. Den ene årsag er at Romer (1990) er en af de første, der endogeniserer den teknologiske udvikling igennem en model med et mikroøkonomisk fundament. Vi ser de samme egenskaber i Romer-modellen i forhold til endogenisering af teknologien A , som vi gør i Solow-modellen i forhold til vækst i kapitalapparatet. De er begge simple i en matematisk forstand, det gør modellerne simple at forstå teoretisk. Vi mener også, at Romer (1990) på en klar og tydelig måde opstiller rammerne for en endogen vækstmodel, og tydeliggøre produktionen af teknologien A . I det efterfølgende vil vi derfor lave en mere dybdegående analyse af Romers artikel fra 1990.

3. Produktion af viden i Romer-modellen

I det nedenstående vises kort strukturen i Romer (1990) modellen for at give læseren de bedst mulige forudsætninger for at forstå, hvorledes modellen hænger sammen. Efter figuren følger en beskrivelse og diskussion af Romer modellen. Som nævnt i indledningen afsnit 1.3. bruger Romer (1990) en del forskellige udtryk for udviklingen i viden. Vi vil også her i kapitel 3 bruge forskellige udtryk for dette, fordi vi mener at dette giver det mest præcise udtryk for udviklingen i viden eller den nuværende beholdning af viden.

Figur 2



3.1. Modellens forudsætninger

Romer (1990) mener, at det er igennem vækst i teknologien at den vedvarende vækst generelt i økonomien skal findes. Vi har tidligere slået fast at de traditionelle neoklassiske modeller behandler teknologien eksogent, og at de konkluderer at den vedvarende vækst skal findes i væksten i befolkningen og teknologien. Som vi ser det, er det helt essentielt for forståelsen af den vedvarende vækst, i hans

model, at man forstår hvordan han ser begrebet teknologi. De tre forudsætninger opstilles også for at fremhæve pointen, at det er teknologien, der er langt den væsentligste faktor for den vedvarende vækst, samt for at vise hvorledes Romer (1990) mener at teknologien adskiller sig fra andre økonomiske goder. Han fremhæver også, at individerne og virksomhederne i modellen opfatter teknologien på en anden måde end det er gjort af andre forfattere i tidligere artikler.

For os at se tydeliggøres Romers (1990) pointer bedst ved at opstille forudsætningerne i omvendt rækkefølge. Så i nedenstående startes med den sidste - og ifølge Romer - mest fundamentale forudsætning.

“The third and most fundamental premise is that instructions for working with raw materials are inherently different from other economic goods.”
Romer (1990, side 72)

Det underliggende i denne forudsætning er, at *instructions* ikke nødvendigvis er fysisk til stede, mens andre økonomiske goder er fysiske; sådan at *instructions* ikke er bundet af tid og sted. Denne forudsætning frigør netop *instructions* for, hvordan man normalt antager, at et økonomisk gode opfører sig. Romer (1990) giver en yderligere beskrivelse af hvorledes det er, at disse *instructions* opfører sig anderledes i forhold til andre økonomiske goder så som kapital og arbejdskraft. Diskussionen af dette kommer i det efterfølgende afsnit.

Det antages indirekte her, at *instructions* kan bruges igen og igen, dog med det forbehold, at der er en fast omkostning ved at finde på en ny *instruction*. Romer (1990) skriver om denne faste omkostning at:

“This property is taken to be the defining characteristic of technology.”
Romer (1990, side 72)

Det Romer (1990) her mener, er, at der er omkostninger forbundet med selve opfindelsen af den nye *instruction*, men at marginalomkostningen ved at reproducere denne instruktion herefter er lig nul.

Dernæst følger den anden forudsætning:

“The second premise is that technological change arises in large part because of intentional actions taken by people who respond to the market incentives.” Romer (1990, side 72)

Denne forudsætning er betydningsfuld i og med, at Romer (1990) udpeger *intentional actions* som værende en vigtig faktor for teknologiske forbedringer. Tidligere neoklassiske vækstmodeller behandler ofte teknologiske forbedringer og teknologi, som eksogent givet. Af ovenstående teori ses det derfor tit, at teknologi udtrykkes som ”manna from heaven”. Romer (1990) siger i skarp kontrast hertil, at udviklingen i teknologien er en *bevidst* handling gjort af individerne eller virksomhederne i økonomien ud fra et markedsincitament. Altså indeholder den 2. forudsætning et ønske om at maksimerer deres nytte eller profit, set fra virksomhedernes side.

Forudsætningen handler også indirekte om beskyttelse af teknologiske forbedringer, fordi *market incentives* får folk til at træde ind på et marked *bevidst*. Dette får sandsynligvis også folk til at ville beskytte det, de træder ind på markedet med. Der vil jo ikke være nogen grund til en *bevidst* indtræden på et marked og ikke sørge for at værne om sit produkt. *Intentional actions* viser, at folk har overvejet, hvilke fordele der kan være i en markedsindtræden, og også overvejet de ulemper som kunne følge med at alle andre på markedet kunne kopiere ens produkt, såfremt det ikke på nogen måde er beskyttet.

Til sidst præsenterer vi den første forudsætning:

“The first is that technological change – improvement in the instructions for mixing together raw materials - lies at the heart of economic growth.” Romer (1990, side 72)

Det Romer (1990) siger, er altså, at teknologiske forbedringer er noget af det mest fundamentale i økonomisk vækst. Ses der på tidligere neoklassiske vækstmo-

deller, som Solow modellen, viser disse, at den største forklaringsfaktor af økonomisk vedvarende vækst, er den teknologiske udvikling.

Hvis alle tre forudsætninger 'hæftes' sammen fås en kæde af forudsætninger, der tilsammen danner et billede af, hvordan Romer-modellen vil have os til at forstå begrebet teknologi og teknologiske forbedringer. Det følger heraf, som Romer (1990) udtrykker det, at den tredje forudsætning betyder, at teknologi er et *nonrival gode* netop grundet uafhængigheden af tid og sted. Den anden forudsætning betyder, at fordelene af teknologiske forbedringer kan gøres *delvis excludable*, netop fordi beskyttelse af produktet bliver en overvejelse, når man *bevidst* indtræder på et marked. Den første forudsætning betyder, at teknologisk udvikling og dermed den vedvarende vækst i modellen, er drevet af akkumulering af teknologi; et *delvist excludable* og *nonrival gode*.

3.2. Nonrival og excludability

I Romer-modellens tredje forudsætning skriver Romer (1990) at:

"...instructions for working with raw materials are inherently different from other economic goods" Romer (1990, side 72).

I dette afsnit vil vi diskutere, hvorfor det er at teknologi og teknologisk udvikling adskiller sig fra andre økonomiske goder. Vi vil diskutere, hvilke implikationer det har for modellen i forhold til tidligere artikler på området, så som Solow-modellen. Vi vil også sætte disse implikationer i perspektiv til vores problemstilling.

I Romer-modellen anvendes fire inputs, hvoraf det ene, A , viden eller teknologi, er *nonrival*, mens de tre andre, kapital K , arbejdskraft L og humankapital H er *rival*. Et gode er *rival*, hvis det kun kan anvendes på ét sted på ét tidspunkt af én person. Ifølge Romer (1990) er et *nonrival* gode ikke begrænset af tid og sted.

Det giver, for Romer mening, at se A som *nonrival*, fordi viden her ses som tilgængeligt for alle. Det er derfor også vigtigt at forstå, hvordan viden kan være

nonrival. Her menes, at alle for eksempel kan tilegne sig viden om, hvordan en Lagrange funktion løses, men bøgerne, hvori det står skrevet, er ikke nødvendigvis tilgængelige for alle. Derfor er viden *nonrival* i sin rå form, men i virkeligheden kan den være begrænset af de fysiske rammer, som den optræder i.

Romer (1990) argumenterer for, at det er nemmere at beskrive et *nonrival* gode, hvis de fysiske rammer som for eksempel bogen optræder som det relevante gode. Dette gør nemlig, at man kan tale om, at første enhed i en produktion har en fast omkostning, mens der næsten ingen omkostninger er for efterfølgende enheder.

Romers (1990) idé med at gøre A til et *nonrival* input har mødt kritik, selvom ideen også har skabt en vej ud af Solow-modellens svaghed med hensyn til at forklare, hvordan langsigtet vækst dannes. En artikel af Al-Ubaydli & Kealey (2000) kritiserer Romer (1990) for sin måde at definere *nonrivalry* i viden på. Al-Ubaydli & Kealey (2000) argumenterer for, at viden ikke er frit tilgængeligt for alle på baggrund af, at viden ofte indlæres over en meget lang skoleperiode. Hermed mener de, at folk uden mulighed for eller interesse i en lang skolegang, ikke har adgang til den viden.

De mener, at det samme gælder for videnskab. Folk med meget lang skolegang danner *invisible colleges*, fordi det kun er få, der kan læse og forstå hinandens research. Pointen er, at disse eksperter er *rival*, fordi det kun er en del af befolkningen. Al-Ubaydli & Kealey (2000) argumenterer ved at skrive, at der ikke er nogen pointe i at gå i skole, hvis al videnskab er frit tilgængeligt og refererer en undersøgelse af Derek de Solla Price, som har vist, at videnskab også viser faldende afkast ligesom kapital og arbejdskraft. Al-Ubaydli & Kealey (2000) mener, at videnskab er dyrt at få adgang til, og derfor mere ligner et almindeligt gode, der er *rival* og *excludable*, idet almindelige økonomiske incitamenter gør, at det opfører sig som alle andre almindelige goder.

Vi mener, at Al-Ubaydli & Kealey (2000) til dels har misforstået, hvad det er Romer (1990) mener, når han definere A som et *nonrival* gode. Romer skriver:

”In this sense, a design differs in a crucial way from a piece of human capital such as the ability to add. The design is nonrival but the ability to add is not. The difference arises because the ability to add is inherently tied to a physical object (a human body) whereas the design is not.”

Romer (1990, side 74)

Det, Romer (1990) siger her, er altså, at viden eller teknologi, *A*, i sig selv er *non-rival* og tilgængeligt for alle. Evnen til at forstå denne viden er ikke knyttet til *A*, men er knyttet til det enkelte individ, altså humankapitalen, der er et *rival* gode, fordi dette individ kun kan være et sted på et tidspunkt. Hvis man tager et eksempel som en *Lagrange* optimering, så findes instruktionen på denne frit tilgængeligt men evnen til at løse *Lagrange* optimeringen er knyttet til det enkelte individ i form af humankapital.

Det vil altså sige, at Romer (1990) erkender problemet med at gøre viden frit tilgængeligt, fordi et design kan være forbundet til et fysisk gode som en harddisk. Samtidig argumenterer han for, at omkostningen ved at reproducere et design; flytte designet fra en harddisk til en anden, er ubetydelig i forhold til omkostningen, der er forbundet med at skabe designet. Derudover argumenterer Romer (1990) for, at hvis viden behandles som et *nonrival* gode, så er det muligt at tale om viden *spillovers*. Disse *spillovers* gør, at viden ikke er fuldkommen *excludable*. Vi mener, at Romer (1990) gør det muligt, at man kan tilegne sig viden, selvom man ikke nødvendigvis har læst et bestemt sted, netop fordi *spillovers* ofte foregår mund til mund igennem samtale og diskussion.

Begrebet *excludability* kan også knyttes til goder, men dette begreb er forskelligt fra *rivalry*, da det udover at være et teknisk begreb, anvender loven som begrænsning for brug af et gode. *Excludability* knytter sig til, hvorvidt man kan holde andre væk fra sit gode. Begrebet henviser til den anden forudsætning hvor opfinderen, af et gode ønsker at beskytte dette. Den nemmeste måde at forstå det på er at opfinderen af et gode kan tage patent på dette, hvorved man udelukker andre fra at producere samme gode. Det medfører, at godet er fuldstændig *excludable*, hvis der dog er tale om et patent med evig levetid. Romer (1990) argumenterer for, at

ideelt set er et gode *nonrival* og *excludable*, men at det også er en idealisering. I praksis ser vi, at det kun er muligt at tage patent på et gode i en vis årrække.

Hvis et gode er både *rival* og *excludable*, kaldes det et almindeligt gode, hvilket har den egenskab, at det kan handles på et marked med konkurrence. De almindelige goder her i modellen er som nævnt, fysisk kapital K og arbejdskraft L .

Romer (1990) nævner, at offentlige goder, der er både *nonrival* og *nonexcludable*, kan medtages i en model med et marked, hvor der er konkurrence, såfremt det forudsættes, at staten i modellen kan udskrive skatter, Romer (1990) giver dog ikke nogen nærmere begrundelse for dette. Pointen for Romer er her, at et offentligt gode som for eksempel statsstøttet research kan optræde på et marked med konkurrence under denne forudsætning, hvilket har betydning for Romer-modellen. Romer argumentere for at *social optimum* kan opnås ved at støtte udviklingen i viden. Relevansen skal ses i sammenhæng med at en *policy maker* for eksempel kan støtte research for på den måde at være med til at skabe vedvarende vækst.

Når Romer (1990) beskriver A som et *nonrival* gode, nævner han samtidig, at A er *delvis excludable*. Det hænger sammen med, at prisen på et offentlige gode er nul, idet det er til rådighed for alle. Dermed er der intet incitament til at begynde produktion af et offentligt gode, da alle andre i forvejen har mulighed for at skaffe sig det samme gode. Ideen med at gøre goderne *delvis excludable* har den virkning, at profitmaksimerende virksomheder gerne vil producere goderne. Det sker netop, fordi virksomhederne kan få en pris, der er forskellige fra nul for eksempel ved at de kan få et patent på godet i en vis årrække.

Nu har vi fastslået, at A er et *nonrival* og *delvis excludable* gode, men hvad er så konsekvenserne heraf? Ifølge Romer (1990) er en af konsekvenserne af *nonrivalry*; *nonconvexities*. Det hænger sammen med, at A ikke er begrænset af tid og sted. Ifølge Romer (1990) må det være sådan at, hvis A har en produktionsværdi, vil en fordobling af A fører til mere end en fordobling af outputtet, altså stigende skalaafkast. Dette er i modsætning til *rival* inputs i produktionsfunktionen, der

netop fordobler outputtet, og dermed har konstant skalaafkast, jævnfør K og L i Solow-modellen.

Romer (1990) har et eksempel, hvor et firma har investeret 10.000 timers forskning i at producere en 20 MB harddisk. Med 100 arbejdere og 1 fabrik vil det give et output på 2 TB. Hvis firmaet fordobler de *rival* goder, så der er 2 fabrikker og 200 arbejdere, vil dette give et output på 4 TB. Såfremt firmaet til gengæld investere i 20.000 timers forskning vil dette give en harddisk på 30 MB. Hvis de samtidig fordobler antallet af arbejdere til 200 og 2 fabrikker, vil dette give et output på 6 TB; altså 3 gange så meget output som originalt.

Romers eksempel illustrerer hvorledes, A er et anderledes gode. Mere formelt kan det udtrykkes ved $F(\lambda A, \lambda X) > \lambda F(A, X)$, der viser, at der er stigende skalaafkast. Det betyder samtidig, at en produktionsfunktion med disse egenskaber ikke kan være konkav, og dermed ikke er *well-behaved*, som det er tilfældet i Solow-modellen. På samme måde vil det heller ikke være muligt, at der er fuldkommen konkurrence; virksomhederne vil i det tilfælde producere med et tab. Romer (1990) udtrykker det således; givet $F(A, X) = X \cdot (\partial F / \partial X)(A, X)$, vil det ifølge Romer (1990) sige, at såfremt harddiskene bliver solgt til marginalomkostningen, vil hele omsætningen gå til betalingen af kapital og arbejdskraft. Hvis man dertil ligger betalingen til teknologien A , vil firmaet pådrage sig et tab. Derfor er der i Romers model også monopolistisk konkurrence i kapitalgodesektoren.

Hvis vi sammenholder dette med Solow og andre neo-klassiske vækstmodeller der behandler A som værende eksogent givet, bliver A , ifølge Romer (1990), i disse modeller ikke betalt dets marginalprodukt. Dermed overholder modellerne heller ikke den anden forudsætning om, at teknologi opstår på grund af *bevidste* handlinger foretaget af individer / firmaer, der handler på baggrund af markedsincitamenter.

I produktionsteori taler man normalt om en ligevægt, hvor virksomheder er pristagere, så der er tale om en ligevægt på et marked med fuldkommen konkurrence. Romer (1990) mener, at det i den gængse produktionsteori, er nemmere at få be-

grebet *excludability* til at passe ind i modsætning til begrebet *nonrivalry* – derfor denne undgåelse af begrebet.

Romer (1990) nævner nogle centrale punkter, hvor *nonconvexities* er blevet kritiseret og argumenterer for, hvordan kritikerne har misforstået begrebet. Disse kritikere er ofte fortalere for en pristagerligevægt. Blandt andet nævner Romer, at:

"The fallback position to which some defenders of price taking retreat is this: Yes, we admit that nonrival inputs like new chemical reactions, new electronic devices, and advances in materials science will revolutionize living standards within each individual's lifetime. And yes, these inputs are intrinsically tied to nonconvexities. But no, we do not think that this poses a problem for aggregate equilibrium theories based on price taking." Romer (1990, side 99)

Romer (1990) mener, at problemet skabes, fordi *nonrivalry* forveksles med *excludability*. En virksomhed med en *nonrival* ide kan ikke være pristager, fordi der opsættes regler for, hvordan ideen kan bruges. Hvis en virksomhed sælger idéen til en pris lig de marginale omkostninger, ændrer det ikke på tabet, at de har fået patent på en ide, netop fordi *nonrivalry* leder til *nonconvexities* og dermed i sidste ende ufuldkommen konkurrence.

Jones (2002) støtter Romer (1990) i hans argumentation for, at begrebet *nonrival* leder til ufuldkommen konkurrence. Jones (2002) beskriver en kæde for forholdet mellem *economics of ideas* og økonomisk vækst i denne sammenhæng som:

"Ideas → nonrivalry → increasing returns → imperfect competition"
Jones (2002, side 80)

Jones (2002) argumenterer for, at hvis et gode, eksemplificeret ved en ide er *nonrival*, leder det til stigende skalaafkast og ufuldkommen konkurrence. Den ufuldkomne konkurrence 'sker' som følge af, at en virksomhed ikke kan overleve som pristager ved brug af en produktionsfunktion med stigende skalaafkast.

Romer (1990) argumenterer for, at virksomheden ikke længere kan være pristager, jævnfør ovenstående produktionsfunktion med stigende skalaafkast. Jones (2002) nævner, at det stigende skalaafkast leder til ufuldkommen konkurrence gennem ineffektivitet på markedet. En anden effekt af stigende skalaafkast er, at der er mulighed for at skabe vedvarende vækst. Det skal ses i forhold til Solow modellen, hvor der var konstant skalaafkast, og som en konsekvens heraf, ikke muligt at skabe vedvarende vækst endogent i modellen. Det, der skaber vækst i Solow-modellen, er lige som i Romer-modellen den teknologiske udvikling, men i Solow-modellen er teknologien, som nævnt i kapitel 2 eksogent givet.

Det centrale i begreberne *Nonrival* og *excludability* er, hvad det leder frem til; nemlig at der ifølge Romer (1990) vil opstå en situation, hvor der er stigende skalaafkast, og hvor der dermed vil blive skabt vedvarende vækst endogent i modellen. Den vedvarende vækst bliver skabt af udviklingen i teknologien A .

Hvorvidt man synes begreberne *nonrivalry* og *delvis excludability* giver mening i relation til viden kan diskuteres. Spørgsmålet er dog, hvilke effekter de to begreber har. Kritikere af begreberne har svært ved at se ideen med anvendelse af *nonrivalry* i produktionsteori og dets tilknytning til virkeligheden. Romer (1990) argumenterer dog for, at *nonrivalry* er vigtig for langsigtet vækst og faktisk fører til, at lande, der er nogenlunde ens, ofte har udbytte af handel mellem hinanden. *Nonrivalry* gør nemlig, at landene ikke behøver at fokusere på den samme research, sådan at ressourcer, som tidligere var bundet til samme research, nu kan finde andre områder at researche og dermed udvide alle landenes ressourcer brugt på research.

Dette leder os frem til selve Romers (1990) model. Romer (1990) viser i sin model, at det, lige som i de tidligere neo-klassiske vækstmodeller, er teknologien der skaber den vedvarende vækst. Men i modsætning til de tidligere modeller har Romer (1990) endogeniseret teknologien A . Det gør han ved at opstille en ligning for udviklingen i teknologien, hvor humankapital anvendt i research samt den nuværende beholdning af teknologi er med i. Teknologien benævner han også patenter, idet han siger, at ny teknologi munder ud i et patent, der som nævnt er med til

at gøre teknologien *delvis excludable*. I og med at det også i Romer-modellen er udviklingen i teknologi / patenter, A , der skaber den vedvarende vækst, vil vi her argumentere for, at det er opstillingen og udviklingen i denne ligning der er væsentligst at fokusere på. Vi vil således belyse Romers udgave af udviklingen i teknologien, men også forholde os kritisk til Romers udgave ved at diskutere denne i forhold til Jones' (1995) & (2002) udgave.

3.3. En kort gennemgang af Romer-modellen

Romer-modellen beskriver en vækstteori, hvor det antages, at teknologi, A , gør det muligt at have ubegrænset vækst. Modellen arbejder med fire inputs som er kapital, arbejdskraft, human kapital og et indeks for det teknologiske niveau. De fire inputs er målt sådan at kapital, K , er målt i enheder af forbrugsvarer. Arbejdskraft, L , udtrykkes som fysiske evner hos en rask person og måles ved antallet af personer. K og L er almindelige goder. Humankapital H udtrykker viden og er et mål for den effekt som års skolegang og jobtræning har på personer. H er et almindeligt gode. Teknologien, A , er *nonrival* og *delvis excludable* og måles ved antallet af patenter.

Modellen stilles op ved hjælp af en Cobb-Douglas produktionsfunktion for forbrugsgoderne. Modellen er inddelt i tre sektorer, hvoraf de første to beskriver, hvordan man kommer frem til de goder, der er med i fremstillingen af forbrugsgoder i forbrugsgodesektoren. Da H og L antages at have en konstant udvikling, ses der kun på udviklingen i A . I det nedenstående er en definition af de tre sektorer.

- 1. sektor kaldes researchsektoren. Denne sektor producerer nye designs via humankapital anvendt i research, samt den eksisterende beholdning af viden.
- 2. sektor producerer varige kapitalgoder ud fra de nye designs samt ikke anvendt forbrugsgoder. De varige kapitalgoder anvendes i den 3. sektor.

- 3. sektor kaldes for forbrugsgodesektoren. Denne sektor producerer forbrugsgoder. Der anvendes arbejdskraft, humankapital og tilgængelige variable kapitalgoder hertil.

Det væsentlige i forhold til at beskrive de tre sektorer er at vise det mikroøkonomiske fundament Romer (1990) arbejder med. Det er blandt andet her Romer (1990) skiller sig ud i forhold til tidligere modeller på området, så som, Solow, Diamond-modellen, men også *AK-modellen*. Romer (1990) er kun igennem, det mikroøkonomiske fundament, i stand til at skabe den monopolistiske konkurrence i kapitalgodesektoren. Det skal ses i sammenhæng med den måde de nye designs skabes på, og det faktum, at Romer (1990) anser udviklingen i designs som en helt *bevidst* handling gjort af individerne i modellen. Ser vi på kapitalapparatet i modellen er dette da også helt anderledes end det er set i Solow-modellen. I Romers model består kapitalapparatet af x_i enheder forskelligt kapital. Dette er i skarp kontrast til kapitalapparatet i Solow-modellen hvor dette er en homogen størrelse. Vi vil i det følgende beskrive hver af de tre sektorer.

3.3.1. Researchsektoren

I researchsektoren er det vigtigt at forstå, hvordan produktionen af *nye designs* foregår. Der laves en nogle antagelser, som forklarer, hvordan begrebet *designs* skal forstås i denne model. Først og fremmest er det vigtigt at forstå, at der er fri adgang til hele den eksisterende beholdning af *designs*. Det hænger sammen med, at viden tænkes som et *nonrival* input. Konsekvensen af denne antagelse er, at alle, der arbejder med research kan drage nytte af A på samme tid. Den del af humankapital, der bruges i research, betegnes H_A . Virksomhederne i researchsektoren påtager sig en fast design eller R & D omkostning. Denne omkostning bliver dækket ved at sælge det nye *design* til en pris, der er større end den konstante produktionsomkostning. Men antagelsen om *free entry* til markedet resulterer imidlertid i, at profitten vil være lig nul. Det skal nævnes, at det er set fra R & D siden, at profitten er lig nul.

Teknologien udvikler sig på følgende måde:

$$\dot{A} = \delta H_A A \quad (3.1)$$

Hvor $\dot{A}$ er udviklingen i patenter, δ er et parametre for produktiviteten, H_A er humankapital anvendt i research, og A er den nuværende beholdning af patenter.

Ifølge Romer (1990) antages det, at produktiviteten af nye design øges når der anvendes mere humankapital til research, altså når H_A stiger. desto større eksisterende beholdning af viden, A , jo højere er produktiviteten per researcher i sektoren. Det antages også at udviklingen i designs er lineær i både H_A og A , når den anden holdes konstant. Denne antagelse er ifølge Romer (1990) lavet, så modellen er lettere at forstå analytisk. Men antagelsen om linearitet i A er central, fordi det er denne, der gør, at der er mulighed for ubegrænset vækst i modellen. Romer (1990) pointerer dog, at ubegrænset vækst mere er en antagelse end et resultat af modellen. At Romer (1990) overhovedet beskæftiger sig med muligheden for ubegrænset vækst ligger i, at han mener, at han ikke ser nogen tendens i historien for at mulighederne i produktionen af nye designs skulle falde.

Ifølge Romer (1990) skabes den vedvarende vækst i researchsektoren. Af denne grund er researchsektoren for os at se, dermed også helt central i forhold til vores problemstilling og bestemmelsen af den vedvarende vækst. Af samme grund vil vi derfor også efter gennemgangen af de to andre sektorer, diskutere researchsektoren mere dybdegående.

I den 1. sektor indgår priser på designs. Det følger af en antagelse om at udvikling og fremstilling af designs opdeles i hver sin sektor, selvom processen i praksis kan ske i samme virksomhed. Det betyder, at der foregår en udveksling af designs mellem 1. og 2. sektor for en eksplicit pris. Denne pris fastsættes på et marked med fuldkommen konkurrence i 1. Sektor, sådan at prisen bydes op, indtil den er lig nutidsværdien af den nettoomsætning som en monopolist i 2. sektor kan erhverve.

3.3.2. Kapitalgodesektoren

Virksomhederne i den 2. sektor producerer varige kapitalgoder, som kan anvendes i slutgodesektoren. De varige kapitalgoder produceres ved hjælp af et nyt design og fra ikke anvendt forbrugsgoder fra forbrugsgodesektoren. Men da de varige kapitalgoder produceres fra patenterede designs betyder det også, at hver virksomhed har monopol på netop deres varige kapitalgode, idet dette igennem patentet er unikt i forhold til andre varige kapitalgoder. Af samme grund findes der også en virksomhed i , for hvert af de forskellige varige kapitalgoder, i . Derfor kan denne sektor heller ikke beskrives ud fra en repræsentativ virksomhed.

Selve produktionen af de varige kapitalgoder sker ifølge Romer (1990) ved at en virksomhed omdanner η enheder af ikke anvendt output til en enhed af det varige kapitalgode i . Romer (1990) siger at dette i praksis betyder at ressourcerne der ellers ville have været brugt på at producere det ikke anvendte forbrugsgoder, i stedet anvendes til at producere det varige kapitalgode.

Når det kun er virksomhed i der i denne sektor sælger det pågældende varige kapitalgode, er antagelsen, at godet har en faldende efterspørgselskurve. Desuden antages det, at værdien af godet ikke deprecierer. Værdien af et gode i skal forstås ved nutidsværdien af en uendelig strøm af lejeindtægter genereret over tid. Dette hænger sammen med, at virksomheder i 2. sektor udlejer $x(i)$ enheder af deres varige kapitalgoder til virksomhederne i den 3. sektor for en lejepris.

Da hver virksomhed i er den eneste udbyder af netop det givne gode, betyder dette, at virksomhed i har monopol, og derfor tager en monopolpris for sit varige kapitalgode. Virksomheden tager dog kun monopolprisen for sit varige kapitalgode, hvis et design for denne sættes i produktion. Salg af designs imellem virksomheder indenfor sektoren foregår til en given pris, som findes under fuldkommen konkurrence. Hvorvidt en virksomhed skal påbegynde en produktion af et design afgøres ved en sammenligning af den diskonterede strøm af nettoomsætning, samt omkostningen ved at erhverve et nyt design.

3.3.3. Forbrugsgodesektoren

I forbrugsgodesektoren hersker fuldkommen konkurrence og produktionen af forbrugsgoder kan udtrykkes i en Cobb-Douglas produktionsfunktion. Som input i produktionen af forbrugsgoder anvendes den humankapital, der går til produktion af forbrugsgoder H_Y , arbejdskraft, L samt varige kapitalgoder $x(i)$, der her forstås som fysisk kapital. Det er ifølge Romer muligt at forstå de forskellige typer af varige kapitalgoder som en kontinuert variable hvis man tillader en række forsimplinger for research og de tilhørende designs. Det skal nævnes, at når der, som her medtages hvert enkelt varig kapitalgode, betyder dette, at ikke alle disse er perfekte substitutter, som det normalt antages, som det for eksempel er gældende for variabelen K , i Solow-modellen.

I produktionsfunktionen for forbrugsgoder gælder en antagelse om hvilke designs der kan medtages i produktionen af forbrugsgoder. Antagelsen siger at det naturligt kun er de designs der er opfundet der kan bruges i produktionen af forbrugsgoder. Tilslut har Romer (1990) defineret produktionsfunktionen med konstant skalaafkast, således at den 3. sektor kan beskrives ud fra en repræsentativ virksomhed, der er pristager.

3.4. Diskussion af den 1. Sektor, researchsektoren

Når Romer (1990) opstiller ligningen for udviklingen i patenter, laver han samtidig en antagelse om, at udviklingen i designs $\dot{A}$ er lineær i både H_A og A , når den anden holdes konstant. Ifølge Romer (1990) er lineariteten i H_A ikke altafgørende, men lineariteten er med til at gøre modellen lettere at forstå analytisk. Til gengæld er antagelsen om linearitet i A , det der skaber den vedvarende vækst i Romer (1990) modellen. Det alt afgørende i Romers (1990) model er altså at der er linearitet i A , hvis ikke dette er tilfældet vil der ikke være vedvarende vækst i Romer (1990) modellen. Romer (1990) begrundet antagelsen med følgende citat:

”...there is no evidence from recent history to support the belief that opportunities for research are diminishing.” Romer (1990, side 84)

I artikelen "*R&D-based models of economic growth*" fra 1995 kritiserer Jones (1995) Romers (1990) model. Jones (1995) argumentere for, at linearitet i H_A ville medfører eksplosive vækstrater. Jones (1995) fremhæver at antallet af researchers indenfor R & D er steget fra 200.000 i 1950 til næsten 1 million i 1987, altså en 5-dobling. Væksten i BNP per capita viser derimod intet der ligner denne femdobling. Jones (1995) argumenterer ligeledes, i tråd med Romer (1990), for, at det ikke kan være andelen af beskæftigede, der er beskæftiget med research, der anvendes i produktionsfunktionen for patenter. Det hænger sammen med, at det for det første ville stride imod det mikrofundament, som Romer (1990) har bygget, hvor det er individer, der gør opfindelserne, der fører til patenter. For det andet vil denne antagelse medføre, at et land som Luxemburg burde være i stand til at producere lige så mange patenter, som et land som USA, hvilket ikke er sandsynligt.

Jones (1995) diskuterer, hvorvidt der er linearitet i A og argumenterer for, at lineariteten, som Romer (1990) antager, er vilkårlig. Jones (1995) mener desuden, at lineariteten strider imod en lang række af tidsseriedata for R & D og vækst i *total factor productivity*. Jones (2002) opstiller følgende ligning for udviklingen i patenter:

$$\dot{A} = \delta L_A^\lambda A^\varphi, \lambda, \varphi < 1 \quad (3.2)$$

Jones (2002) antager, således at betydningen af henholdsvis L_A og A individuelt er positiv men aftagende, men siger ikke noget om, hvordan deres samlede betydning for udviklingen af patenter er. Læg her mærke til, at summen af λ & φ godt kan overstige 1. Hverken nævner Jones (1995) eller Jones (2002) ikke noget om hvorvidt dette er tilladt eller ej.

Når Jones (1995) argumenterer for, at der ikke kan være linearitet i H_A , anvender han nedenstående figur 3, hvor han illustrerer, hvorledes antallet af researchers i USA har udviklet sig i perioden 1950 til 1990. Som det fremgår af figuren, er der her en kraftig vækst i antallet af researchers i USA.

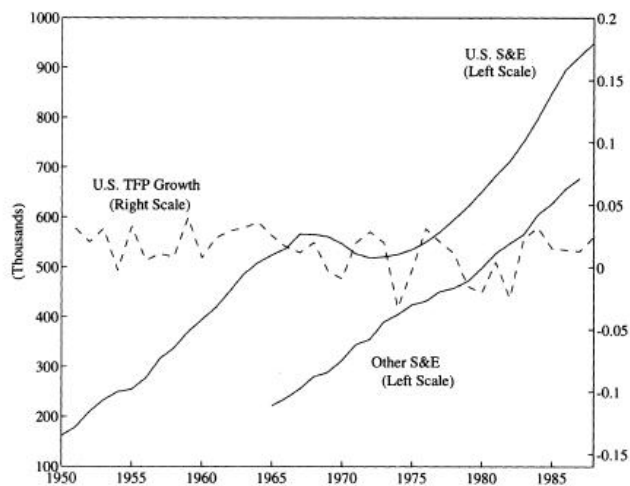
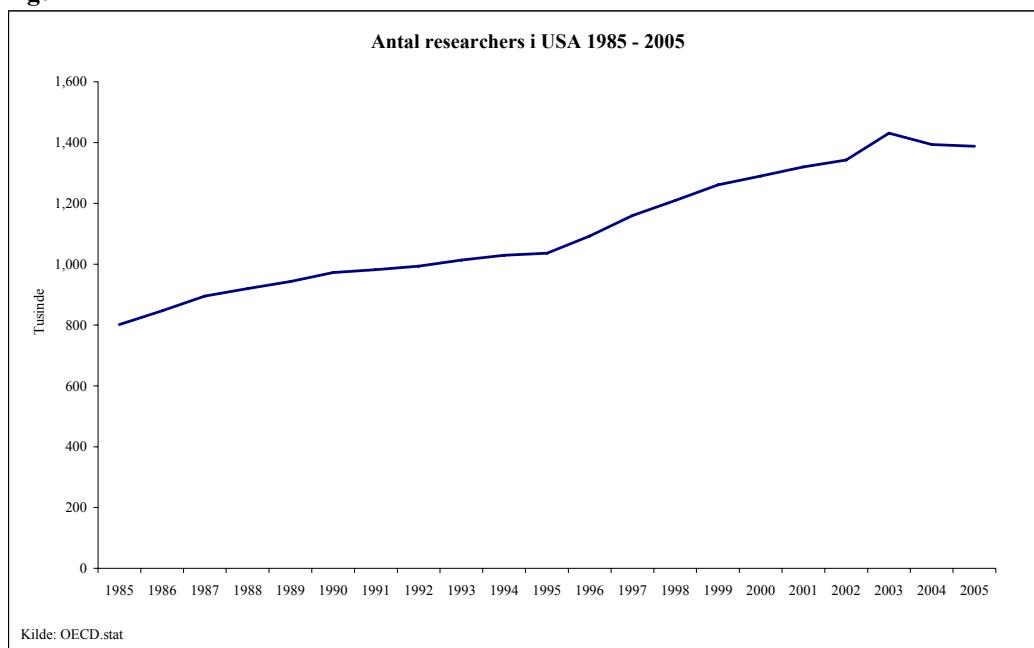
Figur 3

FIG. 1.—Scientists and engineers engaged in R & D and U.S. TFP growth. Source: The number of scientists and engineers engaged in R & D is taken from National Science Foundation (1989) and various issues of the *Statistical Abstract of the U.S. Economy*. TFP growth rates are calculated using the private business sector data in Bureau of Labor Statistics (1991). "Other S&E" is the sum of scientists and engineers engaged in R & D for France, West Germany, and Japan.

Jones (1995) side 763 figur 1

Hvis vi sammenholder det med hvordan antallet af researchers har udviklet sig i USA i perioden 1985 til 2005, er det tydeligt, at der er en stigning i antallet af researchers, men det er også tydeligt, at stigningen ikke er så kraftig nu, som den har været i den periode, som Jones (1995) anvender.

Figur 4

Det leder frem til en diskussion af, hvorvidt USA rent faktisk var en økonomi med endogen vækst i perioden som Jones (1995) viser, eller om den økonomiske mo-

del, der passede på USA i perioden 1950 til 1990 måske snare var en Solow model med kapitalakkumulering. Sachs skrev i 2000 artiklen: ”*Globalization and patterns of economic development*”. I den artikel inddeler Sachs (2000) som nævnt i indledningen, verden i fem forskellige kategorier af økonomisk udvikling. Det er blandt andet stadier som endogen vækst og *catching up*. *Catching up* er ifølge Sachs (2000) kategorien, hvor et land med et lavere niveau af teknologi *catches up* ved at absorbere andre landes teknologi. Hermed ikke sagt at USA var et udviklingsland i perioden Jones (1995) viser. Det er måske snarere tilfældet at USA var i en økonomi hvor der var mindre *bevidst* fokus på den teknologiske udvikling, altså skabelsen af patenter, således at der i USA ikke var fokus på Romers anden forudsætning. Det er måske tilfældet at USA dengang var mere fokus på de traditionelle økonomiske faktorer som kapital og arbejdskraft.

Samtidig er det måske tilfældet at USA i perioden 1950 til 1990 var i en kategori hvor de var ved at etablere hele researchsektoren, og derfor blev der ansat stadig flere og flere personer indenfor research, hvilket også kan være medårsag til, at Jones (1995) argumenterer for, at der ikke kan være linearitet i H_A . Sagt med andre ord; vi mener, at Jones (1995) måske drager sin konklusion omkring H_A på et upræcist grundlag, i hvert fald hvis man sammenligner Jones’ (1995) data med de data, vi har indsamlet.

3.5. Udviklingen i patenter

Som nævnt i det ovenstående opstiller Romer (1990) og Jones (2002) to forskellige ligninger for udviklingen i patenter. Frem for at vælge den ene eller den anden form af ligning vælger vi her at opstille følgende ligning for udviklingen i patenter:

$$\dot{A} = \delta H_A^\lambda A^\varphi \quad (3.3)$$

Hvor $\dot{A}$ er udviklingen i patenter, δ er et parameter for produktiviteten, H_A^λ er den påvirkning humankapital anvendt i research har på udviklingen i patenter, A^φ er den påvirkning det nuværende niveau af patenter har på udviklingen af patenter. λ & φ angiver om henholdsvis humankapital anvendt i research og det nuværen-

de niveau af patenter har aftagende, konstant eller stigende marginalprodukt. Vi har her helt bevist valgt ikke at pålægge λ & φ nogen restriktioner. Det gør vi, fordi vi ønsker at lade empirien vise, hvorledes H_A og A påvirker udviklingen af patenter $\dot{A}$.

Der er 3 forskellige måder at inddele λ & φ på. I det nedenstående vises en tabel der forklarer betydningen af λ & φ i forhold til udviklingen. Som tidligere nævnt mener Romer at både λ & φ antager værdien 1 således at der som nævnt er linearitet i både H_A og A . Jones (1995) mener derimod at både λ & φ antager værdier der ligger mellem 0 og 1.

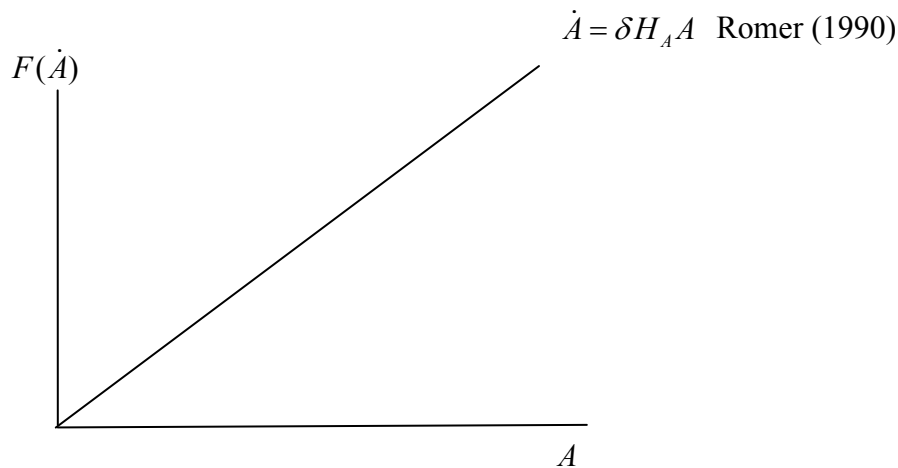
$\lambda, \varphi < 0$	H_A og A har en negativ effekt på $\dot{A}$
$0 < \lambda, \varphi < 1$	H_A og A har en positiv men aftagende effekt på $\dot{A}$ ifølge Jones (2002)
$\lambda, \varphi = 1$	H_A og A har en positiv og konstant effekt på $\dot{A}$ ifølge (Romer 1990)
$\lambda, \varphi > 1$	H_A og A har en positiv og stigende effekt på $\dot{A}$

3.6. Vedvarende vækst i Romer- og Jones-modellen

I det nedenstående vil vi diskutere de konklusioner, som henholdsvis Romer (1990) og Jones (2002) gør sig ud fra hver sin udgave af Romers (1990) model for vedvarende vækst. Romers (1990) udgave af modellen knytter sig til ligning (3.1), mens Jones' (2002) udgave knytter sig til ligning (3.2) eller (3.3). Denne diskussion er relevant for konklusionen, da de empiriske estimationsresultater vil indikere, hvorvidt det er Romers (1990) eller Jones' (2002) udgave af modellen, der empirisk kan understøttes.

Vi starter med at se på, hvordan den vedvarende vækst ser ud med Romers (1990) parametre for H_A og A . Ifølge Romer (1990) er udviklingen i patenterne lineær i henholdsvis H_A og A , når den anden holdes konstant. Det kan illustreres ved nedenstående figur:

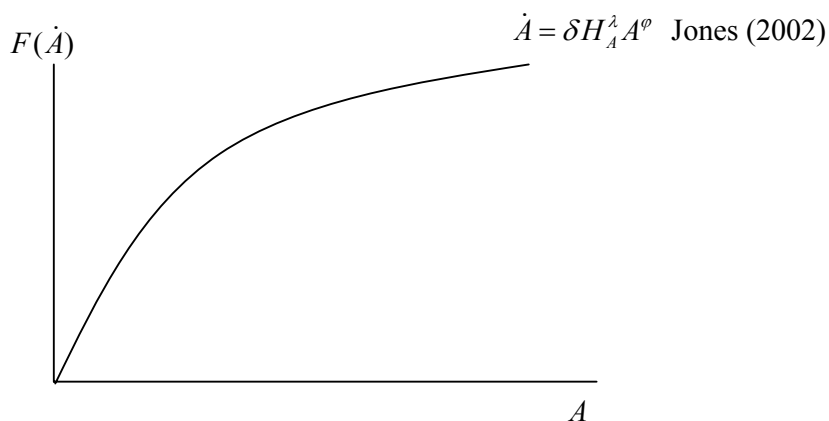
Figur 5



I figur 5 er det antaget, at H_A er holdt konstant. Dermed ses det, at udviklingen i patenterne, $\dot{A}$, er konstant, jo større beholdningen af patenterne bliver. På samme måde vil udviklingen i patenterne være konstant, jo større H_A bliver, såfremt A holdes konstant. Som konsekvens af Romers antagelse om linearitet i beholdningen af patenterne vil der ifølge Romer (1990) være vedvarende vækst i hans model.

Jones (2002) kommer imidlertid frem til en anden konklusion vedrørende vedvarende vækst i hans model. Både Jones (1995) og (2002) argumenterer som nævnt for, at der ikke er linearitet i hverken H_A eller i beholdningen af patenter. Jones (2002) argumenterer for, at parametrene for H_A og beholdningen af patenter er mindre end én. Det kan illustreres ved nedenstående figur:

Figur 6



I figur 6 er det ligeledes antaget, at H_A^λ er konstant. Af figuren ses dermed, at udviklingen i patenterne, $F(\dot{A})$, er en aftagende funktion af beholdningen af patenterne, således at stigningen i udviklingen i patenterne aftager, jo større beholdningen af patenterne bliver. Såfremt vi holder beholdningen af patenterne konstant, vil samme udvikling gøre sig gældende for udviklingen i patenterne, desto større H_A^λ bliver. Ifølge Jones (2002) betyder dette, at den vedvarende vækst i modellen på lang sigt er bestemt af udviklingen i humankapitalen anvendt i research, som ifølge Jones (2002) er bestemt af tilvæksten i befolkningen, der er eksogent givet. Jones (2002) konstaterer også, at den vedvarende vækst ikke påvirkes af *policy* ændringer, og dermed ligner modellen ifølge Jones (2002) Solow-modellen i sine konklusioner.

Dog er den vedvarende vækst i modellen ifølge Jones (1995) endogen bestemt, idet han siger:

"... this model is endogenous in the sense that it derives from the pursuit of new technologies by rational, profit-maximizing agents."
 Jones (1995, side 779)

3.7. Vækstbestemmelse i Romer-modellen

Hvad bestemmer så den generelle vækst i Romer modellen? Romer løser modellen for ligevægten ved den balancerede vækstrate, men udelader dynamikken i, hvordan modellen når til ligevægten ud fra et argument om, at dynamikken analyseres på samme måde som i Solow modellen. Romer kommer frem til, at den generelle vækstrate g for modellen er:

$$g = \frac{\dot{C}}{C} = \frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{K}}{K} = \frac{\dot{A}}{A} = \delta H_A \quad (3.4)$$

Ved omskrivning af ovenstående ligning ses det tydeligt, hvad der bestemmer den generelle vækst i modellen. $g = \dot{A}/A = \delta H_A$ eller $g = \dot{A} = \delta H_A A$. Det vil altså sige, at det ligesom i Solow og andre neoklassiske vækst modeller er udviklingen i

teknologien der bestemmer den generelle vækst i modellen. Derfor vil vi argumentere for, at hvis det er muligt at påvise linearitet i ligningen for $\dot{A}$, udviklingen i patenter, vil dette være ensbetydende med, at den vedvarende vækst generelt i økonomien kommer af udviklingen i patenterne. Såfremt der ikke er linearitet i ligningen for $\dot{A}$, vil det jf. Jones (1995) ikke være muligt at påvise, at den vedvarende vækst generelt i økonomien kommer af udviklingen i patenterne.

3.8. Romer-modellens konklusioner

Vi har således set, hvorledes Romer (1990) skiller sig ud fra de tidligere vækstteorier ved, at han opstiller tre specifikke forudsætninger for patenter, A , og udviklingen i denne. Ifølge Romer (1990) overholder Solow-modellen ikke den 2. forudsætning, idet Solow-modellen ikke betaler A dets marginal produkt. Desuden skiller Romer (1990) sig ud ved specifik at angive A til at være patenter. Det skal her ses i modsætning til tidligere neoklassiske vækstmodeller, der blot nævner, at A er teknologi eller viden og i øvrigt er "*manna from heaven*". Romer (1990) beskriver ligeledes patenter som værende et *nonrival* og *delvis excludable* gode. Hvis vi ser på de tidligere artikler indenfor området, er det også en ny måde at opfatte A på.

Andre endogene vækstmodeller har også forsøgt at endogenisere A . Det er blandt andet *AK-modellen*, men denne model formår imidlertid ikke på samme måde som Romer-modellen, at endogenisere A og samtidig skabe vedvarende vækst. *AK-modellen* skaber ganske vist vedvarende vækst, men A er stadig eksogent givet. Det vil altså sige, at modellen ikke på samme måde som Romer (1990) formår at gøre udviklingen i patenter til *intentional actions* gjort af individerne i modellen. Det hænger sammen med, at Romer (1990) skaber sin model via et mikroøkonomisk fundament, hvor virksomhederne og individerne maksimerer deres profit og nytte. Aghion & Howitt (1992) skaber ligeledes en endogen vækstmodel med et mikroøkonomisk fundament, men vi mener, at det er mere realistisk at opstille Romers (1990) model for udviklingen af patenter med humankapital anvendt i research samt den nuværende beholdning af patenter frem for Aghion & Howitts (1992) ligning, hvor der anvendes en Poisson ankomstrate i udviklingen af patenter.

Jones (1995) argumenterer for, at det er fejlagtigt af Romer (1990) at antage, at der er linearitet i beholdningen af patenter og i humankapitalen anvendt i research. Jones (1995) kommer i modsætning til Romer (1990) frem til, at der i hans model ikke vil være vedvarende vækst, som Romer (1990) definerer den vedvarende vækst, idet Jones (1995) som nævnt ikke mener, at der er linearitet i beholdningen af patenter og i humankapitalen anvendt i research. Ifølge Jones (1995) konvergerer den vedvarende vækst i modellen mod tilvæksten i befolkningen, der traditionelt antages at være eksogent givet. Vi vil til gengæld ikke her tage stilling til, om vi mener, hvorvidt det er Romer (1990) eller Jones (1995) eller (2002) der har ret i deres konklusion omkring den vedvarende vækst i deres modeller. Det vil vi undersøge i kapitel 5.

Men ud af Romer (1990) såvel som Jones (1995) og (2002) drager vi den konklusion, at det er den 1. sektor, researchsektoren, der er interessant. Det er definitionen af $\dot{A}$, og måden hvorpå patenterne bliver skabt i de lande, hvor væksten er drevet endogent i økonomien, der er interessant. Desuden mener vi, at hele diskussionen, både teoretisk og empirisk, omkring hvilke andre faktorer og i hvor høj grad disse kan forklare økonomisk vækst målt ved BNP, er yderst veldokumenteret. I sidste ende kan de andre faktorer i produktionsfunktionen, jævnfør Solow-modellen og andre neoklassiske vækstmodeller heller ikke forklare, hvorvidt der er vedvarende vækst i de pågældende økonomier, andet end at de konstaterer, at denne kommer fra udviklingen i befolkningen og teknologien.

Det vil til gengæld være relevant at undersøge, om der er andre faktorer, der kan være med til at forklare udviklingen i patenterne. Man kan argumentere for, at den sammenhæng, som Romer (1990) opstiller, og som Jones (1995) videreudvikler, er en meget simpel sammenhæng. Af den grund vil vi i den empiriske undersøgelse i kapitel 5 også undersøge de nedenstående variable, vi mener, er teoretisk fundet.

$$\dot{A} = (H_A, A, A_f, gerd, \delta, \dots) \quad (3.5)$$

Som det ses af ovenstående ligning er både humankapitalen anvendt i research, H_A , og den nuværende beholdning af patenter, A , med i ligningen. Men vi har også valgt den udenlandske beholdning af patenter A_f . Det hænger sammen med, at

man kunne forestille sig, at en lille åben økonomi kunne være påvirket af den udenlandske beholdning af patenter. Man kunne umiddelbart forestille sig, at A_f både kunne påvirke udviklingen i patenterne positivt, såvel som negativ. På den ene side kunne den udenlandske beholdning af patenter gøre det sværere at lave nye opfindelser i de enkelte lande, men på den anden side kunne A_f også danne et positivt grundlag for udviklingen i patenterne i det enkelte land. På samme måde mener vi, at *R & D udgifter; gerd*, kan have en indflydelse i form af en niveaueffekt på udviklingen af patenter. Årsagen til at inkludere *R & D udgifter* bunder i, at det er den mest indlysende måde, hvorpå man kan substituere forskning og udvikling. Vi forventer således, at udgifter til R & D påvirker udviklingen i patenterne positivt.

4. Vækstundersøgelsernes udvikling

I den nedenstående diskussion vil vi beskrive og diskutere litteratur indenfor empiriske studier i vækst; en litteratur der efterhånden strækker sig over 25 år. De anvendte måder, hvorpå de empiriske studier er blevet udført, har selvfølgelig udviklet sig gennem årene. I de sidste fem år er der publiceret undersøgelser, der har udviklet sig meget både teoretisk og økonometrisk i forhold til de empiriske vækstregrressioner, der blev publiceret i 1980'erne. Ligesom vi har gennemgået udviklingen på den teoretiske side af neoklassisk vækstteori, er det også interessant at se på udviklingen på den empiriske side af vækstteorien.

Nogle empiriske studier vælger at undersøge en hypotese fra den neoklassiske vækstteori via en strukturel model. Andre empiriske studier vælger at lave en såkaldt ad-hoc model, som kun indirekte baserer sin hypotese på teorien. Disse modeller ses mere som en empirisk relation, der undersøger nogle af de principper, som vækstteorien opstiller.

Dette empiriske arbejde er blevet meget nemmere i takt med computerens indtog og udviklingen af økonometriske programmer samt metoder, som kan lette arbejdet med store mængder af data. Efterhånden er den økonometriske side af de empiriske undersøgelser også kommet til at spille en større rolle, hvilket ses tydeligt i studier, som er skrevet efter årtusindeskiftet, da flere undersøgelser anvender avancerede økonometriske metoder som paneldata og GMM. Dette vil vi senere i kapitlet komme nærmere ind på.

Nogle empiriske studier har brugt Solow-modellen som teoretisk base i en strukturel metodetilgang. Dette er gjort for netop at kvantificere betydningen af de input, som Solow-modellen anvender til at forklare, hvad der gør, at nogle lande i verden er rigere end andre. Studier, der anvender en ad-hoc metode, er også ofte inspireret af Solow-modellen.

En af de første og mest betydningsfulde empiriske studier indenfor neoklassisk vækstteori er: "*An empirical contribution to economic growth*" skrevet af David Romer, Mankiw & Weil i 1992 – herefter RMW (1992). Denne artikel undersøger

Solow-modellen ved opstilling af en strukturel ligning. En ligeså betydningsfuld artikel er ”*Economic growth in a cross section of countries*” af Barro fra 1991, som opstiller en ad-hoc model til bestemmelse af vækst, men, som vi kommer nærmere ind på senere, er denne models hypoteser også influeret af Solow-modellen.³

4.1. En formel vækstregression

RMW (1992) undersøger, om de konklusioner, som Solow-modellen opstiller i sin teoretiske model, også holder ved brug af data. Derfor handler artiklen om at se på, hvor meget opsparing og befolkningsvækst påvirker væksten i *steady state* for landene. Ifølge RMW (1992) er deres undersøgelse den første artikel, som tager Solow-modellen seriøst.

RMW (1992) finder, at effekten på væksten for de to input, som forventes teoretisk, ikke helt holder stik empirisk. Undersøgelsen udføres via en OLS estimator med et tilhørende *cross-section* datasæt. Datasættet er opdelt i tre mindre datasæt med 98 non-oil lande⁴, 75 intermediate lande⁵ og 22 OECD medlemslande⁶.

RMW (1992) opstiller med udgangspunkt i en Cobb-Douglas produktionsfunktion med konstant skalaafkast, $Y = K^{\alpha} (AL)^{1-\alpha}$, en strukturel ligning. Det forventes, at α har en værdi på 1/3 ud fra tidligere undersøgelser, jf. RMW (1992). Estimererne af parametrene har dog de ventede fortegn, og to ud af de tre regressioner har

³ Det skal også her nævnes, at empiriske undersøgelser med udspring i endogene vækstmodeller også tit benytter Solow-modellen til at udarbejde en teoretisk model. Ofte er Solow-modellen genstand for empiriske undersøgelser, idet den matematiske opstilling af ligninger er nem at arbejde med, når der anvendes en Cobb-Douglas produktionsfunktion.

⁴ Non-oil lande er ikke olieproducerende lande, idet olieproducerende lande sorteres fra, fordi store dele af BNP stammer fra indtægter af naturlige ressourcer.

⁵ Intermediate lande frasorterer lande, der havde under en million indbyggere i 1960 eller har for få data ifølge Summers & Heston, der har konstrueret *real national accounts* fra 1988, hvor RMW's data er fra.

⁶ De 22 OECD lande tæller de medlemslande, som har et indbyggertal der overstiger en million.

en forklaringsgrad på 59 %, hvormed de to input, opsparing og befolkningsvæksten, kan forklare 59 % af BNP for folk i den arbejdsdygtige alder.⁷

RMW (1992) argumenterer for, at inkludering af humankapital, i produktionsfunktionen $Y = K^\alpha H^\beta (AL)^{1-\alpha-\beta}$, kan påvirke både opsparing og befolkningsvæksten og dermed være med til at sænke værdien af estimerterne for disse to inputs, sådan at: $\alpha = \beta = 1/3$.

Ved at introducere humankapital i den kendte Solow-model opnår RMW (1992) at få de estimerede parametre til at nærme sig de værdier, som var forventet. Det er stadig kun de to regressioner for non-oil og intermediate lande, som er signifikante og har en høj forklaringsgrad på omkring 79 %.

Med disse høje forklaringsgrader mener RMW (1992) at kunne sige, at deres estimationer af den strukturelle ligning for en udvidet Solow-model med humankapital er i særklasse, og at den udvidet Solow-model giver et næsten perfekt billede af, hvorfor nogle lande er rigere end andre. Men vi mener, at den mere tekniske side af artiklen er til diskussion, idet de økonometriske tests ikke publiceres. Dog er artiklen fra 1992, og de økonometriske metoder var stadig meget basale på dette tidspunkt.

Selvom den økonometriske metode i RMW (1992) er simpel, giver artiklen et godt billede af, hvordan man i de efterfølgende år undersøger strukturelle ligninger i vækstteorien. Kritikken af at Solow-modellen ikke holder i virkeligheden, forsvarer RMW (1992) ved at argumentere for, at deres empiriske model svarer på, hvad der har indflydelse på forskellen mellem rige og fattige lande. RMW (1992) skriver:

"Our conclusion does imply, however, that the Solow model gives the right answers to the questions it is designed to address."

RMW (1992, side 409)

⁷ Resultaterne for OLS regressionen for OECD-landene er ikke konkluderbare på grund af upræcise estimerter, idet datasættet på 22 observationer er for lille. Denne problematik vender vi tilbage til i kapitel 5

4.2. En uformel vækstregression

Listen af uformelle vækstregressioner er lang, og ad-hoc metoden er netop kendetegnet ved, at antallet af afhængige variable ikke er defineret ud fra en teori. Hele spørgsmålet om, hvilke variable der skal inkluderes, og i hvilken form de skal indgå i modellen, kan være svært at få et endeligt overblik over, hvis man gennemgår de publicerede undersøgelser fra 1980'erne og frem.

Man kan opstille en model for bestemmelse af væksten i ad-hoc modellen:

$$Dy_t = F(y_{t-1}, h_{t-1}, \dots)$$

Denne ligning er taget fra Barro & Sala-i-Martin (1994) og viser, hvordan man kan opstille en funktion for et lands per capita vækstrate, Dy_t , med diverse forklarende variable. Barro & Sala-i-Martin (1994) argumenterer for, at, y_{t-1} , det initiale niveau af BNP per capita samt, h_{t-1} , det initiale niveau af humankapital per capita udtrykt ved uddannelse eller sundhed skal medtages som forklarende variable. Derudover efterlades prikker i modellen for at indikere, at der et væld af andre variable, som kan medtages såsom opsparing, fertilitetsniveau og offentlige politikker. Dette valg af variable afhænger af den hypotese, som man ønsker at undersøge.

Selvom ad-hoc modellerne ikke bygger på én specifik vækstteori, er det tydeligt at se, at de tidlige vækstregressioner læner sig op af Solow-modellens konklusioner. Dette bunder i en problemstilling, som for de fleste undersøgelser går ud på at undersøge forskelle mellem rige og fattige lande. Der er en lang diskussion om *catching-up* effekt i den empiriske litteratur op gennem 1980'erne og 1990'erne, hvor *catching-up* netop måles ved betinget konvergens udtrykt ved koefficienten for det initiale niveau af BNP per capita.

Et kig til tidligere studier på området viser, at der er utallige måder at udføre en ad-hoc model på. Temple (1999) kalder ligefrem ad-hoc metoden for en Barro regression opkaldt efter netop Barro (1991), fordi denne undersøgelse er en af de første, som anvender den såkaldte ad-hoc metode.

Barro (1991) ønsker at undersøge, hvad der påvirker bestemmelsen af vækst gennem en række variable, som i den neoklassiske vækstteori er blevet identificeret som relevante. Barro (1991) undersøger blandt andet betinget konvergens i neoklassiske vækstmodeller, som hviler på antagelsen om faldende skalaafkast. Barro introducerer også humankapital som en vigtig faktor. Humankapitalen stammer fra de endogene vækstmodeller såsom Romer (1990). Humankapital konkluderes i Barro (1991) til at have stor empirisk betydning for betinget konvergens.

Op gennem 1980'erne og starten af 1990'erne ses en lang række af empiriske ad-hoc modeller, som undersøger samme problemstilling med forskellige variable og metoder til valg af forklarende variable. Allerede i 1983 udgives en artikel af Landau: "*Government expenditure and economic growth: a cross-country study*". I undersøgelsen findes det, at der i de anvendte data er et negativt forhold mellem vækstraten, målt i BNP per capita, og andelen af BNP, som går til udgifter i forbindelse med offentligt forbrug.

En anden artikel, der tillægges ligeså stor vægt som Barro (1991), fordi den netop opstiller makroøkonomiske hypoteser inspireret af vækstteorien, er: "*Macroeconomic determinants of growth – cross-country evidence*" af Kormendi & Meguire (1985). Denne kan også anses som værende en ad-hoc model, fordi den bygger på flere hypoteser.

Den simple form, som undersøgelserne i dette afsnit 4.2 bygger på, giver et indsigtsfuldt billede af den empiriske vækstteori. Men den simple form leder også til kritik og udvikling af metoden. For er de forklarende variable overhovedet relevante? Og hvilken af undersøgelserne er 'den rigtige'? Listen af undersøgelser er lang; dette har vi prøvet at give et indblik i.

4.3. Vækstundersøgelserne mangler

I de ovenstående afsnit diskuteres to forskellige tilgange til empirisk undersøgelse af vækst; den strukturelle og ad-hoc tilgangen. Studier som disse har dannet fundamentet for, hvordan de empiriske undersøgelser udføres og er blevet udviklet op til i dag. Som nævnt i indledningen til dette kapitel har udviklingen medført både

vækstteoretisk og økonometrisk udvikling. Både RMW (1992) og Barro (1991) er vigtige empiriske studier, og de har dét tilfælles, at de anvender en eller anden udgave af Solow-modellen på et datasæt af lande på forskellige udviklingstrin.

Levine & Renelt udgiver i 1992 artiklen: "*A sensitivity analysis of cross-country growth regressions*". Som det nævnes i indledningen til dette projekt, argumenterer Levine & Renelt (1992) for, at der ikke findes en guide for empirisk arbejde, og hvilke variable der skal inddrages i modelspecifikationen. I bund og grund konkluderer denne artikel, at de empiriske studier, der benytter sig af *cross-section* metoden med anvendelsen af en OLS estimator, ikke har brugbare resultater grundet, at variablene i regressionerne ikke er økonometrisk robuste overfor mindre ændringer.

Denne robusthedsdiskussion er stor midt i 1990'erne, og flere empiriske studier kommer med forslag til, hvordan robusthed skal undersøges i de empiriske studier. Sala-i-Martin (1997) kommer i sin artikel: "*I just ran two million regressions*" fra 1997 frem til, at mange variable, som er blevet anvendt i empiriske studier, har påvirkning på vækst, hvis der opstilles en konfidensinterval for hver variabel. Men som Sala-i-Martin (1997) argumenterer for, står det ikke klart, hvilke forklarende variable der bør indgå i den oprindelige model. Hver undersøgelse kommer med sit bud, og i tråd med vækstteorien er der nogenlunde overensstemmelse med et par af de forklarende variable som for eksempel initialt niveau af BNP og humankapital, som også Sala-i-Martin (1997) er enig i.

Sala-i-Martin (1997) mener dog, at siden der ikke er lavet en undersøgelse af, hvilke variable der bør være i en vækstregrression, hvilke variable kan så i virkeligheden siges at have indflydelse på vækst? Sala-i-Martin (1997) finder, at en lang række variable har indflydelse på væksten, når testen for variabelenes betydning ikke er for ekstrem. Men derud over kommer han og andre undersøgelser ikke nærmere en 'løsning' på diskussionen.

Som en reaktion på diskussionen om det 'rigtige' valg af de forklarende variable forsøger diverse studier at opsætte regler for, hvilke variable der skal medtages.

Sachs & Warner (1997) opstiller tre regler for, hvilke variable der skal medtages; geografiske mål, ressourcebeholdning samt økonomisk politik i landene.

Udviklingen af vækstregressioner går også mod udviklingen af de datasæt, der anvendes, samt den økonometriske metode. Et eksempel på dette er ”*Growth and human capital: good data, good results*” af Cohen & Soto fra 2007. Dette empiriske studie undersøger, hvordan bedre data for variabelen humankapital gør, at netop denne variabel bliver langt mere signifikant i vækstregressioner end tidligere antaget. Undersøgelsen har også den klare påstand, at tidligere studiers resultater, hvor humankapital ikke har spillet så stor en rolle, i virkeligheden kan bygge på dårlige data. Dette resultat er ret skelsættende og viser klart, at den økonometriske metode spiller en markant rolle for den empiriske undersøgelse. Artiklen ser både på *cross-section* regressioner samt panel data, sådan at forskellene mellem disse to estimationsmetoder belyses.

Allerede i slutningen af 1980’erne udgiver Grier & Tullock (1989) en undersøgelse af vækst, hvor de argumenterer for at bruge femårs intervaller i deres datasæt i stedet for de lange årsgennemsnit, som anvendes i *cross-section* data. Denne undersøgelse anvender en *pooled regression* på femårs intervaller over 30 år. Grier & Tullock (1989) begrundet de valgte fem år med at længere gennemsnit ødelægger information, som bør indregnes i vækstregressionen.

Op gennem 1990’erne diskuteres det meget, om der bør være gennemsnit på fem, ti eller 30 år i *cross-section* datasættene. Femårs intervaller menes nemlig at fjerne *business cycles*, som kan give udsving i dataene, som ikke har relevans over den længere periode. Denne diskussion om gennemsnit og manglende information, hvor tidsfaktoren ikke medtages, leder selvfølgelig til brug af paneldata, men også andre måder at undersøge vækst på træder ind i empirien omkring årtusindeskiftet.

4.4. Endogene vækstundersøgelser

Efterhånden eksisterer der en meget lang liste af ad-hoc modeller til empirisk undersøgelse af vækst. Diskussionen omkring, hvilke forklarende variable, der skal inkluderes, er ved at være 20 år gammel og afprøvet med mange forskellige datasæt og økonometriske metoder.

Ligesom vækstteorien bevæger sit fokus fra Solow-modellen til endogene vækstmodeller, begynder der også at dukke empiriske undersøgelser op, som ikke længere ser på hvilke faktorer, der har indflydelse på vækst. Disse undersøgelser koncentrerer sig om en problemstilling, der vedrører, hvad der bestemmer vækst, som det ses i endogene vækstmodeller.

To eksempler på dette er undersøgelser lavet for OECD. Den første udkom i 2001: *”Does human capital matter for growth in OECD countries – evidence from pooled mean-group estimates”* af Bassanini & Scarpetta (2001). Denne artikel undersøger et paneldata datasæt for 21 OECD lande i perioden 1971 til 1998 og kommer frem til, at resultaterne stemmer overens med en endogen model ala Uzawa-Lucas-modellen med konstant skalaafkast til både fysisk og humankapital.

De to forfattere Bassanini & Scarpetta udvider den ovenstående undersøgelse i *”Solow or Lucas: testing growth models using panel data from OECD countries”* i 2007 under Arnold, Bassanini & Scarpetta (2007). Via avanceret økonometriske metoder på et paneldata datasæt med 21 OECD lande i perioden 1971 til 2004, kommer de frem til, at det er den endogene model fra ovenstående undersøgelse, som resultaterne atter engang peger mod.

Som et eksempel på andre økonometriske metoder er også: *”Endogenous growth: Estimating the Romer model for the US and Germany”* af Gong et al. (2004). Denne undersøgelse bygger på en sammenligning af de to landes vækstbestemmelse men ved anvendelse af tidsserier i stedet for *cross-section* data.

4.4.1 Nytænkende bidrag

Allerede i 2000 udgiver Porter & Stern (2000) undersøgelsen: *"Measuring the 'ideas' production function: Evidence from international patent output"*. Denne undersøgelse er en af de første på sit område, som udfører en empirisk undersøgelse af vidensproduktion. Undersøgelsen anvender ikke kun Romers (1990) ligning som teoretisk inspiration, men ser på Jones' (1995) antagelser om faldende afkast i Romers (1990) ligning.

Undersøgelsen bygger på et datasæt for 17 OECD lande⁸ i perioden 1973 til 1993. Strømmen af viden udtrykkes som internationale patenter, som er udstedt af det amerikanske patentkontor, USPTO. Den afhængige variabel 'lagges' tre perioder frem i tid for at tage hensyn til 'lagget' mellem en opfindelse og udstedelsen af patentet på patentkontoret. De forklarende variable er opgjort til at være beholdningen af patenter, som er beregnet som summen af patenter fra 1973 til 1995 for hvert land samt antal researchers i hvert land, udtrykt ved *scientists* og *engineers* i alle sektorer i *full time equivalents*. (Porter & Stern, 2000)

Der anvendes paneldata estimation i undersøgelsen og udføres forskellige tests af de enkelte modeller både med kontrolvariable, såsom den udenlandske beholdning af viden, udtrykt ved summen af de 16 andre OECD landes beholdning af patenter samt *fixed effects*, som udgør både lande- og tidsspecifikke effekter.

Porter & Stern (2000) når til konklusionen, at der er linearitet i beholdningen af patenter i forhold til udviklingen i patenter, hvilket understøtter Romers (1990) konklusion. Porter & Stern (2000) finder også, at humankapital anvendt i research påvirker udviklingen i patenter positivt, men ikke lineært. Ligeledes finder de, at den globale beholdning af patenter påvirker den indenlandske udvikling af patenter negativt.

I 2005 udgiver OECD en undersøgelse af Luintel & Khan (2005): *"An empirical contribution to knowledge production and economic growth"*. Titlen spiller på RMWs (1992) titel, men det er tydeligt, at det ikke længere handler om at under-

⁸ Australien, Canada, Danmark, Finland, Frankrig, Holland, Italien, Japan, New Zealand, Norge, Schweiz, Spanien, Storbritannien, Sverige, Tyskland, USA, Østrig.

søge, hvad der bestemmer vækst i rige versus fattige lande, men hvad der bestemmer vækst i et endogent perspektiv.

Luintel & Khan (2005) tager udgangspunkt i Romers (1990) ligning for viden og undersøger gennem et panel datasæt for 19 OECD lande⁹ for årene 1981 til 2000, hvordan strømmen af nye ideer i hvert land afhænger af mængden af humankapital anvendt i research samt beholdningen af viden. Undersøgelsen er meget økonometrisk avanceret og beror på, at der er *cross-country* heterogenitet i produktionen af viden mellem landene. Den økonometriske metode tager hensyn til de udfordringer, der kan være ved paneldata via en løsning af endogenitetsproblemer, såsom simultanitet¹⁰, gennem en *Generalised Method of Moments*: GMM metoden.

Undersøgelsen bør ifølge Luintel & Khan (2005) være den første af sin slags, som modellerer *cross-country* heterogenitet i vidensproduktionen ved brug af et helt unikt datasæt med *triadic patent families* (TPF). Netop anvendelsen af *triadic patent families*, som proxy for strømmen af viden, har speciel betydning for denne undersøgelse, fordi denne proxy er et helt nyt mål for viden uden de målefejl, som ellers kan opstå ved anvendelse af patenter som proxy. Hvordan disse *triadic patent families* er defineret, kommer vi ind på i næste kapitel, da vi har fundet inspiration i dette unikke mål for udviklingen i viden.

Luintel & Khan (2005) estimerer en ligning, hvor det gælder, at denne ligning er opdelt i indenlandsk og udenlandsk strøm af viden, hvor den afhængige variabel er indenlandsk strøm af viden, mens den indenlandske strøm af viden i sidste periode samt humankapital anvendt i research og beholdningen af både inden- og udenlandsk viden indgår som forklarende variable. Opstillingen af modellen refe-

⁹ De 19 lande er: Australien, Østrig, Belgien, Canada, Danmark, Finland, Frankrig, Tyskland, Irland, Italien, Japan, Holland, New Zealand, Norge, Spanien, Sverige, Schweiz, Storbritannien og USA.

¹⁰ Simultanitet opstår, når den afhængige variabel er bestemt samtidig med en eller flere forklarende variable. I Luintel & Khan (2005) er beholdningen af viden udregnet via en *perpetual inventory method* anvendt på strømmen af viden, hvor antal TPF patenter er brugt som proxy. Dette kan give anledning til simultanitet ifølge Luintel & Khan (2005), og derfor bør den valgte estimator kunne afhjælpe dette problem. (en ligning for *perpetual inventory method* er at finde i kapitel 5)

rerer til paneldata og en tilsvarende estimator til estimering af parametrene. Den økonometriske side af paneldata uddybes også i næste kapitel.

Ifølge Luintel & Khan (2005) er denne måde at specificere en ligning for videnproduktionen populær i litteraturen, jf. Luintel & Khan (2005, side 14). Luintel & Khan (2005) har dog en ekstra variabel med i forhold til Romer (1990), fordi de opgør viden i både inden- og udenlandsk viden. Dette er tidligere også gjort af Coe & Helpman (1995) og Porter & Stern (2000) ifølge Luintel & Khan (2005). Variablen for den udenlandske beholdning af viden er inddraget i modellen, fordi den vil gøre det muligt at identificere eventuelle internationale *videns-spillovers*, jf. Luintel & Khan (2005).

Modellen anvendt af Luintel & Khan (2005) tillader også et autoregressivt element i modellen; nemlig udviklingen i viden i sidste periode. Parameteren for dette element måler *speed of adjustment* for strømmen af viden. Undersøgelsen argumenterer for, at de 19 OECD lande er vidt forskellige, hvad angår den teknologiske udvikling, indenlandske teknologichoks, landenes evne til at tilegne sig udenlandsk teknologi samt niveau og intensitet af det R & D, som de leverer. Derfor argumenterer Luintel & Khan (2005) for, at landene gennem R & D intensitet, defineret som R & D udgifter i procent af BNP, har *cross-country* heterogenitet og argumenterer yderligere for, at landene bruger meget forskellige beløb på R & D. Forskellen måles også i videnproduktiviteten, defineret ved antal TPF patenter pr 1.000 researchers, som igen, for Luintel & Khan (2005) at se, afslører store spredninger i videnproduktiviteten mellem landene.

Luintel & Khan (2005) modellerer en ligning, som nævnt estimeres ved GMM metoden, da denne estimationsmetode tager hensyn til *cross-country* heterogeniteten, og ikke kun tillader lande- og tidspecifikke effekter via paneldata, som paneldata estimationsmetoder gør.

Udfaldet af undersøgelsen er, at Luintel & Khan (2005) finder *cross-country* heterogenitet i estimatorerne for modellen ved anvendelse af GMM metoden. De argumenterer for, at estimators som OLS og IV (*instrumental variables*) ikke kan opfange heterogeniteten landene imellem. Resultatet er, at, i gennemsnit, vil strøm-

men af ny viden være højere i lande med større humankapital anvendt i research. Resultaterne viser også, at i lande, hvor beholdningen af indenlandsk viden er høj, vil afkastet på indenlandsk viden være lav og fordelene ved internationale *spillover* effekter forsvinder, når landene forøger deres indenlandske beholdning af viden.

Undersøgelsen af Luintel & Khan (2005) er meget økonometrisk anlagt. Den kan betegnes som en ad-hoc model over endogen vækstteori, ligesom Barro (1991) er det for Solow-modellen. Vi har valgt at gå forholdsvis meget i dybden med diskussionen af Luintel & Khans (2005) undersøgelse, fordi den netop er noget af det nyeste indenfor empirisk vækstundersøgelser både med hensyn til økonometri og vækstteori. Undersøgelsen er god inspiration for vores undersøgelse, selvom problemstillingen er en lidt anden, og vi ikke ønsker at bruge en så avanceret økonometri. Luintel & Khan (2005) viser også tydeligt, hvor langt empiriske undersøgelser på dette område er kommet de sidste 25 år, og hvilken retning litteraturen på området har.

5. Undersøgelse af vidensproduktion i udviklede lande

I dette kapitel introduceres datasættet, som anvendes i dette projekt. Specifikation af den empiriske model baseret på Romers (1990) ligning, de valgte variable samt estimationsmetoden beskrives og diskuteres. Efter de indledende afsnit følger en oversigt over dataene samt den endelige specifikation af den empiriske model, hvis resultater giver de empiriske svar på vores problemformulering.

5.1. Data

I udarbejdelsen af datasættet, som anvendes til estimation af ligningen for vidensproduktion, har vi valgt at anvende de OECD medlemslande, hvor det har været muligt at få flest data for over den længste periode. Vi har data, der strækker sig fra 1985 til 2006 for de fleste lande, men med forskellige mangler i tidsserierne. Datasættet inkluderer derfor 19 af de 30 OECD lande over en periode på 18 år fra 1987 til 2004. Fravalg af lande er for det meste sket på baggrund af manglende data for 1980'erne for OECD landene. For næsten alle lande har vi data helt op til 2006, men netop fire lande mangler enten for 2005 eller 2006. Vi ønsker at have det størst mulige antal lande med og har derfor valgt at skære den øverste tidsramme fra 2006 til 2004 i stedet for at mindske antallet af lande fra 19 til 15. At vi har data fra 1985 til 2006 er med til at afhjælpe udregninger for at skaffe data for alle år, 1987 til 2004, i de 19 lande; for eksempel med hensyn til beregning af årlig vækstrate for patentansøgninger, som anvendes i udregningen af én af de forklarende variable, jf. afsnittet om beholdningen af viden i afsnit 5.1.1

Som det er beskrevet senere, ønsker vi at arbejde med et balanceret datasæt. En liste over alle OECD landene er at finde i appendiks 2 kombineret med en oversigt over, hvilke lande der indgår i det endelige datasæt for 1987 til 2004.

Ved indsamling af datasæt gælder det selvfølgelig om at have de bedste data. Vi forbinder de bedste data med de bedst sammenhængende data. Vi opstiller derfor tre kriterier for, hvordan vi vælger at indsamle data for netop at opnå den bedste kvalitet:

- Datakilden skal være en internationalt anerkendt institution. Vi forventer, at internationale kilder beregner og udgiver data indenfor nogle specifikke metoderammer, som er opsat for at få sammenhæng i data.
- Vi ønsker, at vores data skal komme fra så få kilder som muligt, da det også er med til at øge kvaliteten, når der er færre målingsfejl og højere konsistens. Samtidig undgår man strukturelle brud i tidsserierne.
- Vi ønsker ikke at tage et datasæt fra en anden offentliggjort artikel. Vi ønsker selv at indsamle vores data, selvom disse data må komme fra samme kilde, som tidligere studier på området har anvendt. Anvendelse af allerede kendte datasæt har nemlig den ulempe, at vi får sværere ved at gennemskue de enkelte beregninger af proxy'er for variablene.

Tilgængeligheden af data på Internettet gør det meget let at få adgang til store mængder af data og tidsserier for mange lande. Når vi vælger at arbejde med OECD lande, er det selvfølgelig oplagt at anvende data, som OECD har indsamlet og lagt ud på deres hjemmeside. Når vi anvender OECDs egne data, opfylder vi også de tre kriterier samt det faktum, at alle kan genskabe vores datasæt ved egen indsamling fra OECD. Dette gør vores datasæt meget gennemskueligt, hvilket nogle gange synes at være en udfordring ved datasæt, som knytter sig til andre empiriske studier.

Konstruktion af et datasæt for de tre variable, $\dot{A}$, A og H_A i Romers (1990) ligning for vidensproduktion, kræver en del omregning, da det kun har været muligt at opnå data for den afhængige variabel, $\dot{A}$, direkte fra OECD. De to andre variable udregnes på baggrund af andre data fra OECD. I nedenstående ser vi på, hvilken proxy'er vi anvender for de enkelte variable, og hvordan disse er beregnet. Vi har ladet os inspirere af de proxy'er, som Luintel & Khan (2005) anvender i deres undersøgelse. Luintel & Khan (2005) har den fordel, at de har skrevet artiklen for OECD, og således må formodes at have adgang til alt data på området for OECD. Det har været muligt at få adgang til næsten al den information, som de beskriver at have anvendt. Dog har vi ikke kunnet få adgang til data fra før 1985, hvor deres data strækker sig tilbage til 1981. Til gengæld strækker vores data sig som sagt frem til 2004.

5.1.1 Patenter som proxy for viden

I arbejdet med patenter¹¹ i OECD argumenterer Dernis et al. (2001) for, at det er almindelig kendt, at der er et tæt forhold mellem patentansøgninger og innovativt output, men problemet er, at der ikke eksisterer en international standardiseret metode til at beregne patentdata for flere lande på én gang.

Luintel & Khan (2005) har svaret på dette problem ved, at de anvender *triadic patent families* (herefter TPF) som proxy for $\dot{A}$. Det gør de ud fra en begrundelse om, at patenter varierer med hensyn til økonomisk og teknologisk vigtighed. De hævder, at det kun er en lille del af antallet af patentansøgninger, som i virkeligheden står for en ny opfindelse og dermed ny viden. Luintel & Khan (2005) hævder, at de ved at bruge TPF har fundet en ny måde, hvorpå dette kan løses.

En TFP er af OECD defineret, som alle de patentansøgninger, der er ansøgt ved både det europæiske (EPO), japanske (JPO) og det amerikanske patentkontor (USPTO), som deler en eller flere *priority* ansøgninger. En *priority* ansøgning er den første patentansøgning, der typisk er indsendt i opfinderens eget land. En TPF ansøgning offentliggøres 18 måneder efter denne er ansøgt. (OECD PSM, 2009)

En fordel ved en TPF er, at den tager hensyn til de problemer, der kan opstå ved at indsamle patentdata fra forskellige lande, fordi indhentning af data for patentansøgninger ansøgt på de forskellige patentkontorer vil lave en skævhed i dataene på grund af gentagne ansøgninger for samme opfindelse. Dernis et al. (2001) mener, at denne opgørelsesmetode fjerner betydningen af *policy* ændringer, så det ikke længere er nødvendigt at tage hensyn til disse i arbejdet med data. TPF er en gruppe af patentansøgninger, der overholder kriterier, så som at patentansøgningerne er af en høj standart, og at antallet af patentansøgninger beregnes på samme måde ligegyldigt, hvilket land opfindelsen stammer fra.

¹¹ “...an intellectual property right relating to inventions in the technical field. A patent may be granted to a firm, individual or public body by a national patent office. An application for a patent has to meet certain requirements: the invention must be novel, involve a (non-obvious) inventive step and be capable of industrial application. A patent is valid in a given country for a limited period (generally 20 years).” Dernis et al (2001, side 130)

Ved anvendelse af TPF ansøgninger som proxy for viden eliminerer man udfordringer ved *lag* i tid fra opfindelse til patentansøgning. OECD nævner, at *priority date* er det tætteste tidspunkt, man kommer på opfindelsens oprindelse; altså det faktiske tidspunkt for opfindelsen. Pointen for Luintel & Khans (2005) anvendelse af TPF som en ny og forbedret proxy for $\dot{A}$ er, at man opnår et mål for $\dot{A}$, som kommer tættest muligt på antallet af nye opfindelser af høj vidensintensiv karakter. Senere i kapitlet vil vi dog se nærmere på om anvendelsen af *lags* har betydning for vores empiriske model.

Dernis et al. (2001) henviser til, at patentansøgninger i TPF har en høj standart. Luintel & Khan (2005) uddyber dette med, at disse patenter ofte har høje økonomiske omkostninger for dem, der ansøger patentet. De angiver, at en TF (*triadic family*) patentansøgning koster op mod to til seks gange så meget som et patent, der kun ansøges om på nationalt eller regionalt plan, jf Luintel & Khan (2005, side 6). De argumenterer derfor for, at disse høje omkostninger gør, at det kun er de allermest innovative og værdifulde opfindelser, som opnår patentansøgning på globalt plan. Derfor er det kun disse opfindelser, som vil indtræde i en TPF.

Det skal nævnes, at når der tales om, at en opfindelse er værdifuld, betyder det, at opfinderen vil kunne tjene mange penge på at sælge sit produkt, idet produktet anses for at være nyskabende. De mange penge tjenes på, at opfindelsen er beskyttet, så kun ejeren af patentet kan producere opfindelsen. Dette er fuldt ud i tråd med Romers (1990) 2. forudsætning om, at teknologiske ændringer i bred udstrækning sker på baggrund af bevidste handlinger fra individer eller virksomheder, som handler ud fra markedsincitament, og som derfor tager patent på designet.

Luintel & Khan (2005) opgør, at det kun er 18 % af patentansøgninger, som ansøges på EPO og USPTO, som kan opgøres som værende medlem af en TF. Derfor vil et datasæt med disse TPF kun proxy de mest værdifulde opfindelser uden de målefejl som ellers kunne opstå, jf Luintel & Khan (2005).

I samme forbindelse skal det nævnes, at OECD i 1995 havde en andel på 98,9 % af verdens TPF. Både USA og Europa står for godt 1/3 af verdens TPF med henholdsvis 34,81 % og 32,17 %, mens Japan står for omkring en ¼ med 26,83 %. Tyskland har 13,31 %, jf. Dernis et al. (2001). Det vil altså sige, at næsten alle nye værdifulde opfindelser har oprindelse i OECD, og derfor er denne proxy et rigtig godt match med det, vi ønsker at undersøge. Dette er i god tråd med, hvad Sachs (2000) beskriver om lande i den endogene kategori.

Strømmen af viden

I ovenstående er det klart, at vi ønsker at anvende patentansøgninger, som er medlem af TPF, som proxy for opfindelser. $\dot{A}$ svarer netop til de nye opfindelser, der skabes hvert år. Denne proxy for $\dot{A}$ er taget direkte fra OECD.stat og OECD Factbook 2009 ud fra *total patents* i *triadic patent family*. Man kan betegne $\dot{A}$ som strømmen eller udviklingen af patentansøgninger opgjort for hvert år. Vi har data fra 1985 til 2006 på de 30 OECD lande med et par undtagelser for Tyrkiet, Slovakiet og Island. Det har som sagt ikke været muligt at finde data fra før 1985 på OECDs hjemmeside, selvom Luintel & Khan (2005) nævner, at der findes data tilbage til 1981 for alle lande.

Vi skrev i ovenstående, at vi ønsker at have én kilde på data, så vidt det er muligt. Vi har dog anvendt to kilder indenfor OECD til strømmen af patentansøgninger, der er medlem af en TPF. Dette skyldes, at data efter 1998 opfører sig besynderligt for tidsserierne hentet på OECD.stat. Et kig på OECD Factbook 2009 for samme definition af patentansøgninger afslører, at data efter 1998 stemmer meget bedre med de foregående år.¹² Det må stå hen i den uvisse, hvorfor OECD.stat har indsat andre data efter 1998 end Factbook 2009. De to kilder har ens tal fra 1990 til omkring 1998, 2000 eller 2002, mens Factbook 2009 ikke har data fra før 1990. Dette er grunden til, at vi anvender begge kilder, sådan at vi får et fuldstændigt billede af TPF patentansøgninger fra 1985 til 2006. Det er listet i appendiks 2,

¹² En årsag til bruddet i dataene fra OECD.stat kunne ifølge Dernis et al. (2001) skyldes, at OECD.stat ikke har anvendt *nowcasting*, der er en statistisk metode, som kan afhjælpe den lange sagsbehandling, der er forbundet med patentansøgningerne, før ansøgningerne bliver offentliggjort. Ifølge Dernis et al. (2001) kan der gå op til 5 år før patentinformationen er tilgængelig.

hvilke lande der ikke har alle data i tidsperioden samt hvilket år, vi skifter kilde i hvert land.

Beholdningen af viden

I ligningen for vidensproduktion er den akkumulerede beholdningen af opfindelser også anvendt. Det vil altså sige, at A kan defineres som alle patentansøgninger, der eksisterer fra tidspunkt nul til tidspunkt t . En proxy for denne variabel er et længere regnestykke, da det kun har været muligt at anskaffe antallet af patentansøgninger per år for hvert land. A beregnes derfor ud fra de data, som $\dot{A}$ giver.

Abdih & Joutz (2006) anvender ligesom Luintel & Khan (2005) *perpetual inventory* metoden til udregning af både den initiale beholdning af A på tidspunkt nul for datasættet samt beholdningen for de efterfølgende år. En lille omskrivning af den opstilling som Abdih & Joutz (2006, appendiks) anvender udformes:

$$b_0 = \frac{a_0}{g + d}$$

Den første ligning beskriver, hvordan den initiale beholdning udregnes. b_0 er den initiale beholdning af patentansøgninger og a_0 er det initiale antal af patentansøgninger, og d er en afskrivningsrate, som er sat til 15 %, jf. Abdih & Joutz (2006, s. 252). g er den gennemsnitlige årlige vækstrate i patentansøgninger over hele tidsperioden.

Den anden ligning beskriver, hvordan beholdningen af patentansøgninger beregnes for hvert år:

$$b_t = a_t + b_{t-1}(1 - d)$$

b_t er beholdningen af patentansøgninger på tidspunkt t , og a_t er alle patentansøgninger på tidspunkt t . Da A er udregnet med data fra $\dot{A}$, er det selvfølgelig de samme lande, hvor der mangler data for. Dette er at finde i appendiks 2.

Netop Abdih & Joutz (2006) har forsøgt sig med forskellige afskrivningsrater for d , men dette ændrer ikke noget betydeligt på de endelige resultater. De 15 % afskrivningsrate, og denne metode for udregning af beholdningen af patenter, er al-

ment brugt i litteraturen omhandlende patenter i USA ifølge Abdih & Joutz (2006). Abdih & Joutz (2006) gør dog opmærksom på, at denne *perpetual inventory* metode ikke er teoretisk funderet, men flere gange testet og en afskrivningsrate på 15 % synes at være passende.

For hvert land beregnes altså først en vækstrate for patentansøgninger over alle årene 1985 til 2006, hvis muligt. Der udregnes derefter en gennemsnitlig vækstrate for perioden. a_0 sættes lig med antallet af patentansøgninger i 1985. Abdih & Joutz (2006) nævner også, at man blot kan sætte b_0 lig a_0 for første periode, som er tilgængelig, her 1985, sådan at man antager, at det er første år, hvor der er skabt viden. Denne argumentation vil passe bedre på en tidsserie, der strækker sig over langt flere år end vores og går længere tilbage i tid end 1980'erne. Derfor vælger vi at udregne b_0 .

5.1.2 Researchers som proxy for humankapital

Variablen H_A i ligningen for vidensproduktion er defineret som den del af humankapital, der er anvendt i research. En god proxy herfor er derfor det antal personer, som hvert år er beskæftiget med research. Luintel & Khan (2005) anvender antal researchers. I OECD.stat er det gjort let at finde data for dette, da der eksisterer en tidsserie for OECD landene med antallet af researchers i hvert år. Derfor er det også oplagt for os at anvende researchers.

Vi har valgt at indkredse variablen til researchers og ikke bare alle personer, der arbejder med R & D. OECD.stat opdeler personer, der arbejder med R & D, i tre underkategorier, hvor vi vælger kun at fokusere på researchers. De andre to kategorier er *technicians* og *other support staff*, som ikke direkte sidder og opfinder. OECD.stat opgør også personerne i beskæftigelseskategorier. Her har vi valgt alle kategorier, som tæller *business enterprise*, *government*, *higher education* samt *privat non-profit*. Det vil altså sige, at researchers dækker over data for alle personer, der benævnes researchers indenfor alle erhversgrupper; både privat og offentligt. Det skal her også nævnes, at researchers er opgjort i *full time equivalent*,

hvilket vil sige, at hvis der er to researchers, der kun arbejder halvtid, tæller de som én researcher i dataene.

Data for researchers har dog den udfordring, at der i de fleste lande har været manglende data i flere år. Nogle lande har data for hvert andet år, mens andre har for hvert tredje. Data for researchers er anvendt af Luintel & Khan (2005), men de har ikke nogen anvisning af, hvor meget data de har for landene, eller hvordan de har opnået at få alle data, da de som sagt ikke er at finde i OECD.stat.

Vi ønsker at anvende antal researchers som proxy for H_A , da det er det tættest, man i data kan komme på H_A . Vi har derfor fundet på en ad-hoc metode til at udregne de manglende datapunkter for antal researchers for landene. Denne metode er ikke teoretisk funderet, men da den er anvendt konsistent gennem alle år og alle lande, må den give os de data for antal researchers, som kommer så tæt på det sande antal af researchers som muligt.

Luintel & Khan (2005) ser også på tal for antal researchers i procent af alle beskæftiget. I Romer (1990) defineres at, $H = H_Y + H_A$, så man kan også udtrykke H_A som den del af de beskæftigede, der betegnes researchers. Denne udregning har vist sig meget nyttig i udregning af antal af researchers for de år, hvor vi ikke har data. Vi har også hentet tal fra OECD.stat for antal beskæftiget i hvert år for hvert land. Denne variabel inkluderer tal for hele perioden 1985 til 2006 for alle lande. På denne måde er vi kommet frem til data for antal researchers for alle landene i datasættet i alle årene. Variablen for H_A er derfor en konstrueret variabel i datasættet, men samtidig det tætteste en proxy for H_A kommer på den sande værdi for H_A . I appendiks 3 vises vores metode til beregning af antal researchers for de 19 lande fra 1987 til 2004.

5.1.3. Kontrolvariable

Økonometrisk kan det være problematisk kun at anvende det simple forhold mellem udviklingen i viden og beholdningen af viden samt humankapital i vidensud-

vikling. Derfor ønsker vi at inddrage kontrolvariable. Disse har til formål at 'hjelpe' de forklarende variable med at forklare udviklingen i den afhængige variabel. Disse kan ses som det empiriske modstykke til den udvidet teoretiske model for udviklingen i viden i kapitel 3 udtrykt ved ligning (3.5).

Kontrolvariablene er udvalgt på baggrund af deres betydning for udviklingen i viden. Man kan ikke kontrollere for alt i verden, når man skal estimere et forhold mellem variable, men man kan finde frem til nogle kontrolvariable, som eventuelt også har en teoretisk sammenhæng med den afhængige variabel.

Vi har valgt at anvende den udenlandske beholdning af viden, A_f , samt investeringer i viden, $gerd$, som kontrolvariable. Den udenlandske beholdning af viden er anvendt som kontrolvariabel både i Porter & Stern (2000) og Luintel & Khan (2005). Denne variabel er et godt mål for internationale *spillovers* af viden og vil derfor dele beholdningen af viden i inden- og udenlandsk.

En proxy for den udenlandske beholdning af viden, A_f , er som med den indenlandske beholdning af viden udregnet fra antal TPF patenter, som er omtalt i ovenstående. Der er flere måder, hvorpå udregningen kan foretages. Vi har valgt at lade os inspirere af den udregningsmetode, som Porter & Stern (2000) anvender. Den anvender 'verdens' beholdning af viden i år t , som er defineret som summen af alle landenes beholdning af viden i år t . I dette tilfælde er det summen af alle 19 landes beholdning. Hvert lands udenlandske beholdning af viden i år t er så summen af alle landenes beholdning i år t fratrasket landets indenlandske beholdning af viden i år t .

Den anden kontrolvariabel, som vi har valgt, er det enkelte lands investeringer i viden, $gerd$. Denne kontrolvariabel er med vores viden ikke anvendt før i denne litteratur. Baggrunden for vores valg af variablen er, at man kan forestille sig, at et lands udvikling i viden er meget påvirket af, hvor meget landet investerer i viden.

En proxy for denne variabel er *gross domestic expenditure on R & D* opgjort som millioner dollars i 2000 med konstante priser og PPP. Kilden er stadig OECD.stat. Yderligere oplysninger findes i appendiks 1 samt litteraturlisten.

5.2. Dataoversigt

Efter forklaringen af de variable, som anvendes til estimering af Romers (1990) ligning for vidensudvikling, er det nærliggende at se nærmere på de konkrete data for variablene. Gennemgangen af dataene giver et billede af de mønstre, der er i dataene, hvilket er behjælpeligt, når vi skal analysere resultaterne af estimationen.

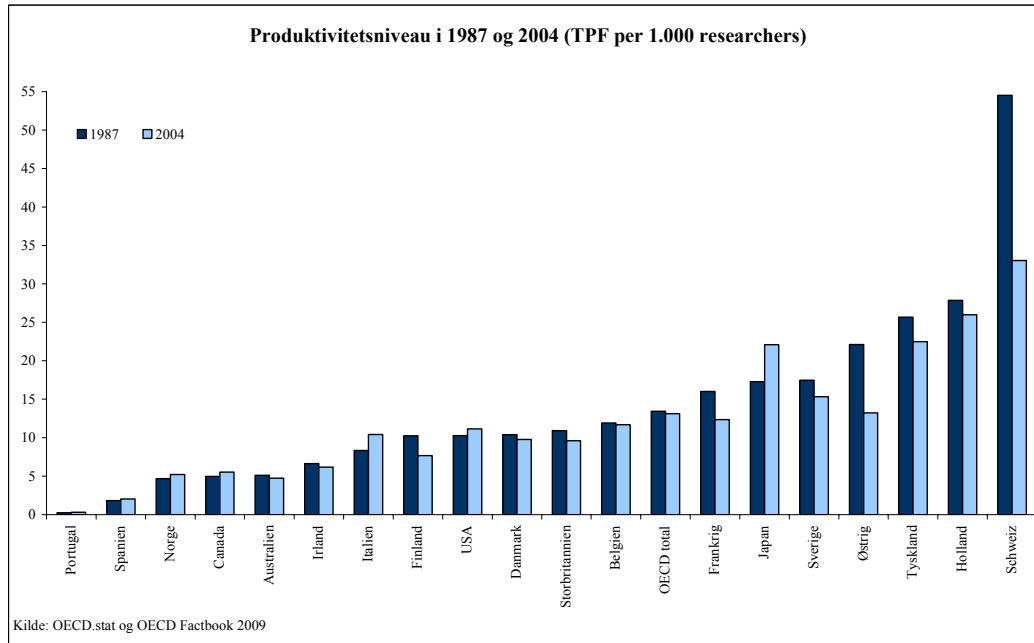
Vi anvender som sagt 19 OECD-lande i perioden 1987 til 2004 i datasættet. Disse lande er valgt, fordi de er høj-indkomst lande, som vi mener, er de lande, der er længst fremme i den teknologiske udvikling, jf. Indledningen.

For at få en forståelse af tallene for hver variabel i vores specifikation af Romers ligning har vi lavet en oversigt over dette for TPF patenter og researchers opgjort i middelværdi og standardafvigelse for hvert af landene i perioden 1987 til 2004. Standardafvigelsen medtages for at give en indikation af spredningen i værdien for den givne proxy. En høj værdi for standardafvigelsen indikerer, at landet har haft store ændringer i værdien for proxy'en, mens en lille standardafvigelse indikerer, at landet har haft en forholdsvis konstant værdi for proxy'en i perioden.

Der er selvfølgelig en vis forskel i middelværdien mellem landene for både antal TPF patenter og researchers. Denne spredning er ofte knyttet til landenes størrelse. Derfor kan de to variable kombineres på en måde, sådan at man udjævner landestørrelserne. Dette gøres ved at se på antal patenter per 1.000 researchers i hvert land. Luintel & Khan (2005) kalder dette for landenes produktivitsniveau. Dette produktivitsniveau er centralt for forståelse af landenes data, så vi vil i det følgende se nærmere på dette niveau.

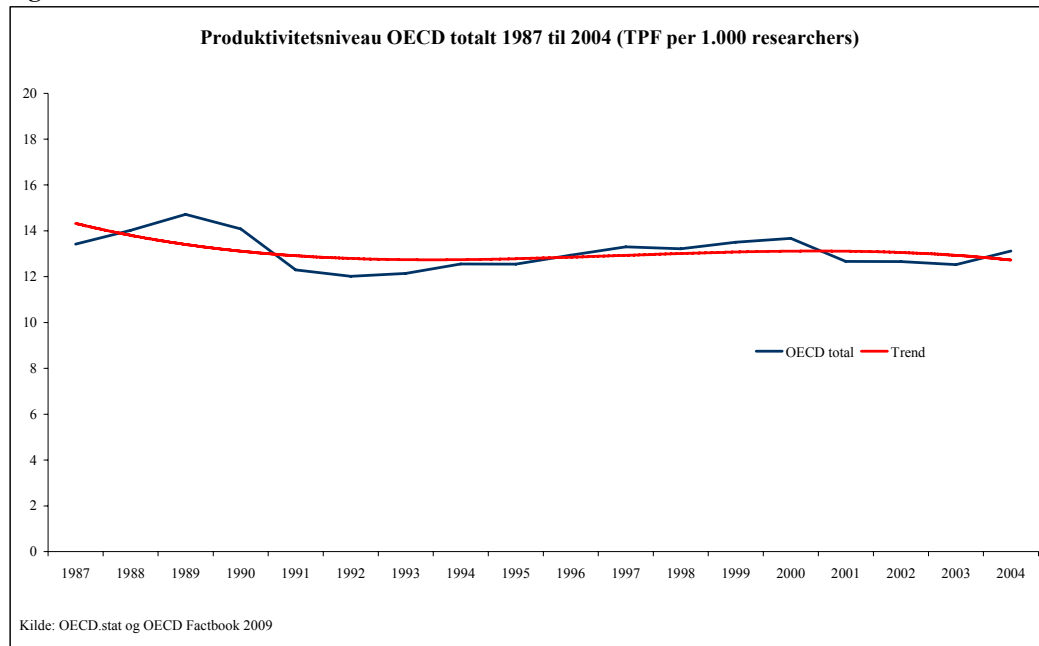
Nedenstående figur viser landenes produktivitsniveau i 1987 og 2004. Et land stikker især ud; Schweiz, som har en meget høj andel af patenter per 1.000 researchers. Dog er det også iøjnefaldende, at andelen falder mellem 1987 og 2004. I

tilfældet med Schweiz betyder det, at landet har produceret næsten det samme antal TPF patenter i 1987 og 2004, men at der er langt flere researchers i 2004. Dette ses også af standardafvigelsen for TPF patenter for Schweiz, som ses i nedenstående tabel; den er kun på 47,51 med en middelværdi på 794,37, hvilket svarer til en afvigelse på cirka 6 %. Dette er ikke meget over 18 år.

Figur 7

Hvis produktivitetsniveauet opgøres for OECD totalt i perioden 1987 til 2004, er det tydeligt, at produktiviteten er svagt faldende, men generelt ligger produktiviteten mellem 12 og 14 TPF patenter per 1.000 researchers. Dette ses i begge figurer.

Figur 8



I nedenstående tabel 2 ses den beskrivende statistik for data for 19 lande i perioden 1987 til 2004. De første to kolonner angiver middelværdi og standardafvigelse for den afhængige variabel for antal TPF, *triadic patent families*, patentansøgninger.

Det er tydeligt, at det er Portugal som i gennemsnit har ansøgt om færrest TPF patenter mellem 1987 og 2004 med knap fire patenter. Både Japan og USA har en middelværdi på over 10.000 patentansøgninger i perioden. I gennemsnit har landene en middelværdi på cirka 2.000 patentansøgninger, hvilket er trukket godt op af Japan og USA, da de fleste af landene har en middelværdi på under 1.000 patenter. Til sammenligning kan det nævnes, at Luintel & Khan (2005) angiver en middelværdi for landene på 1,560 patenter i perioden 1981 til 2000. Herud af kan man se, at middelværdien for landene faktisk er steget en del, når tidsperioden angives fra 1987 til 2004 for de 19 lande.

Ses der på standardafvigelsen for TPF patenter, er der kun seks lande med en standardafvigelse under 20 % af middelværdien. De fire af landene er i top 5 over største middelværdi; USA, Tyskland, Frankrig og Storbritannien. Schweiz og Italien har en noget lavere middelværdi, men har de laveste standardafvigelser på

henholdsvis 6 % og 7,7 %. Dataen for top 5 tyder på, at disse lande har haft en relativ konstant udvikling i TPF patenter over de 18 år.

Den konstante udvikling kan skyldes landenes evne til at være foregangslande med hensyn til teknologi, som disse lande ofte opfattes som. Disse seks lande har sammen med Holland den laveste vækst i TPF patenter målt som årlig gennemsnitlige vækst i perioden 1987 til 2004. Landenes gennemsnit ligger under gennemsnittet for OECD totalt på 4,21 % per år. Schweiz har den laveste TPF patentvækst på 1,01 % pr år. Til sammenligning har Portugal haft en gennemsnitlig årlig vækst i TPF patenter på 38,72 % og Spanien den næsthøjeste vækst med 10,83 %. De fleste lande ligger dog på en gennemsnitlig årlig vækst omkring 5 - 8 %.

De to næste kolonner angiver den beskrivende statistik for beholdningen af TPF patenter. Denne variabel er som sagt konstrueret ud fra *pepetual inventory* metoden, men giver alligevel et billede af mængden af patenter for landene.

Billedet fra antal TPF patenter går igen, men det ses dog også, at Holland har en lavere middelværdi for beholdningen af patenter end Schweiz, selvom Hollands middelværdi for antal patenter er større. Middelværdien for de 19 lande ligger på 10.608 med en standardafvigelse på 2.244.

Femte til ottende kolonne angiver beskrivende statistik for antal researchers. For nemhedens skyld er antal researchers opgjort i tusinde. Middelværdien for de 19 lande er 142.830 researchers per land. Til sammenligning angiver Luintel & Khan (2005) 125.000 researchers per land.¹³ Så ligesom med antal patenter er også antal researchers steget, når perioden ændres fra 1981 – 2000 til 1987 til 2004.

¹³ Luintel & Khan (2005) anvender også 19 OECD lande, men har New Zealand med i stedet for Portugal. Så det skal man tage højde for i sammenligningen af deres og vores data.

Beskrivende statistik for 19 OECD-lande 1987 - 2004

	TPF patenter		Beholdning af TPF patenter		Researchers (1000)		Researchers i % af beskæf.		TPF pr 1000 researchers	
	Middelværdi	Standardafv.	Middelværdi	Standardafv.	Middelværdi	Standardafv.	Middelværdi	Standardafv.	Middelværdi	Standardafv.
Australien	254,26	89,01	1.303,13	405,89	58,24	12,90	0,69	0,10	4,27	0,78
Belgien	321,88	73,65	1.713,98	487,75	24,35	5,86	0,62	0,13	13,36	1,98
Canada	434,18	146,76	2.117,05	740,16	89,28	22,03	0,64	0,11	4,78	0,63
Danmark	188,54	59,00	938,43	339,03	16,58	5,17	0,62	0,19	11,39	1,52
Finland	284,66	115,29	1.329,91	687,52	23,87	11,31	1,03	0,47	12,75	4,24
Frankrig	2.088,24	281,64	11.995,56	1.751,68	152,42	26,72	0,66	0,09	13,85	1,39
Holland	826,28	203,47	4.542,51	925,73	34,82	5,95	0,49	0,04	23,64	3,34
Irland	37,35	16,80	175,45	70,37	6,62	2,30	0,46	0,08	5,57	1,17
Italien	665,13	51,34	3.967,96	396,25	71,87	4,39	0,34	0,02	9,31	1,11
Japan	10.795,50	2.604,11	54.774,67	15.491,19	571,37	91,32	0,90	0,13	18,75	2,31
Norge	84,08	21,94	417,65	140,59	16,36	3,28	0,76	0,12	5,10	0,67
Østrig	234,24	58,54	1.265,63	265,63	16,33	6,04	0,44	0,15	15,34	3,94
Portugal	3,99	2,14	17,60	9,64	12,70	4,82	0,27	0,09	0,30	0,12
Schweiz	794,37	47,51	5.096,74	148,35	21,27	4,01	0,53	0,08	38,57	7,57
Spanien	107,59	48,28	476,89	226,41	56,11	22,07	0,39	0,10	1,88	0,19
Storbritannien	1.579,88	135,95	9.648,60	818,74	148,35	17,42	0,56	0,05	10,70	0,76
Sverige	651,03	190,88	3.603,59	956,21	35,06	8,86	0,84	0,22	18,68	3,88
Tyskland	5.068,17	907,60	28.954,06	4.887,50	231,21	34,09	0,67	0,05	22,08	3,30
USA	12.574,12	2.082,25	69.205,58	13.878,77	1.126,92	175,54	0,87	0,08	11,15	0,56
Sum (19 lande)	36.993,49	7.136,16	201.544,99	42.627,41	2.713,72	464,07	n/a	n/a	n/a	n/a
OECD total	37.657,59	7.369,70	203.069,90	44.762,33	2.886,84	579,13	-	-	13,08	0,73
Middelværdi *	1.947,03	375,59	10.607,63	2.243,55	142,83	24,42	0,62	0,12	12,71	2,08

Kilde: OECD-stat og OECD Factbook 2009. Se også appendiks for nærmere forklaring af kilder. *Middelværdi er udregnet for de 19 lande.

Den beskrivende statistik for researchers i procent af beskæftigede giver et godt billede af landenes fokus på researchers. Middelværdien for alle de 19 lande er 0,62 % af de beskæftigede, hvor Finland når op over 1 %, mens Japan har anden højst middelværdi på 0,9 %. Portugal og Italien har lavest middelværdi med henholdsvis 0,27 % og 0,34 %. Procentandelen af researchers er også steget per land i OECD, da Luintel & Khan (2005) angiver 0.53 % som middelværdi for de 19 lande.

Som antydnet i ovenstående er det mere interessant at se på antal patenter per 1.000 researchers. Dette er beskrevet i de sidste to kolonner. Det er i disse tal tydeligt, at selvom et land har et stort antal patenter i gennemsnit, er det ikke nødvendigvis ensbetydende med høj produktivitet. USA har for eksempel et lavere produktivitetsniveau end Japan. Der er langt færre researchers i Japan til at producere næsten lige så mange opfindelser som i USA, målt på middelværdien. Japans høje produktivitetsniveau skal sikkert findes i den store bilindustri samt anden højteknologisk industri som for eksempel udviklingen af TV- og fotografiapparater samt DVD maskiner. Denne industri er højteknologisk, og man kan forestille sig, at det bliver til mange patentansøgninger.

Schweiz har det allerhøjeste produktivitetsniveau men med en middelværdi for patenter, som ligger under 1.000. Dette høje produktivitetsniveau er allerede at se i Porter & Stern (2000), som anvender tidsperioden 1973 til 1993. Årsagen til det usædvanlige høje niveau kan findes i Schweiz' bioteknologiske og kemiske industri. Denne industri er i særdeleshed også højteknologisk. Historisk set er den farmaceutiske industri stor i Schweiz. (UM Schweiz, 2009)

Portugal og Spanien har lavest middelværdi for produktivitetsniveauet, hvilket også er tilfældet for antal patenter og beholdningen af patenter. For Portugal er dette også tilfældet ved researchers i procent af beskæftiget, mens Irland har det laveste antal researchers.

De generelle træk for den beskrivende statistik er, at Portugal og Spanien ligger i bund, mens Japan og Schweiz ligger i top både for antal TPF patenter og beskæf-

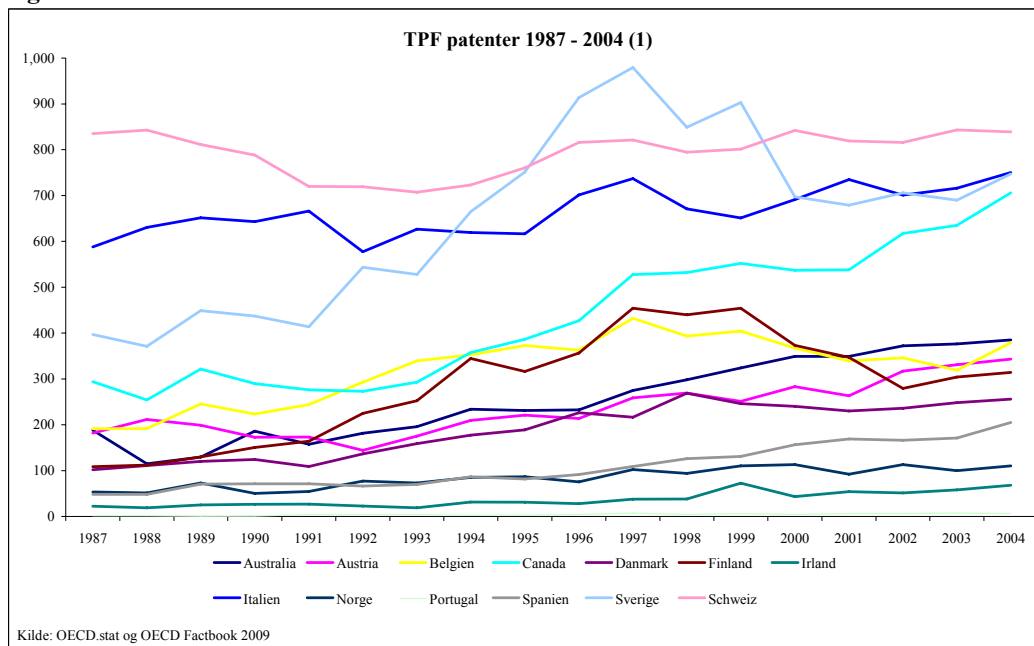
tigelse af researchers. Selvom USA har størst middelværdi for antal og beholdning af patenter samt antal researchers, så er landets produktivitetsniveau lidt lavere end middelværdien for de 19 lande. Det er også tydeligt, at udviklingen af TPF patenter, beskæftigelse af researchers samt antal af researchers i procent af de beskæftigede er steget, hvis der sammenlignes med perioden, som Luintel & Khan (2005) anvender; 1981 – 2000. Derud over medtager vi som sagt også Portugal i vores datasæt, hvilket burde have trukket middelværdien for de 19 lande ned. Så udviklingen i teknologien er tydeligt at se.

5.2.1. Udviklingen i viden over tid

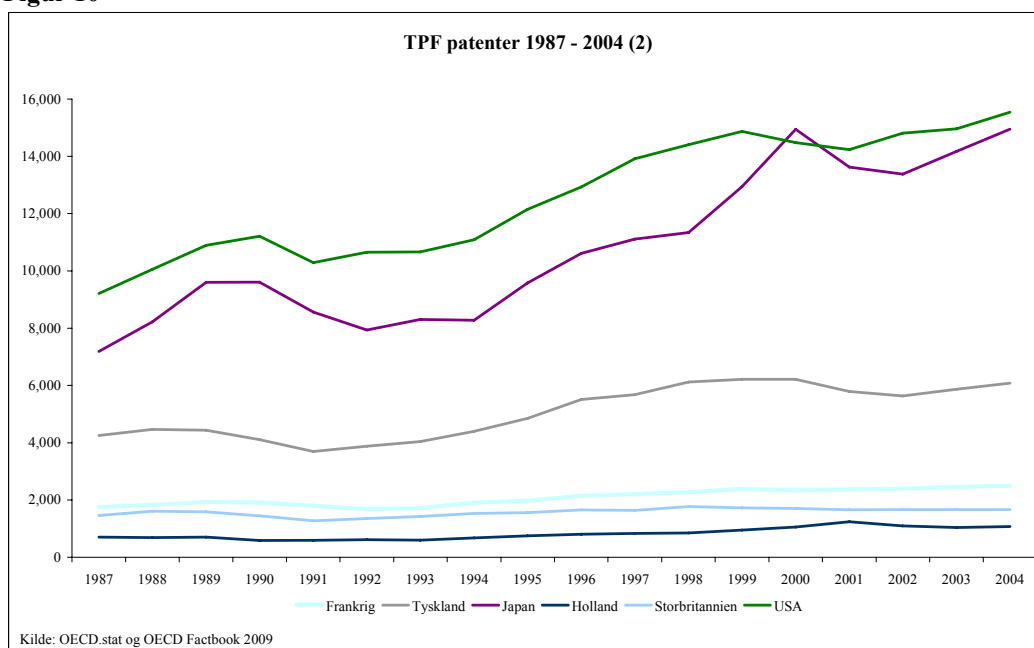
I den beskrivende statistik for de 19 lande for perioden 1987 til 2004 kan man ikke se udviklingen i den afhængige variabel, udviklingen i viden, over tid. De to nedenstående figurer giver et overblik over TPF patenter i hele tidsperioden ligesom med produktivitetsniveauet i foregående afsnit. Landene er opdelt i to figurer, figur 9 (1) og figur 10 (2), udelukkende af praktiske problemer med at få alle lande ind i samme diagram. Formålet med disse figurer er at se, hvordan udviklingen foregår for landene; er der et mønster for landene eller nogle af landene over tid?

For både figur 9 og 10 er der en positiv udvikling i TPF patenterne fra 1987 til 2004. Det er tydeligt, at der sker et skred i den positive udvikling i midten af 1990'erne. Denne udvikling aftager igen omkring årtusindeskiftet. For Sverige er der endda et fald i antal patentansøgninger fra det niveau, som ses i sidste halvdel af 1990'erne. Det samme ses for Finland og Belgien. Lande som Canada, Japan og USA har haft markant stigende udvikling i patentansøgningerne siden 1990'erne.

Figur 9



Figur 10



Japans markante stigning i patentansøgninger kan findes i en række reformer, som Japan udøvede i sidste halvdel af 1990'erne omhandlende bedre rettigheder for patentejere. (OECD PSM, 2009)

Der udføres generelt en række forbedringer i lovgivningen for patenter i starten af 1980'erne grundet den stigende nødvendighed af patenter i takt med, at den teknologiske konkurrence skærpes. (OECD PSM, 2009) OECD henviser også til TRIPs

Anna E. M. Jakobsen • Mads D. Nielsen

aftalen¹⁴, som vedtages i 1994. Denne aftale skal sikre at reglerne for beskyttelse af patenter, også udtrykt som intellektuelle ejendomsrettigheder, harmoniseres. Dette gøres, fordi beskyttelse af opfindelser vil skabe yderligere udvikling på grund af incitamentet herfor. Aftalen er næsten global med 148 lande, som er medlem af WTO. (UM, 2007)

Vi ser dog ikke yderligere på disse tidlige *policy* ændringer fra 1980'erne, fordi de forekommer forud for vores anvendte tidsperiode. Dog er der indikationer i data for patentansøgninger, at der sker noget i midten af 1990'erne. Én årsag kan være denne TRIPs aftale, som giver landene yderligere incitament til at beskytte opfindelser. En anden årsag kan være udbredelsen af den personlige computer, som gør det nemmere at dokumentere sit arbejde og dele det med andre. I resultaterne vil vi undersøge dette skift i antal TPF patenter yderligere ved anvendelse af en *dummy* variabel for slutningen af 1990'erne for at måle effekten af de to. Både computerens udbredelse og TRIPs aftalen kan have indflydelse på effekten, og derfor er det ikke muligt at adskille dem i to separate *dummy* variable.

5.2.2. Diskussion af heterogenitet mellem landene

Luintel & Khan (2005) argumenterer for, at det ikke er sandsynligt, at man kan estimere en model med ens parametre for de 19 lande i OECD. De begrundet det i, at vidensproduktionen ikke er ens for et land, der er på den teknologiske frontier, og et land, der ikke er på den teknologiske frontier. De bruger et eksempel med USA, som er på den teknologiske frontier (*leader*), og New Zealand eller Italien (*laggard*) som ikke er på den teknologiske frontier. Luintel & Khan (2005) mener altså, at der er problemer i at antage, at landene ikke er på forskellige udviklingstrin, har forskellige beholdning af teknologi samt niveau og intensitet af research og udvikling. Via en række argumenter for landenes forskellighed anfægter de modellen, som de kalder *one-size-fits-all approach*, jf. Luintel & Khan (2005, side 23)

Vi er dog af den mening, at det forholder sig lidt anderledes med forskelligheden mellem de 19 lande. Vi vil argumentere for én ligning for vidensproduktionen i

¹⁴ Trade-Related aspects of Intellectual Property rights.

OECD-landene ud fra vores datasæt. Temple (1999) argumenterede for, at man ikke kan estimere én ligning for en vækstregression, der strækker sig over mange lande i verden. Men hvis man ser på data for variablene, er OECD landene relativt ens med hensyn til teknologisk udvikling. Dette begrundes vi med, at landene ses som de mest udviklede i verden, og dermed også er de lande, som er længst ude på den teknologiske frontier. Dermed antager vi også at alle landene er på den teknologiske frontier relativt til andre lande i verden. Luintel & Khan (2005) bygger deres argumentation om forskellighed på, at landene er på forskellige niveauer af teknologi og udvikling, men set i forhold til resten af verden, mener vi ikke, dette er endeligt. Relativt er landene ikke på forskellige udviklingstrin i en sammenligning med resten af verden. Skal man følge Sachs (2000), bør landene også være forholdsvis ens. Derfor vil vi se landene som værende på den teknologiske frontier.

Landenes produktivitetsniveau er som sagt en god mulighed for at sammenligne landene. Ved en opdeling af landenes produktivitetsniveau, argumenterer Luintel & Khan (2005) for, at landene er forskellige. Det gør de ved at inddеле landene i fire grupper, som har nogenlunde ens udvikling i produktivitetsniveauet over de 18 år. Via disse grupper mener Luintel & Khan (2005) at vise landenes forskellige teknologisk udviklingsniveauer.

Ud fra produktiviteten ligger de fleste lande mellem 5 og 15 TPF patenter per 1.000 researchers, hvilket ses i ovenstående. To lande ligger klart under; Portugal og Spanien som af Sachs (2000) ikke regnes for lande i den endogene gruppe. Fem lande ligger over midtergruppen hvor især Japan, Tyskland Holland og Schweiz skiller sig ud. Disse lande har høje produktivitetsniveauer for begge år. Når man ser på data opdelt på denne måde, kan man se visse forskelle landene imellem.

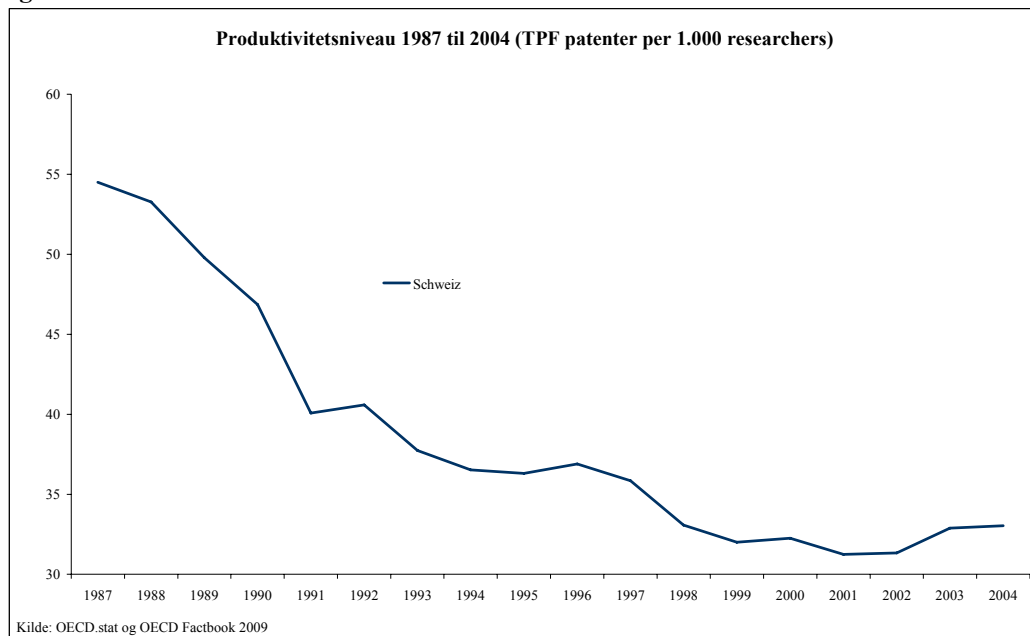
Vi har også lavet fire grupper af lande for at vise, hvordan produktivitetsniveauet udvikler sig over tiden for alle landene. Disse grupper ses i figur 11, 12, 13 og 14. Det er tydeligt, at landene i figur 11 og 12 har et højt produktivitetsniveau med meget store udsving, mens landene i figur 13 danner midtergruppen med et for-

holdsvis højt, og for OECD gennemsnitligt, produktivitetsniveau med mindre udsving, mens landene i figur 14 har lavest produktivitetsniveau og meget små udsving over perioden.

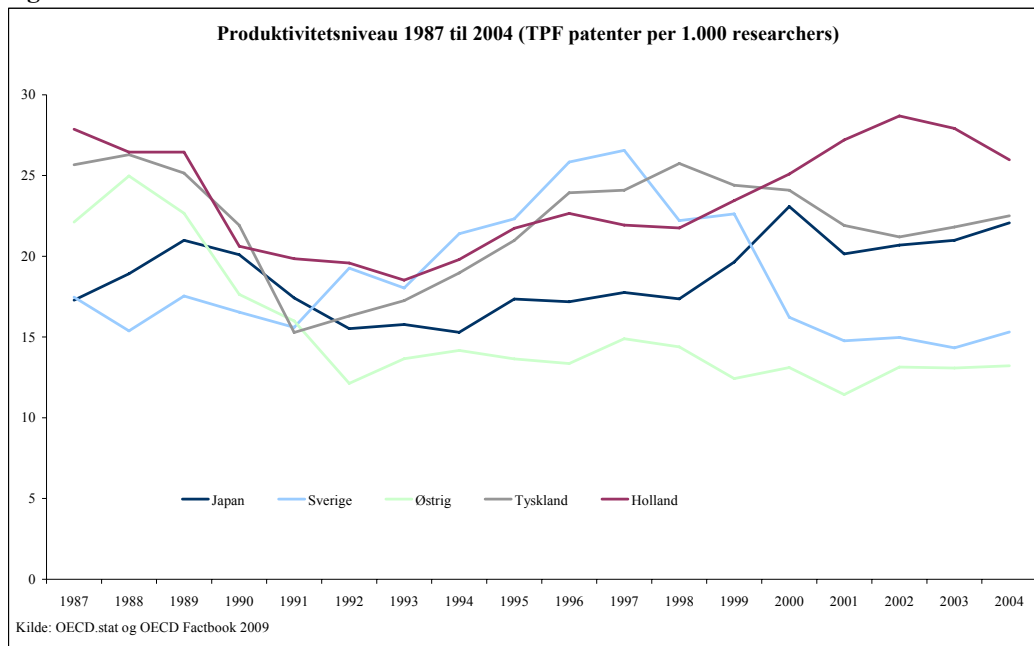
Luintel & Khan (2005) anfægter sandsynligheden for, at landene har ens estimater for parametrene, når kurverne for landenes produktivitetsniveau er så forskellige. Vi mener dog ikke, at der er så stor forskellighed, at de ikke kan passe ind i samme estimationsmodel. Ud over Schweiz vil alle landene kunne være i samme graf, hvor skalaen for antal TPF patenter per 1.000 researchers går op til 30, jf. figur 12, 13 og 14.

I et datasæt vil der altid være *outliers*, som ligger relativt langt fra midtergruppen. Man kan prøve at eliminere disse *outliers*, såsom Schweiz eller Portugal, og se om det endelige resultat bliver meget anderledes eller udføre andre tests. Men vi mener ikke, at man kan konkludere, at landene ligefrem er på forskellige teknologiske niveauer, fordi nogle lande er mere produktive end andre.

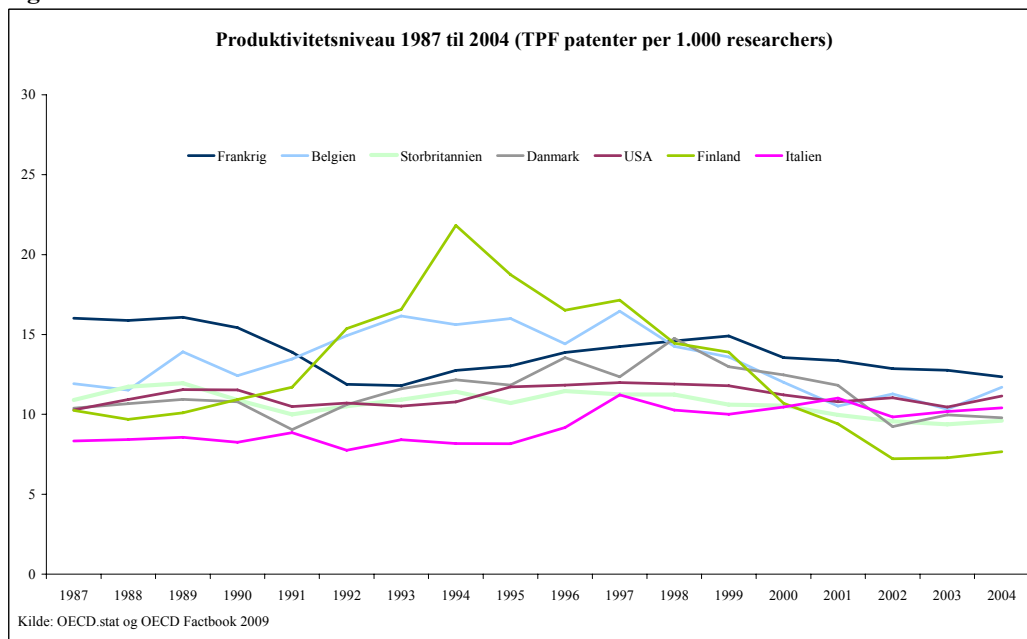
Figur 11



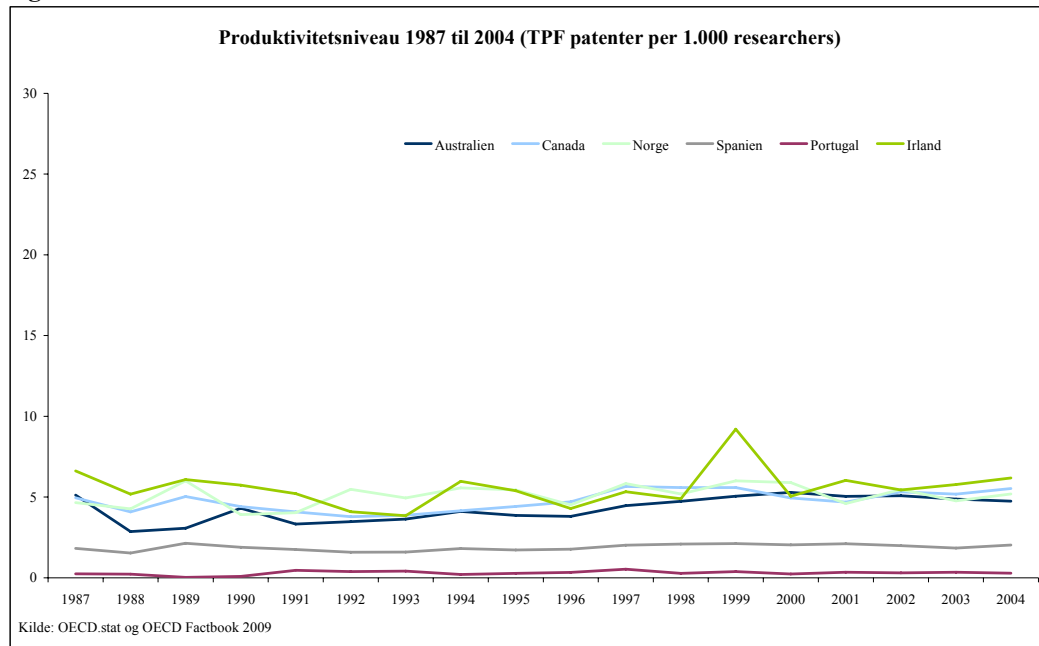
Figur 12



Figur 13

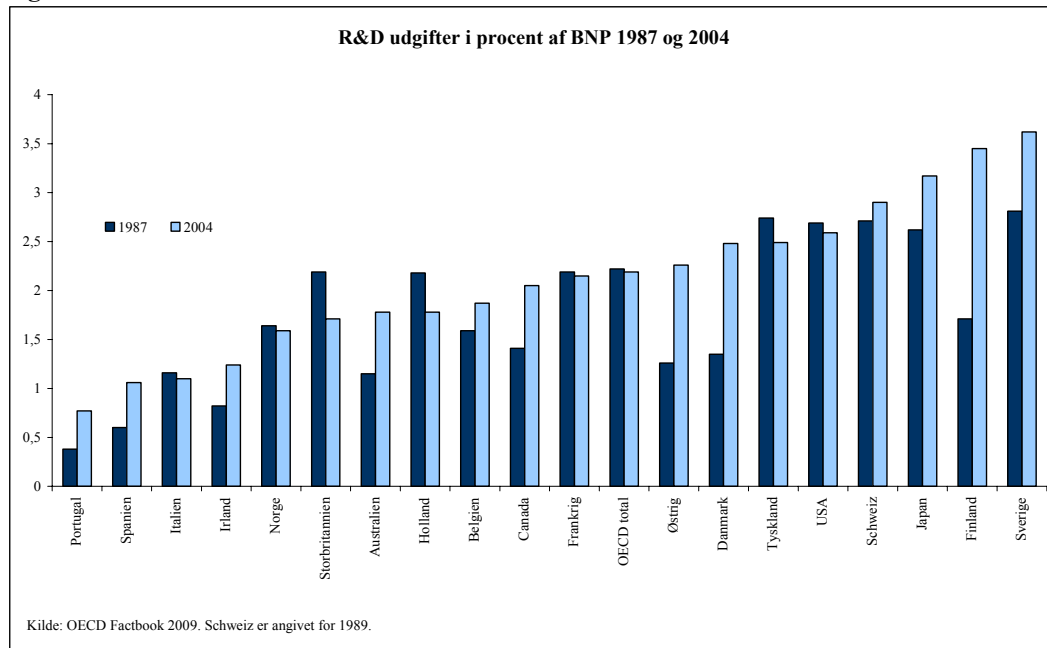


Figur 14



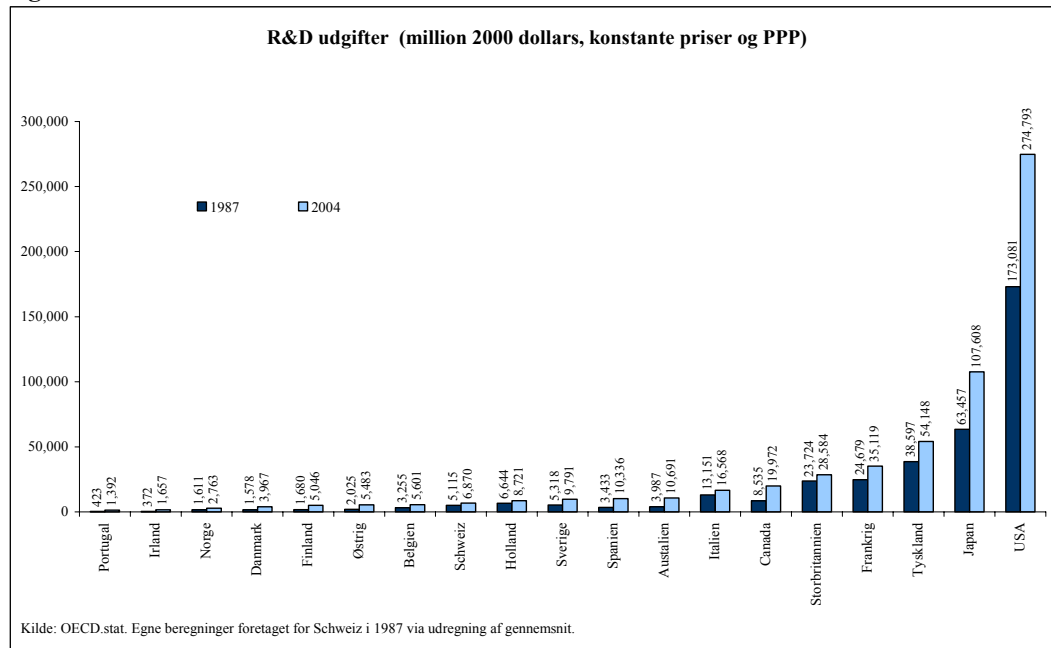
Luintel & Khan (2005) argumenterer også for landenes forskellige niveau af investeringer i R & D som værende betydende. I nedenstående figur 15 er det tydeligt, at landene har udgifter på R & D, som ligger mellem 0,5 % og 3,5 % af BNP i henholdsvis 1987 og 2004. De fleste lande har øget udgifterne, såsom Finland, Sverige og Japan, mens andre lande som Storbritannien, Holland og USA har brugt en mindre del af BNP på R&D udgifter i 2004 i forhold til 1987. Generelt for OECD totalt er udgifterne faldet en smule fra 1987 til 2004, men ligger stadig omkring 2 % af BNP. Lande som Østrig og Danmark har øget deres udgifter markant mellem 1987 og 2004.

Man kan ud fra disse tal se to ting: Landene har cirka samme udgifter til R & D målt i procent af BNP. Mellem 1987 og 2004 danner der sig to grupper af lande, hvor den ene gruppe af lande cirka har de samme udgifter i procent af BNP, mens den anden gruppe af lande har forøget udgifterne væsentligt mellem de to perioder.

Figur 15

Hvis vi ser nærmere på R & D udgifter i reale termer, fremkommer der et noget andet billede. Alle 19 lande har større udgifter i 2004 end i 1987, hvilket er årsagen til, at OECD totalt ikke er medtaget. Igen ses samme mønster som for udviklingen i antal TPF patenter; de største lande er også de lande, hvor der er brugt flest penge på R & D. Portugal ligger igen lavest. Luintel & Khan (2005) hævder, at forskellen mellem landene også ses her, fordi der er tale om større summer i nogle lande end i andre. Men igen mener vi, at størrelsen på udgifterne overvejende er knyttet til landenes størrelse. Det falder også i tråd med ovenstående beskrivelse af de forskellige data, at R & D udgifterne er øget mellem 1987 og 2004.

Figur 16



Alt i alt har vi i ovenstående beskrivelse af dataene for de forklarende variable samt R & D udgifter set en teknologisk udvikling i de 19 lande i perioden 1987 til 2004. Landene er på nogle punkter forskellige, men ofte knyttes denne forskellighed til landenes forskellige størrelse. Ses der på produktivitsniveauet for TPF patenter og R & D udgifter i procent af BNP, har landene de fællestræk, at produktiviteten for hoveddelen af landene ligger mellem 5 og 15 TPF patenter per 1.000 researchers, mens R & D udgifter ligger omkring 1 – 2,5 % af BNP. Vi mener, at man i dette lys bør se landene som overvejende ens, når det kommer til at være på den teknologiske frontier. Selvfølgelig er der et par lande som stikker ud; her kan specielt nævnes Schweiz, som ligger i den høje ende og Portugal, som ligger i den lave ende. Schweiz er et særtilfælde med hensyn til produktivitsniveauet. Sachs (2000) mener ikke, Portugal bør indfinde sig som et land med endogen vækst, og dataene tyder også på, at landet ikke er helt på samme niveau som de andre lande. Hvordan Schweiz og Portugal påvirker vores estimation, vil vi selvfølgelig se nærmere på i afsnit 5.6.

5.3. Estimation via paneldata

I empiriske undersøgelser af vækstteori har der været en lang tradition for at anvende OLS som estimator for den empiriske ligning med anvendelse af et *cross-*

section datasæt. Et *cross-section* datasæt anvendes, når der indsamles viden over et sæt af lande, mens der kun figurerer én tidsperiode, så eventuelle variable, der indsamles over tid, indgår i datasættet som et gennemsnit over hele perioden. I et *cross-section* datasæt er der derfor n lande, $i=1, \dots, N$, og én tidsperiode, så $t=1$. Det totale antal observationer bliver derfor N . Ved brug af paneldata indsamles et datasæt, der dækker over $i=1, \dots, n$ lande og $t=1, \dots, T$ tidsperioder. Det totale antal observationer i datasættet bliver derfor $n \cdot T = N$. Uanset vil det totale antal observationer altså være N . Hvis der er data for alle n og T kaldes datasættet for et balanceret datasæt. Det kan være svært at opnå data, hvor alle datapunkter er med, da der tit er udfordringer med måling af data og indsamling. Vi anvender dog et balanceret datasæt, idet vi har beregnet en del datapunkter, jf. ovenstående afsnit.

Den generelle lineære model¹⁵, som anvendes ved estimation af paneldata, kan udtrykkes på matrixform som:

$$y = X\beta + \varepsilon$$

Modellen er udtrykt ved, at det gælder for hver vektor, at:

$$\underset{(nT \times 1)}{y} = \underset{(nT \times K)}{X} \underset{(K \times 1)}{\beta} = \underset{(nT \times 1)}{\varepsilon}$$

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_K \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix}$$

Vektoren for y indeholder en afhængig variabel for hvert land per tidspunkt. Det samme er gældende for vektoren X , som indeholder alle de forklarende variable for hvert land for hvert tidspunkt og parametervektoren β , som angiver estimererne for hver j 'te forklarende variabel. Vektoren ε angiver fejlleddet for hvert land for hvert tidspunkt.

¹⁵ De følgende notationsudtryk gennem hele afsnittet er inspireret af Johnston & DiNardo (1997), men er at finde i mange økonometriske lærebøger udtrykt på mere eller mindre samme måde.

Mere specifikt kan dette også udtrykkes for hvert land i så:

$$y_i = \begin{pmatrix} y_{i,1} \\ y_{i,2} \\ \vdots \\ y_{i,T} \end{pmatrix} \quad X_i = \begin{pmatrix} X_{i,1}^1 & \cdots & X_{i,1}^K \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{i,T}^1 & \cdots & X_{i,T}^K \end{pmatrix} \quad \beta_i = \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_K \end{pmatrix} = \varepsilon_i = \begin{pmatrix} \varepsilon_{i,1} \\ \varepsilon_{i,2} \\ \vdots \\ \varepsilon_{i,T} \end{pmatrix}$$

Hvor $y_{i,t}$ refererer til den afhængige variabel, strømmen af patenter, for hvert land i på tidspunkt t . $X_{i,t}^j$ refererer til den j 'te forklarende variabel for land i på tidspunkt t , hvor $j=1, \dots, K$. Der er i alt K forklarende variable. β refererer igen til de K parametre, som hver tilhører en j 'te forklarende variabel. $\varepsilon_{i,t}$ refererer til fejlleddet for det i 'te land på tidspunkt t .

For vores model med to forklarende variable og en tidsperiode, der strækker sig fra 1987 til 2004, kommer den generelle lineære model til at se ud som:

$$y = X\beta + \varepsilon$$

Hvor det gælder for hvert land i at:

$$y_i = \begin{pmatrix} y_{i,1987} \\ y_{i,1988} \\ \vdots \\ y_{i,2004} \end{pmatrix} \quad X_i = \begin{pmatrix} X_{i,1987}^1 & X_{i,1987}^2 \\ X_{i,1988}^1 & X_{i,1988}^2 \\ \vdots & \vdots \\ X_{i,2004}^1 & X_{i,2004}^2 \end{pmatrix} \quad \beta_i = \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{pmatrix} \quad \varepsilon_i = \begin{pmatrix} \varepsilon_{i,1987} \\ \varepsilon_{i,1988} \\ \vdots \\ \varepsilon_{i,2004} \end{pmatrix}$$

Paneldata tager altså udgangspunkt i den lineære model, og som det beskrives i nedenstående, kan OLS estimatoren anvendes, men med nogle udfordringer til følge. Groft sagt er den eneste forskel mellem anvendelse af OLS estimatoren og estimatorer for paneldata, at modellerne vil variere med hensyn til de antagelser, man gør sig om fejlleddet ε , og hvordan dette fejledd omskrives i modellen, jf. Johnston & DiNardo (1997).

Paneldata er en forbedring i forhold til *cross-section* data, men paneldata har stadig visse problemer, og derfor er det vigtigt at slå fast, at nogle problemer løses med paneldata, men ikke alle problemer.

I teorien bag modellen for estimatorer af paneldata fokuseres på situationer, hvor n er relativt stor i forhold til T . Den asymptotiske teori, som anvendes, antager, at

n går mod uendelig, og T er konstant, jf. Johnston & DiNardo (1997). Dette er den mest simple form af paneldata og standard lærebogsmateriale. Vores paneldata ser lidt anderledes ud med $n=19$ og $T=18$, hvilket er næsten kvadratisk. En beskrivelse af teorien for 'kvadratisk' paneldata er svær at finde, så vi anvender den simple teori. Forskellen mellem de to teorier ligger i udledningen af estimationsmetoden, og da vi ikke går ind i den, lader vi problematikken ligge her.

Denne ovenstående model er en standard lineær model, som meget ofte anvendes i vækstregressioner. Dog mest med anvendelse af *cross-section* data. Ofte anvendes OLS til at estimere β -estimerne, og der er udviklet en lang række diagnosticeringstests til at vurdere den estimerede models egenskaber. I de sidste 10 år har der dog været et opbrud i denne tradition til fordel for andre mere avancerede estimators, idet litteraturen indenfor empiriske vækstregressioner har argumenteret for, at OLS estimatoren, og især brug af *cross-section* data, er begrænsende i analysen af den empiriske ligning, jf. kapitel 4. Dette begrundes ofte i, at paneldata er i stand til at give et dybere billede af individers (her: landes) opførsel, hvor OLS estimatoren giver et gennemsnit for alle individer (her: lande) inkluderet, jf. Hsiao (2003).

Paneldata har sit afsæt i empiriske undersøgelser af mikroøkonomisk karakter; for eksempel på individ eller virksomhedsniveau. En undersøgelse af individers løn er et godt eksempel på en traditionel undersøgelse, hvor paneldata er anvendt. Her måles individers løn over en årrække samt de faktorer, som menes at have indflydelse på lønnen såsom uddannelse, etnisk oprindelse, løn og fagforeningsforhold.

Brug af paneldata i empiriske vækstregressionsligninger har som sagt medført, at der ses ud over individ eller virksomhedsniveau, men i stedet anvendes lande. Et panel datasæt har ofte rigtig mange observationer, idet der tit måles over mange individer. I økonometrien arbejder man altid på at få så mange informationer med i sit datasæt som overhovedet muligt, da den økonometriske teori bygger på den asymptotiske teori; når N (n for paneldata) går mod uendelig, idet flere observationer giver mere præcise estimater, jf. Johnston & DiNardo (1997).

En fordel ved at indsamle data over tid og individer er, at antallet af observationer bliver meget større end i et *cross-section* datasæt. Det skal dog her bemærkes, at et skift fra et datasæt med information om individer til et datasæt med information om lande har den ulempe af antallet af observationer falder drastisk. I vores tilfælde ser det således ud, at datasættet indeholder 19 lande med information over 18 år, så det giver et totalt antal observationer på $19 \cdot 18 = 342$. Til sammenligning indeholder en individundersøgelse ofte flere tusinde individer over en årrække på for eksempel 10 år. Det giver et totalt antal observationer på for eksempel $1000 \cdot 10 = 10.000$ observationer.

Hvis vi havde valgt at fokusere på *cross-section* data, ville vi kun have et datasæt på 19 observationer. Man må jo sige, at 342 er bedre end 19. I øvrigt regnes 19 observationer også for ikke at opfylde antagelsen om, at N går mod uendeligt. Dette er også et af de argumenter som studierne af empiriske vækstregrressioner har for anvendelse af paneldata i forhold til *cross-section* data.

Den mest simple måde at estimere paneldataene på er ved simpelthen at ignorere paneldata strukturen og anvende alle data på samme måde – den såkaldte *pooled estimator*. Det betyder, at estimatoren 'anvender' 342 individuelle observationer og ikke 19 grupper af 18, idet det antages, at hver observation er uafhængigt identisk fordelt, jf. Johnston & DiNardo (1997).

En meget simpel måde at løse dette på er ved at indsætte *dummy* variable i OLS regressionen, sådan at der er en *dummy* variabel for hvert land og eventuelt hvert tidspunkt. Disse *dummy* variable er en proxy for lande- og eventuelt tidsspecifikke effekter, som kan være forskellige over henholdsvis landene og tid. Dermed har man på en simpel måde taget hensyn til strukturen i dataene. For det meste anvendes kun landespecifikke effekter, men tidsspecifikke effekter kan også medtages i modellen, hvis man mener, at der kan være effekter, som er ens over landene på givne tidspunkter. En regression med denne type af *dummy* variable kaldes *least squares dummy variable regression*, LSDV.

Vi argumenterer for, at der ikke er tale om tidsspecifikke effekter i vores sammenhæng. Luintel & Khan (2005) vurderer tidsspecifikke effekter til at være teknologiske choks som er ens over alle landene på et givent tidspunkt, jf. Luintel & Khan (2005, side 14). Vi mener, at disse teknologiske choks ikke nødvendigvis rammer landene i samme periode, og desuden er definitionen af teknologiske choks uklar. Man kan forestille sig at indførelsen af den personlige computer og Microsoft styresystemet er et teknologisk chok for OECD landene, men denne indførsel fandt gradvist sted i midten af 1990'erne og var ikke ét chok på tværs af landene i et bestemt år. Derfor vil vi hellere anvende en *dummy* variabel for en given tidsperiode, som udtrykker de givne effekter end at konkludere på, om der er tidsspecifikke effekter eller ej.¹⁶

LSDV estimatoren er simpel, men er selvfølgelig også bygget på den simple OLS estimator. Det betyder, at man ikke gør sig antagelser ud over inkludering af *dummy* variablene. Hvis man ser bort fra tidsspecifikke effekter kan man uddybe paneldatastrukturen i datasættet ved at lave antagelser om fejllsstrukturen. Det gør, at estimationen 'bruger' den information, som paneldataene giver, på en mere avanceret måde.

Vi opstiller den lineære model med angivelse af land og tid:

$$y_{i,t} = X_{i,t}\beta + \varepsilon_{i,t}$$

Og fejllsstrukturen ændres til at indeholde to komponenter, sådan at:

$$\varepsilon_{i,t} = a_i + \eta_{i,t}$$

De to komponenter 'opfører' sig forskellige; det første komponent, a_i , varierer ikke over tid, mens det andet komponent, $\eta_{i,t}$, varierer usystematisk, også kaldet uafhængigt, både over tid og lande. Det antages her, at $\eta_{i,t}$ er ukorreleret med $X_{i,t}$, sådan at $\text{cov}(X_{i,t}, \eta_{i,t}) = 0$. Komponentens a_i henviser til en landespecifik effekt. Den nye fejllsstruktur har til hensigt at indfange, at to observationer fra samme

¹⁶ Ud fra et økonometrisk perspektiv kan man også argumentere imod anvendelsen af LSDV estimatoren som valg af estimator, idet man kan argumentere for, at inkluderingen af tidsspecifikke effekter retfærdiggør en mere generel estimator som GMM, som det ses i Luintel & Khan (2005). (Greene, 2000)

land vil være mere ens end observationer fra to forskellige lande. (Johnston & DiNardo, 1997) Her er netop forskellen fra OLS estimatoren.

De to forskellige måder, hvorpå denne metode kan udvikles på, henviser til det første komponent a_i , den landespecifikke effekt, og antagelser om, hvordan denne effekt opfører sig i forhold til de forklarende variable.

Der kan opstilles to forskellige modeller til estimering af paneldata:

1. *Random effects* modellen (RE) hvor $\text{cov}(X_{i,t}, a_i) = 0$
2. *Fixed effects* modellen (FE) hvor $\text{cov}(X_{i,t}, a_i) \neq 0$

For RE modellen gælder altså, at a_i er ukorreleret med de forklarende variable, mens det for FE modellen gælder, at a_i er korreleret med de forklarende variable. (Johnston & DiNardo, 1997).

5.3.1. *Random Effects*

For RE-modellen har den lineære model følgende opstilling:

$$y_{i,t} = X_{i,t}\beta + \varepsilon_{i,t}$$

Hvor $\varepsilon_{i,t} = a_i + \eta_{i,t}$ og $\text{cov}(X_{i,t}, a_i) = 0$. Den sidste antagelse kaldes også for ortogonalitetsbetingelsen, hvilket betyder, at der ikke er nogen korrelation mellem de forklarende variable og den landespecifikke effekt. Den bedste estimator under denne betingelse er GLS estimatoren (*generalized least-squares*) jf, Johnston & DiNardo (1997).

Ortogonalitetsbetingelsen er meget streng og holder sandsynligvis ikke i praksis, fordi det er umuligt at finde proxy for de forklarende variable, som ikke har nogen korrelation med de landespecifikke effekter, som netop kan være svære at identificere. Denne svære identifikation kommer vi ind på i det næste afsnit. RE-modellen har dog den egenskab, at landespecifikke effekter forbliver i modellen

og kan estimeres, hvilket netop er et problem ved FE-modellen, som vi nu vil se nærmere på.

5.3.2. Uobserverbar heterogenitet

Paneldata er anvendt i mange vækstregressioner, fordi det kan løse et problem, som man tit står overfor med empiriske undersøgelser; udfordringer med en utilstrækkelig liste af forklarende variable til forklaring af den afhængige variabel, jf. Johnston & DiNardo (1997). Dette problem står vi sikkert også overfor, da vi ønsker at estimere ligningen for vidensproduktion, som kun indeholder to forklarende variable, også betegnet som de observerbare variable.

Hvis vi ville estimere en empirisk relation, som udtrykker, hvad der kunne tænke sig at have indflydelse på de afhængige variabel, ville vi skulle medtage alle de faktorer, som vi mener, har indflydelse på $\dot{A}$. Så kunne vi udtrykke en funktion for den afhængige variabel, $\dot{A}$, som: $y = F(A_t, H_A, \dots)$. Her kunne man forestille sig, at R&D budget for den offentlige sektor eller uddannelsesniveau for folk i hvert land ville indgå som diskuteret i kapitel 3.

Man kan derfor tænke sig, at den empiriske relation for $\dot{A}$ har mere observerbar information i sig, end vi trækker frem som observerbar information i de forklarende variable på baggrund af den ligning for $\dot{A}$, som Romer (1990) har opstillet. Det vil sige, at der i vores situation potentielt ligger information i fejlleddet. Men fordi vi ønsker at undersøge netop Romers (1990) ligning empirisk, må vi forsøge at arbejde os udenom dette. Det skal også nævnes, at det selvfølgelig ikke er muligt at medtage alle tænkelige variable for at sikre sig, at alt observerbart information er med.

Selvom man medtager så meget observerbar information i de forklarende variable som muligt, og vi her har antaget, at der ikke er mere information at hente, så kan det i OLS estimatoren give biased¹⁷ og inkonsistente¹⁸ estimater på baggrund af

¹⁷ Biased refererer til det tilfælde, hvor estimaterne ikke er så tætte på den sande værdi som overhovedet muligt. (Johnston & DiNardo, 1997)

de udeladte variable. Det betyder, at estimaterne ikke kan bruges, idet de ikke giver udtryk for de sande værdier. Årsagen til dette er endogenitet, som betyder, at de forklarende variable er korreleret med fejlleddet. Så selvom vi har antaget, at der ikke er mere observerbar information at hente, vil der empirisk sikkert være en korrelation mellem de to forklarende variable og fejlleddet.

Der kan opstilles tre årsager til endogenitet: målefejl i de forklarende variable, simultanitet mellem den afhængige og de forklarende variable samt udeladte variable. Når det gælder vores datasæt, regner vi med, at der ikke forekommer betydelige målefejl i de forklarende variable, fordi vi har anvendt OECD data samt lavet konsekvente beregninger af beholdningen af patenter samt antal af researchers. De kriterier, som vi opskrev i ovenstående om valg af data, skulle netop have til formål at undgå målefejl i datasættet. Simultanitet er sværere at arbejde med og kan potentielt være et problem for os i og med, at beholdningen og strømmen af patenter er bestemt simultant, jf. Luintel & Khan (2005), som anvender økonometriske avanceret estimators til hjælp med simultanitet. Vi afhjælper simultanitet ved antagelser om vores empiriske modelspecifikation, hvilket ses senere i kapitlet. Udeladte variable er også et centralt problem, som skrevet i ovenstående, så derfor anvender vi FE-modellen til at afhjælpe dette med.

En stor del af problemet med endogenitet stammer fra udeladte variable i empiriske ligninger, så udeladte variable vil være knyttet til uobserverbare information. I økonometrien betegnes dette også som uobserverbar heterogenitet – altså uobserverbar information, som varierer mellem landene, og som netop er formuleret i ovenstående fejlledsstruktur i form af a_i . Et eksempel på uobserverbar information kan for eksempel være landenes tilbøjelighed til uddannelse eller politisk gennemslagskraft omkring forskning. Det centrale er, at den uobserverbare information er indirekte kendt i landene, hvilket i sidste ende påvirker udviklingen i patenter.

¹⁸ Inkonsistente estimater fremkommer ved, at estimaterne ikke konvergerer i sandsynlighed mod den sande værdi. (Johnston & DiNardo, 1997)

5.3.3. Fixed Effects

FE-modellen bygger på antagelsen om, at $\text{cov}(X_{i,t}, a_i) \neq 0$, jf. afsnit 5.3, så estimation af modellen er betinget på forekomsten af *fixed effects*, jf. Johnston & DiNardo (1997). En omskrivning af den generelle lineære model fås ved:

$$y_{i,t} = X_{i,t}\beta + a_i + \eta_{i,t}$$

Det gælder her, modellen ikke indeholder en konstant i X -matricen, og tilsvarende er der ikke medtaget en parameter for det i parametervektoren β , som det normalt ses i en lineær model. Det hænger sammen med, at konstanten ses som de *fixed effects*, som i en regression angiver den gennemsnitlige *fixed effects* værdi for de *fixed effects* for landene.

Denne generelle ligning med *fixed effects* kan transformeres sådan, at ortogonalitetsbetingelsen holder for transformationen. Det er netop det, der er essensen i denne estimation af paneldata, fordi det er muligt at få konsistente estimater, selv om der er korrelerede udeladte effekter, som ved en OLS estimation på *cross-section* data ville give inkonsistente og biased estimater. De to transformationer, vi nævner her, er *first differencing* og *within-group*, men enhver metode, der kan fjerne den *fixed effect*, vil være en FE esimator, jf. Johnston & DiNardo (1997).

Within-group omskrivningen giver konsistente estimater ved at udføre en regression for afvigelsen for hver afhængig variabel y fra dets gennemsnit for hvert land på afvigelsen for hver forklarende variabel x fra dets lande-gennemsnit. På denne måde elimineres a_i ved hjælp af gennemsnit for hver gruppe af T observationer (19=2004-1987) for land i . Det betyder, at for:

$$y_{i,t} = X_{i,t}\beta + a_i + \eta_{i,t}$$

Gælder et gennemsnit over tiden 1987 til 2004 for land i så:

$$\bar{y}_i = \bar{X}_i\beta + \bar{a}_i + \bar{\eta}_i$$

Dette gennemsnit trækkes fra ligningen for hvert land, så:

$$y_{i,t} - \bar{y}_i = (X_{i,t} - \bar{X}_i)\beta + (\eta_{i,t} - \bar{\eta}_i)$$

Heraf ses, at den uobserverbare *fixed effect* er fjernet, hvilket gør estimaterne konsistente. Her antages, at der ikke findes autokorrelation¹⁹ eller heteroskedasticitet²⁰ i fejlleddet. (Økonometri-noter, 2006b) Det er dog ikke altid tilfældet, at der ikke findes heteroskedasticitet i fejlleddene i praksis. Man kan derfor gøre standardafvigelseerne i modellen robust overfor en form af ukendt heteroskedasticitet; også kaldet robust varians. (Verbeek, 2004)

En anden mulighed er at anvende *first differencing*, hvilket betyder, at man kan eliminere den uobserverbare heterogenitet ved at finde forskellen mellem to perioder. Dette gøres ved:

$$\begin{aligned}y_{i,1} &= X_{i,1}\beta + a_i + \eta_{i,1} \\ y_{i,2} &= X_{i,2}\beta + a_i + \eta_{i,2}\end{aligned}$$

For henholdsvis periode 1 og 2, så det gælder at:

$$\begin{aligned}y_{i,2} - y_{i,1} &= (X_{i,2} - X_{i,1})\beta + \eta_{i,2} - \eta_{i,1} \\ \Delta y &= \Delta X \beta + \Delta \eta\end{aligned}$$

Her ses det tydeligt, at $E(\Delta X' \Delta \eta) = 0$, sådan at transformationen har ledt til en opfyldt ortogonalitetsbetingelse. (Økonometri-noter, 2006b)

For FE-modellen gælder det altså, at transformationerne gør, at uobserverbar information, der er konstant over tid, fjernes. På samme tid fjernes observerbar information også, hvis der er tidsinvariant, såsom en variabel for køn eller etnicitet. Det kan i visse tilfælde lede til anvendelse af RE-modellen, men i vores data er det ikke noget problem, da vi ikke har tidsinvariant observerbar information i de forklarende variable. På den anden side betyder elimineringen af observerbar tidsinvariant information, at FE-modellen er robust overfor udeladelse af relevante tidsinvariante forklarende variable. Det gør FE-modellen stærk. (Johnston & DiNardo (1997)).

¹⁹ Autokorrelation henviser til det tilfælde, hvor der er korrelation i fejlleddene over lande og tid. (Johnston & DiNardo, 1997)

²⁰ Heteroskedasticitet fremkommer, hvis variansen af fejlleddene ikke er konstant. (Johnston & DiNardo, 1997)

Spørgsmålet er nu, hvilken af de to metoder, som skal anvendes til estimation med *fixed effects*. Der gælder, at hvis $T=2$, så er de to metoder ens, mens for $T>2$ vil estimator for begge transformationer være konsistente men med små afvigelser i små datasæt. Valget mellem de to metoder afhænger så af den relative efficiens af modellerne, som igen afhænger af graden af autokorrelation i de transformerede fejll. Det kan opstilles på følgende måde:

- Hvis $\eta_{i,t}$ er ukorreleret både over tid og lande, så kan det vises at *within-group* transformationen er mere efficient.
- Hvis $\eta_{i,t}$ tværtimod følger en random walk så vil *first differencing* transformationen give serielt ukorreleret standardfejl, mens *within-group* ikke vil.

Generelt vil $\eta_{i,t}$ ligge mellem *random* og *random walk*. Derfor bør man teste for graden af autokorrelation i de estimerede residualer. Det gælder også, at hvis T er stor, så bør *within-group* transformationen ikke anvendes. (Økonometri-noter, 2006b).

5.3.4. Valg af estimationsmetode

Vi vælger at arbejde med en FE-model ud fra de ovenstående argumenter for FE-modellens egenskaber. Antagelsen om, at $\text{cov}(X, a) = 0$, mener vi ikke holder ud fra argumentet om, at der empirisk er sandsynlighed for udeladt information, fordi vi netop antager, at Romers (1990) model definerer ligningen for vidensproduktion. Men selvfølgelig vil vi udføre de forskellige tests for at være sikker på, at FE-modellen er det rigtige valg af estimator. Hvilken FE-model vi anvender, vil vi også teste for. Resultaterne af disse tests samt de endelige resultater på estimationerne er at finde i afsnit 5.6.

5.4. Modelspecifikation for vidensproduktion

For at kunne estimere en empirisk model for vidensproduktionen med relation til Romer (1990) skal den specificeres, så den har den rette funktionelle form og passer til den estimationsmodel, vi ønsker at anvende.

Fra teorien i kapitel 3 har vi Romers (1990) ligning for vidensproduktionen:

$$\dot{A} = \delta H_A A \quad (5.1)$$

Højre side af ligningen består af en konstant, som angiver hvor produktive researchers er samt antallet af researchers og beholdningen af patenter, jf. kapitel 3. Denne ligning er, som vist i kapitel 3, modificeret af Jones (1995) til at indeholde:

$$\dot{A} = \delta H_A^\lambda A^\varphi \quad (5.2)$$

Vi ønsker at omskrive denne ligning til en lineær model, som anvendes ved paneldata:

$$y_{i,t} = X_{i,t}\beta + a_i + \eta_{i,t}$$

Omskrivningen sker ved at anvende den naturlige logaritme på hver side af lighedstegnet i ligningen for vidensproduktionen. Når hver side 'logges' har det en række forsimplende egenskaber med sig, som gør det nemt at tolke på de estimerede parametre for den estimerede model.

Det betyder, at ligningen for vidensproduktion kan skrives som:

$$\log \dot{A} = \log \delta + \lambda \log H_A + \varphi \log A$$

Når δ er en konstant, er $\log \delta$ selvfølgelig også en konstant.

Omskrevet til den lineære model for paneldata ser det ovenstående sådan ud:

$$\log \dot{A}_{i,t} = a_i + \log \delta_{i,t} + \lambda \log H_{A,i,t} + \varphi \log A_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

Når vi estimerer modellen vil $\log \delta$ ikke blive medtaget. Andre modeller som anvendes for eksempel i Luintel & Khan (2005) ignorerer også denne konstant. Man

kan godtage dette, hvis man argumenterer for, at konstanten ligger i en af de andre forklarende variable eller i den landespecifikke effekt.

Vores modelspecifikation er som følger:

$$\log \dot{A}_{i,t} = a_i + \lambda \log H_{Ai,t} + \varphi \log A_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (5.3)$$

Så vi lader estimationen bestemme, hvilke værdier λ og φ skal antage. Det gælder, at $t=18$ og $i=19$ i datasættet fra 1987 til 2004.

Når kontrolvariable lægges til, følger det samme mønster, sådan at modelspecifikationen er som følger med inkludering af kontrolvariable:

$$\log \dot{A}_{i,t} = a_i + \lambda \log H_{Ai,t} + \varphi \log A_{i,t} + \beta \log A_{fi,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (5.4)$$

Og

$$\log \dot{A}_{i,t} = a_i + \lambda \log H_{Ai,t} + \varphi \log A_{i,t} + \omega \log gerd_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

Modelspecifikationen er som følger med inkludering af en *dummy* variabel for en specifik tidsperiode:

$$\log \dot{A}_{i,t} = a_i + \lambda \log H_{Ai,t} + \varphi \log A_{i,t} + D_{94-00} + \varepsilon_{i,t} \quad (5.5)$$

Denne omskrivning af ligningen kaldes også for en log-log omskrivning, som har den betydning, at man finder elasticiteten af den afhængige variabel med hensyn til de forklarende variable, jf. Johnston & DiNardo (1997).

Elasticiteten for strømmen af viden, $\dot{A}$, med hensyn til beholdningen af viden, A , er defineret som:

$$elasticitet = \frac{d\dot{A}}{dA} \frac{A}{\dot{A}}$$

Denne omskrivning har den fordel, at estimatet, φ , for beholdningen af viden skal forstås som den procentvise ændring i strømmen af viden for en 1 % ændring i beholdningen af viden. Det samme forhold er selvfølgelig gældende for elasticiteten for strømmen af viden på antal researchers.

I teorikapitlet er det blevet diskuteret, hvilke værdier φ og λ vil antage som følge af enten en tro på Romer (1990) eller Jones (2002). Vi lader det stå åbent, og afventer hvad estimationen viser.

5.5 Tidsforskydninger i modelspecifikationen

I det ovenstående har vi diskuteret Romer-modellen og i særdeleshed Romers (1990) ligning for vidensproduktion. Vi har også diskuteret og beskrevet, hvorledes Romers (1990) ligning for vidensproduktionen kan estimeres. Vi har dog ikke diskuteret tidsfaktoren i den estimerbare model for vidensproduktion. Hvis vi ser tilbage på vækstteorien nævner hverken Romer (1990) eller Jones (2002) noget konkret om, hvordan tiden i vidensproduktionsfunktionen skal fortolkes; altså om humankapital og beholdningen af viden skal måles i samme periode som produktionen af viden.

Hvis vi først undersøger dette med den teoretiske vinkel, er det klart, at Romer (1990) ikke direkte nævner tidsfaktoren i sin artikel. Men man kan alligevel finde indikationer på, at der bør være en tidsforskydning i ligningen for produktion af viden. Dels udtrykker Romers (1990) 2. forudsætning, at virksomhederne agerer i forhold til markedsincitament. Det vil sige, at det ikke giver mening for en virksomhed at dele sin viden med andre før en patentansøgning omhandlende denne viden er indsendt vel forudsat, at vi her taler om viden på den teknologisk frontier, der anses som meget værdifuldt. Det betyder, at en *instruction* på et design ikke er tilgængeligt for andre før patentansøgningen er indgivet.

Den næste indikation følger af et citat fra Romer (1990) om at:

”... inventors are free to spend time studying the patent application for the widget and learn knowledge that helps in the design of a wodget.”

(Romer 1990, side 84)

Romer (1990) udtrykker altså, at de patentansøgninger, som researcherne studerer, kan udbygge deres viden. Men denne viden er ikke tilgængelig fra opfindelsestidspunktet, som det ses i ovenstående. Det vil altså sige, at beholdningen af viden 'lagger' produktionen i viden for de enkelte researchers, fordi der er en vis periode, hvor ny viden ikke er tilgængelig. Når denne ny viden bliver tilgængelig, kan de medtage denne viden i deres beholdning af viden. Det vil altså sige, at tidsforskydningsdiskussionen hovedsageligt foregår mellem udviklingen og beholdningen af viden. Dette er rent teoretisk, men bør også afspejles i vores empiriske undersøgelse og specifikationen af vores model.

Vi arbejder som sagt med *triadic patent families* som proxy for udviklingen i viden. Diskussionen om tidsforskydninger i Romers (1990) ligning for produktion af viden bliver derfor til en empirisk diskussion, fordi vi netop har valgt at anvende *triadic patent families*. Disse patenter er nemlig opgjort efter *priority date*. Det vil sige, at et patent, der har *priority date* i 1999, vil blive talt med i udviklingen i patenter i 1999 for det land som opfinderen bor i.

Men hvis vi vender tilbage til tidsforskydningen mellem opfindelsestidspunktet og patentansøgningernes tilgængelighed for andre researchers, hænger det sådan sammen, at patentansøgninger i *triadic patent families* først offentliggøres efter 18 måneder, jf. OECD PSM (2009). Det vil sige, at et patent, der er ansøgt i januar 1999, først bliver offentliggjort i juli 2000. Således vil en researcher, der i 2000 studerer patentansøgninger, have patentansøgninger fra 1999 som de nyeste tilgængelige.

I praksis betyder det, at vidensproduktionsfunktionen $\dot{A} = \delta H_A A$, som vi har specificeret som $\log \dot{A}_{i,t} = a_i + \lambda \log H_{Ai,t} + \varphi \log A_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$ ikke bør have samme tidsperiode på hver side af lighedstegnet for udviklingen og beholdningen af viden.

Hvis vi ser tilbage på tidligere empiriske undersøgelser som for eksempel Luintel & Khan (2005), anvender de den samme tidsperiode for både den afhængige og de forklarende variable i deres model for vidensproduktion. Deres argument er, at brugen af TPF patenter som afhængig variabel netop gør, at der ikke skal anvendes

des 'lags' i de forklarende variable. TPF patenterne anvendes som sagt, fordi de kommer tættest på opfindelsesdagen for et nyt design, og derfor er den proxy, der bedst repræsenterer ny viden.

I andre tidligere undersøgelser som Porter & Stern (2000) anvendes amerikanske patenter, som er udstedt til det enkelte foretagende i hvert land. Det vil sige, at det giver mening for Porter & Stern (2000) at anvende et 'lag' på tre tidsperioder frem i tid for den afhængige variabel, fordi der må forventes en vis tid mellem opfindelsen og det tidspunkt, hvor patentet udstedes. Dermed må researchers og beholdningen af viden på tidspunkt t resulterer i patenter flere år frem i tiden.

En anden side af denne diskussion om tidsforskydninger er også selve metoden til udregning af de forklarende variable, som har indvirkning på den afhængige variabel. Som nævnt i foregående kapitel er det *perpetual inventory* metoden, som er anvendt til udregning af beholdningen af viden ud fra strømmen af viden; antal TPF patenter. Efter første år er beholdningen af viden udregnet ved $b_t = a_t + b_{t-1}(1-d)$, som vist i foregående kapitel. Denne metode gør i tidspunkt t for alle variablene følgende, hvis man indsætter udregningen af beholdningen af viden:

$$\begin{aligned} \log \dot{A}_{i,t} &= a_i + \lambda \log H_{Ai,t} + \varphi \log A_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \\ \Downarrow \\ \log \dot{A}_{i,t} &= a_i + \lambda \log H_{Ai,t} + \varphi \log (\dot{A}_{i,t} + A_{i,t-1}(1-d)) + \varepsilon_{i,t} \\ \Downarrow \\ \log \dot{A}_{i,t} &= a_i + \lambda \log H_{Ai,t} + \varphi \log \dot{A}_{i,t} + \varphi \log (A_{i,t-1}(1-d)) + \varepsilon_{i,t} \end{aligned}$$

Heraf ses, at variablen for antal patenter i tidspunkt t er at finde på begge sider af lighedstegnet. Denne problematik kaldes også for simultanitet som forklaret i foregående kapitel. Vi mener, at det er endnu en grund til, at de forklarende variable bør tidsforskydes, fordi det skaber endogenitet i den estimerbare model.

Ved en tidsforskydning af beholdningen af viden med ét 'lag' fås i stedet:

$$\begin{aligned} \log \dot{A}_{i,t} &= a_i + \beta_1 \log H_{Ai,t} + \beta_2 \log A_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \\ \Downarrow \\ \log \dot{A}_{i,t} &= a_i + \beta_1 \log H_{Ai,t} + \beta_2 \log (\dot{A}_{i,t-1} + A_{i,t-2}(1-d)) + \varepsilon_{i,t} \end{aligned}$$

Heraf ses, at der ikke længere bør være samme grad af simultanitet, fordi der i den forklarende variabel indgår sidste periodes strøm af viden til bestemmelse af denne periodes strøm af viden. Det samme argument anvendes selvfølgelig for alle 'lags' af beholdningen af viden.

Ud fra ovenstående argumentation mener vi, at det er relevant at tidsforskyde den nuværende beholdning af patenter, A , én periode tilbage i vores specifikation af Romers (1990) ligning for vidensproduktion. Denne specifikation er efter vores viden ikke at finde i andre undersøgelser. Man kan også diskutere sig frem til, at beholdningen af viden skal 'lagges' to perioder tilbage på grund af de 18 måneder, det tager, at offentliggøre en patentansøgning. Derfor vil vi vise vores model med både 1 og 2 'lag' for beholdningen af viden.

Det giver følgende udgaver af vores modelspecifikation:

$$\log \dot{A}_{i,t} = a_i + \lambda \log H_{Ai,t} + \varphi \log A_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t}$$

Og

$$\log \dot{A}_{i,t} = a_i + \lambda \log H_{Ai,t} + \varphi \log A_{i,t-2} + \varepsilon_{i,t}$$
(5.6)

Da vi har data for A helt tilbage til 1985 for alle landene i datasættet, er det muligt, at 'lagge' A 1 eller 2 perioder bagud fra 1987 uden at det er nødvendigt at afkorte tidsperioden for datasættet på grund af manglende datapunkter. Det gør, at vi kan bevare et antal observationer på 342, som det ses i følgende afsnit.

Modellerne, som indeholder kontrolvariable, følger selvfølgelig den samme specifikation som ovenstående.

5.6. Modellens resultater

Vi har i det ovenstående specificeret en model, som er en strukturel udgave af Romers (1990) ligning for vidensproduktion. Vi har den modifikation i forhold til den strukturelle model, at vi ikke har antaget nogen begrænsning på parametrene for beholdningen af viden samt humankapital anvendt i research. Det vil, som

nævnt i kapitel 3, sige, at vi lader resultaterne vise, om det er Romer (1990) eller Jones (1995) og Jones (2002), der har 'ret'.

5.6.1. Den strukturelle model

I nedenstående tabel har vi valgt at vise FE-modellen for vores specifikation af Romers (1990) ligning. Resultaterne for den første model, FE(1), angiver, at beholdningen af viden er 'lagget' 1 periode. Estimerne, også kaldet elasticiteterne, for beholdningen af viden samt humankapital er langt under 1, som Romer (1990) angiver dem til at være i sin model. Estimatet for A er 0,677 og estimatet for H_A er kun 0,19, hvilket betyder, at udviklingen i viden øges med 0,677 %, hvis beholdningen af viden øges med 1 %. Dette gælder når H_A holdes konstant. Modsat gælder, at udviklingen i viden stiger med 0,19 %, hvis antal researchers øges med 1 %. Begge estimer er signifikante²¹. Det samme gælder for FE(2)-modellen, hvor beholdningen af viden er 'lagget' to perioder. Her er estimerne for A og H_A henholdsvis 0,46 og 0,417. Der gælder samme forhold mellem udviklingen af viden og de to variable som i FE(1). Begge estimer er signifikante.

Fra FE(1) til FE(2) falder estimatet for A lidt, mens estimatet for H_A stiger en del. Det betyder, at H_A får større indvirkning på vidensproduktionen, når A 'lagges' to perioder i stedet for én. A påvirkes derimod af H_A i negativ retning, når der er tale om to 'lags' på A . Der er en korrelation mellem A og H_A på 0,833, når A 'lagges' en periode og på 0,83 når A 'lagges' to perioder. Korrelationen bliver altså mindre, om end meget lidt.

I FE(1)-modellen forklarer de forklarende variable, beholdningen i viden samt antal researchers, som helhed 0,98 % af variationen i den afhængige variabel, udviklingen i viden. Ses der på hvert land ligger forklaringsgraden på 0,676 %. Landene imellem er på 0,99 %. FE(2) modellen har en lidt lavere forklaringsgrad for hele modellen på 0,95 % og en forklaringsgrad i hvert land på 0,64 %.

²¹ Signifikans betyder, at estimatet er signifikant på højst et 10 % signifikansniveau. Det skal forstås sådan, at p-værdien er mindre end det valgte signifikansniveau, og derfor kan nul-hypotesen, for at estimatet er lig nul, afvises. Langt de fleste af estimerne i de viste modeller i afsnit 5.6. er signifikante på et 5 % signifikansniveau eller et 1 % signifikansniveau.

Ses der kun på forklaringsgraderne må FE(1)-modellen altså være den, hvor de forklarende variable bedst forklarer den afhængige variabel. Men vi mener, at det er problematisk i forhold til de 18 måneders ventetid, der er på offentliggørelse af andre researchers patentansøgninger. Derfor vil vi arbejde videre med modellen, hvor beholdningen af viden er 'lagget' to perioder; FE(2)-modellen.

De landespecifikke effekter er signifikante i både FE(1)- og FE(2)-modellen. Det kan derfor udledes, at der er tale om signifikante landespecifikke choks landene imellem. Vi har testet for, hvilken FE-model der er mest efficient og om FE modellens efficiens overfor RE-modellen. Tests viser, at det er *within group* FE-modellen, der er den bedste estimator; som herefter er den anvendte estimator for alle vores FE-modeller. Konstanten for de *fixed effects*, som ses i resultatet for hver FE-model, angiver den gennemsnitlige *fixed effects* værdi. Denne er i FE(1) og FE(2) modellen signifikant, hvilket betyder, at den gennemsnitlige værdi af de *fixed effects* kan estimeres til at være henholdsvis -1,18 og -1,97. Hvis modellerne gøres robuste overfor ukendt heteroskedasticitet²², har det den konsekvens, at FE(1)-modellens estimat for H_A bliver insignifikant.

Selvom Luintel & Khan (2005) anvender en lidt anden modelspecifikation, kommer de også frem til, at det er Jones (1995) synspunkter, der er at finde i resultatet for den strukturelle model af vidensproduktionen. Det er den undersøgelse, som vi bedst kan identificere os med, fordi vi anvender de samme proxy for alle variable, men i en ny tidsperiode.

Det er dog nærliggende at sammenligne resultater med Porter & Stern (2000), selvom de anvender en anden proxy for den afhængige variabel. De anvender en helt anden tidsperiode end os og udviklingen i dataene bør derfor være tydelige. Deres forskydning af den afhængige variabel med tre 'lags' bør netop gøre, at de tager hensyn til deres proxy for variablen på samme måde, som vi tager hensyn til vores proxy for A ved at 'lagge' den 2 perioder. Dette gør, at både Porter & Stern

²² Man gør modellen robust overfor en ukendt form af heteroskedasticitet, hvis man ikke er klar over hvilke forklarende variable, som er årsagen til heteroskedasticitet (fejleddene har ikke konstant varians), jf. afsnit 5.3.3. (Økonometri-noter, 2006a)

(2000) og vi på bedste vis korrigerer data til at udtrykke udviklingen i viden bestemt af beholdningen af viden samt humankapital anvendt i research.

Porter & Stern (2000) finder dog, at A ikke er signifikant, når det kun er landespecifikke effekter, der er medtaget. Til gengæld finder de, at estimatet for H_A er 0,85, som er signifikant og følger Romers synspunkter om vidensproduktionen. Sammenligningen med Porter & Stern (2000) skal dog vurderes ud fra det faktum, at de har 16 lande, mens vi har 19 lande; de inkluderer New Zealand, vi har til gengæld Belgien, Irland og Portugal med.

Tabel 3

Fixed effects model for vidensproduktion			
Den afhængige variabel: udviklingen i patenter, $\dot{A}_t$			
	FE(1)		FE(2)
	1987-2004		1987-2004
$A_{i,t-1} (\varphi)$	0,677	$A_{i,t-2} (\varphi)$	0,464
	(0,000)		(0,000)
$H_{Ai,t} (\lambda)$	0,19	$H_{Ai,t} (\lambda)$	0,417
	(0,068)		(0,000)
Fixed effects	landespecifik		landespecifik
Konstant	-1,18		-1,972
	(0,054)		(0,003)
a_i	(0,000)		(0,000)
Observationer	342		342
R^2 (within)	0,6762		0,6435
R^2 (between)	0,9929		0,9613
R^2 (overall)	0,9824		0,9498

Note: FE angiver en Fixed Effects model som specificeret i kapitel 5. (.) angiver p-værdier. Datasættet er specificeret nærmere i appendiks. Konstanten for fixed effects angiver den gennemsnitlige værdi for fixed effects. a_i angiver p-værdien for den samlede signifikans for alle 19 landespecifikke effekter.

Man kunne også forestille sig, at deres model vil vise estimer, som følger Romer (1990), fordi tidsperioden er 1973 til 1993, hvor landene er i teknologisk udvikling, men på et lavere stadie end nu. Man kunne forestille sig, at det er sværere for landene at opretholde denne teknologiske udvikling sidst i det 20. Århundrede ligesom Luintel & Khan (2005) finder i deres model.

5.6.2. Test af den strukturelle model

I dette afsnit vil vi teste den strukturelle model ved at inkludere de valgte kontrolvariable som er omtalt i afsnit 5.1.3. samt teste modellen ved ændringer i datasættet. Kontrolvariablene er til dels inspireret af kontrolvariable i tidligere undersøgelser som Porter & Stern (2000). Vi har valgt at dele dette afsnit op i to dele, hvor vi først ser på inkludering i vores FE(2) model og dernæst tester FE(2)-modellen i forhold til udeladelse af lande og afkortning af tidsperioden. Disse test vil vise, hvor robust FE(2)-modellen er, som nævnt er den modelspecifikation vi tror mest på, og vise hvad der 'sker' med modellen, når datasættet ændres.

Nedenstående tabel viser FE-modeller, som er en udvidelse af FE(2)-modellen. De tre modeller medtager enkeltvis en variabel for at se hvordan FE(2)-modellen agerer med tilføjelse af denne variabel.

I FE(3)-modellen har tilføjet en *dummy* variabel, D_{94-00} , som tager højde for den niveauændring, vi ser i TPF patenter for de fleste lande mellem 1994 og 2000, jf. dataoversigten. Denne *dummy* variabel, D_{94-00} , er signifikant. At D_{94-00} er signifikant viser, at en kombineret effekt af computerens udbredelse og TRIPs aftalen har øget antallet af patenter med 9,1 % i den sidste halvdel af 1990'erne. Hvad der også er tydeligt i FE(3) er, at inkluderingen af D_{94-00} , har det udfald, at H_A falder til 0,38 fra 0,42. Det betyder altså, at inkluderingen af D_{94-00} gør at H_A påvirker udviklingen i patenter i mindre grad en før. Det skal også bemærkes, at A kun ændres på tredje decimal. Forklaringsgraden stiger generelt i FE(3) fra FE(2), hvilket er et udtryk for, at D_{94-00} har indflydelse på modellen.

I FE(4)-modellen har vi inkluderet beholdningen af udenlandsk viden, som er en variabel, der er anvendt i både Porter & Stern (2000) og Luintel & Khan (2005). I vores modelspecifikation ender estimatet, β , for beholdningen af udenlandsk viden med at være insignifikant og ikke påvirke modellen, hvilket betyder, at vi ender med FE(2)-modellen igen. I de andre undersøgelser bruger de meget tid på den udenlandske beholdningen af viden, fordi det kan fortælle noget om internationale *spillovers* i viden, men i vores modelspecifikation og med den valgte proxy for

den udenlandske beholdning af viden, er vi ikke i stand til at sige noget om internationale *spillovers* af viden.

I FE(5)-modellen har vi tilføjet udgifter på R&D til vores FE(2) model. Denne variabel er signifikant og viser, at udviklingen i viden vil stige med 0,27 %, hvis udgifter til R & D øges med 1 %. FE(5)-modellens estimer for A og H_A følger dog stadig Jones (1995) synspunkter. Dog er estimatet for H_A insignifikant på et 10 % signifikansniveau.

Tabel 4

Fixed effects model for vidensproduktion					
Den afhængige variabel: udviklingen i patenter, $\hat{A}_t$					
	FE(3)		FE(4)		FE(5)
	1987-2004		1987-2004		1987-2004
$A_{i,t-2} (\varphi)$	0,466	$A_{i,t-2} (\varphi)$	0,46	$A_{i,t-2} (\varphi)$	0,42
	(0,000)		(0,000)		(0,000)
$H_{Ai,t} (\lambda)$	0,376	$H_{Ai,t} (\lambda)$	0,4	$H_{Ai,t} (\lambda)$	0,23
	(0,000)		(0,001)		(0,115)
D_{94-00}	0,091	$A_{f,i,t-2} (\beta)$	0,031	$gerd_t (\omega)$	0,27
	(0,000)		(0,774)		(0,060)
Fixed effects	landespecifik		landespecifik		landespecifik
Konstant	-1,57		-2,12		-2,05
	(0,016)		(0,012)		(0,002)
a_i	(0,000)		(0,000)		(0,000)
Observationer	342		342		342
R² (within)	0,6597		0,6436		0,6475
R² (between)	0,9667		0,9632		0,9593
R² (overall)	0,9548		0,9512		0,9486

Note: FE angiver en Fixed Effects model som specificeret i kapitel 5. (.) angiver p-værdier. Datasættet er specificeret nærmere i appendiks. Konstanten for fixed effects angiver den gennemsnitlige værdi for fixed effects. a_i angiver p-værdien for den samlede signifikans for alle 19 landespecifikke effekter.

Hvis man gør FE(5)-modellen robust overfor ukendt heteroskedasticitet, ændrer det dog estimatet til at være signifikant på et 10 % signifikansniveau med en estimeret værdi på 0,051. Det betyder, at FE(5)-modellen med robuste standardafvigelser har signifikante estimer for alle forklarende variable. Yderligere betyder

det, at en 1 % stigning i R & D udgifter for det enkelte land vil medføre en stigning på 0,27 % i udviklingen af patenter. Inkluderingen af en variabel for R & D udgifter har dog også medført, at estimatet for H_A har en mindre indflydelse på udviklingen i patenter end observeret i FE(2)-modellen.

En model med inkludering af både D_{94-00} og R&D udgifter giver et meget insignifikant estimat for H_A . Denne model er et udtryk for kontrol af effekten af udbredelsen af computere samt TRIPs aftalen mellem 1994 og 2000 og kontrol med R&D udgifter, som også kan tænkes at have indflydelse på udviklingen i viden for landene i OECD. Dog går vi ikke videre med denne model, fordi estimatet for H_A er meget insignifikant; også ved anvendelse af robuste standardafvigelser.

I nedenstående modeller, FE(6) og FE(7), har vi valgt at teste vores modelspecifikation for udeladelse af de lande, som vi i afsnittet *dataoversigt* fandt at have store forskelle fra de øvrige lande i datasættet. Portugal var generelt på et lavere niveau end de andre lande og er af Sachs (2000) heller ikke nævnt som et endogent land. Schweiz har et meget højt produktivitetsniveau, selvom både antal TPF patenter og antal researchers ligger omkring gennemsnittet for landene.

Vi har i tabellen også inkluderet FE(3) modellen for bedre at sammenligne resultaterne for de tre datasæt. Det er tydeligt, at FE(6) modellen, hvor datasættet udelader Portugal, er den med de største ændringer i forhold til FE(3) modellen.

I FE(6) modellen har estimatet for A en større indflydelse på udviklingen i viden, mens estimatet for H_A har mindre påvirkning. Alle estimater er signifikant, men også dummy variabelens indflydelse mindskes betydeligt. Modellens forklaringsgrad øges både for hvert land og generelt. Det må derfor siges, at en udeladelse af Portugal har forbedret modellen, men også vidst at H_A 's indflydelse på udviklingen i viden er mindre end først antaget. Begge variable følger stadig Jones (1995) synspunkt. Denne FE(6)-model er den model som kun tæller lande der af Sachs (2000) er angivet som endogene. Derfor må denne model give et udtryk for vidensproduktionen i de lande, der er på et endogent vækststadie.

I FE(7)-modellen udelades Schweiz af datasættet, og det ses tydeligt, at H_A får større indflydelse på udviklingen i viden i forhold til FE(3). A 's indflydelse falder en lille smule. Også i denne model er *dummy*'ens indflydelse markant mindre. Den overordnede forklaringsgrad er faldet i forhold til FE(3), men forklaringsgraden for hvert land er steget. En udeladelse af Schweiz forbedrer ikke vores modelspecifikation markant, men H_A ses at blive påvirket en del.

Tabel 5

Fixed effects model for vidensproduktion					
Den afhængige variabel: udviklingen i patenter, $\dot{A}_t$					
FE(3)		FE(6)		FE(7)	
1987-2004		1987-2004		1987-2004	
		÷ Portugal		÷ Schweiz	
$A_{i,t-2} (\varphi)$	0,466 (0,000)	$A_{i,t-2} (\varphi)$	0,506 (0,000)	$A_{i,t-2} (\varphi)$	0,417 (0,000)
$H_{Ai,t} (\lambda)$	0,376 (0,000)	$H_{Ai,t} (\lambda)$	0,267 (0,001)	$H_{Ai,t} (\lambda)$	0,447 (0,000)
D_{94-00}	0,091 (0,000)	D_{94-00}	0,095 (0,000)	D_{94-00}	0,098 (0,000)
Fixed effects	landespecifik		landespecifik		landespecifik
Konstant	-1,57 (0,016)		-0,59 (0,192)		-2,01 (0,005)
a_i	(0,000)		(0,000)		(0,000)
Observationer	342		324		324
R² (within)	0,6597		0,7650		0,6651
R² (between)	0,9667		0,9857		0,9567
R² (overall)	0,9548		0,9761		0,9433

Note: FE angiver en Fixed Effects model som specificeret i kapitel 5. (.) angiver p-værdier. Datasættet er specificeret nærmere i appendiks. Konstanten for fixed effects angiver den gennemsnitlige værdi for fixed effects. a_i angiver p-værdien for den samlede signifikans for alle de landespecifikke effekter.

I den efterfølgende tabel tester vi tidsperioden i datasættet for at se, om det ændrer på vores model, at tidsperioden enten er de første 14 år op til årtusindeskiftet eller de sidste 14 år efter 1990 i forhold til hele tidsperioden fra midten af 1980'erne til midten af 2000'erne.

FE(9)-modellen er ikke så robust overfor inkludering af et år mere; 1990, men vi ser dette problem som værende grundet i det forholdsvis lille antal observationer, så et år fra eller til vil ændre en smule på estimerne for A og H_A .

Tabel 6

Fixed effects model for vidensproduktion					
Den afhængige variabel: udviklingen i patenter, $\hat{A}_t$					
	FE(3)		FE(8)		FE(9)
	1987-2004		1987-2000		1991-2004
$A_{i,t-2} (\varphi)$	0,466	$A_{i,t-2} (\varphi)$	0,434	$A_{i,t-2} (\varphi)$	0,253
	(0,000)		(0,000)		(0,004)
$H_{A,i,t} (\lambda)$	0,376	$H_{A,i,t} (\lambda)$	0,43	$H_{A,i,t} (\lambda)$	0,603
	(0,000)		(0,003)		(0,000)
D_{94-00}	0,091	D_{94-00}	0,092	D_{94-00}	0,094
	(0,000)		(0,025)		(0,000)
Fixed effects	landespecifik		landespecifik		landespecifik
Konstant	-1,57		-1,96		-2,41
	(0,016)		(0,080)		(0,001)
a_i	(0,000)		(0,000)		(0,000)
Observationer	342		266		266
R² (within)	0,6597		0,6008		0,6174
R² (between)	0,9667		0,9529		0,8931
R² (overall)	0,9548		0,9415		0,8868

Note: FE angiver en Fixed Effects model som specificeret i kapitel 5. (.) angiver p-værdier. Datasættet er specificeret nærmere i appendiks. Konstanten for fixed effects angiver den gennemsnitlige værdi for fixed effects. a_i angiver p-værdien for den samlede signifikans for alle de landespecifikke effekter.

FE(8)-modellens estimer for A og H_A ændrer sig dog ikke ret meget, hvis tidsperioden ændres til 1987 – 2001. I FE(8)-modellen forholder det sig sådan, at A 's indvirkning på udviklingen i viden ikke ændres fra FE(3)-modellen, mens H_A 's indvirkning stiger lidt. Til gengæld er det tydeligt i FE(9)-modellen, at hvis tidsperioden ændres til kun at inkludere årene efter 1990, så får A en meget mindre indflydelse på udviklingen i viden, mens H_A 's indvirkning forøges markant.

FE(8)- og FE(9)-modellerne har lavere forklaringsgrader både generelt og for hvert land end FE(3)-modellen, men dette kan som sagt også skyldes det lavere

antal observationer, som de to modeller bygger på. Desuden viser det sig, at FE(8)-modellens gennemsnitlige værdi af *fixed effects* bliver insignifikant ved anvendelse af robuste standardafvigelser.

Alt i alt må vi konkludere, at resultaterne af vores strukturelle model, FE(2), bliver bedre af inkluderingen af en *dummy* variabel for udbredelsen af computere mellem 1994 og 2000.

FE(3)-modellen og alle de efterfølgende variationer af denne model følger Jones (1995) syn på estimerne for A og H_A i ligningen for vidensproduktion. I gennem en række tests af datasættet med frasortering af et land med lav produktivitet og et land med meget høj produktivitet samt forskellige tidsperioder, ses det også tydeligt, at estimerne for A og H_A forbliver under 1 og i høj grad svinger omkring 0,46 for A og fra 0,3 til 0,6 for H_A . Estimerne for H_A 's indvirkning på udviklingen i viden svinger som sagt meget gennem de forskellige test af FE(3)-modellen. Men overordnet set forbliver FE(3)-modellen den med det bedste fit. På samme måde kan det konkluderes, at FE(3) er relativ robust overfor tests.

6. Konklusion

Som nævnt i indledningen inddeler Sachs (2000) verden i fem forskellige grupper i forholdt til, hvilken type af økonometrisk teori, der passer på disse. Hvis vi ser det i forhold til de mange ad-hoc vækstregressioner, der er lavet på baggrund af et datasæt for hele verden og en model med en lang række af forskellige variable, er det interessant at se på drivkraften bag vedvarende vækst, der er udtrykt ved den teknologiske udvikling. En måde at undersøge vedvarende vækst på, er altså at undersøge teknologisk udvikling.

I projektet undersøger vi problemformuleringen:

Kan vedvarende vækst i lande på den teknologiske frontier forklares ved Romers ligning for udviklingen i patenter?

Dette undersøger vi igennem en teoretisk såvel som empirisk tilgang. Den teoretiske tilgang danner rammen for den empiriske vinkel på problemstilling. Vi diskuterer, hvorledes vækstteorien for udviklede lande har udviklet sig fra Solow-modellen frem til Romer (1990). I denne udvikling er det tydeligt, at det for alle de teoretiske modeller er udviklingen i teknologien, der bestemmer den vedvarende vækst. Men samtidig er det kun i ringe grad, at de fleste af modellerne formår at endogenisere den vedvarende vækst i modellen. Til gengæld kritiserer Jones (1995) Romer (1990) for, at lineariteten i produktionsfunktionen for patenter er vilkårligt antaget. Jones (1995) argumenterer for, at der langt fra er linearitet i humankapitalen anvendt i research samt i beholdningen af patenter. Det leder os frem til en empirisk undersøgelse af produktionsfunktionen for patenter og parametrene i denne. Vi holder det åbent, hvorvidt det er Romer (1990), der har ret i sin linearitet, eller det er Jones (1995), der har ret i at den vedvarende vækst kun til dels er endogent bestemt.

Gennem opstilling af tre udgaver af en teoretisk ligning for teknologisk udvikling som opstillet af Romer (1990) og Jones (2002), specificerer vi den empiriske model for teknologisk udvikling. Denne tager selvfølgelig udgangspunkt i udviklingen af patenter, der er bestemt af beholdningen af patenter samt humankapital an-

vendt i research. Vi anvender TPF patentansøgninger som proxy for patenter. *Triadic patent families* er forholdsvis ny som proxy og er med vores kendskab først anvendt i Luintel & Khan (2005). Dette giver os en ny opgørelsesmetode for patenter, som ikke giver misvisende resultater som følge af problematiske målinger af patentansøgninger i hvert land. Denne metode skulle derfor være den bedste proxy for teknologisk udvikling, netop fordi TPF patenter er dyre at ansøge og dermed antages kun at udgøre de mest innovative opfindelser i hvert land. Derudover kommer TPF patenter tættest på opfindelsestidspunktet, fordi de er målt ved *priority date*. Alt i alt bør det gøre vores data så gode som mulige til at eksemplificere teknologisk udvikling.

Sachs (2000) er med vores kendskab ikke anvendt i forhold til *aktivt* at tage stilling til, hvorledes verden kan inddeles i forhold til bestemmelsen af den økonomiske vækst. Og frem for at lave en helt bred undersøgelse af økonomisk vækst mener vi, at det mere interessant at undersøge, hvordan man kan endogenisere den vedvarende vækst ved at skabe en model med et mikroøkonomisk fundament. Dermed gøres det også muligt at gøre den teknologiske udvikling til en *bevist* handling af individerne i modellen. Romer (1990) tager netop fat i denne problemstilling ved at opstille de tre forudsætninger, der fokuserer på at gøre teknologien til en *bevidst* handling samt at understrege at virksomhederne i høj grad agerer ud fra markedsincitamenter. Før Romer (1990) var det i høj grad antaget, at teknologien udelukkende var et *nonrival* gode, der ikke fik dets marginalprodukt udbetalt i modsætning til arbejdskraften og kapitalapparatet. Romer (1990) gør i sine forudsætninger også teknologien til at være delvis *excludable*, idet han siger, at selve instruktionen til teknologien er et *nonrival* gode. Til gengæld er det produkt, der kommer ud af *instruktionen* patenteret og *delvis excludable*. Dette er også i skarp kontrast til gængse neoklassiske vækst teorier, der antager, at teknologien er et offentligt gode.

Vi anvender et originalt datasæt, som har sin kilde i OECD-data, netop for at sikre gennemsigtighed i data fra en internationalt anerkendt kilde. Dermed undgår vi de fleste målefejl. Vi indsamler data for 19 OECD lande fra 1987 til 2004, hvilket giver et paneldatasæt. Dette datasæt inkluderer data efter årtusindeskiftet og er

derfor nyt i forhold til andre undersøgelser på området. Det giver os god mulighed for at konkludere på den teknologisk situation, som de 19 OECD lande er i nu. Vi anvender *fixed effect* estimation, som angiver, at der er signifikant uobserverbar information landene imellem. Denne estimationsmetode er mere detaljeret end den almindelige OLS estimationsmetode og tager netop hensyn til udeladt information, idet man kan forvente udeladt information ved den meget simple relation for teknologisk udvikling, som vi anvender. Selve modelspecifikationen er også original, da vi medtager en tidsforskydning i beholdningen af patenter, idet der er en forsinkelse i udgivelsen af patentansøgninger på 18 måneder.

I kapitel 3 konkludere vi, at såfremt det er parametrene for Jones (2002) modellen, der kan understøttes, vil der kun til dels være tale om endogent bestemt vækst. Jones (2002) skriver, at udviklingen i patenterne på langt sigt er bestemt af tilvæksten i befolkningen. Det hænger sammen med, at der ifølge Jones (2002) ikke er stigende skalaafkast i produktionsfunktionen for patenter.

Vores resultater for FE(2)-modellen, den strukturelle model, viser at estimatet for parameteren λ^{23} er 0,417. Det har ikke den store betydning i forhold til diskussionen mellem Romer (1990) og Jones (2002), idet Romer (1990) siger, at denne er antaget lineær af analytiske årsager. Det er til gengæld i god tråd med, at Jones (2002) argumenterer for, at den kraftige stigning i antallet af researchere ikke empirisk har påvirket *total factor productivity*, som vist i kapitel 3. Estimatet for parameteren ϕ^{24} er i FE(2)-modellen 0,464. Det er her tydeligt, at det er Jones' (2002) konklusion, der kan understøttes. Det vil altså sige, at den vedvarende vækst, som Romer (1990) argumenterer for igennem lineariteten i A , ikke er til stede.

En test for resultaterne af estimaterne for λ og ϕ viser, at vi på et 5 % signifikansniveau, kan forkaste, at de tilsammen er lig én. Det betyder, at bestemmelsen af den vedvarende vækst er bestemt af tilvæksten i befolkningen, som det er tilfældet i Solow-modellen. Dermed kan vores model for landene på den teknologiske fron-

²³ λ er betydningen af humankapitalen anvendt i research for udviklingen i patenterne.

²⁴ ϕ er betydningen af den nuværende beholdning af patenter for udviklingen i patenterne.

tier analyseres på samme måde som Solow-modellen. Det skal nævnes, at i FE(2)-modellen er beholdningen af patenter 'lagget' i to perioder. Dette er som nævnt gjort, idet patentansøgninger ikke er offentligt tilgængelige før efter 18 måneder efter, at de er ansøgt. Dermed mener vi, at FE(2)-modellen kan sidestilles med den teoretiske ligning for produktionsfunktionen for patenter, hvor alle variable er angivet i tiden t .

I Figur 9 og Figur 10 i afsnit 5.2.1. fandt vi, at der i udviklingen i patenterne var en ændring i mønsteret. Denne ændring fandt vi i særdeleshed i perioden 1994 til 2000. Vi argumenterede i samme afsnit for, at dette kunne skyldes to ting. Den ene kunne være den store udbredelse af den personlige computer med Microsoft styresystem. Den anden ting kunne være den internationale TRIPs aftale, som også er nævnt i samme afsnit. Resultatet i FE(3)-modellen viser, at kombinationen af udbredelsen af computeren og TRIPs aftalen har en 9,1 % effekt for udviklingen i patenter i slutningen af 1990'erne.

Det vil altså sige, at såfremt man antager, at *dummy* variabelen viser effekten af computerens udbredelse, kan vi se, at det er blevet lettere at researche. Det ses også ved, at betydningen af parameteren for humankapitalen anvendt i research på udviklingen i patenterne, λ , falder ved inkluderingen af *dummy* variabelen. Rent økonometrisk bliver FE(3)-modellen bedre i kraft af, at vi udskiller effekten af ovenstående.

Porter & Stern (2000) finder i deres undersøgelse, at betydningen af beholdning af udenlandske patenter A_f påvirker udviklingen i patenter negativt, så hvis beholdningen af udenlandske patenter stiger med 1 %, falder udviklingen i patenterne med 1 %. Dette kunne hænge sammen med, at det i Porter & Sterns (2000) tidsperiode var sværere at vidensdele, da denne ligger før Internettets udbredelse. Dette er i skarp kontrast til vores resultater for FE(4)-modellen. Vi finder, at A_f ikke påvirker udviklingen i patenter. Vi havde dog nærmere forventet en positiv påvirkning af A_f for udviklingen af patenter, som det er tilfældet i Luintel & Khan (2005).

Vi undersøger også effekten af R & D udgifter på udviklingen i patenterne i FE(5)-modellen. Vores resultater viser, at effekten af 1 % stigning i R & D udgifter påvirker udviklingen i patenter positivt med 0,27 %. Dette er i modsætning til tidligere dele af konklusionen i god tråd med Romer (1990), der siger, at modellen påvirkes positivt af subsidier af beholdningen af patenter, hvilket er hvad R & D udgifter kan anses at være svarende til. Vi finder, at betydningen af humankapital anvendt i research falder ved inkludering af udgifter til R & D, så denne er 0,23 % i modsætning til 0,417 % i FE(2). Dog er den FE(5)-model med robuste standardafvigelse, som skal anvendes, da den giver signifikante estimater for alle de forklarende variable. Såfremt vi inkluderer både R & D udgifter og *dummy* variabelen i modellen kan humankapitalen anvendt i research ikke tillægges nogen betydning for udviklingen i patenter.

Hvis vi ser på dette rent teoretisk, kan man sige, at det tyder på, at det kunne være relevant at opbygge en model med fysisk kapital i produktionsfunktionen for patenter. Det tyder på, at disse udgifter til R & D kunne være udgifter til fysisk kapital. Det mener vi i kraft af, at betydningen af humankapital anvendt i research falder, når vi inkluderer R & D udgifter. Dette er i særdeleshed gældende, når vi også inkluderer *dummy* variabelen for udbredelsen af computere samt TRIPs aftalen. Det tyder altså på, at researchsektoren kunne være kapitalintensiv. Dette kan vi imidlertid ikke komme nærmere ind på, da dette bevidst ikke har været en del af projektet. Det kunne også være tilfældet, at faldet i humankapitalen anvendt i research tidligere har været overestimeret, og at en inkludering af R & D udgifter tager højde for en effekt, der tidligere har ligget i fejlleddet, som uobserveret information, samt i variabelen for humankapital anvendt i research. Dette sker netop, fordi man kunne forestille sig, at udgifter til R og D kunne dække over udgifter til flere forskere på for eksempel universiteter.

Til sidst har vi lavet nogle yderligere tests af FE(3)-modellen. Det viser sig specielt, at en udeladelse af Portugal får estimatet for λ til at stige til 0,51 % og får λ til at falde til 0,267 %. Samtidig er FE(6)-modellen generelt bedre end FE(3). Man kan anvende Sachs (2000) som argumentation for dette. Sachs (2000) har heller

ikke inkluderet Portugal, da det ikke opfylder hans kriterium for at være et land med endogen vækst.

Vi har desuden lavet en FE(9)-model med en tidsperiode for 1991 til 2004. Denne model giver det modsatte resultat af FE(6). Her bliver betydningen af humankapitalen anvendt i research betydeligt større 0,603 %. Det kunne tyde på, at der efterhånden bliver arbejdet mere for at skabe de nye patenter, hvorimod beholdningen af patenter ikke længere har så stor en betydning for udviklingen af patenter. Dette kunne hænge sammen med, at de letteste opfindelser efterhånden er gjort jævnfør Jones (1995). Til gengæld er forklaringsgraden af FE(9)-modellen den laveste af alle vores modeller. Dette kunne tyde på, at man skal passe på med ikke at overvurdere resultatet af FE(9)-modellen i forhold til de andre modeller.

Det vil altså sige, at vi finder, at den vedvarende vækst i lande på den teknologiske frontier ikke kan understøttes af Romers (1990) ligning for udviklingen i patenter med vores empiriske model. Dermed understøtter vores konklusion Jones (2002), der som nævnt siger, at den vedvarende vækst i sidste ende er eksogent givet af befolkningstilvæksten.

Perspektiver i modellen - mulige økonomiske politikker

Vores undersøgelse anvender ligesom Luintel & Khan (2005) *triadic patent families* som proxy for udviklingen i patenter, der igen er et mål for udviklingen i teknologi. Vores undersøgelser er dog vidt forskellige; også i en *policy* sammenhæng.

Luintel & Khan (2005) kommer i deres undersøgelse frem til, at OECD landene er så forskellige, at *policy* forslag for R & D og innovationspolitik er nødt til at tage hensyn til landenes forskellighed, når disse politikker skal designes. Deres model viser simpelthen, at en samlet model for OECD landene ikke vil være rigtig at implementere i alle landene.

I modsætning til dette står vores undersøgelse, som ikke fokuserer på landenes forskellighed, men accepterer forskellighederne i et vist omfang. Vores undersøgelse

bekræfter, at man med fordel kan lave visse politiske tiltag til fortsat udvikling i teknologi.

Vores model kan ikke bekræfte vedvarende vækst, men vi kan bekræfte, at politikker rettet mod R & D udgifter kan give en niveaueffekt for væksten. OECD landene har i gennemsnit haft stigende udgifter til R & D, jf. afsnit 5.2.2., og vores model bekræfter altså, at denne udvikling vil være en god måde at fortsætte på.

Vores undersøgelse bekræfter også mere specifikt, at mere humankapital anvendt på research vil øge udviklingen i teknologi. Dette kan udtrykkes som værende en specifik udgave af R & D politik, men ikke desto mindre er vores undersøgelse med til at bekræfte en udvikling som allerede ses i Europa.

For eksempel er politikerne begyndt at være opmærksomme på manglende kvalificeret arbejdskraft i Danmark, idet Regionerne står og mangler ca. 2.500 sygeplejersker. Disse har man søgt i Indien, og man har faktisk fået ca. 3.000 ansøgninger. På samme måde er det set, at man importerer højtuddannet arbejdskraft til flere forskellige brancher; også til at lave research. Det vil altså sige, at der blandt andet i Danmark bliver importeret humankapital til blandt andet anvendelse i research, således at det bliver sikret, at der både er befolkningstilvækst, men at den også i et vist omfang går til research. Det må alt andet lige anses for at være det bedste tiltag i forhold til at opretholde den vedvarende vækst ud fra de rammer, som vores model giver.

Vi kan således konkludere, at der er flere forskellige politiske tiltag, der er mulige inden for de rammer, som Romer (1990) opstiller, og med de empiriske resultater i afsnit 5.6., som vi får i de forskellige modeller. Der er både politiske tiltag, der har en niveaueffekt, og der er tiltag, der også har en effekt på den vedvarende vækst.

Appendiks

Appendiks 1

Variabel	Mål	Stata navn	Kilde
Udviklingen i patenter	Antal TPF patentansøgninger per år (ln)	la	OECD.stat og OECD Factbook 2009
Beholdningen af patenter 1 periode tilbage	Beholdningen af TPF patenter per år (udregnet) (ln)	lat1back	OECD.stat og OECD Factbook 2009
Beholdningen af patenter 2 perioder tilbage	Beholdningen af TPF patenter per år (udregnet) (ln)	la2back	OECD.stat og OECD Factbook 2009
Antal researchers	Antal researchers per år (delvis udregnet vha. antal beskæftiget) (ln)	lha	OECD.stat
R&D udgifter	Gross domestic expenditure on R & D målt i 2000 Dollars i konstante priser og PPP (ln)	gerd	OECD.stat
D ₉₄₀₀	Dummy=1 hvis year>1993 & year<2001	stepdum9400	-
Beholdningen af udenlandske patenter 2 perioder tilbage	Beholdningen af alle andre landes TPF patenter per år (udregnet) (ln)	laf2back	OECD.stat og OECD Factbook 2009
Landespecifik effekt	F.eks. id=1 for Australien	id	-
Tidsspecifik effekt	F.eks. year=1987 for år 1987	year	-

Appendiks 2

Land	Datasæt	Tidsperiode m/ manglende data		Brud i kildedata for TPF patenter
		Antal researchers	TPF patenter	År
Australien	•			1999
Belgien	•			1999
Canada	•	2006		1999
Danmark	•			1999
Finland	•	1985-1986		1999
Frankrig	•			1999
Grækenland		1985-1989		1999
Holland	•			1999
Irland	•			2000
Island		2006	1989 og 1992	2002
Italien	•			1999
Japan	•			1999
Korea, Syd		1985-1994		1999
Luxemborg		1985-1999,2001-2002		2002
Mexico		1985-1992,2000-2002,2006		2002
New Zealand		1985-1988		1999
Norge	•			1999
Østrig	•			1999
Polen		1985-1993		1999
Portugal	•			1999
Schweiz	•	1985,2005-2006		1999
Slovakiet		1985-1996	1990-1991	2000
Spanien	•			1999
Storbritannien	•			1999
Sverige	•			1999
Tjekkiet		1985-1994		1999
Tyrkiet		1985-1989	1991-1992	1999
Tyskland	•			1999
U.S.A	•	2005-2006		1999
Ungarn		1985-1991		1999

Kilde: OECD.stat og OECD Factbook 2009.

Appendiks 3

Metode for udregning af antal researchers som proxy for H_A

Variablen for antal researchers betegnes r , mens variabelen for antal beskæftiget betegnes e . Researchers som andel af antal beskæftiget betegnes RE , som er defineret som $RE_t = \frac{r_t}{e_t}$. Hvis der er data i tidspunkt t for både researchers og antal

beskæftiget betegnes det $RE_t^* = \frac{r_t^*}{e_t^*}$. Disse data overføres direkte til den 'nye' va-

riabel for H_A , hvor det gælder, at $H_A = r^*$ for hvert tidspunkt.

I datasættet for researchers er der tre scenarier, hvor det har været nødvendigt at udregne H_A . Disse er; hvis der henholdsvis mangler et, to tre eller fire datapunkter for antal researchers efter hinanden.

• Ved ét manglende datapunkt for r_t udregnes r som:

$$\frac{(RE_{t-1} + RE_{t+1})}{2} = RE_t$$

$$RE_t * e_t = r_t$$

• Ved to manglende datapunkter for r_{t+1}, r_{t+2} udregnes r som:

Først udregnes et hjælpegennemsnit som ikke anvendes yderligere:

$$\frac{(RE_{t+3} + RE_t)}{2} = RE_{t+3,t}$$

Dernæst anvendes dette hjælpegennemsnit til udregning af r_{t+1}, r_{t+2} :

$$\frac{(RE_{t+3,t} + RE_t)}{2} = RE_{t+1}$$

$$RE_{t+1} * e_{t+1} = r_{t+1}$$

og

$$\frac{(RE_{t+3,t} + RE_{t+3})}{2} = RE_{t+2}$$

$$RE_{t+2} * e_{t+2} = r_{t+2}$$

• Ved tre manglende datapunkter for $r_{t+1}, r_{t+2}, r_{t+3}$ udregnes r som:

$$\frac{(RE_{t+4} + RE_t)}{2} = RE_{t+4,t} = RE_{t+2}$$

$$RE_{t+2} * e_{t+2} = r_{t+2}$$

Herefter anvendes RE_{t+2} som hjælp til udregning af de to andre datapunkter:

$$\frac{(RE_t + RE_{t+2})}{2} = RE_{t+1}$$

$$RE_{t+1} * e_{t+1} = r_{t+1}$$

og

$$\frac{(RE_{t+4} + RE_{t+2})}{2} = RE_{t+3}$$

$$RE_{t+3} * e_{t+3} = r_{t+3}$$

• Ved manglende datapunkter for $r_{t+1}, r_{t+2}, r_{t+3}, r_{t+4}$ udregnes r som:

$$\frac{(RE_t + RE_{t+5})}{2} = RE_{t,t+5} = RE_{t+2} = RE_{t+3}$$

Da der er så mange datapunkter, der mangler, antager vi, at de midterste to punkter har samme andel researchers ud af de beskæftiget. Dette er selvfølgelig ikke optimalt, men hvis denne ad-hoc metode skal være konsistent, er vi nødt til at gøre dette. Så antal researchers i hver periode antages at være:

$$RE_{t+2} * e_{t+2} = r_{t+2}$$

og

$$RE_{t+3} * e_{t+3} = r_{t+3}$$

Første og sidste datapunkt udregnes ved hjælp fra de ovenstående gennemsnit, så:

$$\frac{(RE_t + RE_{t+2})}{2} = RE_{t+1}$$

$$RE_{t+1} * e_{t+1} = r_{t+1}$$

Og

$$\frac{(RE_{t+5} + RE_{t+3})}{2} = RE_{t+4}$$

$$RE_{t+4} * e_{t+4} = r_{t+4}$$

Litteraturliste

Artikler

Abdih & Joutz (2006)

Abdih, Yasser; Joutz, Frederick

Relating the knowledge production function to total factor productivity:

An endogenous growth puzzle

IMF staff papers, international monetary fund, vol. 53, no. 2, 2006

Aghion & Howitt (1992)

Aghion, Philippe; Howitt, Peter

A model of growth through creative destruction

Econometrica, vol. 60, no. 2, marts 1992

Al-Ubaydli & Kealey (2000)

Al-Ubaydli, Omar; Kealey, Terence

Endogenous growth theory: a critique

Economic affairs, vol. 20, issue 3, september 2000

Arnold, Bassanini & Scarpetta (2007)

Arnold, Jens; Bassanini, Andrea; Scarpetta, Stefano

Solow or Lucas? Testing growth models using panel data from the OECD countries

OECD, economics working paper, no. 52, 2007

Barreto & Hughes (2004)

Barreto, Paul A.; Hughes, Anthony W.

Under performers and over achievers: a quantile regression analysis of growth

The economic record, vol. 80, no. 248, marts 2004

Barro (1991)

Robert J. Barro

Economic growth in a cross section of countries

The Quarterly journal of economics, vol. 106, no. 2, maj 1991

Bassanini & Scarpetta (2001)

Bassanini, Andrea; Scarpetta, Stefano

Does human capital matter for growth in OECD countries?

OECD economics department, working papers, no. 282, 2001

Cohen & Soto (2007)

Daniel Cohen; Marcelo Soto

Growth and human capital: good data, good results

Journal of economic growth, vol. 12, 2007

Dernis et al. (2001)

Dernis, H  lene; Guellec, Dominique; Van Pottelsberghe, Bruno
Using patent counts for cross-country comparisons of technology output
STI review no. 27, OECD 2001

Gong et al. (2004)

Gong, Gang; Greiner, Alfred; Semmler, Willi
Endogenous growth: estimating the Romer model for the US and Germany
Oxford bulletin of economics and statistics, vol. 66, no. 2, 2004

Grier & Tullock (1989)

Grier, Kevin B.; Tullock, Gordon
An empirical analysis of cross-national economic growth, 1951-80
Journal of monetary economics, vol. 24, 1989

Grossman & Helpman (1991)

Grossman, Gene M.; Helpman, Elhanan
Quality ladders in the theory of growth
The review of economic studies, vol. 58, no. 1, januar 1991

Jones (1995)

Jones, Charles I.
R&D-based models of economic growth
The journal of political economy, vol. 103, no. 4, august 1995

Kormendi & Meguire (1985)

Kormendi, Roger C.; Meguire, Philip G.
Macroeconomic determinants of growth – cross-country evidence
Journal of monetary economics, vol. 16, 1985

Landau (1983)

Landau, Daniel
Government expenditure and economic growth: a cross-country study
Southern economic journal, vol. 49, no. 3, 1983

Levine & Renelt (1992)

Levine, Ross; Renelt, David
A sensitivity analysis of cross-country growth regressions
The American economic review, vol. 82, no. 4, 1992

Luintel & Khan (2005)

Luintel, Kul B; Khan, Mosahid
An empirical contribution to knowledge production and economic growth
OECD Publishing, OECD Science, Technology and Industry, Working
papers, 2005/10

- Porter & Stern (2000)
 Porter, Michael E.; Stern, Scott
 Measuring the “ideas” production function: evidence from international patent output
 NBER working paper series, working paper 7891
- Romer (1990)
 Romer, Paul M.
 Endogenous technological change
 The journal of political economy, vol. 98, no. 5, part 2, oktober 1990
- Romer (1990non)
 Romer, Paul M.
 Are nonconvexities important for understanding growth?
 The American economic review, vol. 80, no. 2, maj 1990
- Sachs (2000)
 Sachs, Jeffrey D.
 Globalization and patterns of economic development
 The Weltwirtschaftliches Archiv, review of world economies, vol. 136(4), 2000
- Sachs & Warner (1997)
 Sachs, Jeffrey D.; Warner, Andrew M.
 Fundamental sources of long-run growth
 The American economic review, vol. 87, no. 2, maj 1997
- Sala-i-Martin (1997)
 Sala-i-Martin, Xavier
 I just ran two million regressions,
 The American economic review, vol. 87, no. 2, maj 1997
- Schmidt (1997)
 Schmidt, Gordon
 Dynamic analysis of a ‘Solow-Romer’ model of endogenous economic growth
 Centre of policy studies, Monash University, preliminary working paper, no. IP-68, august 1997
- Solow (1956)
 Solow, Robert M.
 A contribution to the theory of economic growth
 The quarterly journal of economics, vol. 70, no. 1, februar 1956
- Temple (1999)
 Temple, Jonathan
 The new growth evidence
 Journal of economic literature, vol. 37, no. 1, marts 1999

UM (2007)

Udenrigsministeriet, Danmark
TRIPs - Aftalen om beskyttelse af intellektuelle ejendomsrettigheder
Sidst redigeret 12. marts 2007
www.um.dk
Downloaded 28. juli 2009

UM Schweiz (2009)

Udenrigsministeriet, Danmark
Sundhed, medico og biotech
Sidst redigeret 9. februar 2009
www.ambbern.um.dk
Downloaded 29. juli 2009

Verdensbanken (2009)

The World Bank
Data & Research
Country classification
<http://go.worldbank.org/D7SN0B8YU0>
Downloaded 9. august 2009

Økonometri-noter (2006a)

Heteroskedasticity
Econometrics class ved Prof. Jonathan Wadsworth
MSc Economics 2006/07
Royal Holloway, University of London

Økonometri-noter (2006b)

Panel data
Econometrics class ved Prof. Jonathan Wadsworth
MSc Economics 2006/07
Royal Holloway, University of London

Bøger

Andersen et al. (2002)

Andersen, Erling B.; Gabrielsen, Gorm; Kousgaard, Nils; Milhøj, Anders
Statistik for civiløkonomer
Akademisk forlag, 3. udgave, 2002

Barro & Sala-i-Martin (2004)

Barro, Robert J., Sala-i-Martin, Xavier
Economic growth
The MIT press, 2. udgave, 2004

Greene (2000)

Greene, William H.
Econometric analysis
Prentice-Hall Inc., 4. udgave, 2000

- Hsiao (2003)
Hsiao, Cheng
Analysis of panel data
Cambridge University press, 2. udgave, 2003
- Johnston & DiNardo (1997)
Johnston, Jack; DiNardo, John
Econometric methods
McGrawHill, 4. udgave, 1997
- Jones (2002)
Jones, Charles I.
Introduction to economic growth
W.W. Norton & Company, 2. udgave, 2002
- OECD PSM (2009)
OECD patent statistics manual
OECD 2009
www.sourceoecd.org
- Romer (2001)
Romer, David
Advanced macroeconomics
McGraw-Hill/Irwin, 2. udgave, 2001
- Varian (1999)
Varian, Hal R.
Intermediate microeconomics
W.W. Norton & Company, 5. udgave, 1999
- Verbeek (2004)
Verbeek, Marno
A guide to modern econometrics
John Wiley & Sons Ltd., 2. udgave, 2004
- Verspagen (1993)
Verspagen, Bart
Uneven growth between interdependent economies: evolutionary view on
technology gaps, trade and growth
Averbury, Ashgate publishing ltd., 1993

Data

- OECD Factbook 2009
Gross domestic expenditure on R&D as a percentage of GDP
Science and technology, R&D, expenditure on R&D
OECD Factbook 2009, Economic, environmental & social statistics,
OECD 2009
www.sourceoecd.org
Downloaded 20. juni 2009

OECD Factbook 2009

Triadic patent families

Science and technology, R&D, Patents

OECD Factbook 2009, Economic, environmental & social statistics,

OECD 2009

www.sourceoecd.org

Downloaded 21. maj 2009

OECD.stat

GERD – gross domestic expenditure on R&D (million 2000 dollars, constant prices and PPP)

Dataset: Main science and technology indicators

<http://stats.oecd.org/>

Downloaded 10. juli 2009

OECD.stat

Triadic patent families

Dataset: Patents by main IPC

<http://stats.oecd.org/>

Downloaded 31. maj 2009

OECD.stat

Total researchers (FTE)

Dataset: Main science and technology indicators

<http://stats.oecd.org/>

Downloaded 26. maj 2009