



**Analyseinstitut for Forskning**

**Faktorer bag erhvervslivets produktivitetsudvikling,  
herunder effekten af FoU inden for IKT-området**



Working papers 2002/6  
ISSN: 1399-8897

The Danish Institute for Studies in  
Research and Research Policy  
Finlandsgade 4  
DK-8200 Aarhus N  
[www.afsk.au.dk](http://www.afsk.au.dk)

# **Faktorer bag erhvervslivets produktivetsudvikling, herunder effekten af FoU inden for IKT-området**

**Anni L. B. Agerbo**

**Juli 2002**

Dette WP er afrapporteringen af et litteraturstudie om forskning og udviklings effekt på virksomheders produktivitet med særlig fokus på informations- og kommunikationsteknologiernes indflydelse. Studiet skal danne baggrund for en ansøgning om et kandidatstipendiat, hvis formål blandt andet vil være at afprøve de præsenterede modeller på data fra danske erhvervsvirksomheder, jf. konklusionen.

# Indholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Problemstilling</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Eksisterende teorier og undersøgelser</b>	<b>6</b>
2.1	Teoretisk baggrund	7
2.2	Multi-faktor produktivitet	8
2.3	Teknologiske ændringer	8
2.3.1	FoU indeholdt i produktionsmidler	11
2.3.2	Erhvervslivets egen FoU	11
2.3.3	Det offentliges FoU	12
2.3.4	Udenlandsk FoU	13
2.4	Måleproblemer	14
<b>3</b>	<b>Empiriske resultater</b>	<b>15</b>
3.1	FoU indeholdt i produktionsmidler	15
3.2	FoU udført af erhvervslivet	17
3.3	FoU udført af det offentlige	18
3.4	Udenlandsk FoU	19
3.5	Andre faktorerers indvirkning på produktivitet	19
<b>4</b>	<b>Konklusion</b>	<b>20</b>
	<b>Bilag</b>	<b>21</b>
	<b>Referencer</b>	<b>22</b>



## 1 Problemstilling

De videnskabelige fremskridt og teknologiske ændringer inden for IKT-området (informations- og kommunikationsteknologi, se branchedefinition i bilag) har haft stor indflydelse på økonomien og samfundet, sådan at der tales om et skift til vidensøkonomi og videnssamfund. Det sker i form af skift til mere vidensintensive brancher og servicefag med høje innovationssatser og en hurtig anvendelse af nye videnskabelige fremskridt på nye produkter og processer. Det betyder samtidig voksende krav til arbejdskraftens færdigheder blandt andet med behov for mere forskningsbaseret (efter)uddannelse. Evnen til at skabe, forstå og udnytte viden leder til konkurrencefordele, rigdomsskabelse og forbedring i livskvalitet.

Den egenskab at kunne innovere succesfuldt og indse de økonomiske muligheder af ny teknologi er en af de afgørende kilder til økonomisk vækst. Virksomhedernes økonomiske præstationer afhænger af, hvor gode de er til at sætte ny teknologi i arbejde, dvs. hvor gode de er til at indføre og bruge idéer og produkter, der er udviklet andre steder. Hermed sagt, at det i mindre grad er opfindelser af nye produkter og fremgangsmåder og deres initiale forretningsmæssige udnyttelse der genererer store økonomiske fordele, men snarere deres omfattende udbredelse og brug. Det er derfor af stor politisk betydning at få afdækket, hvorledes forskellige videnskabelige, teknologiske og innovative indsatser påvirker den økonomiske vækst, og hvordan dette påvirker virksomhederne med henblik på at opgradere medarbejderstabens kvalifikationer.

I politisk henseende vil det desuden være hensigtsmæssigt at få afdækket effekten af de offentlige forskningsmidler på virksomhedernes videnskabelige, teknologiske og innovative aktiviteter (se afsnit 2.3.3):

For det **første** vil det være relevant for de politiske beslutningstagere at være bekendt med måder, hvorpå offentlig finansieret forskning og udvikling (FoU) kan bidrage til private virksomheders forsknings- og innovationsindsatser. Visse typer af tilskudsbevillinger og subsidier har vist sig at få virksomhederne til at øge FoU-indsatsen så meget, at egenfinansieringen forøges. Empiriske undersøgelser har i den forbindelse vist, at den egenfinansierede del af FoU-udgifterne har den største indvirkning på produktiviteten. Politiske incitament er eksempelvis omfatter favorable hjælpeforanstaltninger til innoverende virksomheder eller konstruktion af et finansielt system, der letter adgangen til lån til FoU-projekter.

For det **andet** er det af betydning for politikerne at være bekendt med den udstrækning, i hvilken grundviden fra offentlige forskningsinstitutter og universiteter bidrager til produktivitetsvækst i erhvervslivet og dermed økonomisk vækst. Dette vil gøre de politiske planlæggere i stand til at målrette den offentlige indsats på de områder, der har den største effekt. Ny teknologi skal sættes i

arbejde og det gøres bl.a. ved en målrettet uddannelsesplanlægning, der kan sikre virksomhederne adgang til en mere veluddannet arbejdsstyrke der er i stand til at udvikle, beherske og styre ny teknologi.

For det **tredje** har forskellige empiriske undersøgelser vist, at udenlandsk teknologi har afgørende betydning for virksomhedernes produktivitetsvækst. Politikerne må i denne henseende sikre åbenheden over for den udenlandske teknologi ved at nedbryde barrierer for tilstrømningen af varer med et højt teknologisk indhold, veluddannede udlændinge og teknologisk viden fra udlandet. Politikerne kan også opmuntre virksomhedernes innovative incitamenters ved at sikre adgangen til patenter, licenser og knowhow. Det er derfor relevant at diskutere og afdække effekten af offentlig støtte på virksomhedernes videnskabelige, teknologiske og innovative aktiviteter i direkte og indirekte form (OECD (2000a)). Den direkte form omfatter omkostningsreduktioner i kapital- og arbejdskraftinput, mens den indirekte form er relateret til økonomisk vækst gennem produktivitetsvækst fra bedre vidensformidling, bedre uddannet arbejdsstyrke osv.

## **2 Eksisterende teorier og undersøgelser**

I løbet af de sidste tyve til tredve år har IKT-innovationer hurtigt spredt sig i moderne industrielle økonomier, og deres indflydelse på virksomhedernes karakteristika og præstationer er mangfoldige og af afgørende betydning. Som følge heraf forventes den fortsatte indførelse og stigende anvendelse af IKT at transformere virksomhedernes produktionsfunktion ved at ændre produktionsfaktorernes sammensætning og kvalitet. En direkte effekt af en sådan ændring omfatter en voksende andel af computerudstyr i virksomhedernes kapitallager, idet maskinel og andet udstyr bliver mere og mere afhængig af elektroniske komponenter og software. I dette afsnit belyses teorier bag produktivitetsvækst, produktivitetsmål og faktorer, der påvirker produktiviteten.

Der er derudover den indirekte effekt af den øgede IKT-anvendelse, at virksomhederne tvinges til at ansætte specialiseret arbejdskraft til at styre og vedligeholde de nye installationer. Desuden må de ansatte, der skal arbejde med IKT, erhverve sig specialviden og kvalifikationer, ofte på forskningsbaserede (efter)uddannelser. Samtidig med at virksomheder investerer i IKT vil der ske en tilpasning af deres organisation med hensyn til produktion, salgsstruktur og administrativ struktur mod en mere videnbaseret ledelse ("knowledge management"). Den overordnede forventning er, at IKT gør virksomhederne i stand til at forbedre deres præstationer, specielt i termer af arbejds- og totalfaktor-produktivitet samt fremme opgraderingen af medarbejdernes kvalifikationer.

## 2.1 Teoretisk baggrund

Det teoretiske grundlag for at måle påvirkningen af ny teknologi på virksomhedernes produktivitet er udledt af Solow's (1957) neoklassiske vækstmodel, der behandler teknologiske fremskridt eksogent. Et andet grundlag er Romers (1990) endogene vækstmodel, der fremhæver betydningen af forskning og udvikling for produktionen af ny teknologi, som det der fører til teknologiske fremskridt<sup>1</sup>. Målet for produktivitet bliver formuleret i selve produktionsfunktionen og derefter forbundet til økonomiske vækstanalyser.

Dette område er siden blevet udviklet betydeligt af f.eks. Dale Jorgensen (1989), Zvi Griliches (1997, 1990, 1987) og Erwin Diewert (2000, 1992) og har resulteret i "Growth accounting"-modellen. Growth accounting-modellen undersøger, hvor stor en del af den observerede ændrings-sats i en branches output, der kan tilskrives ændringer i input, dvs. arbejdskraft og kapital. Den vækst, der ikke kan forklares ved ændringer i input, kaldes for produktivitetsvækst<sup>2</sup> og forventes at være tilvejebragt gennem teknologiske ændringer. Denne fremgangsmåde tillader at de umiddelbare kilder til vækst kvantificeres på en systematisk og konsistent måde. Den har tilmed forklaringsmæssig magt, idet den opfanger udbudet af, efterspørgselen efter og substitutionen mellem kategorier af målbare input. Suppleres growth accounting-modellen med undersøgelser på virksomhedsniveau, kan de give svar på de underliggende årsager til vækst, innovation og produktivitetsændringer.

Growth accounting-modellen er baseret på en simpel Cobb-Douglas produktionsfunktion:

$$(1) \quad Q = Ae^{\mu} K^{\alpha} L^{\beta} M^{(1-\alpha-\beta)}$$

Hvor  $Q$  er bruttoværdien af outputmængden og input i produktionen omfatter:  $K$  kapitalapparat,  $L$  arbejdskraft og  $M$  mellemprodukter, hvor  $\alpha$ ,  $\beta$ , og  $(1-\alpha-\beta)$  er omkostningsandele. Mellemprodukter er medtaget eftersom formålet her er at måle ny teknologisk indvirkning på produktivitetsvækst, se nedenfor.  $A$  er multifaktor produktivitetsmål og  $\mu$  fejlleddet.

For at muliggøre en estimering af de reale vækstrater, der opnås ved at differentiere logaritmen til ligning (1) mht. tid, kræves at datagrundlaget omfatter oplysninger omkring output, kapital-, mellemprodukt- og arbejdskraftinput. Den offentlige kapital i form af infrastruktur mv. samt husholdningernes kapitalapparat tælles ikke umiddelbart med i growth accounting-modellen, da de ikke bidrager til det målte output i økonomien.

---

<sup>1</sup> Den centrale rolle, som FoU spiller for produktionen af ny teknologi, skyldes, at teknologi delvist er et offentlig gode karakteriseret som ikke konkurrerende og delvis udelukket for andres brug. Teknologi kan akkumuleres uden grænse per capita basis og er samtidig differentieret fra et typisk gode gennem et legalt system, patentlovgivning eller copyright, som delvis udelukker andre (free-riders) fra brugen af den nye teknologi.

<sup>2</sup> Den økonometriske model, udledt af growth accounting modellen, måler altså produktivitetsvæksten i fejlleddene, kaldet residualerne.

## 2.2 Multi-faktor produktivitet

Når hensigten er at måle indvirkningen af ny teknologi på produktivitetsvæksten, bør produktiviteten beregnes ved hjælp af det såkaldte multifaktor produktivetsmål. Multifaktor produktivitet (MFP) er defineret som forholdet mellem mængdeindekset for bruttooutput og mængdeindekset for den kombinerede brug af input, dvs. arbejdskraft, kapital og mellemprodukter, hver vægtes med deres omkostningsandele af de totale omkostningsudgifter<sup>3</sup>. Det er det mest passende mål for teknologiske ændringer, idet der bliver taget højde for mellemprodukternes rolle i produktionen. Da den kapital, der bruges af det offentlige og husholdningerne, ikke tælles med, er MFP altså forskellen mellem den del af bruttonationalproduktet, der tilfalder erhvervslivet og den vægtede omkostning til mængden af arbejdskraft og fast kapitalager (anlægsaktiver).

I litteraturen og i forbindelse med empiriske undersøgelser er der reelt brugt flere typer af mål for produktivitet (se OECD (2000c)): Arbejdskraft-produktivitet, kapital-produktivitet, kapital- og arbejdskraft-produktivitet (totalfaktor produktivitet) og endelig den ovenfor nævnte multifaktor produktivitet. De er alle beregnet på baggrund af Cobb-Douglas produktionsfunktionen, hvor værditilvæksten i output er divideret med mængdeindekset for den faktor der beskriver produktivetsindekset. For f.eks. arbejdskraft-produktivetsindekset er værditilvæksten i output divideret med udgiften til de ansatte og så fremdeles.

Valget mellem dem afhænger af produktivetsmålets formål: Arbejdskraft-produktivitet er bredt anvendt som et mål for levestandarden (indkomst per indbygger) og er fra et politisk perspektiv en statistisk vigtig reference i lønforhandlinger. Ændringer i kapital-produktiviteten angiver, i hvilken udstrækning outputvækst kan opnås gennem lavere vældfærdsmkostninger i form af forbigået forbrug. Kapital-arbejdskraft produktivitet anvendes til at analysere strukturelle ændringer og forsøger f.eks. at identificere branchers bidrag til økonomiens aggregerede produktivetsvækst og levestandard. MFP er velegnet til analyser af teknologiske ændringer på brancheniveau, men stiller store krav til datagrundlaget.

## 2.3 Teknologiske ændringer

Økonomisk teori og empiriske undersøgelser tillægger det stor betydning at skelne mellem "embodied" og "disembodied" teknologi. Embodied teknologiske ændringer dækker over forbedringer i ydeevne, kvalitet og design af nye kapitalgoder og mellemprodukter. Kapitalgoderne

---

<sup>3</sup> Modsat outputelasticiteter er brugen af omkostningsandele observerbar. Ligevægtsbetingelsen i growth accounting-modellen er vigtig, fordi den hjælper med at styre målparametrene, som ligesom output-elasticiteter ellers vil være svære at styre. Imidlertid viser teori, at i konkurrerende ligevægte skal omkostningsandele og outputelasticiteter være lig hinanden.



og mellemprodukterne indeholder således resultaterne af forskning og udvikling (FoU) iværksat af den kapitalvare-producerende branche. Det betyder, at embodied teknologiske ændringer omfatter FoU indeholdt i produktionsmidlerne. Andre brancher opnår altså adgang til denne FoU gennem køb af nyt kapitaludstyr eller mellemprodukter. Embodied teknologiske ændringer i form af kapitalgoder medfører forbedringer i kvaliteten af produktionsteknikkerne. Dette betegnes normalt procesinnovation.

Disembodied teknologiske ændringer relaterer sig til nye videnskabelige resultater, men også til spredningen af viden om, hvordan man gør ting, f.eks. ledelsesmæssige og organisatoriske teknikker. Det omfatter alle ændringer, der ikke kan tilskrives ændringer i kapitalapparatet, mellemprodukterne eller arbejdskraftinputtet. Adskillelsen er hensigtsmæssig, fordi spredningen af embodied teknologiske ændringer afhænger af markedstransaktioner, mens spredningen af disembodied teknologiske ændringer kan betragtes som information, der frit kan cirkulere, sådan at dets brug af en virksomhed ikke begrænser dets brug af andre. Dog kan virksomheder midlertidigt begrænse andres adgang til egen udviklet teknologi med patenter, licenser eller hemmeligholdelse.

Hvis arbejdskraft, kapital og mellemprodukter er summen af en lang række af detaljerede typer af aktiver og produkter, hver vægtet med deres respektive omkostningsandele og baseret på priser der reflekterer kvalitetsændringer, er effekten af embodied teknologiske ændringer og af arbejdskraftens forbedrede kvalifikationer indeholdt i inputleddene. I dette tilfælde vil kun disembodied teknologiske ændringer indgå i målet for MFP, mens embodied teknologiske ændringer manifesterer sig i inputlagrenes vækst. Imidlertid er en detaljeret differentiering af alt arbejdskraft-, mellemprodukt- og kapitalinput ikke tilgængelig på grund af datagrundlaget og ressourcemæssige begrænsninger. Som en konsekvens heraf er nogle af de embodied (indbyggede) effekter af teknologiske ændringer i input og kvalifikationssammensætningen af arbejdskraften opfanget i målet for multifaktor-produktivitet. I praksis vil multifaktor-produktiviteten sandsynligvis reflektere ændringer, der ikke nødvendigvis er forårsaget af teknologiske ændringer: eksempelvis faktorer som tilpasningsomkostninger, effektivitetsændringer, skalaøkonomier, variationer i kapitaludnyttelsen, learning by doing og forskellige fejlmålinger. En korrekt fortolkning af produktivitet i forbindelse med teknologiske ændringer vil derfor kræve kendskab til den metode, der bruges til at beregne tidsserier for kapital-, mellemprodukt- og arbejdskraftinput.

En stigning i produktiviteten er i de senere år blevet forbundet med en stigning i den hastighed, som det teknologiske indhold ændrer sig med. Udenlandske undersøgelser har påvist at ny teknologi, især IKT, er en afgørende bidragsyder til produktivitetsvæksten i virksomhederne. En væsentlig del af de teknologiske fremskridt er opstået gennem systematisk arbejde, jf. Frascati-manualens definition på udviklingsarbejde (*experimental development*), men dersom der ikke

findes *et væsentligt nyhedselement* i udviklingsarbejdet, vil det kun kunne komme ind under definitionen *innovation*. Udgifter til FoU anses for at være en god indikator og de fleste lande laver årligt systematiske opgørelser over disse udgifter. OECD (2000b) har undersøgt ny teknologisk indvirkning på produktivitetsvæksten for 16 OECD-lande over perioden 1980-96 og estimeringer er baseret følgende ligning:

$$(2) \quad MFP_{it} = e^{(\phi_t + \phi_i + \mu_{it})} BRD_{it-1}^{\beta_{rd}} \cdot FRD_{it-1}^{\beta_{frd}} \cdot PRD_{it-2}^{\beta_{prd}} \cdot TM_{it-1}^{s^M \alpha_T} \cdot U_{it}^{\sigma_U} \cdot G^{\sigma_G}$$

For hvert land  $i$  og på hvert tidspunkt  $t$ , er multifaktor produktivetsmålet ( $MFP$ ) defineret til at afhænge af følgende FoU-determinanter:

- 1) Embodied teknologi: FoU indbygget i produktionsmidlerne ( $TM$ )
- 2) Disembodied teknologiske ændringer:
  - erhvervslivets egen FoU ( $BRD$ )
  - offentlige FoU ( $PRD$ )
  - udenlandsk FoU (FoU udført af det offentlige og i erhvervslivet i andre lande) ( $FRD$ )

I OECDs (2000b) undersøgelse af produktivitetsvæksten indgår en række andre faktorer, der har indvirkning på produktiviteten, og som derfor er nødvendige at medtage i en model for at sikre bedst mulige estimater for de fire ovennævnte FoU-determinanter.

Derudover indgår  $U$ , som er beskæftigelsesprocenten ( $100 - \text{arbejdsløshedsprocenten}$ ) og som beregnet til at fange konjunktoreffekter. Dette forventes at være et bedre mål end den sædvanlige anvendte udnyttelsesprocent for kapital, som gælder for fremstillingsbrancher alene. I undersøgelsens sammenhæng er det også bedre end outputgabets størrelse, idet outputgabets størrelse afhænger af bestemte antagelser for MFP-væksten, hvorved der opstår endogenitetsproblemer.

$G$  er en dummyvariabel for Tyskland. Der er sat til 1 i år 1991 og 0 ellers og opfanger dermed det eksogene stød ifølge tysklands genforening, der medførte et skarp fald i Tysklands produktivitet.  $\phi_i$  er en dummi for hvert land og tillader landespecifikke modelrammebetingelser, hvilke kan påvirke den langsigtede vækst,  $\phi_t$  er dummi for hvert år i den undersøgte periode og opfanger eksogene teknologiske ændringer.

Nedenfor gennemgås ovenstående FoU-determinanter.

### 2.3.1 FoU indeholdt i produktionsmidler

Med den hensigt at måle indvirkningen af FoU indbygget i produktionsmidler på produktiviteten er følgende faktorer ofte anvendt:

- Andelen af IKT-kapital i kapitallageret (se f.eks. Berndt og Morison (1995), Dewan og Kraemer (2000), Gera et. al. (1999), Greenan et. al. (2001) og Pohjola (2000)). Det måles almindeligvis som bruttoværdiandelen af højteknologisk kontor- og computerudstyr i total fysisk kapital.
- IKT-investeringer. Gera m.fl. (1999) måler IKT-investeringer som kapitalstrømninger af både indenlandske og importerede varer fra IKT-relaterede sektorer.
- Forholdet mellem lageret af FoU indeholdt i produktionsmidler fra både indenlandske og udenlandske kilder og brutto-kapitallageret. OECD (2000b) beregner denne faktor ved først at beregne et effektivt kapitallager, der er lig summen af nye årgange af investeringer i udstyrsvarer vægtet med FoU-andelene i kapitalvarebranchen i både indland og udland. Den udenlandske FoU er vægtet med andelen af import af kapitalvarer i forhold til værditilvæksten af den kapitalvareproducerende branche. Dette effektive kapitallager er derefter divideret med det totale kapitallager.

### 2.3.2 Erhvervslivets egen FoU

I teorien omkring virksomheders produktivitetstilvækst fokuseres der meget på den indflydelse, som erhvervslivets forskning og udvikling (FoU) har på væksten. FoU udført i erhvervslivet resulterer i

- 1) nye varer og tjenesteydelser
- 2) forbedret kvalitet af eksisterende varer og tjenesteydelser
- 3) nye produktionsmetoder

Dets indvirkning på produktiviteten angiver samfundets fortjeneste af erhvervslivets egen-finansierede FoU. I growth accounting-modellen indgår erhvervslivets FoU generelt som et "FoU-kapitallager". Det beregnes ved at akkumulere erhvervslivets totale interne udgifter til FoU gennem tiden og under hensyn til, at lageret med tiden mister værdi, almindeligvis beregnet med en fast afskrivningsssats.

### 2.3.3 Det offentlige FoU

Mens FoU i erhvervslivet er mere rettet mod produkt- og procesudvikling og kommercialisering, er offentlig FoU hovedsageligt rettet mod grundforskning, der kan øge samfundets 'videnslager'.

Udover grundforskning kan offentlig finansieret FoU omfatte:

- Anvendt forskning i samarbejde med erhvervslivet
- Udbredelse af forskningsbaseret viden, f.eks. gennem GTS-institutter
- Forskning på områder der tjener samfundsinteresser (f.eks. militær, sundhed og miljø).

Effekten på den økonomiske vækst kan være direkte tilvejebragt gennem fordele, som erhvervslivet høster af offentligt finansieret FoU. Erhvervslivets eget afkast på investeringer i FoU kan være forbedret takket være offentlig støtte eller viden frembragt af offentlige midler. Dette udløser en stigning i erhvervslivets FoU-investeringer. Det er på den anden side muligt, at offentlig finansieret FoU fortrænger erhvervslivets egen finansiering enten direkte eller indirekte. Direkte, dersom det offentlige erhverver sig forkøbsret på en teknologisk ide eller giver penge til projekter i erhvervslivet som virksomhederne selv ville have finansieret, og indirekte ved at øge efterspørgslen, dvs. markedsprisen for de ressourcer der er nødvendige for forskning. Det vides ikke med sikkerhed, hvilken effekt der er dominerende (se David mfl. (1999)).

Offentlig FoU på universiteter, sygehuse og sektorforskningsinstitutioner bidrager til

- 1) grundviden i samfundet der kan åbne nye veje for forskning i erhvervslivet, hvilket dermed påvirker virksomhedernes produktivitet.
- 2) levering af højtuddannet arbejdskraft – "forskningsbaseret undervisning".

Det forventes, at effekten af offentlig FoU på virksomhedernes produktivitet kommer med en vis forsinkelse i forhold til erhvervslivets egen FoU. Den ny viden og de nyuddannede skal først nå ud til erhvervslivet.

Der er kun lavet få modeller af effekten af offentlig forskning på produktivitetsvæksten:

- OECD (2000b) beregner et offentlig "FoU-kapitallager" ved at akkumulere offentlige FoU-udgifter rettet mod videregående uddannelsesinstitutioner og offentlige laboratorier. Effekten af det offentlige "FoU-kapitallager" antages først at påvirke virksomhedernes produktivitet efter to år.
- Adams (1990) beregner et "videnslager" ved for hvert videnskabeligt område at akkumulere antallet af akademiske videnskabelige tidsskriftsartikler og forskere på videregående læresteder. "Videnslageret" indenfor akademisk teknologi og akademisk videnskab forventes først at påvirke virksomhedernes produktivitet efter hhv. ti og tredve år.

- Everaert og Haylens (2001) vurderer effekten af offentlig kapital, som f.eks. vejforbindelser og uddannelsesfaciliteter, på produktivitetsvæksten.
- Guellec og van Pottelsberghe (2000) vurderer effekten af offentlig finansiering i form af direkte tilskudsordninger til FoU eller skattelettelser/subsidier på erhvervslivets egen investering i FoU.
- Nadiri og Mamuneas (1994) undersøger, om hhv. offentlig finansieret infrastruktur og FoU bidrager til produktivitetsvækst.

#### 2.3.4 Udenlandsk FoU

Inddragelsen af udenlandsk FoU skal opsnappe effekten af, at teknologiske fremskridt krydser grænser. Forskningsresultater i et land anvendes i nogle tilfælde af virksomheder i andre lande.

Virksomheder kan købe

- 1) patenter
- 2) licenser
- 3) knowhow

fra udenlandske virksomheder. De kan også

- 4) observere konkurrenterne og imitere deres teknologiske produkter
- 5) ansætte udenlandske forskere eller ingeniører
- 6) kontakte udenlandske konkurrenter som investerer i landet eller som de på anden vis samarbejder med
- 7) læse den (teknisk) videnskabelige litteratur
- 8) have direkte kontakt til udenlandske forskere/ingeniører via konferencer eller på messer.

Indvirkningen af udenlandsk produceret viden på et lands produktivitet afhænger af "absorberingskapaciteten" i modtagerlandet, dvs. landets evne til at forstå en sådan viden og gøre effektivt brug af den. Det kræver i sig selv, at modtagerlandet selv er tilstrækkeligt engageret i teknologiske aktiviteter, hvilket betegnes landets "absorberingskapacitet".

Indvirkningen af udlandets FoU på produktivitet er ofte blevet vurderet ved at estimere indvirkningen af et udenlandsk FoU-kapitallager:

- Coe and Helpman (1995) beregner det udenlandske FoU-kapitallager som den vægtede sum af de andre landes indenlandske FoU-kapitalagere. Vægtene gengiver handelsstrukturen mellem landene.
- Lichtenberg og van Pottelsberghe (2001) argumenterer for at et lands udbytte (i form af produktivitetsvækst) af udenlandsk FoU ikke kun afhænger af import, men også af udenlandske direkte investeringer (udenlandske investeringer i indland eller indenlandske investeringer i udlandet):

- Import beregnes som summen af vare- og servicestrømninger fra udlandet multipliceret med forholdet mellem udlandets indenlandske FoU-kapitallager og dets bruttonationalprodukt.
- Udenlandske investeringer i indlandet er beregnet som summen af udenlandske investeringer i indlandet multipliceret med forholdet mellem det udenlandske FoU-kapitallager og dets bruttokapitaldannelse.
- Indenlandske investeringer i udlandet er beregnet som summen af indenlandske investeringer i udlandet multipliceret med forholdet mellem det indenlandske FoU-kapitallager og dets bruttokapitaldannelse.
- Driffield (2001) undersøger ligeledes indvirkningen af udenlandske investeringer i indlandet på produktiviteten ved at vurdere indvirkningen af den udenlandsk ejede andel af FoU-kapitallageret.
- OECD (2000b) beregner et samlet "FoU-kapitallager" for udlandet som den vægtede sum af udlandenes FoU-kapitallagre, hvor vægtene angiver den teknologiske tæthed mellem landene. Den teknologiske tæthed beregnes på baggrund af udstedte patenter, kategoriseret i et antal teknologiske klasser. Ideen med denne form for vægtning er at afdække effekten af videnscirkulation mellem lande, der arbejder inden for samme teknologiområde.

## 2.4 Måleproblemer

OECD (2000c) påpeger, at hensigten med at identificere ændringer i effektivitet indholdsmæssig er forskellig fra det at identificere teknologiske ændringer. Fuld effektivitet i ingeniørmæssig henseende betyder, at produktionsprocessen har opnået det maksimale outputniveau, der fysisk er opnåelig med den nuværende teknologi og en fastsat inputmængde. **Tekniske effektivitetsforbedringer** er derfor en bevægelse hen mod 'best practice' eller eliminering af tekniske og organisatoriske ineffektiviteter (inefficiencies). En effektiv allokering indebærer profitmaksimerende adfærd fra virksomhedernes side. Dersom produktiviteten måles på brancheniveau, kan effektivitetsforbedringer enten være forårsaget af, at de individuelle virksomheder i branchen er blevet mere effektive eller af et skift i produktionen hen mod et mere effektivt produktionsapparat.

Ifølge OECD (2000c) kan produktivitetsændringer beskrives som **real cost savings**. Selv om det indholdsmæssigt er muligt at isolere forskellige typer af effektivitetsændringer, tekniske ændringer og skalaøkonomi-effekter, er det stadig svært i praksis. Produktivitet bliver typisk målt residualt og denne residual opfanger ikke kun de tekniske ændringer og skalaøkonomi-effekter, men også ændringer i kapacitetsudnyttelse, learning by doing, og målefejl af alle slags. Der er altså et mylder af kilder bag produktivitetsvæksten, som af Harberger (1998) bliver kaldt for 'real cost savings'. I

denne forstand bliver produktivitetmålinger i praksis en søgen efter at identificere muligheder for 'real cost savings' i produktionen.

I erhvervslivet kan sammenligninger af produktivitetmålinger for specifikke produktionsprocesser hjælpe med til at identificere ineffektiviteter (OECD (2000c)). Det vil sige, at produktionsprocessen bruges som sammenligningsgrundlag (**Benchmarking production processes**) og typisk er de relevante produktivitetmålinger udtrykt i fysiske enheder (f.eks. biler per dag, passager-km. per person) og dermed meget specifikke. Faktorerne sammenlignes faktor for faktor, men metoden har den ulempe, at det er svært at aggregere de resulterende produktivitetmålinger.

Målinger af produktivitet kan bruges til at vurdere **levestandarden**. Et simpelt eksempel er brugen af indkomst per indbygger målt i købekraft, som nok er det mest almindelige mål for levestandard. Indkomsten per indbygger varierer i en given økonomi direkte med målet for arbejdskraftens produktivitet, dvs. værditilvæksten pr. arbejdstime. I denne forstand hjælper mål for arbejdskraftproduktivitet os med at forstå udviklingen i levestandarden. Et andet eksempel er den langsigtede tendens i multifaktor produktiviteten. Denne indikator er brugbar til at vurdere en økonomis underliggende kapacitet (*potential output*), som i sig selv er et vigtigt mål for økonomiens vækstmuligheder.

### 3 Empiriske resultater

#### 3.1 FoU indeholdt i produktionsmidler

Gennem de sidste to årtier er investeringer i IKT-relaterede varer steget dramatisk i de industrialiserede økonomier. Alle brancher er blevet mere IKT-intensive og som et resultat af den øgede spredning og brug af informations- og kommunikationsteknologier oplever virksomhederne betydelige ændringer i den måde, hvorpå varer og services produceres og leveres. Der er to forbundne kræfter, som har bidraget til udviklingen. For det første er omkostninger til informations- og kommunikationsbearbejdning faldet drastisk, hvilket har tilskyndet til og øget globaliseringen. For det andet har globaliseringen medført hurtigere teknologiske ændringer ved at intensivere konkurrencen og fremskynde spredningen af teknologi gennem international handel og udenlandske direkte investeringer i indlandet (FDI).

Undersøgelser på IKT-relaterede varer er relateret til "produktivitetsparadokset", som stiller spørgsmål til, hvorledes IT<sup>4</sup> bidrager til den samlede produktivitet og vækst i økonomien (se f.eks. Brynjolfsson (1993)). De afgørende forskningsspørgsmål går på: Hvilken aggregeret erfaring haves mht. afkast af IT-investeringer? Hvordan afviger afkastet fra IT-investeringer fra investeringer, der ikke er relateret til IT? Og er der systematiske forskelle mellem brancher mht. afkaststrukturen af

investeringer i kapital? Hulten (1992) argumenterer for, at dersom der ikke tages højde for kvalitetsændringer i kapitallageret, fortrænges deres effekter på produktivitetsvæksten. I hans undersøgelse anslår han, at omkring 20% af produktivitetsvæksten kan tilskrives FoU indeholdt i produktionsmidler.

Berndt og Morrison (1995) har undersøgt effekten af investeringer i IT-kapital på produktivitetsvæksten i canadiske fremstillingsvirksomheder. De finder, at en stigning i investeringer i IT-kapital er negativt korreleret med multifaktor produktivitetsvæksten og at de brancher, der har en højere andel af højteknologisk kapital, klarer sig økonomisk bedre. Dewan and Kraemer (2000) finder, at efterspørgslen efter IT-branchens produkter og services internationalt er påvirket af informations- teknologiens økonomiske indvirkning på output og produktivitet. Afkaststrukturen for investeringer i IT-kapital er positiv og af signifikant betydning for de industrialiserede lande, men ikke for udviklingslande. De argumenterer med, at de industrialiserede lande muligvis allerede har opbygget et omfattende kapitalapparat, hvorfor nye muligheder for vækst er skiftet til fordel for IT-relaterede aktiver. Et lignende forhold understøttes af Pohjola (2000), der for 39 lande undersøger effekten af IT-investeringer på væksten i bruttonationalproduktet. Han finder, at IT-investeringerne kun har afgørende betydning for 23 industrialiserede (OECD) lande i undersøgelsen, og at samfundets fortjeneste af disse investeringer er langt større end for investeringer i ikke IT-relateret kapital. Greenan et. al. (2001) finder også på tværs af brancher i Frankrig indicier for en positiv korrelation mellem IT-kapital og arbejdskraftens produktivitet. De finder imidlertid også, at effekten af IT-relaterede investeringer, som her inkluderer andelen af computer- og elektronikspecialister i virksomheden, ikke er nær så omfattende som effekten af investeringer i forskning og udviklingsaktiviteter (andelen af FoU-ansatte og andelen af ansatte, der står for mere uformel design og analytiske aktiviteter). Endelig forsøger Lee og Kolstat (1994) for seks OECD-lande at identificere kilden og strukturen af embodied teknologiske ændringer gennem en opdeling af de teknologiske ændringer i hhv. selve kapitallageret og nye investeringer. De finder, at de teknologiske ændringer, der er indeholdt i kapitallagerstrukturen, forklares af de nye investeringer i kapitaludstyr.

Ovenstående undersøgelser tager ikke eksterne indvirkninger (spillovers) fra indenlandsk eller international FoU med i betragtning, hvilket kan have medført, at deres resultater giver et skævt billede. Gera mfl. (1999) inddrager i deres undersøgelse eksterne indvirkninger fra både IT-relaterede investeringer og investeringer, der ikke relaterer sig til IT - og fra både indenlandske og udenlandske kilder. De finder stærke indicier for en positiv indvirkning af IT-investeringer og af international FoU, specielt indeholdt i importen af IT, på arbejdskraftens produktivitet. OECD (2000b) undersøger det langsigtede forhold mellem produktivitetsvækst og embodied teknologi fra

---

<sup>4</sup> Analyserne omfatter typisk kun Informationsteknologi, hvorfor betegnelsen IT anvendes i det følgende.



både indenlandske og udenlandske kilder for 16 OECD-lande. De finder, at embodied (indbygget) teknologi har en signifikant, men lille indvirkning på multifaktor produktivitetsvæksten.

### **3.2 FoU udført af erhvervslivet**

Mange empiriske undersøgelser har på alle aggregeringsniveauer (virksomheds-, branche- og landeniveau) og for mange lande (specielt USA) fokuseret på effekten af erhvervslivets FoU på produktivitetsvækst. De konkluderer alle, at erhvervslivets FoU har afgørende betydning:

- de estimerede outputelasticiteter for erhvervslivets FoU-indvirkning på produktivitetsvæksten varierer fra 10-30 procent, dvs. en 1-procents stigning i erhvervslivets FoU øger output med 10-30 procent.

Som tidligere nævnt resulterer FoU udført af erhvervslivet i nye goder og services, forbedret kvalitet af output og nye produktionsmetoder. Disse faktorer påvirker produktiviteten i virksomhederne og dermed også på det aggregerede makroøkonomiske niveau. Den store variation i skønnene over effekten er hovedsagelig forårsaget af, at undersøgelserne afviger med hensyn til den økonometriske specifikation, datakilder, antal økonomiske enheder, målingsmetode for FoU, økonomiske resultater og tidsperioder.

OECD (2000b) estimerer den langsigtede effekt af erhvervslivets FoU på produktivitetsvæksten til at være 13 procent. De finder, at effekten gennem perioden 1980-1996 har været voksende. Indvirkningen af erhvervslivets FoU er større i lande, hvor FoU-intensiteten er højere og i lande, hvor andelen af offentlig finansiering af erhvervslivets FoU er lavere. Det andet resultat fremkommer af, at offentlig forsvarsrelateret FoU i nogle lande udgør en meget stor andel af det offentlige forskningsbudget og denne forskning har ikke til primært formål at forøge produktiviteten. Richards (2000) finder ligeledes i sin undersøgelse på amerikanske data, at indvirkningen af erhvervslivets FoU er forbedret over tid. Han argumenterer for, at stigningen kan forbindes med udbredelsen af IKT-teknologi. Dilling-Hansen m.fl. (1999) og Smith m.fl. (2000) estimerer på danske data effekten på produktivitetsvæksten til at være hhv. 15 procent og 9-12 procent. Undersøgelsen fra 1999 er for perioden 1993-95, mens undersøgelsen fra 2000 vedrører 1995-1997; der findes således ikke danske indicier for, at indvirkningen af erhvervslivets FoU har været voksende gennem tiden. Endelig sammenligner Nadiri og Kim (1996) produktivitetsvæksten i fremstillingsvirksomheder i USA, Japan og Korea for perioden 1974-1990. Deres resultater viser, at erhvervslivets investeringer i FoU har bidraget afgørende til produktivitetsvæksten i den amerikanske og japanske fremstillingssektor, men kan ikke påvise det i den koreanske.

### 3.3 FoU udført af det offentlige

Empiriske undersøgelser indikerer, at FoU udført af det offentlige har en positiv og signifikant effekt på produktivitetsvæksten. Effekten er mere udtalt, jo større andelen af universitetsforskning er i den samlede offentlige forskning. OECD (2000b) finder, at den del af den offentlige forskning, der er rettet mod offentlige interesser som f.eks. forsvar, sundhed og miljø, ingen påviselige direkte indvirkninger har på produktiviteten. Dette understøttes af Poole og Bernard (1992) der i fire canadiske brancher påviser, at forsvarsrelaterede innovationer har en signifikant negativ indvirkning på produktivitetsvæksten i alle fire brancher. Guellec and van Pottelsberghe (2000) forsøger at kvantificere nettoeffekten af offentlig finansieret forskning på erhvervslivets FoU. De finder indicier for, at forskning i forsvaret fortrænger erhvervslivets FoU.

OECD (2000b) finder, at den offentlige FoU har signifikant positiv indflydelse på virksomhedernes produktivitet (elasticitet på 20 procent), men over perioden er tendensen faldet. Effekten er større i lande, hvor erhvervslivets FoU-intensitet er højere. Det understreger betydningen af, at erhvervslivet er i stand til at se mulighederne i offentlig forskning. FoU udført af det offentlige har tilmed større indvirkning på et lands produktivitet end på erhvervsvirksomhedernes omsætning (elasticitet på 0,7-0,9 procent). Effekten er ligeledes større i lande, hvor offentlig FoU hovedsagelig bidrager til grundviden, der senere kan anvendes af branchen til tilvejebringelse af teknologiske innovationer.

Adams (1990) måler viden fra højere læreanstalter som det akkumulerede antal af videnskabelige tidsskrifter og forskere ansat på stedet. Han finder, at denne viden er af afgørende betydning for produktivitetsvæksten. Denne viden er imidlertid først absorberet af virksomhederne efter 10-30 år.

Everaert og Heylen (2001) finder for Belgien indicier for en stærk positiv effekt af offentlig kapital i form af veje, bygninger og uddannelsesfaciliteter på erhvervslivets produktivitet. Infrastrukturens indvirkning på produktivitetsvæksten undersøges ligeledes af Nadiri og Mamuneas (1994). De finder, at både offentlig finansieret infrastruktur og FoU bidrager til produktivitetsvækst i amerikanske brancher. Sammenlignet med bidraget fra offentlig finansieret FoU er bidraget fra infrastruktur næsten dobbelt så stort. Størrelsen af bidragene varierer betydeligt på tværs af brancher, og andre faktorer er større bidragsydere til produktivitetsvæksten. Guellec og van Pottelsberghe (2000) finder for 17 OECD- medlemslande, at effekten af offentlig finansiering i form af direkte tilskudsordninger til FoU eller skattelettelser/subsidier har en positiv indvirkning på erhvervslivets egen investering i FoU. Disse støtteordninger er mest effektive, hvis de er stabile over tid.

### **3.4 Udenlandsk FoU**

Coe and Helpman (1995) påviser, at udenlandsk FoU bidrager signifikant til produktivitetsvæksten. Lichtenberg and van Pottelsberghe (2001) finder, at udenlandsk FoU kan påvirke den indenlandske produktivitet betydningsfuldt, dels gennem import og dels ved at hjemlandet investerer i udlandet. De kan imidlertid ikke påvise, at udenlandske investeringer i hjemlandet på nogen måde bidrager til hjemlandets teknologiske viden. I modsætning hertil finder Driffield (2001), at udenlandske investeringer stimulerer produktivitetsvæksten i Storbritannien, idet produktivitetsfremskridt frembragt af udenlandske virksomheder smitter af på de indenlandske. OECD (2000b) finder ligeledes, at den direkte effekt af udenlandsk FoU på produktivitetsvæksten er meget høj og signifikant. At de teknologiske fremskridt krydser grænser, reflekterer, at ethvert land er meget afhængig af andre lande, når det handler om at effektivere den produktive indsats. Undersøgelsen finder også, at indvirkningen af udenlandsk teknologi på multifaktor produktivitetsvæksten er højere i lande, hvor erhvervslivets FoU-intensitet er større. Det siger noget om, at et land selv skal have en arbejdsstyrke med passende kvalifikationer (absorptive capabilities) for at kunne beherske og indføre udenlandsk teknologi. Endelig har effekten af udenlandsk FoU på produktiviteten været stigende over tid. Dette reflekterer en voksende internationalisering af de teknologiske aktiviteter samt forbedrede færdigheder mht. at absorbere ny teknologi blandt virksomhedernes ansatte.

### **3.5 Andre faktorerers indvirkning på produktivitet**

OECD (2000b) inddrager yderligere erhvervslivets FoU-intensitet og konjunktursvingninger i undersøgelsen. Virksomhedens FoU-intensitet beregnes som forholdet mellem FoU-udgifter og omsætning. FoU-intensitetens indvirkning på produktivitet engangiver et mål for virksomhedens egen fortjeneste af FoU-investeringer. Til sammenligning angiver påvirkningen af erhvervslivets egenfinansierede FoU alene samfundets fortjeneste. Konjunktursvingninger målt som beskæftigelsessatsen har indvirkning på produktivitetsvæksten på kort sigt. De empiriske resultater viser, at effekten af både FoU-intensiteten og beskæftigelsessatsen på produktiviteten er positiv.

## 4 Konklusion

For at undersøge indvirkningen af embodied og disembodied teknologiske ændringer på danske virksomheders produktivitet vil det være en god ide at lade udgangspunktet være OECD's model, se OECD (2000b). OECD-modellens måde at definere FoU-variabler på tager hensyn til mange faktorer, hvilket f.eks. kan ses i målet for embodied teknologiske ændringer. Det tager ikke alene højde for indenlandske spill-overs, men også spill-overs fra udlandet. Det ses desuden i målet for udenlandsk FoU, der tager højde for teknologisk ensartethed mellem landene.

OECD's (2000b) undersøgelse er udført på et makroaggregeret niveau, dvs. at den sammenligner gennemsnitlige målinger for de medtagne variabler mellem lande. Hensigten med en undersøgelse på danske data vil være at gennemføre en mere detaljeret undersøgelse på branche- og virksomhedsniveau for derved at kunne drage klarere politiske konklusioner. Brugen af Analyseinstituttets forskningsdatabase suppleret med virksomhedsspecifikke oplysninger forstærker muligheden for, at en empirisk undersøgelse kan give en bedre forståelse for, hvorledes virksomhedernes individuelle produktivitetspræstationer overføres til branche-niveau. En sådan undersøgelse vil altså kunne indikere nogle svar på de underliggende årsager til vækst, innovation og produktivitetsændringer, herunder IKT-sektorens rolle.

## **Bilag**

### **Definition af Information, Kommunikation og Teknologi sektoren i termer af ISIC (OECD (2000d)):**

#### ***Manufacturing:***

- 3000 Office, accounting and computing machinery
- 3130 Insulated wire and cable
- 3210 Electronic valves and tubes and other electronic components
- 3220 Television and radio transmitters and apparatus for line telephony and line telegraphy
- 3230 Television and radio receivers, sound or video recording or reproducing apparatus, and associated goods
- 3312 Instruments and appliances for measuring, checking, testing, navigating and other purposes, except industrial process equipment
- 3313 Industrial process equipment

#### ***Services:***

- 5150 Wholesaling of machinery, equipment and supplies
- 7123 Renting of office machinery and equipment (including computers)
- 6420 Telecommunications
- 72-- Computer and related activities

## Referencer

Adams, J. (1990). Fundamental stocks of knowledge and productivity growth. *Journal of Political Economy*, 98(4), pp. 673-702.

Berndt, E.R. og C.J. Morrison (1995). High-tech Capital formation and economic performance in U.S. manufacturing industries: An exploratory analysis. *Journal of Econometrics*, 65, pp. 9-43.

Brynjolfsson, E. (1993). The Productivity paradox of information technology. *Comm. ACM* 36(12), pp. 67-77.

Coe D. T. og E. Helpman (1995). International R&D spillovers. *European Economic Review*, 39, pp. 859-887.

David, P.A., B.H. Hall and A.A. Toole (1999). Is public R&D a complement or substitute for private R&D? A review of the econometric evidence. NBER Working Paper 7373.

Dewan S. og K.L. Kraemer (2000). Information Technology and Productivity: Evidence from Country-Level Data. *Management Science*, Vol. 46, No. 4, pp. 548-562.

Diewert, W. Erwin (2000). *The Challenge of Total Factor Productivity Measurement*. International Productivity Monitor.

Diewert, W. Erwin (1992). Fisher Ideal Output, Input, and Productivities Indices Revisited. *The journal of Productivity Analysis*, Vol. 3.

Dilling\_Hansen, M., V. Smith, T. Eriksson og E. S. Madsen (1999). The Impact of R&D on Productivity: Evidence from Danish Manufacturing Firm. *Working paper 1999/1, The Danish institute for Studies in Research and Research Policy, Aarhus*.

Driffield, Nigel (2001). The impact on Domestic Productivity of Inward Investment in UK. *The Manchester School*, Vol. 69, No 1, pp. 103-119.

Everaert, G. and F. Heylen (2000). Public Capital and Productivity Growth: evidence for Belgium, 1953-1996. *Economic Modelling* 18, pp. 97-116.

Gera, S., W. Gu and F.C. Lee (1999). Information technology and labour productivity growth: an empirical analysis for Canada and United States. *Canadian Journal of Economics*, vol. 32, Iss. 2, pp. 384-407.

Greenan, N., J. Mairesse and A. Topiol-Bensaid (2001). Information Technology and Research and Development Impacts on Productivity and Skills: Looking for correlations on French Firm-Level Data. In M. Pohjola (eds.). *Information Technology, Productivity, and Economic Growth: International evidence and Implications for Economic Development*. Oxford: University Press.

Griliches, Zvi (1997). R&D and the Productivity: Econometric Results and Measurement Issues. In Stoneman (ed.) (1996). *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*. Blackwell Handbooks in Economics.

Griliches, Zvi (1990). Hedonic Price Indexes and the Measurement of Capital and Productivity: Some Historical Reflections. In Berndt, Ernst R. and Jack E. Triplett (eds.). *Fifty Years of Economic Measurement*. Studies in Income and Wealth 54, National Bureau of Economic Research.

Griliches, Zvi (1987). Productivity measurement problems. In Eatwell, J., M. Milgate and P. Newman (eds.) (1987). *The new Palgrave: A Dictionary of Economics*. London: Macmillan.

Guellec D. and E. Ioannidis (1999). Causes of fluctuations in R&D expenditures – A quantitative analysis. *OECD Economic Studies*, N. 29, pp. 123-138.

Guellec D. and B. Van Pottelsberghe (2000). The Impact of Public R&D Expenditure on Business R&D. *OECD: STI Working Papers 2000/4*.

Harberger, A.C. (1998). A Vision of the Growth Process. *American Economic Review*, March.

Hulten, C. (1992). Growth accounting when technical change is embodied in capital. *The American Economic Review*. 82(4), pp, 964-980.

Jorgenson, Dale (1995a). *Productivity Volume 1: Postwar U.S. Economic Growth*. MIT Press.

Jorgenson, Dale (1995b). *Productivity Volume 2: International Comparisons of Economic Growth*. MIT Press.

Jorgenson, Dale (1989). Productivity and Economic Growth. In Berndt, Ernst R. and Jack. E. Triplett: *Fifty Years of Economic Measurement*, University of Chicago Press.

Lee, J. and C.D. Kolstad (1994). Is Technical Change Embodied in the Capital Stock or New Investment? *The Journal of Productivity Analysis*, 5, pp. 385-406.

Lichteberg F. and B. Van Pottelsberghe de la Potterie (2001). Does Foreign Direct Investment Transfer Technology Across Borders. *The Review of Economics and Statistic*, 83(3), pp. 490-497.

Nadiri, M.I. og S. Kim (1996). R&D, Production Structure and Productivity Growth: A Comparison of the US, Japanese and Korean Manufacturing Sector. *NBER Working paper No. 5506*.

Nadiri, M.I. og T.P. Mamuneas (1994). Infrastructure and Public R&D Investments and the Growth of Factor Productivity in US Manufacturing Industries. *NBER Working paper No. 4845*.

OECD (2000a). *Science, Technology and Innovation in the New Economy*. OECD, Paris.

OECD (2000b). *R&D and productivity growth: panel data analysis of 16 OECD countries*. OECD, Paris.

OECD (2000c). *OECD Productivity Manual: A Guide to the Measurement of Industry-level and Aggregate Productivity Growth*. OECD, Paris.

OECD (2000d). *Measuring the ICT Sector*. OECD, Paris.

Pohjola, M. (2000). Information Technology and Economic Growth: A Cross-Country Analysis. UNU/WIDER Working Papers No. 173, January 2000.

Pool, E. and J.T. Bernard (1992). Defense Innovation and Total Factor Productivity. *Canadian Journal of Economics*, 25(2), pp. 439-452.

Richards, R.R. (2000). Endogenous technological advance in an econometric model: implications for productivity and potential output in the United States. *Economic Modelling* 17, pp. 14-34.

Romer, P.M. (1990). Endogenous Technical Change. *Journal of Political Economy*, vol. 98, pp. S71-S102.

Smith, V., M. Dilling-Hansen, T. Eriksson og E. S. Madsen (2000/4). R&D and Productivity in Danish Firms: Some Empirical Evidence. *Working paper 2000/4, The Danish institute for Studies in Research and Research Policy, Aarhus*.

Solow (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *Review of Economics and statistics*, 39, 312-320.