

## Analyseinstitut for Forskning er et sektorforskningsinstitut under Forskningsministeriet.

### Analyseinstitut for Forskning skal bl.a.:

- gennem egen forskning og udredning styrke grundlaget for det forskningsrådgivende system og for forskningspolitiske beslutninger,
- fremme en kvalificeret offentlig debat om forskningspolitiske spørgsmål,
- frit kunne påtage sig forsknings- og udredningsopgaver inden for instituttets formål

Gennem instituttets rapportserie håber vi at kunne være med til at belyse forskningens rolle i samfundet.



# Påvirker omfanget af virksomhedernes forskning og udviklingsarbejde deres produktivitet?

---

Rapport fra  
Analyseinstitut for Forskning  
1999/7

**Påvirker omfanget af virksomhedernes forskning  
og udviklingsarbejde deres produktivitet**  
Rapport fra Analyseinstitut for Forskning 1999/7

Rapporten er udgivet af:  
Analyseinstitut for Forskning  
Finlandsgade 4  
8200 Århus N  
Tlf. 8942 2394  
Fax 8942 2399  
E-mail: [afsk@afsk.au.dk](mailto:afsk@afsk.au.dk)

Publikationen udleveres gratis  
så længe lager haves  
ved henvendelse til udgiveren.

Publikationen kan også hentes på  
Analyseinstitut for Forsknings hjemmeside:  
<http://www.afsk.au.dk>

Tryk: CC PRINT 92 APS  
Oplag: 500  
ISBN: 87-90698-22-3  
ISSN: 1398-1471

Grafisk opsætning: NewCom

Valdemar Smith  
Mogens Dilling-Hansen  
Tor Eriksson  
Erik Strøjer Madsen

**Påvirker omfanget af  
virksomhedernes forskning  
og udviklingsarbejde  
deres produktivitet?**

---

Rapport fra  
Analyseinstitut for Forskning  
1999/7

## Rapporter fra Analyseinstitut for Forskning

- 1998/1 Folk og forskning, danskernes opfattelse af forskning  
ISBN 87-90698-00-2
- 1998/2 Forskning i forskningsmidler, ansøgere til  
Statens Sundhedsvidenskabelige forskningsråd  
ISBN 87-90698-01-0
- 1998/3 Aviser om forskning, indholdsanalyse af avisernes  
omtale af forskning og udviklingsarbejde  
ISBN 87-90698-02-9
- 1998/4 Folk og forskning, danskernes kilder til viden om forskning  
ISBN 87-90698-03-7
- 1998/5 Folk og forskning, danskerne om forskningspolitik  
ISBN 87-90698-05-3
- 1998/6 Kan den økonomiske teori forklare omfanget af forskning og udvikling  
af danske virksomheder?  
ISBN 87-90698-06-1
- 1998/7 Sektorforskningens roller og rammebetingelser  
ISBN 87-90698-08-8
- 1998/8 Evaluering af den danske deltagelse i det »Europæiske samarbejde om  
Videnskabelig og Teknisk Forskning«, COST  
ISBN 87-90698-09-6
- 1999/1 Patentaktivitet og Fou  
ISBN 97-90698-11-8
- 1999/2 Det Teknisk-Videnskabelige Forskningsråds Fondsfunktion  
ISBN 87-90698-14-2
- 1997-98 Analyseinstitut for Forskning. Beretning  
ISBN 87-90698-13-4
- 1999/3 People and Newspapers about Scientific Research  
ISBN 87-90698-21-5
- 1999/4 Formal Competencies in the Danish National Innovation System  
ISBN 87-90698-19-3
- 1999/5 Løse Fugle. Et studie af forskere i tidsbegrænsede stillinger  
ISBN 87-90698-20-7

## **English Summary:**

The aim of the paper is to examine the relationship between R&D capital and productivity using micro data for Danish manufacturing firms. We account for the influence of factors such as ownership, innovative characteristics and source of funding. The return to R&D capital is estimated to be in the neighbourhood 13 per cent. In the short run R&D labour has a negative effect. Furthermore, we find that the foreign-owned firms' R&D capital is associated with greater returns than domestic firms, whereas the source of funding, innovative characteristics and ownership dispersion seem to have only minor importance for firm productivity.

Keywords: Productivity, R&D, innovation.

JEL Codes: L11, D24.

An English version of the paper can be downloaded from The Institute' Homepage : 'The impact of R&D on Productivity: Evidence from Danish Manufacturing Firms'

Corresponding author: Research Director, Valdemar Smith, Danish Institute for Studies in Research and Research Policy, Finlandsgade 4, DK-8200 Aarhus N, Denmark. Phone: +45 89422397, Fax: +45 89422399, E-mail: VS@AFSK.AU.DK



## Forord

Analyseinstitut for Forskning udsender hermed en rapport om hvorvidt omfanget af danske virksomheders investeringer i forskning og udviklingsarbejde påvirker virksomhedernes produktivitet.

Rapporten søger på basis af et datasæt bestående af tæt ved 200 fremstillingsvirksomheder ved hjælp af økonometriske analyser at give svar på spørgsmålet, og som en del af konklusionerne skelnes der mellem effekter på kort og længere sigt. I analyserne indgår endvidere sammenligninger af virksomheder, der har investeret i forskning med virksomheder, der i den betragtede periode ikke har investeret i forskning.

Rapporten er baseret på analyser gennemført af instituttets forskningsleder Valdemar Smith i samarbejde med Mogens Dilling-Hansen fra Økonomisk Institut ved Aarhus Universitet, samt Tor Eriksen og Erik Strøjer Madsen fra Nationaløkonomisk Institut ved Handelshøjskolen i Aarhus.

På instituttets vegne skal jeg i denne anledning udtrykke min glæde over, at instituttet indgår i samarbejde med læreanstalterne i Århus samt med Center for Industriøkonomi ved Københavns Universitet.

Karen Siune  
Direktør  
Århus, november 1999





## Indhold

Indledning .....	9
Teoriramme, FoU og produktivitet .....	12
Tidligere empiriske undersøgelser .....	14
Data .....	16
Sammenhængen mellem FoU og virksomhedens produktivitet:	
Resultater fra forskellige modelberegninger. ....	20
Forsinkelsesproblemer .....	24
Opdeling af FoU-input .....	25
Hvordan har FoU afledte effekter på produktiviteten .....	26
Andre faktorer, samspilseffekter .....	30
Sammenfatning .....	33
Litteratur .....	34

## Indledning

Ifølge den seneste danske forskningsstatistik<sup>1</sup> beløb erhvervslivets samlede udgifter til FoU sig i 1997 til 13.305 mio.kr. I forhold til 1995 var der tale om en stigning fra 10.641 mio., hvilket svarer til over 11,1% p.a., eller målt i faste priser til 9,6%. Tabel 1 viser, at det ikke blot er under de senere års opgangskonjunktur, at erhvervslivet har ofret betydelige midler på FoU. Selv om realvæksten i erhvervslivets FoU-udgifter varierer noget har udgifterne til FoU været ganske stigende i hele perioden, og specielt i opgangskonjunktoren fra 1993 er FoU-udgifterne accelereret. Erhvervslivet satser altså i stigende grad på forskning og udviklingsarbejde.

**Tabel 1. Erhvervslivets samlede udgifter til FoU i mio. kr., 1987-1997.**

År	1987	1989	1991	1993	1995	1997
Årets priser	5.526	6.541	8.254	9.151	10.641	13.305
Faste priser, 1997	6.973	7.626	9.078	9.796	11.076	13.305
Årlig realvækst (%)		4,6	9,1	3,9	6,3	9,6

Den øgede satsning på FoU ses også ud af figur 1, der viser erhvervslivets FoU i procent af BNP for Danmark og udvalgte andre lande. Hvor dansk erhvervsliv i midten af 1980'erne havde den laveste FoU-procent, har væksten - når der ses bort fra Sverige og Finland - været kraftigere end for OECD- og EU-landene betragtet som helhed. Med de seneste 1997-tal er det danske erhvervslivs FoU nået op over EU-niveau. Set internationalt perspektiv kan erhvervslivets FoU-indsats derfor næppe siges at være for lavt, således som det til tider har været hævdet i den økonomiske- og erhvervspolitiske debat herhjemme. Den stigende FoU-procent er tilmed udtryk for, at væksten i erhvervslivets FoU-udgifter gennem hele perioden har været (markant) højere end i landets BNP.

Dilling-Hansen m.fl. (1998,1999c) har analyseret, hvilke markedsmæssige og økonomiske faktorer, der forklarer danske virksomheders adfærd mht. til omfanget af FoU-investeringerne. Analysen viste, at virksomhederne tydeligvis betragter FoU-investeringer på linie med andre strategiske beslutningsparametre. Bl.a. er virksomhedens konkurrencesituation og markedsposition væsentlige faktorer for i hvor høj grad, der investeres i FoU. Dertil kommer, at en række virksomhedsspecifikke forhold, såsom økonomisk solvens, indtjening, alder, størrelse og ejerform viser sig at være af betydning for virksomhedernes overvejelser om FoU-investeringer.

Forfatterne takker stud. oecon Jesper Overgård for værdifuld forskningsassistance.

<sup>1</sup> Se "Forskningssattistik, Erhvervslivets Forskning og udviklingsarbejde 1997", Analyseinstitut for Forskning, 1999.

Selv om den enkelte virksomhed således foretager sine FoU-investeringer ud fra egne overvejelser, og i høj grad investerer ud fra betragtninger om øget indtjening, er det ikke givet, at der faktisk er et måleligt afkast af FoU-investeringer. Andre faktorer påvirker også virksomhedernes indtjening, og i det omfang FoU-indsatsen anvendes til priskonkurrence, kan det nemt tænkes først at være efter længere tid, at en succesfuld FoU-strategi sætter sig spor i indtjeningsniveauet.

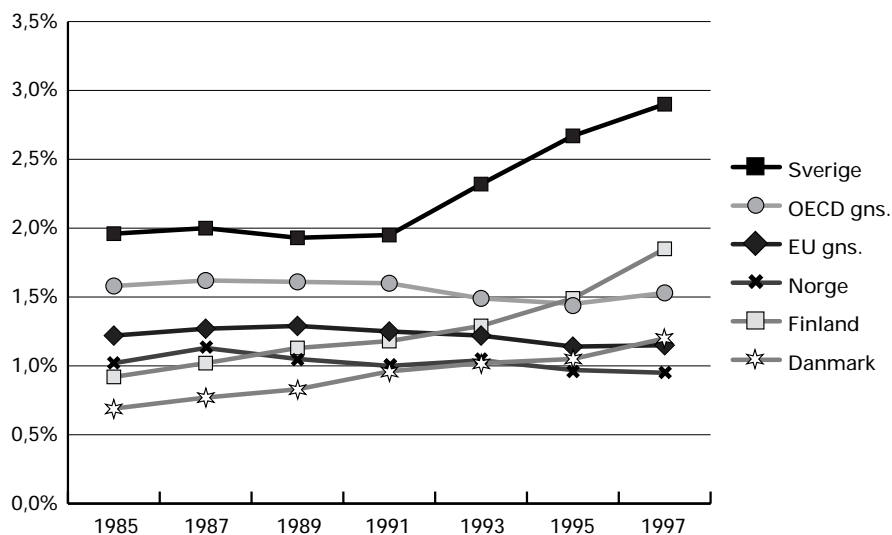
Anvendelse af indtjening som indikator for betydningen af FoU er altså problematisk. I langt de fleste studier måles effekten af FoU-investeringer derfor med udgangspunkt direkte i den enkelte virksomhed produktionsforhold, idet dens produktionsværdi -måske med en vis forsinkelse- må antages at vokse for en given indsats af øvrige inputs i produktionsprocessen. Alternativt kan effekten af succesfuld FoU også udmøntes i lavere omkostninger, hvilket kan måles ved et lavere forbrug af andre inputs såsom, råvarer, arbejdskraft samt maskin- og anden kapital, bortset lige fra FoU selv. I begge tilfælde fås en forøgelse virksomhedens af produktivitet, dvs. en stigning i værdien af det målte output i forhold til input.

Formålet med projektet, der fremlægges i denne publikation er at undersøge sammenhængen mellem danske virksomheders produktivitet og deres investeringer i forskning og udviklingsarbejde. I det følgende refereres hovedtrækkene af tidligere studier af effekter af FoU. Herunder gennemgås den metode og det modelapparat, der typisk er anvendt i de fleste udenlandske studier. Herefter følger en gennemgang af det empiriske materiale, der ligger til grund for rapportens danske analyser.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Papiret bygger på artiklen "The Impact of R&D on Productivity: Evidence from Danish Manufacturing firms".

**Figur 1. FoU-udgifter i erhvervslivet i forhold til bruttonationalproduktet for udvalgte lande, 1987-1997.**

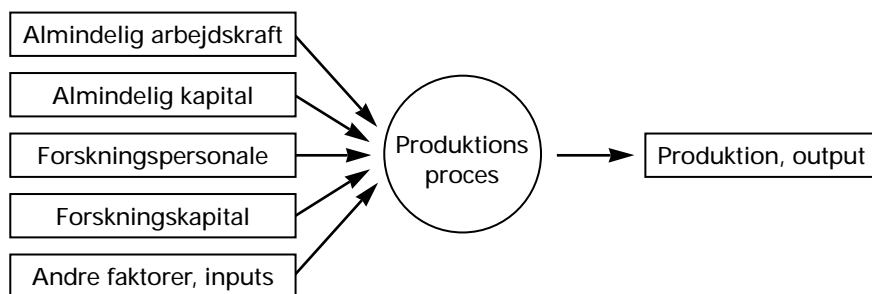


I rapportens sidste del opstilles en multivariat model, hvori forskellige faktorer indgår til forklaring af virksomhedernes produktivitet. Først og fremmest belyses de isolerede produktivitetseffekter af FoU-investeringer; men samtidigt tages der højde for samspilseffekter med virksomhedens ejerforhold, innovative karakteristika, samt finansieringsforhold. Modellen testes på data for danske fremstillingsvirksomheder i perioden 1987-1995.

## Teoriramme

Analyserammen for størsteparten af de hidtidige studier af sammenhængen mellem FoU og produktivitet, er forankret i produktionsfunktionsbegrebet. Figur 1 illustrerer modellen på det generelle plan. Virksomhederne producerer enten varer eller tjenesteydelser ved anvendelse af forskellige produktionsfaktorer, hvilket traditionelt er variable såsom arbejdskraft og kapital. Kapital skal her forstås bredt, idet såvel maskiner, bygninger og omsætningsaktiver generelt indgår, og dermed antages at medvirke til at skabe produktion i virksomheden. Arbejdskraft kan opgøres mere eller mindre detaljeret; men i nuancerede modeller indgår der flere typer arbejdskraft, f.eks. faglærte og ufaglærte arbejdere eller medarbejdere med forskellig uddannelseslængde.

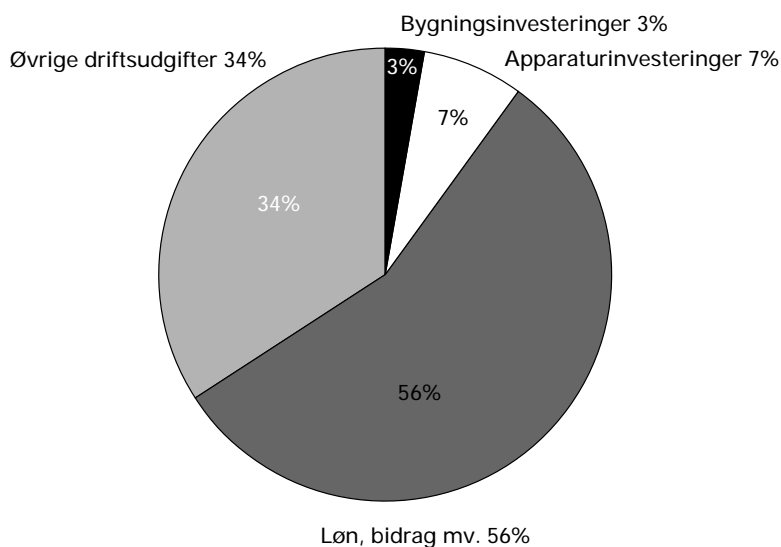
Figur 2. Modelramme.



Virksomhedens udgifter til forskning og udvikling kan overordnet opdeles i drifts- og investeringsudgifter. Førstnævnte udgøres især af løn til FoU-personalet; medens sidstnævnte er udgifter til apparatur, bygninger og anlæg som bruges til udførelsen af forskningen. Figur 3 viser fordelingen af danske virksomheders FoU-udgifter efter udgiftsart i 1997. 10% af de samlede udgifter til FoU blev anvendt til investeringer i apparatur, bygninger mv. medens 90% var driftsudgifter. Løn og sociale bidrag for forskningspersonalet tegnede sig alene for 56%.

Aflønning af forskningspersonalet er således den altdominerende post på virksomhederne FoU-budget, hvilket alene begrundes, at FoU-personalet bør indgå som en selvstændig produktionsfaktor i virksomhedens input-output regnskab. Dertil kommer, at der naturligvis er forskellig produktivitet af midler investeret i Fou-apparatur og midler, der er udbetalt i løn til FoU-personale, såvel på kort som langt sigt.

Figur 3. FoU-udgifter i egen virksomhed fordelt efter udgiftsart, 1997.



Inddragelse af FoU som input i virksomhedens produktionsregnskab bør således afspejle, dels at FoU-produktionsfaktorerne potentielt virker forskelligt, og dels at de har forskellig størrelsesorden i det samlede FoU-regnskab. I henhold til den økonomiske teori kan FoU-indsatsen bedst opdeles i en 'human' og 'non-human' komponent. Human kapital opgøres værdien af den viden og knowhow som er knyttet til FoU-medarbejderne som én størrelse, og den resterende del af værdien af den FoU, der i tidens løb er akkumuleret i virksomheden benævnes non-human (FoU) kapital. For sidstnævnte vil der typisk være tale om værdien af nedskrevet FoU-apparatur og bygninger samt øvrige FoU-udgifter samt andet, der ikke kan betragtes som specifikt bundet til de konkrete forskere.

Det teoretiske kapitalbegreb kan imidlertid være vanskelige at operationalisere, jf. nedenfor, hvor opdelingen i FoU-personale og anden FoU-kapital dog med visse modifikationer er forsøgt opretholdt.

Endelig gælder, at en række andre faktorer antages at påvirke størrelsen af virksomhedens produktion. Dermed påvirkes forholdet mellem målt produktion og input af kapital og arbejdskraft. Andre faktorer kan såvel være virksomhedsspecifikke forhold (f.eks. ejer- og finansieringsforhold) som branche-specifikke faktorer, f.eks. spillover-effekter af viden fra andre virksomheder.

Desuden bør forskellige samfundsøkonomiske faktorer principielt indgå i det omfang virksomhedernes produktivitet påvirkes generelt heraf, f.eks. den generelle værdi af offentlig produceret FoU.<sup>3</sup>

I papiret empiriske del kvantificeres sammenhængene i figur 2. Rent praktisk estimeres parametrene i en empirisk produktionsfunktion på grundlag af mikrodata, dvs. data for danske virksomheder. Den konkrete empiriske form, der er valgt, er som i flertallet af de udenlandske studier en Cobb-Douglas produktionsfunktion. Produktionsammenhængen for den enkelte virksomhed kan ved valg af denne funktionsform (i simpel form) beskrives ved udtrykket

$$(1) \quad \log(Y) = a + \alpha \log(K) + \beta \log(L) + \gamma \log(C) + \varepsilon$$

hvor Y er et mål for virksomhedens output (i praksis målt ved dens omsætning), L måler indsatsen af almindelig arbejdskraft (dvs. ikke-FoU-personale). C er den akkumulerede FoU-kapital (såvel human som non-human FoU-kapital), og K er betegnelsen for den øvrige kapital i virksomheden (øvrige maskiner, apparatur, bygninger mv.). Alle størrelser er transformeret til naturlig logaritme (log).

$\gamma, \alpha, \beta$  og  $\gamma$  er ukendte parametre, som netop fastlægges ved at estimere modellen ud fra historiske virksomhedsdata.

Pga. den logaritmiske formulering i (1) kan parametrene  $\alpha, \beta$  og  $\gamma$  fortolkes som elasticiteter. Dvs. den målte værdi af f.eks.  $\gamma$  angiver den gennemsnitlige procentvise stigning i virksomhedens output, hvis virksomheden isoleret set øger sin FoU-kapital med 1%.<sup>4</sup> Dvs. jo større værdier for  $\alpha, \beta$  og  $\gamma$  desto mere produktiv er virksomheden.<sup>5</sup> Og jo højere  $\gamma$ -værdi jo mere produktiv er FoU-kapitalen således isoleret set.

---

3 Bentzen & Smith (1999) analyserer effekterne af offentlig FoU på private virksomheders produktivitet for de nordiske lande. Undersøgelsen viser, at der findes en signifikant positiv langsigtsammenhæng i bl.a. Danmark, Finland og Island.

4 Tilsvarende gælder for  $\alpha$  og  $\beta$ , at de måler henholdsvis den procentvise forøgelse der i gennemsnit opnås ved skiftevis at øge arbejdskraftforbruget og virksomhedens almindelige kapitalapparat én procent.

5 Normalt antages summen af  $\alpha$  og  $\beta$  at være lidt lavere end 1. Dvs. en samtidig marginal forøgelse på 1% af kapital og arbejdskraftindsatsen forventes at øge virksomhedens produktion med lidt mindre en 1% (pga. loven om aftagende grænseudbytte). Store  $\gamma$ -værdier kan således resultere i et samlet skalaafkast på over 1%. Dvs. en samtidig forøgelse af kapital, arbejdskraft og FoU-indsatsen på 1% vil øge output med mere end 1%.

## Tidligere empiriske undersøgelser

Produktionsfunktionen har, som den er skitseret i (1) dannet ramme om størsteparten af de udenlandske undersøgelser, der har haft til formål at belyse produktivitetseffekter af virksomhedens FoU-kapital, se f.eks. Griliches(1980, 1984, 1986 og 1995), Hall & Mairesse (1995), Bartelsman m.fl. (1996) og senest Lehtoranta (1998) samt en række andre studier.

Betydningen af FoU, dvs. outputelasticiteten med hensyn til FoU-kapital ( $\gamma$ ), estimeres i de fleste studier til at ligge i intervallet 0.05-0.2. Dvs. en forøgelse af FoU-kapitalen på 1% beregnes til at forøge virksomhedens output med i størrelsesordenen 0,05%-0,2%. I nogle undersøgelser er denne effekt imidlertid ganske lille og ofte statistisk insignifikant, dvs. effekten af FoU-kapital på virksomhedernes produktivitet kunne i disse studier med en vis sandsynlighed lige så vel være nul!

Foretages der en opdeling på nyere og ældre undersøgelser gælder det, at de senere undersøgelser generelt har resulteret i større  $\gamma$ -værdier end tilfældet er for de ældre - det vil sige undersøgelser fra 1970erne og begyndelsen af 1980erne, jvf. Griliches (1995). Dette understøttes af, at Hall & Mairesse (1995), der på grundlag af data for franske virksomheder finder, at  $\gamma$  kan være så høj som 0.25, hvilket indebærer, at en forøgelse af FoU-kapitalapparatet på marginalt 1% kan føre til en stigning på 0.25% i virksomhedens produktivitet. En del af forklaringen på det lavere målte afkast til FoU i slutningen af 1970erne og begyndelsen af 1980erne er givetvis, at denne periode generelt var kendetegnet ved lav vækst og faldende/stagnerende produktivitet. Under sådanne betingelser er det vanskeligt at vurdere enkeltfaktorers betydning for produktiviteten i virksomhederne.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Dette bekræftes i nogen grad af Lehtoranta (1998), som undersøger betydningen af forskning og udvikling for 186 finske virksomheder gennem perioden 1991-1994. I denne periode var der lav eller ligefrem negativ vækst i den finske økonomi, og Lehtoranta beregner FoU-kapitals outputelasticitet til 0.07%, hvilket betyder, at en 1% forøgelse af virksomhedernes FoU-kapital forbedrer produktiviteten med 0.07%.



## Data

Datagrundlaget for undersøgelsen udgøres af fire separate kilder, nemlig

1. *Erhvervslivets Forskning og Udviklingsarbejde, Forskningsstatistik*
2. *Købmandsstandens oplysningsbureau*
3. *Greens - Børsens Håndbog om dansk erhvervsliv*
4. *CIS II, The Second Community Innovation Survey for Denmark.*

Data for virksomhedernes forskning og udviklingsarbejde stammer fra den officielle danske forskningsstatistik, som hidtil har været indsamlet hvert andet år. På det empiriske niveau er FoU defineret som *creative work undertaken at a systematic basis in order to increase the stock of knowledge man and society, and the use of this stock in order to devise new applications*, se i øvrigt Frascati-manualen side 29. Undersøgelsespopulationen er baseret på Danmarks Statistiks Centrale Erhvervsregister, hvori begrebet virksomhed defineres som den juridiske enhed.

I 1995-undersøgelsen deltog i alt 2485 virksomheder, hvoraf 2019 virksomheder besvarede spørgeskemaet. Her af angav 684 virksomheder, at de havde investeret i forskning og udvikling i 1995. For tidligere indsamlingsår er der indsamlet oplysninger for et lignende antal virksomheder (dog ikke altid de samme enheder). I alt dækker FoU-statistikken perioden 1987-1995, og den er indsamlet i de ulige år. For de lige år, er der ved hjælp af interpolation beregnet FoU-oplysninger for de virksomheder, der eksisterer oplysninger på fra det ene indsamlingsår til det næste.

Oplysninger vedrørende FoU anvendes i analysen til at beregne virksomhedernes FoU-kapital, samt til at opgøre antallet af forskere i den enkelte virksomhed. Desuden anvendes data for finansieringsforholdene for virksomhedernes forskning, dvs., hvor stor en andel, der er internt finansieret, dvs. finansieret af midler i virksomheden og/eller den koncernen tilhører. I gennemsnit udgjorde den interne finansiering 93%, med en minimumsandel på 20% og en maksimumsværdi på 100%.

Virksomhedens FoU-kapital er beregnet som summen af tidligere års investeringer i FoU korrigeret for afskrivning af den eksisterende FoU-kapital. Den årlige afskrivningssats er i nærværende analyser fastsat til 20%.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> I projektets tidlige fase blev der eksperimenteret med fastsættelse af en passende afskrivningssats, se f.eks Dilling-Hansen m.fl. (1999a). Det viser sig, at modellen ikke er særligt følsom overfor variationer af afskrivningssatsen i intervallet 10-20%.

Udregning af FoU-kapital for 1995 kræver således, at der konstrueres effektive virksomhedspaneler af en given minimumslængde. Den danske FoU-statistik rummer som nævnt oplysninger på virksomhedsniveau tilbage til 1987, og i det omfang virksomhederne indgår i samtlige mellemliggende indsamlingsår, er der altså tale om panelvirksomheder. Tabel 1 viser to virksomhedspaneler af forskellig længde, dels for maksimumsperioden 1987-95 samt 1991-95. For begge paneler gælder, at de virksomheder, der indgår, alle har positiv FoU kapital, hvilket i praksis vil sige, at de pågældende virksomheder i mindst eet indsamlingsår har haft positive FoU-udgifter. I sagens natur indgår alle virksomheder i alle indsamlingsår.

**Tabel 1. Oversigt over centrale variable i to virksomhedspaneler, virksomheder med positiv FoU-kapital.**

	Panellængde: 1987-1995	Panellængde: 1991-1995
Omsætning, 1995 (million DKK)	637,7	542,6
Antal ansatte, 1995	575	482
Anlægsaktiver (million DKK)	351,3	295,0
FoU-intensitet (FoU i procent af omsætning)	3,4	4,0
Antal virksomheder	195	259

Over hele perioden 1987-1995 er det således muligt at identificere 195 virksomheder, der alle har et FoU-kapitalapparat. Tabellen viser, at der er tale om relativt store virksomheder, hvilket blandt andet hænger sammen med, at der for hvert indsamlingsår blot er udtaget en 10% stikprøve hvert år blandt de mindre virksomheder. Sandsynligheden, for at en stikprøvevirksomhed findes i alle årene 1987/89/91/93/95, er således minimal.

Forkortes periodelængden til 3 indsamlingsår for FoU-statistikken ses, at antallet af virksomheder vokser til 259. Naturligt nok er disse virksomheder i gennemsnit lidt mindre end tilfældet var for det lange panel. Men der er fortsat tale om relativt store virksomheder, set med danske øjne.

I analyserne nedenfor er det valgt at anvende den lange periode, dvs. data-sættet med oplysninger for 195 virksomheder siden 1987. Begrundelsen herfor er at estimere FoU-kapitalapparatet så præcist som muligt, jvf. nedenfor.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Se Dilling-Hansen m.fl. (1999b) for estimationer af modellen på kortere paneler.

Oplysninger om FoU-udgifter i de lige år, dvs. i ikke-indsamlingsår, er interpoleret på basis af de omkringliggende år. FoU-kapitalen i 1995 er beregnet ved at addere successive års investeringer i FoU til den FoU-kapital virksomheden i forvejen besidder ved hver periodestart fratrukket afskrivninger. Metoden stiller derfor krav om en 'start'-FoU-kapital, her for 1987. Denne ikke umiddelbart er tilgængelig. Derfor er 1987-FoU-kapitalen for de enkelte virksomheder estimeret ved årets udgifter til FoU, hvorved man naturligvis undervurderer det FoU-kapitalapparat for 1995, der er valgt som beregningsår.<sup>9</sup>

Tabel 2 viser, hvor vedvarende virksomhederne forsker og udvikler i forskellige paneldatasæt. Tabellen viser, at af de brutto 425 virksomheder, som er indeholdt i instituttets 1987-1995 virksomhedspanel fra FoU-statistikken, havde 198 FoU-udgifter i 1987. Af disse fortsatte 153 med at investere i FoU i 1989, hvilket svarer til 77%. 130 virksomheder, svarende til 66% af de oprindeligt 198, har fortsat FoU-udgifter i 1991, osv. I alt 87 virksomheder havde således FoU-udgifter i alle indsamlingsårene, hvilket svarer til lidt under halvdelen af virksomhederne.

**Tabel 2. 'Overlevelsestabel' for virksomhedens FoU-aktivitet, diverse virksomhedspaneler.**

Panel	Overlevelse af FoU-aktive virksomheder i forskellige paneler					Total Population*
	1987	1989	1991	1993	1995	
1987-1995	198	153	130	104	87	425
Andel	1.00	0.77	0.66	0.53	0.44	
1989-1995		249	198	156	129	594
Andel		1.00	0.80	0.63	0.52	
1991-1995			300	225	181	689
Andel			1.00	0.75	0.60	
1993-1995				417	307	1138
Andel				1.00	0.74	

\* Samtlige virksomheder i panelet, dvs. virksomheder med og uden FoU-kapital.

Vælger man et andet begyndelsesår fås et lignende billede: omkring 75-80% af virksomhederne fortsætter FoU-aktiviteten i næste indsamlingsperiode og 2 indsamlingsperioder senere er antallet af overlevende virksomheder mht. FoU-aktivitet omkring 60-66%.

<sup>9</sup> Ca 16% af potentielle ikke-registreret FoU-kapital fra 1987 er ikke afskrevet i 1995. Vælges 1991 som startår ved beregning af FoU-kapitalapparatet vil ca 30% af det potentielle 1991 FoU-kapital ikke være afskrevet ved udgangen af 1995.

Det konstruerede FoU-kapitalapparat er altså kun for ca. halvdelen af virksomhedernes vedkommende udtryk for, at virksomhederne investerer i FoU hvert år. For resten af virksomhederne forskes der lidt mindre sammenhængende.

De økonomiske variable stammer fra *Købmandsstandens Oplysningsbureau*, der baserer sine oplysninger på lovpligtige regnskabsindberetninger til Erhvervs- og selskabsstyrelsen. Ved virksomhedens øvrige kapital forstås dens anlægskapital, medens dens output/produktionsværdi pga. databegrænsninger aproksimeres med dens omsætning. Erfaringsmæssigt er der en meget tæt sammenhæng mellem omsætning og produktionsværdi, og der er således ikke grund til at formode, at der skulle være systematiske skævheder i datamaterialet ad denne vej. Datasættet fra Købmandsstandens Oplysningsbureau giver ligeledes oplysninger om antallet af beskæftigede i de enkelte virksomheder.

Desuden er der knyttet oplysninger til datasættet vedrørende ejerforhold. Disse tal der stammer fra *Greens - Børsens Håndbog om dansk erhvervsliv* anvendes i forbindelse med analysen af betydningen af 'spredt' og udenlandsk ejerskab. Der er således dannet en kontrolvariabel for rent udenlandsk ejerskab. I alt 12,8% af de virksomheder der indgår i det lange virksomhedspanel er under rent udenlandsk ejerskab. Tilsvarende defineres virksomheder med stærk ejerkontrol ved, at mindst 3 aktionærer ejer mere end 5% af firmaets aktiekapital. Dette er tilfældet for 32,8% af de virksomheder, der indgår i datasættet.

*Endelig anvendes CIS II*; som er betegnelsen for den anden europæiske innovationsundersøgelse. En virksomhed defineres som innovativ, såfremt den har/har forsøgt at introducere nye eller forbedrede produkter på markedet eller processer i produktionen. I undersøgelsen undersøges sammenhængen mellem den form for innovation, som ikke er identisk med FoU-aktivitet, og virksomhedens produktivitet. Dvs. innovationsbegrebet i det følgende omfatter f.eks. anskaffelse af maskiner, udstyr og anden ekstern teknologi forbundet med proces- og produktinnovationer, markedsintroduktion af teknologiske innovationer, produktionsforberedelser, prøveproduktion med henblik på teknologisk nye eller forbedrede produkter mv. , alle aktiviteter, der ikke er omfattet af FoU-begrebet. I det følgende kaldes disse aktiviteter for 'øvrige innovation'.

I alt er det muligt at kombinere oplysningerne fra innovationsstatistikken med resten af datasættet for i alt 136 virksomheder, som alle havde et positivt FoU-kapitalapparat. Heraf udgjorde virksomheder med "øvrige innovation" 78%.

## Sammenhængen mellem forskning og udvikling og virksomhedens produktivitet: Resultater fra forskellige modelberegninger

Tabel 3 viser de empiriske resultater. I første omgang estimeres en model, hvori der kun indgår arbejdskraft, kapital samt FoU som forklarende variable. I den første søjle er gengivet resultaterne af en simpel beregning, hvori der indgår 266 panel-virksomheder i perioden 1987-1995. Estimationsåret er 1995, og FoU-kapitalapparatet er beregnet på baggrund af oplysninger for hele perioden 1987-1995. Der er altså tale om en ren cross-section estimation.

En del af de 266 virksomheder har slet ikke haft FoU-udgifter i denne periode, og har derfor en FoU-kapital på 0. Et første check på effekten af virksomhedernes FoU-investeringer er at lægge en kontrolvariabel ind i modellen, der alene fanger niveauforskelle mellem FoU-virksomheder og virksomheder, der ikke har FoU-kapital; men i øvrigt ikke inddrager FoU-kapital eksplicit. Input til forklaring af output i den første søjle er således blot arbejdskraft og kapital samt en kontrolvariabel, der antager værdi 1, såfremt virksomhedens FoU kapital er positiv, ellers er variabelen lig 0.

I denne stærkt forenklede model er skalaafkastet til arbejdskraft og kapital henholdsvis 0.78 og 0.18 og begge statistisk signifikant forskellige fra 0 ved et signifikansniveau på 1%. Dette indebærer, at en samtidig forøgelse af arbejdskrafts- og kapitalindsatsen på én procent ifølge modellen forventes at øge virksomhedernes output med 0.96% ( $0.78+0.18$ ). Altså viser modellen, at der er svagt aftagende grænseudbytte for de virksomheder, der er indeholdt i panelet.

Fokuseres der på FoU-kontrolvariablen, viser det sig, at den er negativ; men dog ikke statistisk signifikant forskellig fra 0. Den simple model er altså ikke i stand til at påvise forskelle mellem virksomheder med og uden FoU-kapital.<sup>10</sup>

I den anden søjle inddrages FoU-kapital eksplicit. FoU-kapitalen er beregnet i henhold til ligning (2), dvs. virksomhedernes samlede årlige udgifter til FoU akkumuleres over tiden, og der anvendes herefter en årlig afskrivningssats på 20 procent på det til enhver tid oparbejdede FoU-kapitalapparat. Modellen indeholder således tre input, nemlig arbejdskraft, almindelig kapital samt FoU-kapital.

---

<sup>10</sup> Som påpeget nedenfor, er en væsentlig årsag til den negative, dog insignifikante effekt af FoU, at omfanget af FoU ikke inddrages eksplicit. Desuden gælder, at den almindelige virkning af arbejdskraft og kapital er bundet til at være ens for virksomheder med og uden FoU-kapital.

Skalaafkastet til arbejdskraft og kapital måles i denne model fortsat til tilsammen omkring 0.96, altså nogenlunde uændret og stadig yderst signifikant. Afkastet til FoU-kapitalen estimeres til at være positivt lig 0.038; men dog usikkert i statistisk forstand.<sup>11</sup> Selve størrelsesordenen indebærer, at såfremt virksomhederne øgede deres FoU-kapital med en procent, og fortsat anvender den samme mængde arbejdskraft samt almindelig kapital, ville man i gennemsnit forvente, at produktiviteten steg med 0.038 procent, hvilket størrelsesmæssigt må anses for beskedent set i internationalt perspektiv, jvf. ovenfor.

Det lidt lave afkast til FoU-kapital skal dog ses i lyset af, at der ikke er foretaget modregning for, at en del af FoU-kapitalen reelt er indeholdt i virksomhedens bogførte kapital. Såfremt virksomheden har anskaffet investeringsgoder til FoU-formål, vil disse optræde såvel i de lovpligtige regnskaber hos virksomheden som i virksomhedens indberetning af FoU til FoU-statistikken. Der eksisterer med andre ord et dobbelttællingsproblem, som løses ved, at den del af FoU-kapitalen, som er investeringer i regnskabslovens forstand, trækkes fra virksomhedens almindelige kapital.

Dobbelttællingsproblematikken vedrører imidlertid også opgørelsen af virksomhedens arbejdskraftforbrug. Oplysninger om virksomhedens samlede beskæftigelse stammer som nævnt fra regnskabsstatistikken. I denne opgørelse er der naturligvis ikke yderligere specificeret, hvorvidt der er tale om FoU-personel eller anden arbejdskraft. Eftersom FoU-kapitalen er opgjort som summen af virksomhedens samlede udgifter til FoU, dvs. investeringer i apparatur, bygninger samt driftsudgifter til FoU, nemlig løn til FoU-personel samt andre driftsudgifter, er det klart at der bør ske en reduktion i arbejdskraftvariablen. En del af den registrerede arbejdskraft er nemlig FoU-personel, som reelt er talt med i FoU-kapitalen via deres løn. Dobbelttællingsproblemet løses i første omgang ved, at reducere virksomhedens arbejdskraftforbrug med antallet af FoU-medarbejdere, samt kapitalen med den del vedrører FoU-materiel, -apparatur og -bygninger.

Resultatet af genberegninger af modellen - altså med korrektion for dobbelttælling af inputs - fremgår af den tredje søjle i tabellen. Antallet af virksomheder, der ligger til grund for disse beregninger er reduceret yderligere, idet de forøgede datakrav vedrørende oplysninger om FoU-personellets størrelse og den årlige FoU-udgifts fordeling på løn, investeringer og øvrige udgifter kun findes for 110 af panelvirksomhederne i perioden, der ligger til grund for beregningerne, nemlig 1987-1995.

Modelberegningen (søjle 3) viser nu følgende afkast (output-elasticiteter) til de respektive input

<i>Skalaafkast beregnet med korrektion for dobbelttælling</i>	
<i>Arbejdskraft (ikke-FoU)</i>	<i>0,76</i>
<i>Kapital (ikke-FoU)</i>	<i>0,17</i>
<i>FoU-kapital</i>	<i>0,08</i>
<i>Samlet skalaafkast</i>	<i>1,01</i>

Korrektion for dobbelttælling medfører altså, at det målte afkastet til FoU-kapital fordobles til 0.08. Til gengæld er afkastet til almindelig kapital reduceret stort set tilsvarende.

I de hidtidigt beregnede modelvarianter, er der ikke sondret mellem forskellige typer af FoU-udgifter i forbindelse med opbygningen af FoU-kapitalapparatet. Der er således implicit gjort den antagelse, at al FoU-kapital har samme produktivitet, uanset om FoU-udgiften dækker løn, øvrige driftsudgifter eller investeringer i apparatur. I tidligere projektfaser blev der eksperimenteret med opstilling af to separate FoU-kapitalmål, nemlig human-FoU-kapital samt non-human-FoU-kapital, jvf. gennemgangen af modelrammen ovenfor. Førstnævnte, der inspireret af human-capitalteorien, indeholder akkumulerede lønsummer, søger at måle den videnskabelige kapital, som er indeholdt i FoU-personalet; medens den resterende del, non-human-FoU-kapitalen, rummer værdien af FoU-apparatet, bygninger etc. De empiriske analyser er imidlertid problematiske, pga. stor korrelation mellem de to kapitalmål, hvorfor den anvendte model vanskeligt kan estimeres korrekt, med det givne datamateriale.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> Standardafvigelsen på parameterskønnet på 0.038 er så høj, at kun ved et signifikansniveau på 10% kan man forkaste nulhypotesen, nemlig at afkastet til FoU-kapitalen ligesåvel kunne være 0%.

<sup>12</sup> Opdeling af FoU-kapital i en human- og nonhuman del, gav som ventet, at FoU-humankapitalen havde langt højere skalaafkast in den øvrige FoU-kapital, svarende til en faktor 3-6 afhængig af hvilke afskrivningssatser der anvendes. Men i alle tilfælde bevirkede multikollinearitet mellem de to kapitalmål, at parameterskønnene var statistisk insignifikante.

**Tabel 3. Estimation af parametrene i produktionsfunktionen.**  
**Afhængig variabel: virksomhedens omsætning.**

Modelvariant				
	Simpel model med opdeling af virks. efter FoU-aktivitet	FoU-kapital inkl., ingen korrektion for dobbelttælling	FoU-kapital inkl., samt korrektion for dobbelttælling	FoU-kapital og personale, korrektion for dobbelttælling
Forklarende variable <sup>1</sup>	1	2	3	4
Konstantled	5,9321 (0,2366)	5,5617 (0,2883)	5,5823 (0,2861)	5,2487 (0,4057)
Arbejdskraft (ikke-FoU),	0,7895* (0,0530)	0,7403* (0,0715)	0,7595* (0,0650)	0,7667* (0,0652)
FoU-personale, antal	-	-	-	-0,0583 (0,0503)
Kapitalapparat (ikke-FoU), kr.	0,1897* (0,0329)	0,2120* (0,0451)	0,1756* (0,0354)	0,1712* (0,0355)
Akkumuleret FoU-kapital, kr.		0,03772 (0,0209)	0,0785* (0,0251)	0,1274* (0,0491)
Kontrolvariabel for FoU>0 (1: FoU>0; 0: FoU=0)	-0,0454 (0,0703)			
Antal virksomheder	266	194	110	110
Modellens forklaringsgrad, (R <sup>2</sup> )	0,785	0,809	0,880	0,880

Anm. FoU-kapitalen er beregnet på basis af virksomhedernes FoU-investeringer i perioden 1987-1995, under antagelse af en årlig afskrivningssats på 20%. Tal angivet i parentes er de beregnede parametres standardafvigelse. \* angiver, at den beregnede parameter er signifikant forskellig fra 0 ved et signifikansniveau på 1%.

1) Alle modellens variable er målt i naturlige logaritmer.

2) Signifikant ved et signifikansniveau på 10%.



## Forsinkelsesproblemer

Et andet problem ved estimationsformen i den tredje søjle i tabel 3 er, at der ikke tages højde for eventuelle tidsforskydninger mellem FoU-inputtet og selve effekten på output. Forsinkelsesproblemet består dels i at der må formodes at gå nogen tid, før FoU-resultater omsættes i konkrete produktivitetsevinster. Dertil kommer, alt andet lige, at jo flere ressourcer, der på kort sigt trækkes væk fra virksomhedens produktion, jo mindre må det målte output antages at blive. I projektets eksperimentalfase blev der foretaget beregninger med FoU-kapitalapparatet beregnet alene på baggrund af virksomhedens FoU-udgifter for perioden 1987-1994, og efterfølgende blev dette mål anvendt i estimationsmodellen for 1995. Altså med andre ord blev der antaget en forsinkelse af virkningen af FoU på 1 år. Resultaterne af disse beregninger er ikke vist i tabellen ovenfor, da de svarer relativt nøje til de allerede gennemgåede resultater. Med andre ord ændres modellens resultater ikke af, at FoU-kapitalens effekt generelt 'forsinkes' eet år.

Man kan naturligvis diskutere, hvorvidt en forsinkelse på 1 år er tilstrækkeligt for en del FoU-udførende virksomheder. For mange virksomheder, der f.eks. udfører grundforskning eller har større projekter i gang indenfor anvendt forskning, er det klart, at den del af FoU-kapitalen, der stammer fra de seneste FoU-udgifter, næppe er 'produktiv' omgående. Omvendt er FoU-kapitalapparatet sammensat af 9 års udgifter til FoU, hvilket for de relevante virksomheder, formentlig reducerer problemets omfang betragteligt. Virksomheder, der udfører FoU-projekter med lang forsinkelse for effekten af FoU, er nemlig givetvis permanent FoU-aktive, hvilket indebærer, at manglende data for de samme virksomheders FoU-investeringer fra perioden før 1987 trækker i den modsatte retning.

## Opdeling af FoU-input

Den model, der er estimeret i den sidste søjle, udgør et forsøg på at tage højde for nogle af de nævnte problemer. Modellen estimeres, som nævnt for året 1995, og det aktuelle FoU-personale, dvs. antallet af forskningsmedarbejdere i 1995, inddrages som en selvstændig forklarende variabel på linie med den øvrige arbejdskraft i virksomheden. Til gengæld fratrækkes 1995-lønudgiften for FoU-personalet i det aggregerede FoU-kapitalmål. Herved er FoU-kapitalen opdelt i to komponenter, nemlig, i hvad man kunne kalde FoU-personale på kort sigt samt i den øvrige FoU-kapital, der fortsat rummer den samlede værdi af den viden, der via FoU-processen er skabt i tidligere år. Man kan naturligvis diskutere, om tidligere års løn skal fjernes fuldstændigt fra FoU-kapitalapparatet. Men eftersom tidligere års forskning i mere eller mindre udstrækning formentlig er integreret i produktionsprocessen eller produkterne virksomheden sælger eller dokumenteret i selve forskningsprocessen, manualer, forsøgsrutiner etc. ville man givetvis undervurdere FoU-kapitalens størrelse, såfremt man for samtlige tidligere år valgte at korrigere FoU-kapitalapparatet nedad med lønnen til forskere.<sup>13</sup>

Den 4. søjle i tabel 3 viser resultaterne af den opdelte model. Skaleafkastet til kapital og arbejdskraft ligger ret stabilt på hhv. 0,17% og 0,76%. FoU-kapitalen er rensset for lønomkostninger i 1995, til gengæld optræder FoU-personalet i 1995 selvstændigt målt ved antallet af FoU-medarbejdere.

Afkastet til opsparet FoU-kapital beregnes i denne model til 0,13%, hvilket er noget højere end i de øvrige modelformer, som allerede er diskuteret ovenfor. Men samtidigt svarer de 0.13 nogenlunde til niveauet i undersøgelser for andre lande, jf. ovenfor.

Fokuseres der på den kortsigtede effekt af FoU - i form af antallet af FoU-medarbejdere - fås et negativt afkast, nemlig på 0,058%. Den beregnede værdi er dog i statistisk henseende stærkt insignifikant, hvilket antyder at den kortsigtede effekt mest sandsynlig er lig nul. Dette resultat bekræfter derfor overvejelserne ovenfor, nemlig at der er en vis tidsforsinkelse for effekten af FoU-investeringer.

På kort sigt giver et øget antal FoU-medarbejdere altså ikke umiddelbart produktivtgevinst i virksomheden; hvorimod der på det lidt længere sigt er en klar og statistisk signifikant virkning af øget FoU-kapital (såvel human som

---

<sup>13</sup> Eksperimenter med modellen, hvor forrige års løn til FoU-personalet blev trukket ud af FoU-kapitalapparatet gav ikke nævneværdige ændringer i forhold til resultaterne i søjle 4.

ikke-human), som er positiv. Hvor kraftige produktivitetseffekter, der kan konstateres af den opsparede FoU-kapital, afhænger af hvilken modelspecifikation, der fokuseres på. Men tages der udgangspunkt i de modelvarianter, hvori der korrigeres for dobbelttællingsproblemet, må det konstateres at outputelasticiteten for FoU-kapital med en betydelig sandsynlighed ligger i intervallet 0,08%-0,13%. Selve størrelsesordenen er nogenlunde på niveau med effekterne i andre lande.

Afslutningsvist skal det nævnes, at modellens overordnede forklaringsgrad er tæt på 90%. Den variation, der er i virksomhedernes faktiske omsætning, kan således forklares med 90% af den opstillede model. Dette må anses for ganske tilfredsstillende for beregninger på et datamateriale af ovennævnte karakter.<sup>14</sup>

## Hvordan har FoU afledte effekter på produktiviteten?

Analyserne indtil nu har vist, at jo mere FoU-aktive virksomheder, har investeret i FoU, desto højere produktivitet. Opfattelsen af viden - opbygget via FoU-investeringer - som et ikke-fysisk kapitalapparat viste i analyserne, at output-elasticiteten var i størrelsesordenen 0,8-0,13, og den estimerede produktionsfunktion giver altså gennemgående robuste og signifikante resultater.

Imidlertid bygger produktivetsanalyserne på de antagelser, der implicit foretages ved anvendelse af Cobb-Douglas lignende produktionsfunktioner. To af de centrale forudsætninger er, at der ikke er mulighed for samspilseffekter og at outputelasticiteten ikke ændrer sig med stigende faktorindsats.

Det vil ikke være svært at tænke på situationer, hvor disse to forudsætninger ikke er rimelige at antage. Den viden, der opbygges gennem løbende investeringer i FoU, kan som eksempel tænkes at påvirke produktiviteten af de to andre produktionsfaktorer, arbejdskraft og fysisk kapital, i stil med teorien om indlæringskurver (learning-curves), hvor den indhøstede erfaring øger produktiviteten.

Forskellige forsøg er foretaget for at analysere et eventuelt samspil ved at estimere translog-modeller<sup>15</sup>; men selv om fortegn på de estimerede koefficienter er som forventet (positive samspilseffekter mellem FoU og andre produkti-

---

<sup>14</sup> Den høje forklaringsgrad giver ikke anledning til at korrigere modellen for uobserverede karakteristika for de medtagne virksomheder; se iøvrigt Dilling-Hansen m.fl. (1999b) for yderligere diskussion heraf.

<sup>15</sup> Translog-modellerne, som opstilles af Berndt & Christensen (1973), er grundlæggende en generel udgave af Cobb-Douglas modellen med mulighed for interaktion mellem alle faktorer. Resultaterne af stort set alle estimerede modeller er dog stort set de samme: På grund af det forholdsvise lave antal observationer til rådighed er de udvidede translog modeller ikke statistisk signifikant bedre end den simple Cobb-Douglas model.

onsfaktorer), så er antallet af observationer ikke tilstrækkeligt til at give signifikante resultater, når man tester den funktionelle form mod den mere restriktive Cobb-Douglas produktionsfunktion.

En anden måde at undersøge samspillet mellem FoU-kapital og de øvrige produktionsfaktorer i en virksomhed er at tage afsæt i det forhold, at det måske først og fremmest er større virksomheder, der investerer i FoU. I en undersøgelse på samme datasæt<sup>16</sup> er det blevet påvist, at virksomheder med hhv. uden investeringer i FoU ikke har ens karakteristika, og det forhold anvendes her til at opsplitte forskellen i produktiviteten mellem virksomheder hhv. med og uden investeringer i FoU.

En metode til at dekomponere forskellen i produktiviteten mellem virksomhederne er at foretages en Oaxaca-dekomponering<sup>17</sup>. Dekomponeringen af forskelle i produktiviteten mellem virksomheder hhv. med og uden investeringer i FoU deles op i to komponenter, en *karakteristisk komponent* (C) og en *koefficient komponent* (D).<sup>18</sup>

Den første komponent i produktivetsforskellen mellem virksomheder med og uden FoU, den *karakteristiske komponent* (C), er forårsaget af, at virksomheder med FoU har en anderledes kombination af faktorindsatsen end virksomhederne uden investeringer i FoU. Bortset fra den åbenbare forskel, at FoU-virksomheder har et kapitalapparat bestående af FoU-investeringer, så har de samme virksomheder en anderledes - og højere - indsats af de øvrige faktorer, arbejdskraft og fysisk kapital.

---

<sup>16</sup> Se Dilling-Hansen mfl. (1999c).

<sup>17</sup> Se f.eks. Oaxaca (1973). Metoden er udviklet til analyser af arbejdsmarkedsforhold: Dekomponering af lønforskelle mellem mænd og kvinder, således at det er muligt at opdele forskellen i lønnen mellem kønnene i en del, der skyldes forskelle i udbud (kvinder har større andel af deltidsarbejde) og forskelle i afkast af arbejdskraften (diskriminationskomponent, som dækker over, at nogle kvinder får/fik lavere løn for samme arbejde).

<sup>18</sup> Det er værd at påpege, at der ikke i dekomponeringsmetoden ligger nogen modifikation af de fundne resultater. De estimerede koefficienter er grundlæggende de samme; men der foretages vha. metoden en »mekanisk« opsplitning af den samlede effekt.

Den anden komponent i produktivitsforskellen mellem virksomheder med og uden FoU, *koefficient komponenten* (D), er den del af forskellen, der skyldes et forskelligt afkast af de indsatte faktorer i produktionsprocessen. Er denne komponent forskellig fra nul, så er produktiviteten af de øvrige faktorer forskellig mellem virksomhederne.

Princippet i dekomponeringen er vist i Dilling-Hansen m fl. (1999b). Resultaterne er for de estimerede modeller vist i tabel 4, hvor dekomponeringen er foretaget på model 3 og 4 i tabel 3 - modellerne med faktorindsats bl.a. renset for dobbelttællingsproblemet.

Det ses af tabellen, at resultaterne stort set er ens for de to modeller, så her kommenteres kun model 4 (de sidste to søjler). Der er tale om forskelle i produktiviteten målt som forskellen mellem to logaritmiske størrelse, så tallene i tabel 2 kan approksimativt opfattes som procentuelle forskelle. Den relativt store forskel i produktiviteten mellem virksomheder med og uden FoU-kapital skyldes først og fremmest forskelle i faktorindsats. Den *karakteristiske komponent*, C, udgør hele 0,356 ud af den samlede forskel på 0,451, og det ses, at denne forskel er statistisk signifikant.

Virksomheder med investeringer i FoU er med andre ord større - forstået på den måde, at deres forbrug af arbejdskraft og fysisk kapital er højere.

Det interessante ved tabellen er, at også *koefficient komponenten*, (D), giver et positivt bidrag til forskellen i produktivitet. Størrelsesmæssigt er effekten dog mindre end den første komponent og den er ikke statistisk signifikant; men det skal tages i betragtning, at *D-komponenten*, er beregnet efter at den forventede effekt fra FoU-investeringerne er fratrukket forskellen i produktiviteten.

**Tabel 4. Dekomponering af gennemsnitlig produktivitet for virksomheder hhv. med og uden investeringer i FoU**

	<i>Model 3 i tabel 2</i>		<i>Model 4 i tabel 2</i>	
	Karakteristisk komponent, C	Koefficient komponent, D	Karakteristisk komponent, C	Koefficient komponent, D
Log ( L )	0,275* (0,024)	0,336 (0,625)	0,277* (0,024)	0,376 (0,625)
Log ( K )	0,081* (0,016)	0,462 (0,610)	0,079* (0,016)	0,414 (0,611)
Konstantled	0 -	-1,469* (0,624)	0 -	-1,803* (0,687)
FoU-bidrag	-	0,766 -	-	1,107 -
C- og D-komponent	0,356* (0,029)	0,095 (1,073)	0,356* (0,029)	0,094 (1,112)
Samlet forskel		0,451		0,451

*Anm. Dekomponeringen er foretaget ved anvendelse af en Oaxaca-dekomponering. En stjerne på koefficienterne angiver, at estimatet er signifikant forskellig fra 0 med et  $\alpha$ -niveau på 5%. Formler for de anvendte standardfejl på størrelserne - angivet i parentes - er igen hentet fra Oaxaca-dekomponeringsmetoden.*

Virksomheder, der har investeret i FoU, er med andre ord bedre til at udnytte de indsatte produktionsfaktorer i produktionsprocessen - forstået på den måde, at afkastet af arbejdskraft og fysisk kapital er højere (outputelasticiteten er højere).

Resultatet af analyserne med dekomponering af forskellen i produktivitet er, at nok skyldes en stor del af forskellene i produktiviteten det trivielle forhold, at det er større virksomheder, der investerer i FoU; men resultaterne tyder samtidigt på, at investeringer i FoU også har en positiv effekt på produktiviteten af de øvrige produktionsfaktorer. Der er med andre ord en slags indlærings effekt ved opbygning af FoU - udover effekten fanget af FoU-kapitalapparatet - som øger produktiviteten af arbejdskraft og den fysiske kapital.

## Andre faktorer - samspilseffekter

I lighed med andre undersøgelser undersøges betydningen af en række andre faktorer. I det følgende redegøres der således for betydningen af samspillet mellem FoU-kapital og

- innovation (bortset fra FoU)
- virksomhedens ejerforhold
- finansiering af FoU

Generelt må det antages, at virksomheder, der er yderligere *innovative* i forhold til at være FoU-aktive, er mere produktive end andre virksomheder. Samtidigt må man også umiddelbart forvente, at FoU-kapitalen for denne kategori af virksomheder er mere produktiv end hos andre virksomheder. Innovationen kan således netop tages som udtryk for, at FoU-investeringer er mere succesfulde eftersom der oveni i disse finder innovation sted.

I modsat retning trækker, at innovationsbegrebet også omfatter aktiviteter, der ikke er direkte relateret til FoU. Virksomhederne kan købe nyt kapitaludstyr, som indeholder den fornødne nye teknologi, købe software, patenter og licenser. Såfremt denne strategi vælges af virksomheden, er der således næppe nogen sammenhæng mellem virksomhedens FoU-aktivitet og dens innovative status, og der vil næppe forekomme positiv interaktion mellem størrelsen af virksomhedens FoU-kapital og dens øvrige innovationsaktiviteter.

Inddragelse af en kontrolvariabel for 'øvrige' innovation i modelligningen viser en positiv; men dog statistisk insignifikant effekt på virksomhedens produktivitet, jvf. tabel 5. Det samme gælder samspilseffekten med FoU-kapital.

På linie med Griliches(1986) er betydningen af FoU-finansieringen også undersøgt. I den forbindelse sondres der mellem internt- og eksternt FoU, hvor førstnævnte udgøres af den FoU, som finansieres af virksomheden eller andre virksomheder i den koncern virksomheden måtte tilhøre.

**Tabel 5. Samspilseffekter, betydningen af 'øvrige innovation, spredt- og udenlandsk ejerskab samt ekstern finansiering af FoU.**

Øvrig Innovation 1: Ja, 0: Nej	0,4256 (0,8005)			
Interaktion: Øvrig innovation*FoU-kapital	-0,0527 (0,0795)			
Ejerkontrol: 1:stærk, 0:svag		0,0166 (0,6601)		
Interaktion: Ejerkontrol*FoU-kapital		-0,0217 (0,0654)		
Udenlandske ejere 1:Ja, 0: Nej			-1,4478 (0,9056)	
Interaktion: Udenlandske ejere *FoU-kapital			0,1646** (0,0879)	
Intern finansiering af FoU i procent af samlet FoU-udg.				0,2907 (1,4283)
Interaktion: Intern finansiering* FoU-kapital				0,0085 (0,1243)
Modellens forklaringsgrad	0,86	0,88	0,89	0,90
Antal observationer	86	110	110	108

*Anm. Tabellen viser kun effekterne af ovennævnte fire variable. Teknisk set indgår desuden resten af modellen fra fjerde søjle i tabel 3 i samtlige beregninger. De rapporterede forklaringsgrader er således for den samlede model. \*\* angiver, at den pågældende koefficient er signifikant ved et signifikansniveau på 10%.*

Teoretisk betragtet kan finansieringsformen påvirke FoU-kapitals produktivitet, såvel negativt som positivt. Højere ekstern finansiering kunne således være udtryk for FoU-projekter med høj produktivitet, der nyder ekstern anerkendelse. Omvendt gælder, at såfremt virksomheden selv finansierer størsteparten af dens FoU-aktivitet, må den forventes ud fra risiko-overvejelser udelukkende at iværksætte FoU-aktiviteter med et højt afkast/risiko-ratio. I så fald kan en høj grad af ekstern finansiering få en negativ effekt på produktiviteten, idet projekter med forventet mindre afkast måske kun gennemføres fordi de er eksternt finansieret.

Det positive fortegn på de estimerede parametre i tabellens fjerde søjle antyder, at det er sidstnævnte effekt, der dominerer. Men såvel den isolerede effekt af høj egenfinansiering som samspilseffekten med FoU-kapital er begge statistisk insignifikante.



Endelig viser tabel 5 resultatet af beregninger, hvori der er indarbejdet effekter af ejerforhold. I følge corporate governance litteraturen har det en betydning, i hvor høj grad virksomhedens ledelse kan kontrolleres af ejerne. Større grad af ejerkontrol antages at påvirke virksomhedens resultater positivt.<sup>19</sup> Denne effekt antages især at være til stede i forbindelse med FoU-projekter, der alt andet lige må forventes at give et lidt mere usikkert afkast end almindelige investeringer. Med stærk ejerkontrol, må det således forventes, at direktionen er særdeles påpasselig med at iværksætte FoU-projekter, der forventes at give et højt afkast.

Modelberegningerne viser, at disse effekter ikke kan påvirkes på det konkrete datasæt. I beregningerne antages det, at virksomheder med mindst 3 ejere, der hver kontrollerer mindst 5% af aktiekapitalen i virksomheden er relativt ejerkontrolleret. Set i forhold til de øvrige virksomheder, med spredt ejerskab, fås ganske vist en positiv effekt på produktiviteten; men parameterskønnet på 0,0166 er ikke statistisk signifikant, hvilket antyder, at effekter af ejerkontrol ikke kan påvises på baggrund af nærværende datasæt.

Til gengæld synes der at være en svag positiv samspilseffekt mellem FoU-kapital og udenlandsk ejerskab.<sup>20</sup> Forklaringen herpå er givetvis en kombination af stærk ejerkontrol og selektion, idet udenlandske moderselskaber, der vælger at lade FoU udføre på dansk grund, i stedet for i hjemlandet, formentlig har forretningsmæssige grunde hertil, se i øvrigt Griffith (1999) for en undersøgelse af produktivitetsforskelle i den engelske bil industri.

---

<sup>19</sup> Se f.eks Short (1994) Berglöf (1996) samt Vishny (1998).

<sup>20</sup> Parameterskønnet på 0,1646 er signifikant forskellig fra 0 ved et signifikansniveau på 6%.

## Sammenfatning

Påvirker omfanget af virksomhedernes forskning og udviklingsarbejde deres produktivitet?

Dette spørgsmål er undersøgt ved at estimere en produktionsfunktion på baggrund af et paneldatasæt for ca. 195 fremstillingsvirksomheder, der i perioden 1987-1995 har investeret i forskning og udvikling.

Svaret er nej, hvis man kun fokuserer effekterne på det helt korte sigt; men ja hvis der ses på blot lidt længere sigt. Her kan konstateres en klar, positiv og signifikant produktivitetseffekt af investeringer i FoU.

Hvor kraftig denne effekt præcis er, er lidt usikkert og skønnet herpå afhænger af den konkrete modelvariant, hvori der tages udgangspunkt. Men alt i alt peger beregningerne i retning af at outputelasticiteten, hvilket vil sige den procentvise produktionsforøgelse, man kan forvente som følge af en stigning i virksomhedernes FoU-kapital på een procent, med en betydelig sandsynlighed ligger i intervallet 0,08-0,13 procent. Selve størrelsesorden er dermed nogenlunde på niveau med effekterne i flere andre lande. Den målte produktivitetseffekt af FoU-kapital synes ikke at afhænge af virksomhedens finansieringsforhold, øvrige innovation samt graden af ejerkontrol, med undtagelse af udenlandsk ejerskab, som synes at påvirke produktivitetseffekten af FoU-investeringer positivt. Datamaterialets beskaffenhed kan dog være en væsentlig faktor bag denne konklusion.

Hvis man sammenligner virksomheder, der *har* investeret i FoU med virksomheder, der gennem hele perioden *ingen* FoU-investeringer har haft, er førstnævnte gruppe af virksomheder umiddelbart de mest produktive. En dekomponering af forskellene viser dog, at den største del af forskellen skyldes forskelle i karakteristika, eller mere præcist virksomhedernes størrelse. De virksomheder, der har investeret i FoU, har højere output, fordi de er større. Men resultaterne tyder samtidigt på, at investeringer i FoU ud over dens egen direkte indflydelse, har en positiv effekt på produktiviteten af de øvrige produktionsfaktorer, arbejdskraft og kapital. Der synes med andre ord at være en slags ekstra indlæringseffekt af FoU - foruden den direkte effekt af FoU - som øger produktiviteten. Denne effekt er dog ikke statistisk signifikant, vurderet ved de normale grænser for signifikans.

## Litteratur

Bartelsman, E., van Leeuwen G., Nieuwenhuijsen H. and Zeelenberg K. (1996), 'R&D and Productivity Growth: Evidence from Firm-Level Data for the Netherlands', Statistics Netherlands, Department of Statistical Methods. Conference paper.

Berglöf, E. (1996) 'Reforming corporate governance: Redirecting the European agenda', Economic Policy.

Clark, K.B. and Griliches Z. (1984) 'Productivity growth and R&D at the business level: results from the PIMS data base', in Z. Griliches (ed.), R&D, Patents and Productivity, Chicago, University of Chicago Press, 393-416.

Cuneo, P. and Mairesse J. (1984) 'Productivity and R&D at the firm level in French manufacturing' in Z. Griliches (ed.), R&D, Patents and Productivity, Chicago, University of Chicago Press, 375-92.

Danish Ministry of Research (1997) 'Erhvervslivets forskning og udviklingsarbejde, Forsknings-statistik 1995', maj 1997 (The Danish R&D Statistics).

Dilling-Hansen, M., Eriksson, T., Madsen, E.S. and Smith, V. (1997) 'Firm Productivity Growth and Competition', Discussion Paper 1997-16, Centre for Industrial Economics, University of Copenhagen, Copenhagen.

Dilling-Hansen, M., Eriksson, T., Madsen, E.S. and Smith, V. (1998) 'Market Structure, publicly and privately financed R&D spending. Empirical evidence for Denmark', Discussion Paper 1998-20, Centre for Industrial Economics, University of Copenhagen.

Dilling-Hansen, M., Eriksson, T., Madsen, E.S. and Smith, V. (1999a) 'Productivity Growth and R&D - using alternative measures of R&D capital', in 'Symposium in Applied Statistics' København 1999.

Dilling-Hansen, M., Eriksson, T., Madsen, E.S. and Smith, V. (1999b) 'The impact of R&D on productivity: Evidence from Danish Manufacturing Firms'. Konferencepapir, præsenteret bl.a ved 26. EARIE Conference, Torino, September 1999.

Dilling-Hansen, M., Eriksson, T., Madsen, E.S. and Smith, V. (1999c) 'Hvad bestemmer forekomsten og omfanget af F&U-investeringer?' Nationaløkonomisk tidsskrift 1999 nr. 1, side 66-80.

Griffith, R. (1999) 'Productivity and foreign ownership in the UK car industry'. Working Paper, Institute of Fiscal Studies, London.

Griliches, Z.(1979) 'Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity and Growth', *Bell Journal of Economics* 10 no.1, 92-116.

Griliches, Z. (1980) 'Returns to reserach and development expenditure in the private sector', in J.W. Kendrick and B. Vaccara (eds), *New Developments in Productivity Measurement*, vol. 44 of *Studies in Income and Wealth*, Chicago, Chicago University Press, 419-54.

Griliches, Z. and Mairesse J.(1984) 'Productivity and R&D at the firm level', in Zvi Griliches (ed.), *R&D, Patents and Productivity*, Chicago, University of Chicago Press, 339-74.

Griliches, Z. (1986) 'Productivity, R&D and basic research at the firm level in the 1970s', *American Economic Review* 76(19), 141-54.

Griliches, Z. (1995) 'R&D and Productivity: Econometric Results and Measurement Issues', in Paul Stoneman (ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Blackwell, 52-89.

Griliches, Z. and Mairesse J. (1990) 'R&D and productivity growth: comparing Japanese and U.S. manufacturing firms', in C. Hulten (ed.), *Productivity Growth in Japan and the United States*, vol. 53 of *Studies in Income and Wealth*, Chicago, University of Chicago Press, 317-48.

Hall, H.H. and Mairesse, J. (1995) 'Exploring the Relationship between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms'. *Journal of Econometrics* 65, 263-293.

Husso, K. (1997) 'The Impact of R&D on Productivity: Evidence from Firm-Level Panel Data for Finland', in Seppo Laaksonen (ed.), *The Evolution of Firms and Industries*, Research Reports 223, 1997, 311-339.

Jaffe, A. (1986) 'Technological opportunity and spillovers of R&D: evidence from firms' patents, profits and market value', *American Economic Review* 75(6), 984-1002.

- Lehtoranta O. (1998) 'R&D Patenting and Firms' Economic Performance. *Science and Technology*, 1998:4 Statistics Finland.
- Link, A. (1983) 'Basic Research Productivity Increase in Manufacturing: Additional Evidence', *American Economic Review*, 71, pp. 1111-1112.
- Mansfield, E. (1965) 'Rates of Return from Industrial Research and Development', *American Economic Review*, 55, pp. 310-322.
- Mayer, C. (1996) 'Corporate Governance, Competition and Performance', *OECD Economic Studies*, No. 27, 8-34.
- Oaxaca, R. (1973), Sex, Discrimination in wages. In Ashenfelter, O. & Rees, A.: *Diskrimination in Labour Markets*. Princeton University Press, 1973.
- Odagiri, H. and Iwata, H. (1986) 'The Impact of R&D on Productivity Increase in Japanese Manufacturing Companies', *Research Policy*, 15, pp. 13-19.
- Pakes, A. and Griliches, Z. (1984) 'Patents and R&D at the firm level: A first look', in: Griliches, Z. (ed.): *R&D Patents and Productivity*, Chicago.
- Sassenou, M. (1988) 'Recherche-développement et productivité dans les entreprises japonaises: une étude économétrique sur données de panel', *Doctoral dissertation, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris*.
- Schankerman, M. (1981) 'The Effects of Double-Counting and Expensing on the Measured Returns to R&D', *Review of Economics and Statistics*, 63, 454-458.
- Scherer, F.M. (1982) 'Interindustry technology flows and productivity growth', *Review of Economics and Statistics*, 627-34.
- Shleifer, A. and Vishny R. (1998) 'A Survey of Corporate Governance', *Journal of Finance* (52), 737-783.
- Short, H. (1994) 'Ownership, Control, Financial Structure and the Performance of Firms', *Journal of Economic Surveys* (8), 203-249.
- Wakelin, K. (1998) 'Productivity Growth and R&D Expenditure in UK Manufacturing firms', *Economics Department, University of Nottingham*. Konferencepapir præsenteret ved The 25th Annual EARIE Conference, Copenhagen 1998.

