

Forskning og Udviklingsarbejdes påvirkning af produktivitet og beskæftigelse

Af Ebbe K. Graversen og Michael Mark

**Rapport fra
Dansk Center for Forskningsanalyse
2005/1**

Forord:

Nærværende rapport analyserer Forsknings- og Udviklingsarbejdes, FoUs, betydning for dansk erhvervslivs værditilvækst og beskæftigelsesvækst. Formålet med analyserne er at teste, om FoU øger virksomhedernes værditilvækst og beskæftigelse. Analyserne anvender det hidtil mest komplette og dækkende datasæt for dansk erhvervsliv og giver derved resultater, der kan anvendes generelt i forsknings- og erhvervspolitisk sammenhæng. Analyserne understøtter og nuancerer resultater fra tidligere studier og viser en klar effekt på virksomhedernes værditilvækst af deres FoU-aktiviteter. Således er værditilvæksten per ansat 40 procent højere hos FoU-aktive virksomheder end hos FoU-inaktive virksomheder og værditilvæksten stiger 1 procent for hver 10 procent øget FoU-kapital hos de FoU-aktive virksomheder. Beskæftigelseseffekten er derimod mindre entydig, men svagt positiv for de højtuddannede. Analyserne er foretaget af forfatterne ved anvendelse af data fra CFA og fra Danmarks Statistik på foranledning af og i tæt kontakt med Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling repræsenteret ved chefkonsulent Morten Bovbjerg og specialkonsulent Mark Riis.¹

¹ Eventuelle fejlforklaringer og andre uoverensstemmelser er naturligvis alene forfatternes ansvar.

Indholdsfortegnelse

Resume	3
1. Analysernes hovedresultat	4
2. Resultater og karakteristika for virksomhederne.....	7
2.1 Karakteristika for virksomheder i 2001	7
2.2 Værditilvækst	11
2.3 Beskæftigelsesvækst	13
3. Analyseresultater på værditilvækst og beskæftigelsesvækst	19
3.1 FoUs betydning for virksomhedernes værditilvækst	19
3.1.1 Alle virksomheder - hele erhvervslivet	20
3.1.2 Virksomheder med positiv FoU-kapital	30
3.1.3 Opsummering	36
3.2 FoUs betydning for beskæftigelsesvæksten	37
3.2.1 Beskæftigelsesvækst for alle ansatte i henholdsvis alle virksomheder og FoU-aktive virksomheder alene	37
3.2.2 Beskæftigelsesvækst for højtuddannede ansatte i henholdsvis alle virksomheder og FoU-aktive virksomheder alene	41
3.2.3 Opsummering	44
4. Opsummering	45
4.1 Forskningspolitiske konsekvenser	46
Referencer	47
Appendiks 1: Teoretisk og empirisk modellering	48
A.1.1 Produktionsfunktionen	48
A.1.2 Beskæftigelsesfunktionen.....	49
A.1.3 Datamaterialet på dansk erhvervslivs FoU, værditilvækst og beskæftigelsesvækst.....	49
Appendiks 2: Konstruktion af FoU-kapital.....	51
Appendiks 3: Yderligere empiriske resultater	54
Appendiks 4: Tidligere studier fra AFSK, det anvendte datamateriale og resultaterne herfra	63

Resume

Denne rapport tester hypoteserne om, at FoU-aktive virksomheder har en større værditilvækst, men at FoU-aktive virksomheder ikke nødvendigvis har en generel større beskæftigelsesvækst, men dog en større beskæftigelsesvækst af højtuddannede. Analyserne giver en viden om, hvorvidt en aktiv forskningspolitisk indsats kan øge dansk erhvervslivs konkurrenceevne ved at øge erhvervslivets værditilvækst og erhvervenes beskæftigelse. I undersøgelsen indgår det hidtil mest omfattende og dækkende datamateriale om danske virksomheders forsknings og udviklingsaktiviteter. Datamaterialet for 2001 omfatter godt 2200 virksomheder og repræsenterer i store træk alle virksomheder i danske erhvervsliv med over 10 ansatte.

Analyserne viser, at FoU-aktive virksomheder har en højere værditilvækst per ansat og at forskning og udvikling øger erhvervslivets værditilvækst markant.

Værditilvæksten stiger 1 procent for hver 10 procent øget FoU-kapital hos de FoU-aktive virksomheder. Det svarer til at en øget FoU-kapital på én mia. kr. hos de FoU-aktive virksomheder alene vil øge de FoU-aktive virksomheders værditilvækst med 345 mio. kr. det første år. Det svarer til et afkast af FoU-kapital på 34 procent. Set i forhold til hele erhvervslivet, dvs. både FoU-aktive og FoU-inaktive virksomheder, findes det, at værditilvæksten stiger 0,2 procent for hver 10 procent øget FoU-kapital. Det svarer til, at en øget FoU-kapital på én mia. kr. vil øge erhvervslivets værditilvækst med 112 mio. kr. det første år. Det svarer ligeledes til et afkast af FoU-kapital på 11 procent. Umiddelbart er effekten af ekstra FoU-kapital således størst hos de virksomheder, som allerede er FoU-aktive. Ligeledes øges værditilvæksten i virksomhederne proportionalt med uddannelsesniveaueet blandt medarbejderne.

FoU-aktive virksomheder har ikke en højere beskæftigelsesvækst end andre virksomheder. Det har derimod virksomheder, som er innovative på anden vis end ved at være FoU-aktive. De FoU-aktive virksomheder har dog en lidt højere beskæftigelsesvækst af højtuddannede medarbejdere end de FoU-inaktive virksomheder har.

De forskningspolitiske implikationer af analyserne er, at der nu findes analytisk belæg for at øge både andelen af virksomheder, som er FoU-aktive, og omfanget af FoU-aktiviteterne i de FoU-aktive virksomheder. Begge dele øger værditilvæksten i dansk erhvervsliv. Ansættelse af forskeruddannet arbejdskraft er en effektiv måde til at implementere et mål om at øge erhvervslivets værditilvækst gennem øgede FoU-aktiviteter.

1. Analysernes hovedresultat

Danske virksomheder er i dag stillet overfor en skarp international konkurrence. Danmark og resten af Vesteuropa oplever således i stigende grad at produktion bliver flyttet til Østeuropa og Asien, hvor specielt lønomkostningerne er lavere og hvor udbuddet af veluddannet og anden efterspurgt arbejdskraft er stort. Tilstrækkelig værditilvækst i danske virksomheder er således central for deres beskæftigelse og konkurrenceevne på mellemlangt sigt, hvilket kort sagt afgør virksomhedernes overlevelse i Danmark. Værditilvækst kan øges ved at sænke omkostningerne, hvilket vil sige, at virksomhederne skal konkurrere på lønudgifter, eller ved at udvikle unikke og avancerede produkter og ydelser med et højt videnindhold, hvilket vil sige, at virksomhederne skal konkurrere på kompleksitet og nyskabelse i produktionen.

Erfaringerne i de seneste årtier med flytning af produktion til udlandet viser, at lønkonkurrence ikke er vejen frem. Omvendt viser erfaringerne, at medarbejdere, som bliver arbejdsløse ved flytning af produktion, relativt hurtigt finder anden beskæftigelse. Denne dynamik i arbejdsmarkedet sikres ved en kontinuerlig fornyelse af arbejdsmarkedets produktion og ydelser, således at der arbejdes indenfor områder, hvor dansk erhvervsliv har en positiv konkurrencefordel.

Tilstrækkelig fornyet videnindhold i virksomhedernes produktion og ydelser kræver en basis af basal ny viden via FoU, der kan udbredes og anvendes mere bredt i de danske virksomheders innovation. FoU understøtter således hele erhvervslivets innovation og produktion og sikrer derved generelt beskæftigelsen på sigt. Derfor er rapportens hypotese, som testes i de følgende analyser, at FoU-aktive virksomheder har en større værditilvækst, fordi de skal have et ekstra positivt afkast af investeringerne i FoU, men at FoU-aktive virksomheder ikke nødvendigvis behøver at have en større generel beskæftigelsesvækst end andre virksomheder. Dog forventes en højere beskæftigelsesvækst af højtuddannede blandt de FoU-aktive virksomheder, da uddannelse alt andet lige øger virksomhedernes FoU-kompetencer og dermed konkurrenceevne fremover.

Hypotese 1:

- *FoU-aktive virksomheder har en større værditilvækst end FoU-inaktive virksomheder.*

Hypotese 2:

- *FoU-aktive virksomheder har ikke nødvendigvis en generel større beskæftigelsesvækst, men har en større beskæftigelsesvækst af højtuddannede medarbejdere.*

I rapporten kortlægges i hvilket omfang forskning og udvikling, FoU, og anden innovation samt viden og evne til at anvende viden (absorptionskapacitet) i danske virksomheder påvirker deres værditilvækst og beskæftigelse. Potentialet for økonomisk vækst forklares ofte med evnen til at være innovativ og fornyende. Virksomheder, der investerer i forskning og udvikling, FoU, eller mere bredt defineret i forskellige former for innovation antages derfor at generere mere økonomisk vækst end andre sammenlignelige virksomheder. Samfundsafkastet af investeringer i FoU er ligeledes teoretisk langt større end det virksomhedsspecifikke afkast, da den genererede viden typisk kan deles og bruges af mange virksomheder; selv hvis den er beskyttet via patenter eller hemmeligholdelse vil den genererede viden og teknik på et eller andet tidspunkt blive bredere tilgængelig. Samfundsafkastet af FoU-investeringer er da også i flere udenlandske undersøgelser fundet væsentlig større end det virksomhedsspecifikke afkast, jvf. for eksempel Smith (2002) for en omfattende diskussion.² I litteraturen refereres eksempelvis afkast over 20 procent på virksomhedsniveau og 50 procent på samfundsniveau. Samfundet har derfor en stor interesse i at understøtte betingelserne for erhvervslivets FoU, idet afkastet til erhvervslivets FoU-kapital vil være et klart minimumsestimat for samfundets afkast.³

Rapporten identificerer afkastet til FoU-kapital samt hvilke FoU-relaterede faktorer, som påvirker virksomhedernes vækst. Først estimeres værditilvæksten som i Smith m.fl. (2000) for dansk erhvervsliv i 2001. Virksomhederne i undersøgelsen udgør datamaterialet bag forskningsstatistikken for 2001 fra Analyseinstitut for Forskning, jvf. AFSK (2003). Dernæst estimeres beskæftigelsesvæksten for virksomhederne.

Definition af værditilvækst

Værditilvækst er i denne rapports analyser defineret som virksomhedernes produktion fratrukket forbrug i produktionen. Værditilvæksten er således hverken fratrukket forbrug af fast realkapital eller løn til ansatte.

Hovedresultater i rapporten:

Gennemgående findes det i analyserne, at virksomhedernes forskning og udviklingsarbejde øger deres værditilvækst. Ligeledes findes en positiv sammenhæng mellem FoU, uddannelsesniveau og beskæftigelsesvækst.

Rapportens hovedkonklusion er derfor, at

² Olesen-Larsen (2003) kritiserer dog disse undersøgelser og konklusionerne baseret på dem for at være lidet generaliserbare for dansk erhvervsliv. Undersøgelserne er hovedsageligt udenlandske, udført på specifikke dele af erhvervslivet (eller dele af fremstillingsindustrien) og typisk af ældre dato. Alligevel må det formodes at en del af resultaterne er globalt gældende grundet teorien og kravet om ens afkast af investeringer på et frit globalt marked med (næsten) frie kapitalbevægelser.

³ Forskellen mellem samfundsafkastet og det virksomhedsspecifikke afkast er den maksimale støtte som samfundet logisk kan forsvare at understøtte erhvervslivets FoU med.

Hovedresultat 1:

- *FoU-aktive virksomheder har en større værditilvækst end FoU-inaktive virksomheder.*
 - *Værditilvæksten er 40 procent større per ansat.*
 - *De FoU-aktive virksomheder har knap 50 procent af den samlede værditilvækst i erhvervslivet selvom de kun udgør 17 procent af alle virksomhederne i undersøgelsen.*
 - *Afkastet til FoU-kapital er signifikant positivt. Afkastet er cirka 34 procent blandt de FoU-aktive virksomheder og cirka 11 procent i hele erhvervslivet.*
- *Virksomheder med forskeruddannede ansatte har et højere afkast af FoU-kapital.*
 - *Elasticitetskoefficienten til FoU-kapital øges med 0,1-0,2 procent for hver procentpoint ekstra de forskeruddannede udgør af virksomhedens ansatte.*

Hovedresultat 2:

- *FoU-aktive virksomheder har **ikke** en generel større beskæftigelsesvækst.*
- *Virksomheder med permanente FoU-aktiviteter har cirka en 6 procent større årlig beskæftigelsesvækst blandt højtuddannede.*
 - *Den årlige beskæftigelsesvækst blandt højtuddannede stiger cirka 0,06 procentpoint for hver procent ekstra FoU-kapital.*
- *Servicesektoren har en generel højere årlig beskæftigelsesvækst på cirka 8 procent, som er uafhængig af FoU-status i virksomhederne.*
 - *Tendensen er et par procentpoint mindre blandt de højtuddannede.*

Lidt mere detaljeret er rapportens konklusioner gengivet i afsnit 2 og 3 vedrørende henholdsvis værditilvækst og beskæftigelsesvækst.

De fundne resultater af analyserne understøtter således en række andre empiriske resultater om positiv korrelation mellem investeringer i FoU og produktivitetsvækst, jvf. eksempelvis DØRS (1997), Smith m.fl. (2000, 2001), Smith (2001, 2002) samt Salter og Martin (1999). Ligeledes er der overensstemmelse mellem de fundne resultater mht. beskæftigelsesvækst i denne rapport og tilsvarende konklusioner i eksempelvis et nyere tysk studie af Krawczyk m.fl. (2004) og danske studier af eksempelvis Ingeniørforeningen (2004) og Drejer m.fl. (2004).

Konklusionerne, om at FoU-investeringer øger den nationale vækst, er således givetvis korrekte, men kausaliteten er både tidsmæssigt og strukturelt mere kompleks end en lineær sammenhæng mellem FoU-investeringer og vækst i eksempelvis BNP tilsiger. Denne kompleksitet beskrives bedst ved betydningen af nationale innovationssystemer som defineret i eksempelvis Lundvall (1999). En sammenstilling af tre gængse teoretiske hovedskoler nævnt i Smith (2001, 2002)

giver således også en ganske god beskrivelse af de mange faktorer som alle synes at medvirke i det komplekse net af kausalitetsretninger i innovationssystemet.⁴ I denne rapportes virksomhedsbaserede modellering af værditilvækst og beskæftigelse benyttes således interaktionseffekter fra den evolutionære teori og den dynamiske kapabilitetsskole på FoU-kapitalen fra den teknologi-økonomiske paradigme modellering for at teste signifikansen af disse. Basis er dog i alle analyserne det teknologi-økonomiske paradigme, hvor viden opbygges gennem investeringer i innovation; viden som genererer ekstra værditilvækst.

I appendiks 1 præsenteres de anvendte teoretiske og empiriske modelleringer, således at det næste afsnit 2 giver en beskrivelse af undersøgelsens virksomheder; herunder præsenteres en række deskriptive oversigter over danske virksomheders værditilvækst, beskæftigelsesvækst og FoU-karakteristika. Analyseresultaterne præsenteres og kommenteres i afsnit 3.

2. Resultater og karakteristika for virksomhederne

Det primære datasæt i analyserne er virksomhederne i "Erhvervslivets forsknings- og udviklingsarbejde; forskningsstatistik 2001" (AFSK, 2003), jvf. appendiks 1, afsnit A.1.3. Datamaterialet indeholder data om danske virksomheders forskning, udviklingsarbejde og anden innovation. Datamaterialet repræsenterer 18381 virksomheder, jvf. AFSK (2003). Det svarer til 2465 uvægtede virksomheder. Heraf har det kun været muligt at genfinde 2228 virksomheder med valide værdier på værditilvækst i firmastatistikken hos Danmarks Statistik. De uvægtede 2228 virksomheder repræsenterer vægtet 2929 virksomheder med positiv FoU-kapital og 14025 virksomheder uden, dvs. henholdsvis 17 og 83 procent jvf. tabel 4. Nutidsværdien af virksomhedernes FoU-investeringer (FoU-kapital) findes som beskrevet i appendiks 2 baseret på datamaterialet for årene forud for 2001. Datamaterialets virksomheder er matchet med oplysninger om virksomhedernes værditilvækst, vækst i antal ansatte og medarbejdernes uddannelsessammen-sætning hos Danmarks Statistik.

2.1 Karakteristika for virksomheder i 2001

Knap hver sjette virksomhed i undersøgelsen var FoU-udførende i 2001, jvf. tabel 1. Hver tredje af de FoU-udførende virksomheder havde egen permanent FoU-afdeling. Udover de 15 procent FoU-udførende virksomheder var yderligere godt hver ottende

⁴ De tre teoretiske hovedskoler er:

- 1) Den evolutionære teori, hvor institutionelle forhold og netværk tillægges stor værdi.
- 2) Det teknologi-økonomiske paradigme, hvor viden opbygges gennem investeringer i innovation.
- 3) Den dynamiske kapabilitetsskole, hvor human kapital, eksempelvis i form af absorptionskapacitet, tillægges stor værdi via det lærende individ, og hvor det dynamiske aspekt opstår ved læring hos det enkelte individ, eksempelvis via "learning by doing".

virksomhed på anden vis innovativ. I alt var således godt hver fjerde danske virksomhed i undersøgelsen innovativ. Andelene varierer dog væsentlig mellem brancher og virksomhedsstørrelser. For eksempel er 55 procent af de repræsenterede virksomheder i medico branchen og 53 procent af de store virksomheder med over 249 ansatte FoU-udførende i 2001. Disse virksomhedstyper har også oftest forskeruddannede ansat, jvf. tabel 1.⁵

Tabel 1 Virksomhederne i undersøgelsen; værdier for år 2001

Branche	Innovative			Forsker- uddan- nede ansat	Andel virksom- heder	Andel ansatte
	FoU- udførende	men ej FoU- udførende	Egen FoU- afdeling			
	----- Andel virksomheder angivet i procent -----					
Fremstillingssektoren						
Lavteknologisk	11	18	3	0	17	19
Mellemlavteknologisk	13	13	5	1	11	9
Medico	55	10	29	24	1	3
IKT fremstilling	21	17	15	2	4	4
Øvrig høj- og mellemhøjteknologisk	35	12	16	3	9	12
Servicesektor						
IKT Service	36	13	16	6	6	7
Øvrige Vidensservice	17	15	7	3	17	13
Øvrige sektor	6	10	2	0	35	32
Virksomhedsstørrelse						
Under 50 ansatte	12	12	5	1	84	25
50 til 99 ansatte	20	18	7	2	9	13
100-249 ansatte	33	20	18	5	5	16
Over 249 ansatte	53	19	33	20	3	46
Alle virksomheder	15	13	6	2	100	100

Note: Antal uvægtede observationer er maksimalt 2228.

Alle virksomheder i undersøgelsen:

- *Brancherne medico, IKT service og øvrig høj og mellemhøjteknologisk fremstilling har den største andel FoU-udførende virksomheder med henholdsvis 55, 36 og 35 procent af virksomhederne i brancherne.*
- *Andelen af FoU-udførende virksomheder stiger kraftigt med virksomhedsstørrelsen fra godt 10 procent af de små virksomheder til over halvdelen af de store virksomheder.*
 - *Langt hovedparten, 84 procent, af virksomhederne har under 50 ansatte.*
 - *De store virksomheder har hovedparten, 46 procent, af de ansatte.*

⁵ Forskeruddannede er defineret som ansatte med en ph.d.-grad eller lignende.

- *Knap 40 procent af virksomhederne arbejder indenfor høj og mellemhøjteknologisk fremstilling samt vidensservice. De beskæftiger 40 procent af alle ansatte.*

Der er stor overensstemmelse mellem karakteristika for virksomheder som er FoU-udførende i 2001 og virksomheder med positiv FoU-kapital i 2001. Den sidste gruppe er naturligt lidt større i antal virksomheder, da den indeholder virksomheder, der indenfor de sidste ti år har været FoU-udførende i mindst et af årene, jvf. tabel 4.

Det betyder, at den samme store branche- og størrelsesbetingede variation kan genfindes i gennemsnitsværdierne for FoU-ressourcer hos de FoU-aktive virksomheder, jvf. tabel 2 og 4. Det er tydeligt, at der er en stor forskel i værdierne mellem brancher og virksomhedsstørrelser. Valget af disse ekstra forklarende variable i modelleringen af produktiviteten og beskæftigelsesvæksten afspejler ambitionerne om at forklare virksomhedernes vækst ved hjælp af interaktioner med deres virksomhedsspecifikke karakteristika, herunder en branche- og størrelsesinddeling.

Tabel 2 FoU-aktive virksomheder i undersøgelsen; værdier for år 2001, antal, procent og 1000 DKK

Branche	FoU-personel	FoU-personel pr. ansat	FoU-udgifter/omsætning	FoU-drifts-udgifter/FoU-personel	FoU-kapital/FoU-personel	Andel virksomheder	Andel ansatte
---- Gennemsnit betinget af positiv FoU-kapital ----							
Fremstillingssektoren							
Lavteknologisk	5	3	1	269	1895	13	22
Mellemlavteknologisk	5	6	2	281	1889	11	11
Medico	71	32	15	514	2465	3	7
IKT fremstilling	24	23	7	412	2109	7	6
Øvrig høj- og mellemhøjteknologisk	13	16	6	352	2314	20	24
Servicesektor							
IKT Service	13	35	25	564	1916	16	12
Øvrige Vidensservice	13	49	22	302	1464	19	9
Øvrige sektor	3	9	2	334	1201	11	9
Virksomhedsstørrelse							
Under 50 ansatte	4	29	13	314	1126	65	10
50 til 99 ansatte	8	11	6	351	1343	13	8
100-249 ansatte	16	10	8	554	2100	13	18
Over 249 ansatte	74	9	4	519	2415	9	65
Alle virksomheder	12	23	11	364	1996	100	100

Note: Antal uvægtede observationer er maksimalt 662.

FoU-aktive virksomheder i undersøgelsen:

- *Brancherne medico, videnservice og IKT har den største FoU-intensitet uanset om den måles ved andel FoU-personel eller FoU-driftsudgifter per omsætning.*
 - *FoU-intensiteten falder med virksomhedsstørrelsen.*
- *Brancherne Medico og IKT udfører den dyreste FoU per FoU-personel og har den største FoU-kapital per FoU-personel.*
 - *FoU-kapitalen per FoU-personel stiger med virksomhedsstørrelsen.*
- *Hovedparten, 65 procent, af de FoU-aktive virksomheder har under 50 ansatte. De store virksomheder har langt hovedparten, 65 procent, af de ansatte.*
- *65 procent af de FoU-aktive virksomheder er indenfor høj og mellemhøjteknologisk fremstilling samt videnservice. De beskæftiger knap 60 procent af alle ansatte i de FoU-aktive virksomheder.*

Virksomhedernes samlede aktiver, indeholder også virksomhedernes FoU-relaterede kapital, FoU-kapital, der opgøres som investeringer i følge den danske regnskabslov. Medtages virksomhedernes FoU-kapital som forklaring på virksomhedernes produktivitet opstår der en dobbelttælling af en del af virksomhedernes aktiver. Denne del fratrækkes derfor virksomhedernes aktiver for at disse bliver retvisende for virksomhedernes øvrige aktiver. Gennemsnittet af virksomhedernes FoU-kapital opgjort som nutidsværdien af 10 års investeringer og med en årlig afskrivningsrate på 20 procent er vist i tabel 3 sammen med udvalgte FoU-relaterede virksomhedskarakteristika. Gennemsnit af FoU-kapitalen opgjort efter andre metoder er givet i tabel A.3.1 i appendiks 3. De fem forskellige måder at opgøre FoU-kapitalen giver ikke væsentlige forskelle i gennemsnittet af FoU-kapitalen. Således er FoU-kapitalen opgjort over en femårs periode kun marginalt lavere end opgjort over en 10-års periode.

Tabel 3 FoU-relateret virksomhedsstatistik for alle virksomheder i 2001, mio. DKK og antal

Variable	Gennemsnit	Minimum	Maksimum
FoU-kapital ¹⁾ betinget af positiv	20,4	0	4228
Øvrige aktiver (eksklusiv FoU-kapital ¹⁾)	128,8	0	55890
FoU-personel	1,8	0	1786
Antal ansatte (eksklusiv al FoU-personel)	50,2	0	11367
FoU-årsværk	1,4	0	1686
Antal Årsværk (eksklusiv al FoU-årsværk)	45,4	0	10136

Maksimal antal observationer (uvægtet): 2228

Note: ¹⁾ Akkumuleret over ti år og afskrevet med 20 procent om året. For gennemsnit af de øvrige FoU-kapitalmål opgjort efter de beskrevne metoder i appendiks 2, se tabel A.3.1 i appendiks 3.

I opgørelsen af virksomhedernes FoU-kapital er nutidsværdien af virksomhedernes lønudgifter til FoU-personel medtaget. For år 2001 medgår denne udgift 100 procent

i FoU-kapitalen. Der vil derfor være en form for dobbelttælling af FoU-personel via virksomhedens samlede antal ansatte og via FoU-kapitalen. Den forklarende variabel antal ansatte i produktionsfunktionen reduceres derfor med FoU-personalet.⁶ I de analyser af produktiviteten, hvor FoU-personel indgår som en selvstændig variabel fjernes lønudgiften i år 2001 fra FoU-kapitalen for at undgå en tilsvarende dobbelttælling, jvf. resultaterne i tabel 8 og 10.⁷

2.2 Værditilvækst

Den gennemsnitlige værditilvækst per ansat hos virksomhederne i de forskellige brancher og virksomhedsstørrelser er fundet og angivet i tabel 4. Værditilvæksten anvendes til at måle virksomhedernes produktivitet i analyserne i afsnit 3.

Umiddelbare forskelle i gennemsnit over brancher og virksomhedsstørrelser indikerer således niveauforskelle imellem disse grupper ligesom forskel i værditilvækst per ansat hos virksomheder med og uden FoU-kapital indikerer, om de FoU-aktive virksomheder har en højere gennemsnitlig værditilvækst. Tallene i tabel 4 viser ikke om virksomhederne har et positiv afkast af deres FoU-kapital, kun om de har en højere værditilvækst per ansat. Den højere værditilvækst kan nemlig skyldes andre faktorer såsom branche, medarbejdersammensætning eller kapitalintensitet i virksomhederne.

Definition af værditilvækst

Værditilvækst er i denne rapport analyser defineret som virksomhedernes produktion fratrukket forbrug i produktionen. Værditilvæksten er således hverken fratrukket forbrug af fast realkapital eller løn til ansatte.

Som det ses i tabel 4 er der væsentlige forskelle i retning af, at medico og IKT brancherne samt de store virksomheder har den højeste værditilvækst per ansat. I alle grupper har virksomhederne med positiv FoU-kapital større gennemsnitlig værditilvækst per ansat end hos virksomhederne uden. Generelt ser det således ud til at FoU-kapital korrelerer positivt med virksomhedernes værditilvækst per medarbejder.

Den relativ lille forskel i værditilvækst per ansat hos de helt små virksomheder med og uden FoU-kapital skyldes at relativt mange IKT virksomheder med en høj værditilvækst per ansat trækker gennemsnittet op for virksomhederne uden FoU-kapital i denne gruppe. Ligeledes ser det ud til at have en betydning for evnen til at

⁶ Undtaget er dog opgørelsen af FoU-kapitalen opgjort ved Bayers (2003) metode, hvor der er en delvis straksafskrivning, jvf. appendiks 2. Variablen for antal ansatte reduceres derfor kun forholdsmæssigt tilsvarende.

⁷ Som i ovenstående fodnote fjernes kun en forholdsmæssig andel når Bayers FoU-kapitalmål anvendes.

skabe værditilvækst, at virksomhederne er små (og yngre), når de ikke har FoU-aktiviteter til at understøtte væksten. Korrelationen mellem værditilvækst per ansat og virksomhedsstørrelsen er således lille men signifikant negativ for virksomhederne uden FoU-kapital, mens den er positiv men dog insignifikant for virksomhederne med positiv FoU-kapital. For disse virksomheder er der i stedet en signifikant positiv korrelation på 0,4 mellem værditilvækst per ansat og FoU-kapital per ansat. Således understøtter disse resultater tidligere studier i eksempelvis DISKO-projektet, at der er flere typer virksomheder i erhvervslivet; en række passive små såvel som store virksomheder med lav værditilvækst, en række små virksomheder på vej op med en stor værditilvækst samt en række større virksomheder med stor aktivitet og stor værditilvækst.

Værditilvækst:

- *FoU-aktive virksomheder har en 40 procent større værditilvækst per ansat.*
 - *Forskellen er størst indenfor brancherne medico og øvrig vidensservice med henholdsvis 161 og 50 procent.*
 - *Samt hos de helt store virksomheder hvor forskellen er 77 procent.*
- *Brancherne medico, IKT service og til dels IKT fremstilling har den største værditilvækst per ansat.*
 - *FoU-aktive virksomheder med over 250 ansatte har en 25 procent højere værditilvækst per ansat end virksomheder med under 250 ansatte.*

Tabel 4 viser endvidere andelen af virksomheder, der har positiv FoU-kapital i de forskellige grupperinger af virksomhederne. Medico branchen topper med 64 procent FoU-aktive virksomheder efterfulgt af øvrig høj- og mellemhøjteknologisk fremstillingsindustri og IKT-branchen. Andelen af FoU-aktive virksomheder stiger også med virksomhedsstørrelsen, og der er en positiv sammenhæng mellem brancher med stor andel FoU-aktive virksomheder og branchens gennemsnitlige virksomhedsstørrelse, undtagen indenfor IKT service branchen, hvor også mange mindre virksomheder har positiv FoU-kapital, dvs. er FoU-aktive.

FoU-kapital:

- *Knap hver femte virksomhed, 17 procent, har en positiv FoU-kapital.*
- *Knap hver tredje virksomhed indenfor høj og mellemhøj teknologisk fremstilling og vidensservice har en positiv FoU-kapital.*
 - *To ud af tre virksomheder i medico branchen har en positiv FoU-kapital.*
- *Hver anden virksomhed med over 100 ansatte har en positiv FoU-kapital.*
 - *Hver syvende virksomhed med færre end 100 ansatte har en positiv FoU-kapital.*

Værditilvækst og FoU-kapital:

- *En andel på knap 20 procent af virksomhederne har positiv FoU-kapital og en 40 procent højere værditilvækst per medarbejder end de øvrige godt 80 procent FoU-inaktive virksomheder.*

Tabel 4 Gennemsnitlig værditilvækst per ansat i 2001 fordelt på brancher og virksomhedsstørrelser, 1000 DKK og andel i procent

Branche	Gennemsnitlig						Alle virksomheder Værditilvækst pr. ansat
	Virksomheder uden FoU-kapital		Virksomheder med positiv FoU-kapital	Værditilvækst pr. ansat	For-skel ¹⁾	An-del ²⁾	
Fremstillingssektoren							
Lavteknologisk	361	<<	477	32	14	38,5	416
Mellemlavteknologisk	382	<	412	8	17	50,0	397
Medico	353	<<<	922	161	64	554,5	909
IKT fremstilling	423	<<	546	29	29	341,6	490
Øvrig høj- og mellemhøjteknologisk	397	<	434	9	39	178,7	427
Servicesektor							
IKT Service	600	<	706	18	43	222,3	676
Øvrige Vidensservice	325	<<<	486	50	19	292,5	372
Øvrige sektor	366	<	425	16	6	41,7	373
Virksomhedsstørrelse							
Under 50 ansatte	424	<	448	6	13	216,0	428
50 til 99 ansatte	374	<	437	17	26	112,3	390
100 til 249 ansatte	355	<	420	18	47	147,7	385
Over 249 ansatte	319	<<<	564	77	60	176,8	461
Alle virksomheder	371	<<	517	39	17	170,6	431

Note: Kun værdier for de 2228 valide observationer i datasættet. ¹⁾ Angiver hvor mange procent højere værditilvæksten per ansat er hos de FoU-aktive virksomheder i forhold til de FoU-inaktive virksomheder.

²⁾ Andel af alle virksomheder i branchen eller størrelsesgruppen, som har positiv FoU-kapital.

2.3 Beskæftigelsesvækst

For alle virksomhederne i undersøgelsen er antallet af ansatte samt de ansattes uddannelsesniveau fundet for årene 1996, 1999 og 2001 fra Danmarks Statistiks arbejdsmarkedsdatabase, IDA. Informationerne benyttes til at beregne beskæftigelsesvæksten i virksomhederne på kort sigt, 1999-2001, og på mellemlangt

sigt, 1996-2001.⁸ Uddannelsesoplysningerne benyttes til at finde virksomhedernes ændringer i medarbejderstaben samt udregne vækstrater for virksomhedernes ansatte medarbejdere.

Da det ikke er muligt at finde alle virksomhederne i årene forud for 2001, er der færre virksomheder i sammenligningerne end de 2228 virksomheder, som udgør bruttosamplet, jvf. tabel 5. Nogle virksomheder er for nye, andre eksisterede i andre sammenhænge med andre ejere eller koncernsammenhænge. Bortfaldet sker usystematisk og indenfor alle kategorier af virksomheder. De fundne vækstrater kræver, at virksomhederne eksisterer i begge år, hvorfor vækstraterne umiddelbart vil være overestimerede, da eksempelvis virksomheder, som forsvinder i perioden, typisk er større end virksomheder, som i perioden starter op, ligesom der er virksomheder, som ekspanderer via opkøb af andre virksomheder. Forskellen i antal ansatte i virksomheder, som forsvinder og virksomheder som ekspanderer kan illustreres ved, at den generelle beskæftigelse i den private sektor i perioden ikke er steget meget.

Læsevejledning

Niveauet af de fundne vækstrater er derfor ikke direkte overførbart til hele økonomien, men alene anvendelig til at illustrere forskelle mellem brancher og virksomhedsstørrelser.

Beskæftigelsesvæksten er derfor gældende for virksomheder som

- Eksisterer i begge sammenligningsår
- Eksisterer i 2001 samplet af valide virksomheder

Definition af højtuddannede

Højtuddannede er i denne rapport analyser defineret som ansatte med en bacheloruddannelse, lang videregående uddannelse eller forskeruddannelse.

Tabel 5 viser, at virksomhederne i undersøgelsen havde en relativ lille årlig gennemsnitlig vækst på 3.9 procent flere ansatte i perioden 1999-2001 (kort sigt). Væksten i højtuddannede i samme periode var en anelse mindre. I perioden 1996-01 (mellemlangt sigt) har den årlige vækstrate været noget større med 5.9 procent. Tallene indikerer, at virksomhederne i perioden 1996-99 har haft væsentlig højere vækstrater end i perioden 1999-01.

⁸ Beskæftigelsesvækst er defineret som nettoændring i antal ansatte i perioden divideret med antal ansatte i startåret. Perioden er henholdsvis 2 år (1999-2001) og 5 år (1996-2001) og måler beskæftigelsesvæksten på kort og mellemlangt sigt.

Resultatet i tabel 5 afviger fra rapportens øvrige resultater fordi:

- *Vækstraten for højtuddannede ansatte er i tabel 5 mindre end for alle ansatte fordi gennemsnittet er taget over alle virksomheders individuelle vækstrater. De mange virksomheder uden højtuddannede ansatte har en vækstrate på 0 hvilket trækker den gennemsnitlige vækstrate for de højtuddannede ned. Som tabel 6 og 7 viser, er erhvervslivets vækstrate for højtuddannede medarbejdere væsentlig højere end væksten for de øvrige ansatte.⁹*

Tabel 5 Virksomhedernes gennemsnitlige beskæftigelsesvækst⁹

Variabel	Årlig vækstrate	Gennemsnit	Minimum	Maksimum	Antal virksomheder
Kort sigt (1999-2001)					
Alle	3.9	0.08	-0.72	2.86	1959
Højtuddannede	3.0	0.06	-1.00	8.00	1959
Langt sigt (1996-2001)					
Alle	5.9	0.33	-0.71	9.50	1692
Højtuddannede	4.7	0.26	-1.00	10.00	1692

Note: Vækstraten for højtuddannede ansatte er i tabel 5 mindre end for alle ansatte fordi gennemsnittet er taget over alle virksomheders individuelle vækstrater. De mange virksomheder uden højtuddannede ansatte har en vækstrate på 0, hvilket trækker den gennemsnitlige vækstrate for de højtuddannede ned. Som tabel 6 og 7 viser, er erhvervslivets vækstrate for højtuddannede medarbejdere væsentlig højere end væksten for de øvrige ansatte. Højtuddannede er defineret som bachelor, lang videregående uddannelse eller forskeruddannelse.

Tabel 6 og 7 samt tabel A.3.2 i appendiks 3 viser væksten i antal ansatte i virksomhederne i perioderne 1999-01, 1996-01 og 1996-99 indenfor forskellige brancher og størrelsesgrupper samt for alle beskæftigede og for højtuddannede alene. Som talmaterialet tydeligt viser, er den største beskæftigelsesvækst sket i perioden 1996-99 uanset om virksomhederne er FoU-aktive eller ej og uanset om det gælder højtuddannede eller alle ansatte.

Ligeledes er det en generel trend i datamaterialet, at væksten i højtuddannede ansatte er større end væksten i øvrige ansatte. Derimod er væksten i alle ansatte hos virksomheder med FoU-kapital umiddelbart mindre end væksten i alle ansatte hos de øvrige virksomheder. Det kan også indirekte ses, at væksten i øvrige ansatte generelt er mindre hos virksomhederne med FoU-kapital sammenlignet med virksomheder uden og at væksten i højtuddannede ansatte kun er større i perioden 1996-99 hos virksomheder med FoU-kapital sammenlignet med virksomheder uden, dog så meget, at det også gælder for hele perioden.

⁹ I tabel 6 og 7 udregnes vækstraterne på basis af ændringen i antal højtuddannede i hele erhvervslivet, de specifikke brancher og størrelsesgrupper hvorfor virksomheder uden højtuddannede ikke påvirker vækstraterne i nedadgående retning.

Beskæftigelsesvækst generelt (jvf. tabel 6 og 7):

- *Beskæftigelsesvæksten har været større i perioden 1996-99 end i perioden 1999-01, også omregnet til årlige vækstrater.*
- *Beskæftigelsesvæksten for højtuddannede er større end beskæftigelsesvæksten for øvrige ansatte.*
- *Beskæftigelsesvæksten er **ikke** større for FoU-aktive virksomheder.*
 - *I perioden 1996-99 er væksten dog højere for højtuddannede ansatte.*

Branchemæssigt har fremstillingssektoren en stabil positiv vækst i beskæftigelsen for de højtuddannede og en mindre nærmest neutral udvikling i beskæftigelsen for de øvrige ansatte. Det kan ses i tabel 6, at virksomheder uden FoU-kapital i branchen af øvrige høj og mellemhøjteknologisk fremstilling i speciel grad taber terræn i perioden 1999-01. Tendensen er knap så udpræget for hele perioden, jvf. tabel 7.

Tabel 6 Gennemsnitlig vækst i antal ansatte i alt og i antal højtuddannede ansatte på kort sigt (1999-01); procent

Branche	FoU-kapital=0		FoU-kapital>0		Alle	
	Alle	HU	Alle	HU	Alle	HU
Fremstillingssektoren	----- procent -----					
Lavteknologisk	0	16	0	13	0	15
Mellemlavteknologisk	4	7	-4	11	0	10
Medico	-6	0	7	10	6	10
IKT fremstilling	5	-7	-3	4	0	2
Øvrig høj- og mellemhøjteknologisk	-3	-17	0	10	-1	7
Servicesektor						
IKT Service	16	23	21	19	19	20
Øvrige Vidensservice	16	17	3	8	12	12
Øvrige sektor	5	15	10	20	6	16
Virksomhedsstørrelse						
Under 50 ansatte	2	10	4	17	2	12
50 til 99 ansatte	7	30	1	12	5	21
100 til 249 ansatte	7	13	3	5	5	8
Over 249 ansatte	8	19	2	11	4	12
Alle virksomheder	5	15	2	11	4	12
Antal virksomheder (uvægtet)	1369		590		1959	

Note: Højtuddannede er defineret som bachelor, lang videregående uddannelse eller forskeruddannelse. Antal virksomheder er mindre end totalen på 2228 virksomheder, da kun virksomheder, der matcher i begge år indgår i opgørelserne. Den årlige vækstrate kan udregnes som $(1+\text{vækstraten})^{(1/2)}$.

Ligeledes kan IKT sektorens besværligheder i 2001 aflæses i en lav beskæftigelsesvækst for perioden 1999-01 for specielt IKT fremstilling. IKT service sektoren klarer sig derimod væsentligt bedre. Generelt udviser vidensservicesektoren og IKT service sektoren den klart største beskæftigelsesvækst i perioden. Gruppen

af øvrige sektorer udviser ligeledes en bemærkelsesværdig høj beskæftigelsesvækst, som primært hidrører fra handels, finans og transportsektoren. Vækstraterne er som ovenfor nævnt overestimerede, da virksomheder lukket i perioden ikke er med.

Beskæftigelsesvækst over brancher:

- *Servicesektoren har den største beskæftigelsesvækst, cirka 8 procentpoint højere end resten af erhvervslivet.*
- *FoU-inaktive virksomheder indenfor Øvrige høj og mellemhøjteknologiske virksomheder har en lavere beskæftigelsesvækst, specielt af højtuddannede.*
- *Branchen IKT fremstilling og handel klarer sig væsentligt dårligere end branchen IKT service.*

Tabel 7 Gennemsnitlig vækst i antal ansatte i alt og i antal højtuddannede ansatte på mellemlangt sigt (1996-01); procent

Branche	FoU-kapital=0		FoU-kapital>0		Alle	
	Alle	HU	Alle	HU	Alle	HU
Fremstillingssektoren	----- procent -----					
Lavteknologisk	3	45	10	48	5	47
Mellemlavteknologisk	13	15	2	32	7	27
Medico	9	0	30	52	29	52
IKT fremstilling	15	14	11	41	12	36
Øvrig høj- og mellemhøjteknologisk	8	29	2	31	3	31
Servicesektor						
IKT Service	48	73	63	86	57	82
Øvrige Vidensservice	46	40	18	40	35	40
Øvrige sektor	16	36	17	44	16	38
Virksomhedsstørrelse						
Under 50 ansatte	9	31	14	46	10	36
50 til 99 ansatte	16	59	6	44	13	51
100 til 249 ansatte	27	72	12	47	19	54
Over 249 ansatte	17	30	9	45	12	42
Alle virksomheder	15	40	10	46	13	44
Antal virksomheder (uvægtet)	1168		524		1692	

Note: Højtuddannede er defineret som bachelor, lang videregående uddannelse eller forskeruddannelse. Antal virksomheder er mindre end totalen på 2228 virksomheder, da kun virksomheder, der matcher i begge år indgår i opgørelserne. Den årlige vækstrate kan udregnes som $(1+vækstraten)^{(1/5)}$.

Væksten i beskæftigelse ligger indenfor alle størrelseskategorier. Generelt er væksten størst blandt de mellemstore virksomheder med 50-249 ansatte. De helt små og de helt store virksomheder har den mindste vækst i perioden, men forskellene er ikke store mellem virksomheder af forskellig størrelse. Således har de

små FoU-aktive virksomheder den største beskæftigelsesvækst i perioden 1999-01. De små virksomheder ser umiddelbart ud til at være mindre konjunkturfølsomme end de øvrige virksomheder.

Overordnet set er der ikke tal i tabel 6 og 7, som klart indikerer, at FoU-aktive virksomheder genererer overnormal beskæftigelsesvækst, hverken indenfor specielle brancher, virksomhedsstørrelser eller tidsperioder. Specielt ser perioden 1999-01 ud til at have været en hård periode for de FoU-aktive virksomheders beskæftigelsesvækst. Dette faktum skal dog ses i lyset af, at de FoU-aktive virksomheder kun udgør 17 procent af virksomhederne og beskæftiger 40 procent af de ansatte i alle virksomhederne. De FoU-aktive virksomheder er således i gennemsnit større målt ved antal ansatte end de FoU-inaktive virksomheder .

Beskæftigelsesvækst og FoU-aktivitet:

- *FoU-aktive virksomheder ser **ikke** ud til at generere højere beskæftigelse.*
 - *En undtagelse gælder højtuddannede i perioden 1996-99.*

I tabel A.3.3 i appendiks 3 er den helt korte ændring i virksomhedernes beskæftigelse udregnet som andelen af nyansatte ud af virksomhedernes samlede beskæftigelse. Det har ikke været muligt at udregne nettovæksten i antal ansatte år 2001 indenfor de forskellige uddannelsesniveauer.¹⁰ I stedet er der i tabel A.3.3 fokuseret på, om virksomheder med FoU-kapital har relativt flere nyansættelser blandt højtuddannede. Der er en svag tendens til, at det er tilfældet, men også at virksomheder uden FoU-kapital nyansætter en større andel end virksomhederne med FoU-kapital. Andelen af nyansættelser stiger klart med virksomhedsstørrelsen for virksomhederne uden FoU-kapital og mindre klart for virksomhederne med FoU-kapital. Alle typer virksomheder har dermed en stor udskiftning i deres medarbejderstab hvert år. Talmaterialet viser, at en trediedel af medarbejderne hos virksomhederne er nye hvert år, en ganske betragtelig mobilitet, som dog stemmer overens med andre undersøgelser, se eksempelvis Graversen (2003).

Nyansættelser - arbejdskraftmobilitet:

- *Virksomhederne nyansætter en trediedel af medarbejderne hvert år.*
- *FoU-aktive virksomheder nyansætter knap 30 procent af de ansatte.*
 - *FoU-inaktive virksomheder nyansætter 40 procent af de ansatte hvert år.*
- *Der er ikke en væsentlig forskel i jobmobilitet mellem højtuddannede og øvrige ansatte.*

¹⁰ Danmarks Statistik er pt. (juli 2004) endnu ikke klar med IDA-data for år 2002, hvilket er en forudsætning for at de kan levere data for hvilke ansatte der forlader virksomheden i 2001. Ansættelse opgøres i den første uge af november i året.

Antallet af højtuddannede og alle ansatte er ligeledes angivet i tabel A.3.3. Det kan af tallene findes, at 3.7 procent af de ansatte i virksomheder uden FoU-kapital er højtuddannede. Andel stiger til over det dobbelte, nemlig 9.3 procent, hos virksomhederne med FoU-kapital. Gennemsnittet for alle virksomhederne er 6 procent højtuddannede blandt medarbejderne.

Uddannelsesniveau i virksomhederne:

- *FoU-aktive virksomheder har over dobbelt så stor en andel af højtuddannede i medarbejderstaben som FoU-inaktive virksomheder; godt 9 procent mod knap 4 procent hos de FoU-inaktive virksomheder.*

3. Analyseresultater på værditilvækst og beskæftigelsesvækst

Påvirkningen fra FoU-kapital til værditilvækst og beskæftigelsesvækst er empirisk afprøvet på virksomhederne i undersøgelsen. Estimationsresultaterne, variationen heri samt deres robusthed afrapporteres i afsnit 3.1 med hensyn til værditilvækst og i afsnit 3.2 med hensyn til beskæftigelsesvækst.

3.1 FoUs betydning for virksomhedernes værditilvækst

I det følgende gennemgås resultaterne af de estimerede produktionsfunktioner baseret på talmaterialet beskrevet i afsnit 2. Generelt er parameterestimerne overordentlig robuste. Således varierer parameterestimatet til FoU-kapital kun minimalt, når forskelligt definerede FoU-kapitalmål, jvf. appendiks 2, anvendes, men dog lidt når modellen estimeres på eksempelvis fremstillingsindustrien alene.¹¹ Koefficienten til FoU-kapital er således lavere for fremstillingsindustrien end for servicesektoren når der estimeres på alle virksomheder i de to brancher hver for sig. Forskellen falder kraftigt og er insignifikant, når der kun medtages virksomheder med positiv FoU-kapital i de to brancher, så forskellen mellem dem ligger primært i, at en større andel af virksomhederne indenfor servicesektoren har positiv FoU-kapital og at virksomheder med positiv FoU-kapital generelt har en større værditilvækst. En karakteristisk og gennemgående stor forskel er der dog i, at koefficienten til FoU-kapital stiger med en faktor fem, når modellen kun estimeres for virksomhederne med positiv FoU-kapital, jvf. afsnit 3.1.2.

¹¹ En trunkering af datasættet således at øverste og nederste procent henholdsvis fem procent af virksomhederne (sorteret efter værditilvækst per ansat) fjernes ændrer heller ikke parameterestimerne nævneværdigt. Der er således heller ikke indikationer på indflydelse fra eventuelle ekstremværdier i datasættet. Ligeledes er modellen estimeret i en version, hvor FoU-kapitalen er fratrukket FoU-udgifterne i 2001 for at teste robustheden mod dette brud på en klar tidsmæssig kausalitet mellem FoU-kapital og værditilvækst. Parameterestimerne ændrer sig ikke nævneværdigt, hvorfor dette ikke forfølges yderligere.

Læsevejledning

- Resultaterne i tabellerne i **afsnit 3.1.1** viser effekten af FoU-kapital for hele erhvervslivet. Koefficienterne skal derfor tolkes som procentændringen i værditilvækst ved at en tilfældig virksomhed tilføres en procent FoU-kapital.
- Resultaterne i tabellerne i **afsnit 3.1.2** viser effekten af FoU-kapital hos de FoU-aktive virksomheder alene. Koefficienterne skal derfor tolkes som procentændringen i værditilvækst ved at en tilfældig FoU-aktiv virksomhed tilføres en procent FoU-kapital.
- Resultaterne viser, at **effekten af at tilføre en FoU-aktiv virksomhed mere FoU-kapital er større end effekten af at tilføre en tilfældig virksomhed FoU-kapital.**

Elasticitetskoefficienter versus afkast:

- Afkast af FoU-kapital udregnes som elasticitetskoefficienten multipliceret med værditilvækst og divideret med FoU-kapital.

Hovedresultat:

- Der er generelt en signifikant positiv effekt af FoU og en klar positiv effekt af mere FoU i de FoU-aktive virksomheder, men samtidig er der også en stor gruppe virksomheder uden FoU, som har en høj værditilvækst.¹²
 - Værditilvæksten blandt virksomhederne i hele erhvervslivet stiger 0,02 procent for hver procent FoU-kapitalen stiger.
 - **En forøgelse af FoU-kapitalen med 1 mia. kr. (1.61 procent) i dansk erhvervsliv vil øge værditilvæksten med 112 mio. kr. allerede det første år.**
 - **Det svarer til et afkast til FoU-kapital på 11 procent.**
 - Værditilvæksten blandt de FoU-aktive virksomheder stiger 0,1 procent for hver procent FoU-kapitalen stiger.
 - **En forøgelse af FoU-kapitalen med 1 mia. kr. (1.61 procent) hos de FoU-aktive virksomheder alene vil øge værditilvæksten med 345 mio. kr. allerede det første år.**
 - **Det svarer til et afkast til FoU-kapital på 34 procent.**

3.1.1 Alle virksomheder - hele erhvervslivet

Produktionsfunktionen er først estimeret i det følgende for alle virksomhederne i datasættet, dvs. at estimationsresultaterne er repræsentative for knap 17000 danske virksomheder. Uvægtet udgør virksomhederne 2228, som det fremgår af tabel 8.

¹² Om disse virksomheder har en vedvarende høj værditilvækst fordi de på anden vis udvikler nye konkurrencedygtige kompetencer ved for eksempel at være innovative uden at være FoU-udførende kan det nærværende datamateriale ikke give svar på.

Tabel 8 viser estimationsresultater fra produktionsfunktionen estimeret med alle aktiver som mål for kapitalapparatet. Tilsvarende resultater er givet i tabel A.3.5 hvor alene anlægsaktiverne er benyttet som mål for kapitalapparatet. FoU-kapitalen er i disse regressioner opgjort over 10 år med en afskrivningsrate på 20 procent. Ligeledes er produktionsfunktionen estimeret i fire forskellige versioner som i Smith m.fl. (2000). Den første modellering (1) er en simpel modellering med en indikator for om virksomhederne er FoU-aktive. Den næste (2) inkluderer FoU-kapital som forklarende variabel, mens den tredje (3) ligeledes inkluderer FoU-kapital men nu korrigerer kapitalapparatet herfor. **Model (3)** er den videreførende **basismodel**. Den fjerde modellering (4) inkluderer yderligere FoU-personel hvorfor FoU-kapitalen reduceres med lønudgifterne for 2001.

I modsætning til Smith m.fl. (2000) finder dette studie at virksomheder med FoU-kapital har en signifikant gennemsnitlig højere værditilvækst end virksomheder uden FoU-kapital, jvf. **model (1)** i tabel 8.¹³ Henholdsvis 20 eller 27 procent alt efter valget af mål for kapitalapparatet. Koefficienten til det øvrige kapitalapparatet er i begge modelleringer mindre end fundet i Smith m.fl. (2000), ligesom koefficienten til arbejdskraft er større. Koefficienten til FoU-kapital (model 2-4) er ligeledes væsentligt mindre end fundet i Smith m.fl. (2000). Som resultaterne i tabel 10 viser ligger den primære årsag til forskellen i afgrænsningen af samplet, hvor Smith m.fl. antageligt estimerer model 2-4 på virksomheder med positiv FoU-kapital. Det gør dette studie også i afsnit 3.1.2.

Alle virksomheder:

- *FoU-aktive virksomheder har 20 procent højere værditilvækst end FoU-inaktive virksomheder, når der korrigeres for forskelle i antal ansatte og kapitalapparat mellem virksomhederne.*

Koefficienten til FoU-kapital i tabel 8 viser, at en procent højere FoU-kapital øger værditilvæksten omkring 0,02 procent eller med andre ord, at elasticiteten mht. FoU-kapital er 0.02. Når kapitalapparatet korrigeres for FoU-kapitalen (**model 3**) stiger koefficienten til FoU-kapitalen, mens koefficienten til kapitalapparatet falder i forhold til **model (2)**. Koefficienten til ansatte er stabil over alle modelleringerne, dog lidt større i **model (3)**.

Alle virksomheder vil givetvis ikke få den samme gevinst eller effekt af at blive tilført FoU-kapital. Det giver sig også udslag i, at koefficienten til FoU-kapital er mindre end hos de FoU-aktive virksomheder alene, jvf. tabel 10. Omsat til beløb og afkastrater kan effekten af FoU-kapital fremstilles forskelligt. Ses der på den helt korte horisont giver koefficienten til FoU-kapital den umiddelbare effekt i år 0. Det kan omregnes til

¹³ Smith m.fl. (2000) finder en insignifikant negativ effekt.

et afkast på 11,2 procent det første år mod et afkast på 9,6 procent til det øvrige kapitalapparat. FoU-kapital giver dermed et større afkast end øvrig kapital. Videre kan afkastet akkumuleres over eksempelvis 10 år. Her kan FoU-kapitalens effekt i de fremtidige år udregnes og summeres. I beregningerne afskrives FoU-kapitalen med 20 procent som ved konstruktionen af FoU-kapitalen. Over ti år vil en FoU-investering således give godt en halv mia. kr. i ekstra værditilvækst i virksomhederne. Dette er med andre ord ikke direkte rentabelt når udregningen foretages som skitseret. Uden afskrivninger bliver den ekstra værditilvækst 1,2 mia. kr. men det er givetvis ikke korrekt at undlade nedskrivning af værdien af FoU-investeringen. I stedet vil vi argumentere for rentabiliteten af FoU med to argumenter, nemlig 1) Afkastet af FoU er på kort sigt større end afkastet af øvrig kapitalapparat. 2) Samfundsafkastet af private FoU-investeringer er mindst dobbelt så stort som det privatøkonomiske afkast, jvf. Smith (2002).

Således vil det samfundsøkonomisk være rentabelt at investere i FoU selvom den direkte effekt for virksomhederne umiddelbart ser ud til at være mindre end krævet. Som resultaterne for de FoU-aktive virksomheder alene viser i tabel 10, så er det muligt at øge afkastet til FoU ved at udføre FoU-aktiviteterne selektivt i stedet for tilfældigt hos virksomheder i hele erhvervslivet. I så fald bliver afkastet så stort at FoU-investeringerne direkte betaler sig for virksomhederne.

Alle virksomheder:

- *Elasticitetskoefficienten til FoU-kapital er positiv i omegnen af 2 procent. Det svarer til et afkast af FoU-kapital på 11,2 procent.*
 - *Afkastet til det øvrige kapitalapparat er til sammenligning 9,6 procent.*
- *Værditilvæksten øges således knap 0,02 procent for hver procent øget FoU-kapital.*
 - *Øget FoU-kapital på 1 mia. kr. vil øge værditilvæksten i erhvervslivet med 112 mio. kr. allerede det første år.*
 - *1 mia. kr. investeret i FoU i år 0 vil således have øget den direkte værditilvækst i erhvervslivet med ½ mia. kr. over 10 år.¹⁴*
 - *Uden afskrivninger på FoU-kapitalen bliver værditilvæksten over 10 år hele 1,2 mia. kr.*

Model (4) inkluderer FoU-personale i et forsøg på at estimere kort sigts indflydelse på værditilvæksten. FoU-kapitalen er reduceret med lønudgifterne til FoU-personalet i 2001 for at undgå dobbelttælling her. Koefficienten til FoU-personel er signifikant og stor og indikerer, at der er et væsentligt afkast til FoU-personel i de FoU-aktive virksomheder. Samtidig stiger koefficienten til FoU-kapitalen også lidt. Det må

¹⁴ Udregningen er baseret på en afskrivning på FoU-kapitalen på 20 procent om året, et afkast på 11 procent om året og ingen inflation i perioden.

således tolkes som om variabelen FoU-personale forklarer kort sigts produktivitetsændringer, mens FoU-kapitalen forklarer det mellemlange sigt.

Alle virksomheder:

- *FoU-personale øger værditilvæksten med 0,23 procent for hver procent øget FoU-personel.*
 - *Koefficienten til FoU-kapital ændres ikke af at FoU-personel tages med i modellen.*

Tabel 8 Estimation af parametre i produktionsfunktion for alle virksomheder

Model	1 ¹⁾	2 ²⁾	3 ³⁾	4 ⁴⁾
Konstant	9.308	9.366	9.664	9.813
Arbejdskraft	0.626	0.625	0.644	0.642
FoU-personale	-	-	-	0.226
Kapitalapparat	0.289	0.286	0.264	0.256
FoU-kapital	-	0.016	0.018	0.019
Indikatorvariabel for FoU-kapital>0	0.205	-	-	-
Antal observationer	2228	2228	2228	2228
R ²	0.90	0.90	0.89	0.90

Note: Modellens variable er målt i naturlige logaritmer med undtagelse af "indikatorvariabelen for FoU". FoU-kapitalmål er akkumuleret over ti år og afskrevet med 20 procent om året. Fremhævede tal med **fed** er signifikante på 1% niveau. ¹⁾ Simpel model med indikator for FoU-kapital>0. ²⁾ Inkl. FoU-kapital, men uden korrektion for dobbelttælling. ³⁾ Inkl. FoU-kapital og korrektion for dobbelttælling i kapitalapparat. Denne model videreføres som basismodellen. ⁴⁾ Inkl. FoU-kapital og FoU-personel samt korrektion for dobbelttælling i både kapitalapparat og arbejdskraft.

For at teste robustheden af produktionsfunktionens parameterestimater overfor valget af FoU-kapitalmål er funktionen estimeret på basismodellen (3) med alle aktiver som mål for kapitalapparatet og med brancheinteraktionsled på logaritmen til FoU-kapitalen. Resultaterne er vist i tabel A.3.6. Som det tydeligt fremgår heraf, er der en stor stabilitet og robusthed i parameterestimaterne uanset valget af FoU-kapitalmål. Estimationsresultaterne i tabel A.3.6 indikerer, at der ikke er nogen nævneværdig forskel i analyseresultaterne alt efter hvilke FoU-kapitalmål der anvendes jvf. definitionen af disse i appendiks 2. Koefficienten til FoU-kapitalen er lidt større, specielt i regressionerne på de FoU-aktive virksomheder alene, når afskrivningsraten er 15 procent sammenlignet med 20 procent. Tilsvarende konklusion om stor robusthed i parameterestimaterne uanset om der anvendes 15 eller 20 procent afskrivning findes også i Dilling-Hansen m.fl. (1999). Derfor udføres de videre analyser på basismodellen med FoU-kapitalen opgjort over 10 år med en afskrivningsrate på 20 procent.

Alle virksomheder:

- *Resultaterne er stabile og robuste overfor definitionen på FoU-kapital.*

Resultaterne i tabel A.3.6 viser videre, at parametersignifikansen kun ændres marginalt for en enkelt branche og at koefficienten til FoU-kapital er signifikant større i medico, IKT service og øvrige vidensservice brancher, faktisk tre gange større end i referencebranchen, som er øvrige høj og mellemhøjteknologiske fremstillingsvirksomheder. Ingen brancher har signifikant lavere koefficient end referencebranchen. Forskellen synes at ligge i, at der er en større andel virksomheder indenfor medico, IKT service og øvrige vidensservice brancher, som er FoU-aktive; altså en niveauforskel. Når værditilvæksten er større hos virksomheder med FoU-kapital, så vil en del af denne forskel fremkomme her. Sammenholdes resultaterne i kolonne 1 i tabel 9 med resultaterne i tabel A.3.6 ses, at noget af brancheforskellene tydeligvis skyldes niveauforskelle. Således er der en højere koefficient til FoU-kapital indenfor medico og øvrig vidensservice, men også et generelt højere niveau af værditilvækst indenfor servicebranchen.

Pointen med højere sandsynlighed for at være FoU-aktiv i visse brancher ses tydelig, når kolonne 1 i tabel 9 (estimeret for alle virksomhederne) sammenholdes med den tilsvarende kolonne 1 i tabel 11 estimeret alene for virksomheder med positiv FoU-kapital. Alle forskelle i både interaktionsvariable og niveauvariable for brancherne forsvinder i kolonne 1 i tabel 11. Således ser det ud til, at FoU-aktive virksomheder generelt har ens elasticitetskoefficient på tværs af brancherne, jvf. tabel 11.

Alle virksomheder:

- *I hele erhvervslivet har medico og øvrig vidensservice en dobbelt så høj elasticitetskoefficient til FoU-kapital, mens der generelt er et 20 procent højere niveau af værditilvækst indenfor hele servicebranchen.*
 - *Forskellene skyldes hovedsageligt at en større andel af virksomhederne i disse brancher er FoU-aktive og at FoU-aktive virksomheder generelt har en større værditilvækst.*
- *FoU-aktive virksomheder har generelt ens koefficient på tværs af brancherne, jvf. resultaterne i tabel 11.*

Tabel 9 viser resultater baseret på basismodellen fra tabel 8 med forskellige niveau- og interaktionsvariable. I tabel 11 vises resultater fra de tilsvarende estimationer på virksomhederne med FoU-kapital. Som det ses ændres resultaterne kun moderat. Enkelte undtagelser herfra er beskrevet og kommenteret i det følgende.

Kolonne 1 i tabel 9 svarer til kolonne 1 i tabel A.3.6 udvidet med niveauindikatorer for alle brancherne. Eneste større ændring er, at servicesektorens større koefficient til FoU-kapital reduceres væsentligt til fordel for et niveauskift. Servicesektoren har med andre ord ikke en større elasticitetskoefficient til FoU-kapital, men i stedet et generelt større niveau i værditilvæksten. Øvrig vidensservice har dog stadig en signifikant større koefficient om end mindre end før. Indsættes størrelsesinteraktioner

og niveauer i **kolonne 2**, bliver koefficienten til FoU-kapital kun signifikant større for de helt små virksomheder. Til gengæld er der et signifikant niveauhierarki, hvor de største virksomheder har den signifikant største relative værditilvækst.

Alle virksomheder:

- *Brancherne medico og øvrig vidensservice har en dobbelt så høj elasticitetskoefficient til FoU-kapital, mens der generelt er en 20 procent højere værditilvækst indenfor hele servicebranchen, dvs. niveauforskel.*
- *Små virksomheder har et højere afkast af FoU-kapital, men starter på et væsentligt lavere niveau; dvs. niveauet af værditilvæksten stiger med virksomhedsstørrelsen.*
 - *Virksomhedsstørrelsen virker umiddelbart som en ligeså god forklaring på forskelle i værditilvækst som FoU-kapital gør. Det skyldes en stor positiv korrelation mellem virksomhedsstørrelse og mængden af FoU-kapital i virksomhederne samt sandsynligheden for at være FoU-aktiv.*

Resultaterne vedrørende udenlandsk ejerskab i **kolonne 3** viser at virksomheder med udenlandsk ejerskab har et væsentligt højere koefficient til FoU-kapital. Forklaringen ligger i, at FoU-aktive virksomheder oftere har udenlandske ejere og dermed virker mere FoU-intensive og at afkastet til FoU-kapital stiger med FoU-kapitalen, når der ikke kontrolleres for niveauforskelle mellem størrelseskategorierne. Ligeledes har de virksomheder, som har forskere ansat en større koefficient til deres FoU-kapital, jvf. **kolonne 4**. Den negative koefficient til niveauet er en konsekvens af den markant øgede koefficient til FoU-kapitalen via interaktionsleddet.¹⁵ Der er en stor korrelation mellem at have en FoU-afdeling og at have forskere ansat, hvorfor de samme resultater genfindes i **kolonne 9**.

Alle virksomheder:

- *Virksomheder med udenlandsk ejerskab har et dobbelt så stor elasticitetskoefficient til FoU-kapitalen.*
- *Virksomheder med forskere ansat har en 17 procentpoint højere koefficient til FoU-kapital.*

¹⁵ Når interaktionsleddet er signifikant, dvs. elasticitetskoefficienten til FoU-kapital er anderledes end for de øvrige virksomheder, er en eventuel negativ niveauefficient ikke nødvendigvis ensbetydende med et lavere niveau, men blot at skæringen ved nul FoU-kapital ligger lavere. Disse virksomheder har alle stor positiv FoU-kapital og ligger typisk niveaumæssigt over de øvrige virksomheder for det aktuelle FoU-kapitalinterval.

Tabel 9 Basismodellen estimeret med forskellige interaktionsled på FoU-kapitalen og niveauvariablen (fortsættes på de næste sider)

	Basismodellen med forskellige FoU-kapitalmål			
	1	2	3	4
Konstant	9.549	10.318	9.753	9.838
Arbejdskraft	0.668	0.609	0.643	0.642
Kapitalapparat	0.264	0.255	0.259	0.254
FoU-kapital	0.013	0.005	0.017	0.015
Interaktionsled med FoU-kapital				
Lavteknologisk	-0.007			
Mellemlavteknologisk	-0.008			
Fremstilling Medico	0.020			
IKT fremstilling	0.004			
Øvrig høj- og mellemhøjteknologisk	Reference			
IKT service	0.008			
Øvrig vidensservice	0.013			
Øvrige sektorer	-0.009			
Under 50 ansatte		0.015		
50-99 ansatte		0.007		
100-249 ansatte		0.001		
Over 249 ansatte		Reference		
Udenlandsk ejer			0.014	
FoU-afdeling				0.010
Forskere ansat				0.168
Niveau-interaktionsled				
Lavteknologisk	-0.003			
Mellemlavteknologisk	0.029			
Fremstilling Medico	-0.008			
IKT fremstilling	-0.074			
Øvrig høj- og mellemhøjteknologisk	Reference			
IKT service	0.219			
Øvrig vidensservice	0.187			
Øvrige sektorer	0.027			
Under 50 ansatte		-0.432		
50-99 ansatte		-0.297		
100-249 ansatte		-0.177		
Over 249 ansatte		Reference		
Udenlandsk ejer			-0.041	
FoU-afdeling				-0.134
Forskere ansat				-2.550
Antal observationer	2228	2228	2228	2228
R ²	0.90	0.90	0.90	0.90

Note: Modellens variable er målt i naturlige logaritmer. Fremhævede tal med **fed** er signifikante på 1% niveau. Tal i *kursiv* og **fed** er signifikante på 10% niveau. FoU-kapitalmål er akkumuleret over ti år og afskrevet med 20 procent om året.

I **kolonne 5** i tabel 9 er koefficienten til FoU-kapital for de virksomheder, som har en eller anden form for ekstern finansiering af deres FoU i år 2001 fundet til at være væsentligt større end for andre virksomheder, cirka 0,3 mod knap 0,02 generelt. Er hele eller en del af den eksterne finansiering offentlig finansiering, så falder

koefficienten til 0,12, men er dog stadig signifikant større end hos virksomheder, der ikke har ekstern finansiering. Offentlig ekstern finansiering går typisk til grundforskning mens privat ekstern finansiering oftere går til udviklingsarbejde og anvendt forskning. Resultaterne vedrørende ekstern finansiering stemmer dermed overens med resultaterne vedrørende forskningsart i kolonne 6.

Alle virksomheder:

- *Virksomheder med ekstern finansiering af deres FoU har et 10-30 procentpoint højere effekt på værditilvækst fra deres FoU-kapital.*
 - *Virksomheder med alene privat ekstern finansiering har den højeste elasticitetskoefficient, 32 procent.*
 - *Virksomheder med både offentlig og privat ekstern finansiering eller alene offentlig ekstern finansiering har også positiv koefficient, 13 procent.*

Kolonne 6 i tabel 9 viser videre, at virksomheder ikke øger koefficienten til deres FoU-kapital ved at udføre grundforskning. I stedet er det anvendt forskning og udviklingsarbejde, som giver den største effekt på værditilvæksten. Grundforskning kan dog i nogle af virksomhederne være en forudsætning for succesrig udviklingsarbejde.

Alle virksomheder:

- *Virksomheder med udviklingsarbejde og anvendt forskning har en større elasticitetskoefficient til deres FoU-kapital end andre FoU-aktive virksomheder, henholdsvis 6 og 9 procentpoint højere. Virksomhederne starter dog på et lavere niveau.*
 - *Grundforskning hverken øger eller sænker koefficienten og dermed afkastet af FoU-kapital.*

Fokuseres på virksomhedernes humankapital ved at interagere andelene af FoU-personel og forskeruddannede med FoU-kapitalen ses i **kolonne 7 og 8** i tabel 9, at FoU-kapital i sig selv bliver insignifikant, men interaktionsleddet med andelen af FoU-personel bliver signifikant positiv. Modellen forklaringsgrad stiger lidt, så alt i alt viser resultaterne i **kolonne 7**, at elasticitetskoefficienten til FoU-kapital stiger med virksomhedens FoU-intensitet, målt ved dens andel af FoU-personel af alle ansatte.¹⁶ Interaktionen med andel forskeruddannede viser ligeledes et tillæg i koefficienten som er stigende med andelen af forskeruddannede af alle ansatte. Tillægget er større end det tilsvarende for FoU-personel, men andelen er også væsentligt mindre.

¹⁶ Kun FoU-aktive virksomheder har en FoU-personelandel større end nul.

Alle virksomheder:

- *Koefficienten til virksomhedernes FoU-kapital stiger med deres FoU-intensitet; både målt ved andelen af FoU-personel, 0,08 procent for hver procent øget FoU-personelininput og ved andelen af forskeruddannede af alle ansatte, 0,2 procent for hver procent øget forskerpersonelininput.*

Tabel 9 (fortsat)

	Basismodellen med forskellige FoU-kapitalmål			
	5	6	7	8
Konstant	9.843	9.902	9.872	9.740
Arbejdskraft	0.649	0.640	0.670	0.648
Kapitalapparat	0.253	0.250	0.242	0.259
FoU-kapital	0.014	0.015	-0.000	0.017
Interaktionsled med FoU-kapital				
Ekstern finansieret FoU	0.309			
Offentligt finansieret FoU	-0.187			
Grundforskning		-0.024		
Anvendt forskning		0.055		
Udviklingsarbejde		0.088		
Andel FoU-personel			0.080	
Andel forskeruddannede				0.195
Niveau-interaktionsled				
Ekstern finansieret FoU	-4.476			
Offentligt finansieret FoU	2.868			
Grundforskning		0.587		
Anvendt forskning		-0.999		
Udviklingsarbejde		-1.261		
Antal observationer	2228	2228	2228	2228
R ²	0.90	0.90	0.91	0.90

Note: Modellens variable er målt i naturlige logaritmer. Fremhævede tal med **fed** er signifikante på 1% niveau. Tal i *kursiv* og **fed** er signifikante på 10% niveau. FoU-kapitalmål er akkumuleret over ti år og afskrevet med 20 procent om året. Forskeruddannede er i analyserne defineret som registreret forskeruddannelse på ph.d.-niveau eller lignende i Danmarks Statistiks uddannelsesregister.

De videre analyser i tabel 9, **kolonne 9-12** viser resultaterne af flere interaktionskombinationer, alle med branche og størrelsesniveauindikatorer inkluderet. FoU-afdeling øger (som forskere i kolonne 4) ligesom andel FoU-personel, andel forskeruddannede og anvendt forskning og udviklingsarbejde koefficienten til FoU-kapital. Forøgelsen er dog mindre end hvis der ikke var inkluderet niveauindikatorer (kolonne 7, 8 og 6).

Alle virksomheder:

- *FoU-afdeling øger koefficienten til FoU-kapital med knap 2 procentpoint.*
- *Andel FoU-personel og andel forskeruddannede øger koefficienten til FoU-kapital med 0,07 og 0,17 procent for hver procent øget personelininput.*
 - *Forøgelsen er mindre end hvis der ikke var inkluderet niveauindikatorer, jvf. kolonne 7 og 8.*

- Anvendt forskning og udviklingsarbejde øger ligeledes koefficienten til FoU-kapital med 6 og 8 procentpoint.

Tabel 9 (fortsat)

	Basismodellen med forskellige FoU-kapitalmål			
	9	10	11	12
Konstant	9.825	9.913	9.836	9.794
Arbejdskraft	0.637	0.689	0.637	0.640
Kapitalapparat	0.263	0.249	0.264	0.258
FoU-kapital	0.012	-0.002	0.012	0.012
Interaktionsled med FoU-kapital				
FoU-afdeling	0.018			
Andel FoU-personel		0.073		
Andel forskeruddannede			0.169	
Grundforskning				-0.032
Anvendt forskning				0.059
Udviklingsarbejde				0.078
Niveau-interaktionsled				
FoU-afdeling	-0.207			
Grundforskning				0.745
Anvendt forskning				-1.091
Udviklingsarbejde				-1.107
Lavteknologisk	-0.011	-0.014	-0.020	0.003
Mellemlavteknologisk	0.014	0.013	0.007	0.039
Fremstilling	0.176	0.103	0.185	0.075
IKT fremstilling	-0.052	-0.064	-0.061	-0.054
Øvrig høj- og mellemlavteknologisk	Reference	Reference	Reference	Reference
IKT service	0.256	0.211	0.237	0.255
Øvrig videnservice	0.212	0.173	0.196	0.225
Øvrige sektorer	0.028	0.011	0.017	0.043
Under 50 ansatte	-0.187	-0.171	-0.209	-0.091
50-99 ansatte	-0.111	-0.129	-0.132	-0.026
100-249 ansatte	-0.075	-0.078	-0.088	-0.011
Over 249 ansatte	Reference	Reference	Reference	Reference
Antal observationer	2228	2228	2228	2228
R ²	0.90	0.91	0.89	0.90

Note: Modellens variable er målt i naturlige logaritmer. Fremhævede tal med **fed** er signifikante på 1% niveau. Tal i *kursiv* og **fed** er signifikante på 10% niveau. FoU-kapitalmål er akkumuleret over ti år og afskrevet med 20 procent om året. Forskeruddannede er i analyserne defineret som registreret forskeruddannelse på ph.d.-niveau eller lignende i Danmarks Statistiks uddannelsesregister.

I kolonne 9-12 er der inkluderet både branche- og størrelsesniveauvariable. Som resultaterne i kolonne 1 og 2 delvis også viser findes, at brancherne medico og videnservice har et højere niveau af værditilvækst, og at værditilvæksten stiger med virksomhedsstørrelsen.

3.1.2 Virksomheder med positiv FoU-kapital

For at øge analysernes sammenlignelighed med studiet af Smith m.fl. (2000) er estimationerne i tabel 8 og 9 gentaget alene for de virksomheder, der har positiv FoU-kapital i tabel 10 og 11. Analyserne i denne rapport er de hidtil mest komplette for dansk erhvervsliv, idet frafaldet er minimalt og vægtning sikrer repræsentativitet for hele den del af erhvervslivet som undersøgelserne omfatter. Smith m.fl. (2000) havde en overrepræsentativitet af større virksomheder i deres undersøgelse.

Resultaterne afviger en del fra resultaterne fundet i tabel 8. Især er koefficienten til FoU-kapital steget markant, jvf. tabel 10. Således er elasticiteten mht. FoU-kapital cirka fem gange så stor, mens koefficienten til den øvrige kapital er steget lidt og koefficienten til arbejdskraft er faldet lidt. Tallene viser således, at koefficienten til FoU-kapital er større blandt allerede FoU-aktive virksomheder end blandt erhvervslivet generelt. Omregnet til afkast af FoU-kapital er forskellen ligeledes markant med 34 procent mod 11 procent.

Tabel 10 Estimation af produktivitet for FoU-aktive virksomheder

Model	1 ¹⁾	2 ²⁾	3 ³⁾	4 ⁴⁾
Konstant	8.294	8.102	8.846	10.390
Arbejdskraft	0.504	0.517	0.573	0.585
FoU-personale	-	-	-	0.209
Kapitalapparat	0.384	0.314	0.242	0.234
FoU-kapital	-	0.094	0.114	0.023
Antal observationer	662	662	662	662
R ²	0.91	0.92	0.92	0.92

Note: Modellens variable er målt i naturlige logaritmer. FoU-kapitalmål er akkumuleret over ti år og afskrevet med 20 procent om året. Fremhævede tal med **fed** er signifikante på 1% niveau. ¹⁾ Sempel model. ²⁾ Inkl. FoU-kapital, men uden korrektion for dobbelttælling. ³⁾ Inkl. FoU-kapital og korrektion for dobbelttælling i kapitalapparat. Denne model videreføres som basismodellen. ⁴⁾ Inkl. FoU-kapital og FoU-personel samt korrektion for dobbelttælling i både kapitalapparat og arbejdskraft.

I forhold til Smith m.fl. (2000) er parameterestimerne i tabel 10 i samme størrelseskategori når alle aktiver anvendes som mål for kapitalapparatet. I modsætning til Smith m.fl. falder koefficienten til FoU-kapitalen markant i **model (4)** hvor FoU-personale inkluderes. Koefficienten til FoU-personalet er i denne analyse signifikant positiv, mens koefficienten til FoU-kapital stadig er signifikant men mere end halveret i størrelse. Idet der er en stor positiv korrelation mellem variablene FoU-personel og FoU-kapital vil koefficienten til FoU-kapital forventeligt falde fra **model (3) til (4)**, når der analyseres på FoU-aktive virksomheder alene. I Smith m.fl. (2000) er koefficienterne henholdsvis insignifikant og halvanden gange større for deres 1995 sample, hvilket kan skyldes, at de mister en fjerdedel af deres observationer fra **model (3) til (4)** og går fra 201 til 150 virksomheder. I deres 1997 sample på 227

virksomheder i **model (4)** er begge koefficienter derimod signifikant positive i omegnen af de fundne koefficienter i dette papir. I analyserne i dette papir er samplet komplet for alle modelleringerne. De svagt større koefficienter til FoU-kapitalen i Smith m.fl. (2000) kan således skyldes, at deres virksomheder er større end virksomhederne i dette papirs analyser. Der er en svag tendens til, at jo større de FoU-aktive virksomheder i gennemsnit er, desto større er koefficienten til FoU-kapitalen.

Som i afsnittet om alle virksomheder kan effekten af FoU-kapital fremstilles forskelligt. Ses der på den helt korte horisont giver koefficienten til FoU-kapital den umiddelbare effekt i år 0. Det kan omregnes til et afkast på 34,5 procent det første år mod et afkast på 7,2 procent til det øvrige kapitalapparat. FoU-kapitalen giver således et væsentligt større afkast end øvrig kapital. Over ti år vil en FoU-investering således give godt halvanden mia. kr. i ekstra værditilvækst i de FoU-aktive virksomheder. Uden afskrivninger bliver den ekstra værditilvækst 3,8 mia. kr. men det er givetvis ikke korrekt at undlade nedskrivning af værdien af FoU-investeringen. I og med at samfundsafkastet af private FoU-investeringer er mindst dobbelt så stort som det privatøkonomiske afkast, jvf. Smith (2002), så er der således stor effekt både direkte hos virksomheden og bredere i samfundet af at de FoU-aktive virksomheder øger deres FoU-aktiviteter.

FoU-aktive virksomheder:

- *Elasticitetskoefficienten til FoU-kapital er på niveau med tidligere danske såvel som udenlandske undersøgelser på samme type data.*
- *Værditilvæksten stiger 0,1 procent for hver procent FoU-kapitalen stiger. Det svarer til et afkast af FoU-kapital på 34,5 procent.*
 - *Afkastet til det øvrige kapitalapparat er til sammenligning 7,2 procent.*
 - *Øget FoU-kapital på 1 mia. kr. hos de FoU-aktive virksomheder vil øge værditilvæksten hos disse virksomheder med 345 mio. kr. det første år*
 - *1 mia. kr. investeret i FoU i år 0 vil således have øget den direkte værditilvækst i erhvervslivet med 1,6 mia. kr. over 10 år.¹⁷*
 - *Uden afskrivninger på FoU-kapitalen bliver værditilvæksten over 10 år hele 3,8 mia. kr.*
- *FoU-personale øger værditilvæksten med 0,21 procent for hver procentpoint øget andel FoU-personel.*
 - *Koefficienten til FoU-kapital reduceres væsentligt af at FoU-personel tages med i modellen.*
 - *Effekten af al FoU-input er totalt set omtrent den samme som i basismodellen, hvor FoU-personel ikke er inkluderet.*

¹⁷ Udregningen er baseret på en afskrivning på FoU-kapitalen på 20 procent om året, et afkast på 34 procent om året og ingen inflation i perioden.

Som i afsnit 3.1.1 er modellen estimeret med en række interaktionsvariable og niveauindikatorer, men nu for virksomhederne med positiv FoU-kapital alene. I modsætning til resultaterne i tabel 9 er resultaterne i tabel 11 væsentlig mindre forskellige for virksomheder med de forskellige interaktionskarakteristika.

Eksempelvis er der ingen eller kun minimal forskel i koefficienten til FoU-kapital på tværs af brancher, virksomhedsstørrelser, udenlandsk ejerskab eller om de har forskere ansat eller FoU-afdeling i **kolonne 1-4** i tabel 11. En undtagelse er dog de relativt få FoU-aktive virksomheder fra branchen af øvrige, der har en højere koefficient og de små virksomheder, der har et lavere værditilvækstniveau.

FoU-aktive virksomheder:

- *Elasticitetskoefficienten til FoU-kapital påvirkes ikke af branche.*
- *Koefficienten til FoU-kapital påvirkes ikke af virksomhedsstørrelse.*
- *Koefficienten til FoU-kapital påvirkes ikke af udenlandsk ejerskab.*
- *Koefficienten til FoU-kapital påvirkes ikke af om der er forskere ansat eller om der findes en FoU-afdeling.*
 - *Andelen af forskere påvirker dog positivt, jvf. kolonne 8 og 11.*

Ekstern finansieret FoU giver stadig virksomheder en større koefficient til FoU-kapital, mens det ikke betyder nogen forskel om finansieringen er fra en privat eller offentlig kilde, **kolonne 5**. Udviklingsarbejde giver ikke længere en større koefficient, mens anvendt forskning stadig gør, **kolonne 6**. Som før for alle virksomhederne øger andelen af FoU-personel koefficienten til FoU-kapital, men samtidig falder basiskoefficienten tilsvarende til det halve, **kolonne 7**. Det viser, at der er en klar niveauforskel i elasticitetskoefficienten til FoU-kapital mellem de etablerede virksomheder med en stor andel FoU-personel og de øvrige virksomheder med en lav andel FoU-personel. Som før for alle virksomheder øger andelen af forskeruddannede ligeledes koefficienten proportionalt med andelen af forskeruddannede af alle ansatte, **kolonne 8**.

Tabel 11 Basismodellen estimeret med forskellige interaktionsled på FoU-kapitalen og niveauvariablen (konstanten) for FoU-aktive virksomheder

	Basismodellen med forskellige FoU-kapitalmål			
	1	2	3	4
Konstant	8.772	10.055	8.879	9.118
Arbejdskraft	0.585	0.497	0.566	0.577
Kapitalapparat	0.249	0.229	0.245	0.237
FoU-kapital	0.103	0.092	0.109	0.100
Interaktionsled med FoU-kapital				
Lavteknologisk	0.017			
Mellemlavteknologisk	-0.038			
Fremstilling				
Medico	-0.006			
IKT fremstilling	-0.019			
Øvrig høj- og mellemhøjteknologisk	Reference			
IKT service	0.032			
Øvrig vidensservice	-0.009			
Øvrige sektorer	0.059			
Under 50 ansatte		0.041		
50-99 ansatte		-0.011		
100-249 ansatte		-0.052		
Over 249 ansatte		Reference		
Udenlandsk ejer			0.023	
FoU-afdeling				0.005
Forskere ansat				0.033
Niveau-interaktionsled				
Lavteknologisk	-0.183			
Mellemlavteknologisk	0.601			
Fremstilling				
Medico	0.320			
IKT fremstilling	0.249			
Øvrig høj- og mellemhøjteknologisk	Reference			
IKT service	-0.335			
Øvrig vidensservice	0.347			
Øvrige sektorer	-0.820			
Under 50 ansatte		-1.088		
50-99 ansatte		-0.175		
100-249 ansatte		0.580		
Over 249 ansatte		Reference		
Udenlandsk ejer			-0.214	
FoU-afdeling				-0.134
Forskere ansat				-0.335
Antal observationer	662	662	662	662
R ²	0.92	0.92	0.92	0.92

Note: Modellens variable er målt i naturlige logaritmer. Fremhævede tal med **fed** er signifikante på 1% niveau. Tal i *kursiv* og **fed** er signifikante på 10% niveau. FoU-kapitalmål er akkumuleret over ti år og afskrevet med 20 procent om året.

FoU-aktive virksomheder:

- *Virksomheder med ekstern finansieret FoU har et 10 procentpoint højere elasticitetskoefficient til FoU-kapital.*
 - *Der er ingen forskel på om finansieringskilden er privat eller offentlig.*

- Virksomheder med anvendt forskning har et 6 procentpoint højere koefficient til FoU-kapital.
- Virksomhederne øger koefficienten til FoU-kapital proportionalt med andelen af FoU-personel. Koefficienten hos de øvrige virksomheder falder samtidig til det halve.
 - Dette stemmer overens med resultaterne i kolonne 4 i tabel 10.
- Virksomhederne øger koefficienten til FoU-kapital proportionalt med andelen af forskeruddannede blandt de ansatte, 0,14 procent for hver procentpoint de forskeruddannede udgør af virksomhedens ansatte.

Tabel 11 (fortsat)

	Basismodellen med forskellige FoU-kapitalmål			
	5	6	7	8
Konstant	9.099	9.118	9.455	9.780
Arbejdskraft	0.570	0.563	0.675	0.576
Kapitalapparat	0.246	0.242	0.234	0.253
FoU-kapital	0.091	0.104	0.049	0.103
Interaktionsled med FoU-kapital				
Ekstern finansieret FoU	0.106			
Offentligt finansieret FoU	-0.024			
Grundforskning		-0.001		
Anvendt forskning		0.061		
Udviklingsarbejde		0.005		
Andel FoU-personel			0.056	
Andel forskeruddannede				0.136
Niveau-interaktionsled				
Ekstern finansieret FoU	-1.524			
Offentligt finansieret FoU	0.389			
Grundforskning		0.191		
Anvendt forskning		-0.979		
Udviklingsarbejde		-0.072		
Antal observationer	662	662	662	662
R ²	0.92	0.92	0.92	0.92

Note: Modellens variable er målt i naturlige logaritmer. Fremhævede tal med **fed** er signifikante på 1% niveau. Tal i *kursiv* og **fed** er signifikante på 10% niveau. FoU-kapitalmål er akkumuleret over ti år og afskrevet med 20 procent om året. Forskeruddannede er i analyserne defineret som registreret forskeruddannelse på ph.d.-niveau eller lignende i Danmarks Statistiks uddannelsesregister.

I **kolonne 9-12** er der inkluderet både branche- og størrelsesniveauvariable. Resultaterne viser at brancherne medico og videnservice har et højere niveau af værditilvækst og at værditilvæksten stiger med virksomhedsstørrelsen. Videre i tabel 11 **kolonne 9-12** findes at effekten af FoU-afdeling er insignifikant, mens effekten af FoU-personel og forskeruddannede ansatte er signifikant positiv som også fundet i kolonne 7 og 8. I **kolonne 12** er det stadig kun effekten af anvendt forskning, som er signifikant og positiv.

FoU-aktive virksomheder:

- *FoU-afdeling øger ikke koefficienten til FoU-kapital. Virksomheder med kontinuerlig formaliseret FoU-aktivitet har dermed ikke en større elasticitetskoefficient til FoU-kapital.*
- *Andel FoU-personel og andel forskeruddannede øger koefficienten til FoU-kapital.*
 - *Forøgelsen er mindre end hvis der ikke var inkluderet niveauindikatorer.*
- *Anvendt forskning øger ligeledes koefficienten til FoU-kapital med knap 6 procentpoint.*

Tabel 11 (fortsat)

	Basismodellen med forskellige FoU-kapitalmål			
	9	10	11	12
Konstant	9.582	9.757	9.453	9.710
Arbejdskraft	0.511	0.623	0.517	0.500
Kapitalapparat	0.244	0.240	0.254	0.247
FoU-kapital	0.093	0.043	0.087	0.088
Interaktionsled med FoU-kapital				
FoU-afdeling	0.016			
Andel FoU-personel		0.049		
Andel forskeruddannede			0.116	
Grundforskning				-0.001
Anvendt forskning				0.057
Udviklingsarbejde				0.007
Niveau-interaktionsled				
FoU-afdeling	-0.276			
Grundforskning				0.219
Anvendt forskning				-0.966
Udviklingsarbejde				-0.022
Lavteknologisk	0.018	0.027	0.016	0.002
Mellemlavteknologisk	0.056	0.043	0.048	0.082
Fremstilling				
Medico	0.215	0.175	0.227	0.149
IKT fremstilling	-0.052	-0.031	-0.049	-0.065
Øvrig høj- og mellemhøjteknologisk	Reference	Reference	Reference	Reference
IKT service	0.127	0.126	0.116	0.142
Øvrig vidensservice	0.198	0.166	0.163	0.186
Øvrige sektorer	-0.026	-0.022	-0.032	-0.017
Under 50 ansatte	-0.401	-0.259	-0.379	-0.409
50-99 ansatte	-0.236	-0.142	-0.220	-0.250
100-249 ansatte	-0.155	-0.101	-0.145	-0.161
Over 249 ansatte	Reference	Reference	Reference	Reference
Antal observationer	662	662	662	662
R ²	0.92	0.93	0.92	0.92

Note: Modellens variable er målt i naturlige logaritmer. Fremhævede tal med **fed** er signifikante på 1% niveau. Tal i *kursiv* og **fed** er signifikante på 10% niveau. FoU-kapitalmål er akkumuleret over ti år og afskrevet med 20 procent om året. Forskeruddannede er i analysen defineret som registreret forskeruddannelse på ph.d.-niveau eller lignende i Danmarks Statistiks uddannelsesregister.

3.1.3 Opsummering

Generelt er der således en signifikant effekt af FoU-kapital for dansk erhvervslivs virksomheders værditilvækst. Resultaterne i dette studie ligger i fin overensstemmelse med andre studier af samme type. Således findes det, at

Afkast af FoU-kapital:

- *Dansk erhvervsliv har et afkast til FoU-kapital på godt 11 procent.*
 - *FoU-aktive virksomheder har et afkast til deres FoU-kapital på godt 34 procent.*
- Det kan således konkluderes, at dansk erhvervsliv har et afkast af FoU-investeringer, som er på niveau med virksomheder i andre lande.

Opsummering:

- *Værditilvæksten per ansat hos FoU-aktive virksomheder i dansk erhvervsliv er 40 procent større end hos FoU-inaktive virksomheder.*
- *Elasticitetskoefficienten mellem værditilvækst og FoU-kapital er stort set ens på tværs af brancher og virksomhedsstørrelse blandt virksomhederne med FoU-kapital.*
- *Niveauforskelle i værditilvækst mellem brancher og mellem virksomhedsstørrelser skyldes derfor primært forskelle i andelen af virksomheder, som har positiv FoU-kapital indenfor de forskellige branchegrupper og virksomhedsstørrelsesgrupper. Dvs.:*
 - *Virksomheder indenfor vidensservice og medico har en højere værditilvækst end andre virksomheder.*
 - *Jo større virksomhed desto større værditilvækst.*
- *Elasticitetskoefficienten til FoU-kapital øges dog markant med andelen af forskeruddannede i virksomheden.*
- *Virksomheder med ekstern finansiering af virksomhedernes FoU har ligeledes en højere elasticitetskoefficient til deres FoU-kapital.*
- *Elasticitetskoefficienten til FoU-kapital øges jo større en andel af virksomhedens FoU som er anvendt forskning og i mindre grad jo større en andel af virksomhedens FoU som er udviklingsarbejde.*

Forskningspolitiske implikationer:

- *Værditilvæksten i dansk erhvervsliv kan således øges ved at*
 - *virksomhederne investerer mere i forskning og udvikling.*
 - *virksomhederne ansætter forskere eller FoU-personel.*
 - *der satses mere på vidensservice.*
 - *flere (små og mellemstore) virksomheder bliver FoU-aktive; specielt hvis de engagerer sig i udviklingsarbejde og anvendt forskning.*
 - *flere virksomheder indgår i samarbejder, der giver virksomhederne viden fra andres FoU-aktiviteter.*

3.2 FoUs betydning for beskæftigelsesvæksten

Som et alternativ til at måle virksomhedernes succes ved en høj værditilvækst identificeres i det følgende afsnit hvilke FoU-relaterede karakteristika hos virksomhederne, som genererer beskæftigelsesvækst. Således anvendes beskæftigelsesvækst som et andet succeskriterium for virksomhedernes udvikling. Som vist i afsnit 2.3 er der ikke umiddelbart tegn på, at FoU-aktive virksomheder skaber større beskæftigelsesvækst end FoU-inaktive virksomheder. I det følgende refereres resultater fra estimation af en række modeller hvor virksomhedernes beskæftigelsesvækst på kort (1999-2001) og mellemlangt (1996-2001) sigt forsøges forklaret.¹⁸ Modeller for beskæftigelsesvæksten generelt og for højtuddannede ansatte estimeres i henholdsvis afsnit 3.2.1 og 3.2.2.

Læsevejledning

Beskæftigelsesvæksten er på det korte sigt udregnet over to år, mens den på den mellemlange sigt er udregnet over 5 år. Koefficienterne i estimationerne kan derfor ikke direkte aflæses som effektstørrelse på den årlige vækst. Koefficienternes effekt skal derfor deles på henholdsvis to eller fem år for at få effekten på den årlige beskæftigelsesvækst.

Definition af højtuddannede

Højtuddannede er i denne rapport analyser defineret som ansatte med en bacheloruddannelse, lang videregående uddannelse eller forskeruddannelse.

3.2.1 Beskæftigelsesvækst for alle ansatte i henholdsvis alle virksomheder og FoU-aktive virksomheder alene

Tabel 12 viser estimationsresultaterne for beskæftigelsesvæksten på kort sigt (1999-01) for alle virksomheder i **kolonne 1-5** og for de FoU-aktive virksomheder alene i **kolonne 6-10**. Resultaterne i kolonne 1 og 6 er basismodellens resultater, mens de øvrige kolonner viser resultaterne af udvidelser af basismodellen. Tabel A.3.8 viser tilsvarende resultater for det mellemlange sigt (1996-01).

Generelt kan det ses, at ældre virksomheder har haft sværere ved at generere beskæftigelsesvækst både på det korte og det mellemlange sigt. På det

¹⁸ En trunkering af datasættet således at øverste og nederste procent af virksomhederne fjernes (sorteret efter beskæftigelsesvækst) ændrer parameterestimererne kraftigt. Der er således en stor indflydelse fra en stribe ekstremværdier i datasættet. For at sikre robustheden i parameterestimererne mellem de forskellige modeller er disse observationer fjernet. Der er typisk tale om virksomheder, der tidligere eksisterede i en anden konstellation med samme cvr-nummer. De er i perioden eksempelvis nærmest udraderet eller mangedoblet i størrelse. Ekstremværdierne på beskæftigelsesvæksten ligger under -0.75 og over 3. Enkelte af disse værdier kan lade sig gøre mens andre oplagt er fejlidentiteter. Med det givne anonymiserede datasæt hos Danmarks Statistik kan det ikke kontrolleres hvad der er korrekt og forkert, hvorfor den simple trunkeringsregel anvendes.

mellemlange sigt er denne tendens størst. Virksomhedsstørrelsen har derimod ingen signifikant betydning for beskæftigelsesvæksten i virksomhederne. Der er kun enkelte positive afvigelser for de små FoU-aktive virksomheder på det mellemlange sigt.

Alle ansatte:

- *Yngre virksomheder har den største beskæftigelsesvækst.*
- *Virksomhedsstørrelse påvirker ikke beskæftigelsesvæksten.*

Ligeledes er der en generel tendens til at FoU-aktive virksomheder ikke genererer mere beskæftigelse end andre virksomheder. Det gør derimod virksomheder, der er innovative på anden måde end at være FoU-aktive. Blandt de FoU-aktive virksomheder genererer virksomhederne med egen FoU-afdeling en øget beskæftigelse. Tendensen er så kraftig på det mellemlange sigt, at den også er synlig i estimationerne for alle virksomheder. Egen FoU-afdeling er også en god approksimation for at virksomhederne har en stabil FoU-aktivitet over tid.

Alle ansatte:

- *FoU-aktive virksomheder genererer **ikke** højere beskæftigelse.*
 - *Virksomheder med anden innovation end FoU genererer derimod højere beskæftigelse, knap 3 procentpoint om året.*
- *FoU-aktive virksomheder med stabil FoU-aktivitet (approksimeret ved FoU-afdeling) genererer højere beskæftigelse blandt de FoU-aktive virksomheder, 4-6 procentpoint om året.*

Branchemæssigt har servicebranchen, både IKT service og den øvrige vidensservice, er højere beskæftigelsesvækst end de øvrige brancher. Branchen af øvrige virksomheder har ligeledes en sådan høj beskæftigelsesvækst på det mellemlange sigt og for de FoU-aktive virksomheder. Tabel 13 og A.3.9 viser dog at denne vækst ikke genfindes blandt de højtuddannede.

Alle ansatte:

- *Servicebranchen genererer en 8 procentpoint højere årlig beskæftigelsesvækst end andre brancher.*

Estimationsresultaterne i tabel 12 og A.3.8 indikerer videre, at jo større en andel af virksomhedernes medarbejdere, som er højtuddannede, desto større har virksomhedernes beskæftigelsesvækst været på både kort og mellemlangt sigt. Omvendt betyder det også, at virksomheder med få eller ingen højtuddannede ansat har haft den laveste beskæftigelsesvækst. Altså en **støtte til tesen om, at højtuddannede og flere højtuddannede skaber vækst i virksomhederne.**

Ses der på effekten af at have haft højtuddannede ansat i hele perioden siden 1996 samt effekten af at have højtuddannede ansatte i 2001 findes en klar signifikant effekt heraf. Med de to variable inkluderet i modellen samtidig skal estimationsparametrene fortolkes som langsigteffekten af at have højtuddannede ansat samt den ekstra kortsigteffekt der ligger i at have højtuddannede ansat i 2001. Resultaterne i tabel 12 og A.3.8 indikerer således, at der er en positiv beskæftigelseseffekt af at have højtuddannede ansat, men at den mest ligger hos virksomheder, der har ansat den første højtuddannede efter 1996. For de FoU-aktive virksomheder er denne tendens endnu mere udpræget.

Alle ansatte:

- *Jo større andel af de ansatte som er højtuddannede desto større beskæftigelsesvækst har virksomhederne; 0,15-0,20 procent for hver procentpoint øget andel af højtuddannede blandt de ansatte.*
- *Der er en positiv beskæftigelseseffekt af at have højtuddannede ansat, men effekten er hos de virksomheder der har ansat den første højtuddannede indenfor perioden 1996-2001; 6-9 procentpoint højere årlig beskæftigelsesvækst.*

Tabel 12 Beskæftigelsesvækst på kort sigt (1999-2001) for alle ansatte estimeret for henholdsvis alle virksomheder og FoU-aktive virksomheder i 2001

	Alle virksomheder					Virksomheder med FoU-kapital>0				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Konstant	0.179	0.171	0.142	0.167	0.106	0.210	0.002	0.143	0.168	0.114
Alder	-0.005	-0.005	-0.004	-0.004	-0.004	-0.008	-0.007	-0.006	-0.006	-0.007
Under 50 ansatte	-0.039	-0.031	-0.061	-0.055	-0.009	0.009	0.043	-0.043	-0.015	0.049
50-99 ansatte	0.020	0.026	0.010	0.015	0.024	-0.001	0.021	-0.019	-0.014	0.007
100-249 ansatte	0.023	0.028	0.015	0.017	0.023	0.000	0.015	-0.013	-0.010	0.006
Over 249 ansatte	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
FoU-udførende	0.024	-0.052	0.020	0.007	-0.001	-	-	-	-	-
På anden vis innovativ	0.068	0.068	0.067	0.061	0.050	-	-	-	-	-
Egen FoU-afdeling	0.049	0.044	0.049	0.052	0.049	0.088	0.078	0.098	0.090	0.081
Forskere ansat	-0.015	-0.028	-0.042	-0.077	-0.039	-0.018	-0.045	-0.068	-0.103	-0.042
Lavteknologisk			-0.025					0.014		
Mellemlav- teknologisk			0.029					-0.019		
Medico			0.012					0.112		
IKT fremstilling			0.002					-0.049		
Øvrig høj- og mellemlavteknologisk			Ref.					Ref.		
IKT service			0.131					0.186		
Øvrig vidensservice			0.140					0.184		
Øvrige sektorer			0.045					0.194		
Log(FoU-kapital)		0.006					0.013		0.425	-0.008
Andel af højtuddannede				0.322						0.101
Højtuddannede ansat 1996-01					-0.100					
Højtuddannede ansat i 2001					0.163					
Antal observationer	1959	1959	1959	1959	1959	590	590	590	590	590
R ²	0.03	0.03	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.10	0.08	0.06

Note: Fremhævede tal med **fed** er signifikante på 1% niveau. Tal i *kursiv* og **fed** er signifikante på 10% niveau.

3.2.2 Beskæftigelsesvækst for højtuddannede ansatte i henholdsvis alle virksomheder og FoU-aktive virksomheder alene¹⁹

Laves de samme estimationer på beskæftigelsesvæksten for højtuddannede i virksomhederne i undersøgelsen fås nogenlunde identiske resultater. Der er dog en række afvigelse, som det fremgår af tabel 13 og A.3.9.

Der er således stadig en negativ alderseffekt om end den er væsentlig mindre på det mellemlange sigt og sågar insignifikant for de FoU-aktive virksomheder. Virksomhedsstørrelse har specielt på det mellemlange sigt nu en betydning, således at der er en negativ sammenhæng mellem virksomhedsstørrelsen og beskæftigelsesvæksten af højtuddannede. Specielt virksomhederne med under 50 ansatte har en signifikant lavere beskæftigelsesvækst af højtuddannede.

Højtuddannede ansatte:

- *Yngre virksomheder har generelt den største beskæftigelsesvækst.*
- *Virksomhedsstørrelse påvirker generelt ikke beskæftigelsesvæksten.*
 - *De helt små virksomheder genererer dog væsentlig mindre beskæftigelse på det mellemlange sigt, jvf. tabel A.3.9; knap 8-9 procentpoint lavere om året.*

De FoU-aktive virksomheder har en signifikant højere beskæftigelsesvækst af højtuddannede. Væksten stiger proportionalt med logaritmen til FoU-kapitalen. Virksomhederne med anden innovation end FoU har omvendt en signifikant lavere vækst i højtuddannede ansatte, hvor referencegruppen er virksomheder helt uden innovation. Disse effekter er dog kun gældende for det korte sigt og slet ikke for det mellemlange sigt. Robustheden i disse resultater er således lav. Det samme er gældende for effekten af at have egen FoU-afdeling, som på det korte sigt er signifikant positiv, men som på det mellemlange sigt stort set er insignifikant. Ligeledes er der en tendens til at virksomheder, som angiver at de har forskere ansat, på det korte sigt har en negativ effekt heraf på beskæftigelsesvæksten af højtuddannede. Sammenholdt giver de forskellige FoU-relaterede mål dog en positiv beskæftigelseseffekt.

Højtuddannede ansatte:

- *FoU-aktive virksomheder genererer en 5 procentpoint højere beskæftigelsesvækst end FoU-inaktive virksomheder på kort sigt.*
 - *Effekten er ikke tilstede på mellemlangt sigt.*
- *Virksomheder med anden innovation end FoU genererer derimod en 3 procentpoint lavere årlig beskæftigelsesvækst.*

¹⁹ Højtuddannede er defineret som bachelor, lang videregående uddannelse eller forskeruddannelse.

- *FoU-aktive virksomheder med stabil FoU-aktivitet (approksimeret ved FoU-afdeling) genererer yderligere en 5 procentpoint højere beskæftigelsesvækst på kort sigt.*
 - *Ansatte forskere reducerer dog på samme tid denne effekt, så nettoeffekten er lidt mindre.*

Som det var gældende for væksten i alle ansatte, så stiger væksten i højtuddannede ansatte også markant med virksomhedens andel af højtuddannede blandt medarbejderne. Ligeledes indikerer resultaterne i tabel 13 og A.3.9 at der er en positiv beskæftigelseseffekt af at have højtuddannede ansat. Effekten ligger på det korte sigt mest hos virksomheder, der har ansat den første højtuddannede efter 1996, mens den på det mellemlange sigt ligger hos virksomhederne med højtuddannede ansat i hele perioden. Effekten er også her størst hos de FoU-aktive virksomheder.

Højtuddannede ansatte:

- *Jo større andel af de ansatte som er højtuddannede desto større beskæftigelsesvækst har virksomhederne. Effekten er 0,25-0,3 procent forøget beskæftigelsesvækst per procentpoint øget andel højtuddannede i virksomheden.*
- *Der er en positiv beskæftigelseseffekt af at have højtuddannede ansat, men effekten er på kort sigt hos de virksomheder der har ansat den første højtuddannede i perioden (forøgelse på 20 procentpoint om året), mens den på mellemlangt sigt er hos de virksomheder, der i hele perioden har haft højtuddannede ansat (8-10 procentpoint om året).*
 - *Effekten er størst hos de FoU-aktive virksomheder.*

Tablet 13 Beskæftigelsesvækst på kort sigt (1999-2001) for højtuddannede ansatte estimeret for henholdsvis alle virksomheder og FoU-aktive virksomheder i 2001

	Alle virksomheder						Virksomheder med FoU-kapital>0			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Konstant	0.187	0.101	0.171	0.161	-0.054	0.371	-0.914	0.402	0.282	-0.090
Alder	-0.004	-0.004	-0.003	-0.003	-0.002	-0.010	-0.009	-0.009	-0.008	-0.007
Under 50 ansatte	-0.118	-0.032	-0.132	-0.148	0.019	-0.079	0.129	-0.118	-0.130	0.068
50-99 ansatte	-0.008	0.066	-0.014	-0.020	0.047	0.026	0.161	0.034	-0.002	0.042
100-249 ansatte	-0.086	-0.034	-0.091	-0.099	-0.067	-0.058	0.036	-0.040	-0.079	-0.038
Over 249 ansatte	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
FoU-udførende	0.114	-0.769	0.108	0.076	0.045	-	-	-	-	-
På anden vis innovativ	-0.062	-0.058	-0.065	-0.077	-0.101	-	-	-	-	-
Egen FoU-afdeling	0.117	0.072	0.119	0.123	0.109	0.146	0.082	0.128	0.151	0.114
Forskere ansat	-0.098	-0.252	-0.107	-0.235	-0.166	-0.086	-0.252	-0.097	-0.265	-0.205
Lavteknologisk			0.019					-0.119		
Mellemlav- teknologisk			-0.055					-0.203		
Medico			-0.083					-0.178		
IKT fremstilling			0.008					0.154		
Øvrig høj- og mellemlavteknologisk			Ref.					Ref.		
IKT service			0.130					0.045		
Øvrig vidensservice			0.055					0.099		
Øvrige sektorer			0.019					-0.083		
Log(FoU-kapital)		0.064					0.079		0.898	-0.223
Andel af højtuddannede				0.707						0.621
Højtuddannede ansat 1996-01	1959	1959	1959	1959	1959	590	590	590	590	590
Højtuddannede ansat i 2001	0.03	0.03	0.03	0.06	0.10	0.03	0.05	0.04	0.06	0.11
Antal observationer										
R ²										

Note: Højtuddannede er defineret som bachelor, lang videregående uddannelse eller forskeruddannelse. Fremhævede tal med **fed** er signifikante på 1% niveau. Tal i kursiv og **fed** er signifikante på 10% niveau.

3.2.3 Opsummering

Generelt er der således indirekte en beskæftigelseseffekt af FoU-aktiviteter i dansk erhvervsliv. Effekten er ikke stor og den er ikke robust over tid. Serviceerhvervene er typisk de brancher, der har trukket væksten i beskæftigelsen og ikke så meget FoU-aktiviteterne i sig selv. Således er virksomhedernes andel af højtuddannede ud af alle ansatte den bedste forklaring på en overnormal positiv beskæftigelsesvækst; både blandt alle ansatte og blandt de højtuddannede alene.

Opsummering:

- *FoU-aktive virksomheder genererer **ikke** højere beskæftigelse.*
 - *Virksomheder med anden innovation end FoU genererer derimod højere beskæftigelse, knap 3 procentpoint om året.*
- *FoU-aktive virksomheder genererer en 5 procentpoint højere beskæftigelsesvækst for højtuddannede end FoU-inaktive virksomheder på kort sigt. Effekten er ikke tilstede på mellemlangt sigt.*
 - *Virksomheder med anden innovation end FoU genererer derimod en 3 procentpoint lavere årlig beskæftigelsesvækst for højtuddannede.*
- *FoU-aktive virksomheder med stabil FoU-aktivitet (approksimeret ved FoU-afdeling) genererer højere beskæftigelse blandt de FoU-aktive virksomheder, 4-6 procentpoint om året.*
- *Jo større andel af de ansatte som er højtuddannede desto større beskæftigelsesvækst har virksomhederne; Generelt 0,15-0,20 procent (0,25-0,30 procent for de højtuddannede) for hver procentpoint øget andel af højtuddannede blandt de ansatte.*
- *Der er en positiv beskæftigelseseffekt på 10-20 procentpoint af at have højtuddannede ansat. Effekten er størst hos de FoU-aktive virksomheder og for højtuddannede. Der er således indikationer af en vis Mathæus-effekt i form af at højtuddannede ansættes, hvor højtuddannede allerede er ansat.*

Forskningspolitiske implikationer:

- *Beskæftigelsen i dansk erhvervsliv kan ikke øges ved direkte at øge FoU-aktiviteterne i virksomhederne.*
 - *Øget FoU-intensitet øger dog beskæftigelsen af højtuddannede.*
- *Beskæftigelsen i dansk erhvervsliv kan øges ved at øge uddannelsesniveaulet generelt i virksomhederne.*
 - *Flere højtuddannede øger beskæftigelsen - især af højtuddannede.*
 - *Første højtuddannede øger beskæftigelsen (også fundet i IDA, 2004).*
 - *Små og mellemstore virksomheder har oftere end de helt store virksomheder ingen eller relativt få højtuddannede. En isbryderordning i 'forskningspolitisk regi' vil kunne hjælpe disse virksomheder til at systematisere og synliggøre*

deres innovationsaktiviteter. (Dette er foreslået allerede i DØRS vismandsrapport, Forår 2003.)

4. Opsummering

Nærværende analyse har set på betydningen af dansk erhvervslivs forskning og udvikling, FoU. Umiddelbart kan det konkluderes, at FoU-aktive virksomheder har en højere værditilvækst. Både i relation til alle virksomheder i undersøgelsen og i relation til FoU-aktive virksomheder er der et klart signifikant afkast af at være FoU-aktiv målt ved en positiv FoU-kapital.

Mindre klart er det om FoU øger virksomhedernes beskæftigelsesvækst. FoU-intensiteten øger beskæftigelsesvæksten blandt de FoU-aktive virksomheder, men det at være FoU-aktiv i sig selv ikke øger beskæftigelsesvæksten. Ses på beskæftigelsesvæksten af højtuddannede medarbejdere er der dog en mindre om end positiv effekt.

Hovedresultat 1:

- *FoU-aktive virksomheder har en større værditilvækst.*
 - *Værditilvæksten er 40 procent større per ansat.*
 - *De FoU-aktive virksomheder har knap 50 procent af den samlede værditilvækst i erhvervslivet selvom de kun udgør 17 procent af alle virksomhederne.*
 - *Afkastet til FoU-kapital er signifikant positivt. Afkastet er godt 34 procent blandt de FoU-aktive virksomheder og godt 11 procent i hele erhvervslivet. Afkastet er højere end afkastet til det øvrige kapitalapparat.*
- *Virksomheder med forskeruddannede ansatte har en højere værditilvækstændring per FoU-kapitalændring, dvs. større elasticitetskoefficient.*
 - *Koefficienten øges med 0,1-0,2 procent for hver procentpoint de forskeruddannede udgør af virksomhedens ansatte.*

Hovedresultat 2:

- *FoU-aktive virksomheder har **ikke** en generel større beskæftigelsesvækst.*
- *Virksomheder med permanente FoU-aktiviteter har cirka en 6 procent større årlig beskæftigelsesvækst blandt højtuddannede.*
 - *Den årlige beskæftigelsesvækst blandt højtuddannede stiger cirka 0,06 procent for hver procentpoint ekstra FoU-kapital.*
- *Servicesektoren har en generel højere årlig beskæftigelsesvækst på cirka 8 procent, som er uafhængig af FoU-status i virksomhederne.*
 - *Tendensen er et par procentpoint mindre blandt de højtuddannede.*

Konklusionerne i denne rapport er også fundet i lidt andre variationer i en række tidligere studier, eksempelvis Smith m.fl. (2000) hvor det konkluderes at afkastet til FoU-investeringer er positivt og stort, i DISKO-rapport nr. 7 fra 1999 hvor det konkluderes at konkurrencepres fremmer innovation, men ofte hæmmer beskæftigelsesudviklingen, og ikke mindst i IDA rapport fra 2004 hvor det konkluderes at innovation fremmer vækst og at ansættelse af højtuddannede fremmer innovationstilbøjeligheden.

4.1 Forskningspolitiske konsekvenser

De fundne resultater i rapporten giver en række afklaringer af hvorledes FoU-aktiviteter påvirker dansk erhvervslivs værditilvækst og beskæftigelse. Overordnet set viser resultaterne at

- Dansk erhvervsliv har et positivt afkast af FoU-kapital, et afkast som er større end afkastet til øvrig kapital. For de virksomheder, der allerede er FoU-aktive er afkastforskellen meget markant.
- Dansk erhvervsliv skaber ikke mere beskæftigelse hos de FoU-aktive virksomheder end hos de FoU-inaktive virksomheder. Generelt er beskæftigelsesvæksten af højtuddannede større end af lavtuddannede.

De to hovedresultater illustrerer tydeligt, at dansk erhvervsliv har en række virksomheder, som er mere konkurrencedygtige og skaber en højere værditilvækst, fordi de er FoU-aktive, og at dansk erhvervsliv fastholder beskæftigelsesniveauet, men også at det fortsætter omstillingen fra jobs med lavt eller middel videnindhold til jobs med stort videnindhold. Den nuværende forskningspolitik i Danmark går således på at satse på øget konkurrenceevne via øget videnindhold i virksomhedernes produktion. Det ser ud til at være en effektiv strategi, idet der tydeligt er en økonomisk gevinst ved at forske og udvikle og ved, at der tydeligvis ikke totalt set tabes arbejdspladser i Danmark selvom dansk erhvervsliv ikke kan lønkonkurrere med virksomheder i asien eller Østeuropa.

Den fremtidige udvikling i Danmark bør derfor gå i retning af at understøtte erhvervslivets muligheder for at blive eller vedblive med at være FoU-aktive og for at øge deres FoU-aktiviteter. Ligeledes bør erhvervslivets muligheder for at øge virksomhedernes videnkompetencer understøttes. Denne rapportes analyser viser, at en effektiv måde at understøtte begge intentioner er at øge uddannelsesniveaue i virksomhederne, ved at ansætte højtuddannede, forskningskompetent personale eller ved efteruddannelse af eksisterende arbejdskraft.

Referencer

- AFSK. 2003. Erhvervslivets forskning og udviklingsarbejde. Forskningsstatistik 2001.
- Bayer. 2003. Aktiemarkedets prisfastsættelse af FoU-intensive virksomheder, herunder aktivering af FoU-udgifterne. AFSK rapport 2003/1.
- Bloch. 2003. The Effect of R&D Expenditures on Stock Market Returns for Danish Firms. AFSK WP 2003/6.
- Chan m.fl. 2001. The Stock Market Valuation of Research and Development Expenditures. *Journal of Finance*, 56, 2431-56.
- Drejer m.fl. 2004. Produktudvikling i dansk fremstillingsindustri. Projektrapport.
- Dilling-Hansen m.fl. 1999. The Impact of R&D on Productivity: Evidence from Danish Manufacturing Firms. AFSK WP 1999/1.
- DØRS. 1997. DØRS vismandsrapport, Forår 1997.
- DØRS. 2003. DØRS vismandsrapport, Forår 2003.
- Graversen. 2003. Knowledge Circulation imbedded in Job Mobility Indicators - Nordic Experience based on register Data. AFSK WP 2003/2.
- Hall og Oriani. 2003. Does the Market Value R&D Investment by European Firms? Evidence from a Panel of Manufacturing Firms in France, Germany and Italy. DRUID Conference paper 2003.
- IDA. (Rambøll Management og Ingeniørforeningen i Danmark). 2004. Højtuddannedes værdi for små og mellemstore virksomheder.
- Krawczyk m.fl. 2004. Deutschlands forschungsintensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen: Außenhandel, Produktion und Beschäftigung. NIW rapport.
- Lundvall .1999. Det danske innovationssystem - et forskningsbaseret oplæg om innovationspolitiske udfordringer og handlemuligheder. DISKO-projektet: Sammenfattende rapport. DISKO-rapport no. 9.
- Olesen-Larsen. 2003. Kan det betale sig? Udbytte af forskning i den offentlige sektor. *Økonomi & Politik* nr. 4-2003.
- Salter og Martin. 1999. The economic benefits of publicly funded basic research: A critical review. SPRU Electronic WP series no. 34.
- Smith m.fl. 1999. Påvirker omfanget af virksomhedernes forskning og udviklingsarbejde deres produktivitet? AFSK Rapport 1999/7.
- Smith m.fl. 2000. R&D and Productivity in Danish Firms: Some Empirical Evidence. AFSK WP 2000/4.
- Smith m.fl. 2001. Danske virksomheders effektivitet og investeringer i forskning og udvikling. AFSK WP 2001/4.
- Smith. 2001. Investering i forskning. Kap. 6 i Forskningskommissionens betænkning. Bind 2.
- Smith. 2002. Offentlige investeringer i forskning og udvikling - for lidt, for meget eller forkert? *Økonomi & Politik* nr. 3-2002.
- Solow .1956. A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70:65-94.

Appendiks 1: Teoretisk og empirisk modellering

I analyserne anvendes først en modificeret model for virksomheders produktion i form af en Cobb-Douglas produktionsfunktion i den oprindelige form specificeret i Solow (1956) modificeret i lighed med eksempelvis Smith m.fl. (1999, 2000). Således inkluderes virksomhedernes nutidsværdi af deres akkumulerede FoU-investeringer samt interaktionseffekter hermed direkte i produktionsfunktionen, således at FoUs indflydelse på produktiviteten i virksomhederne kan estimeres.²⁰ Ligeledes anvendes en række virksomhedsspecifikke FoU-relaterede og generelle karakteristika til at identificere eventuelle observerbare virksomhedsforskelle i afkast til eller niveau af virksomhedernes værditilvækst. Modellen estimeres sekventielt for at teste om parameterestimatet til FoU-kapitalen er robust, ligesom modellen estimeres for henholdsvis alle virksomheder og for virksomhederne med FoU-kapital alene.

Dernæst analyseres det om virksomhedernes FoU-aktiviteter påvirker deres beskæftigelsesvækst. Modellen estimerer beskæftigelsesændringerne på kort og mellemlangt sigt for henholdsvis alle virksomheder og for virksomhederne med FoU-kapital alene og tester hvorvidt FoU-kapital og andre FoU-karakteristika øger beskæftigelsen i virksomhederne. Herunder testes det om højtuddannede har betydning, om ansættelse af første højtuddannede i perioden har betydning samt om virksomhedernes uddannelsessammensætning af ansatte og deres beskæftigelsesvækst korrelerer positivt med deres værditilvækst.

A.1.1 Produktionsfunktionen

I udgangspunktet estimeres en produktionsfunktion, som defineret i Solow (1956). I en logaritmisk version af denne Cobb-Douglas produktions funktion, hvor produktionen estimeres som funktion af FoU-kapital, øvrig kapitalapparat og arbejdskraft, er estimationskoefficienten til FoU-kapital lig outputelasticiteten mht. FoU-kapital. Produktionen eller outputtet er i analyserne virksomhedernes værditilvækst. Funktionen modificeres således med en opsplitting af kapitalapparat og arbejdskraft i en del som henfører til FoU og en del som ikke gør. Ydermere kan modelleringen korrigeres med niveauforskelle og interaktionsvariable på FoU-kapitalen.²¹ For at korrigerer for en teknologibaseret eller konjunkturbetinget middelvækst forskellig fra nul er der i den empiriske specifikation endvidere inkluderet en konstant samt enkelte interaktioner herpå. Modelleringen af

²⁰ Virksomhedernes akkumulerede FoU-kapital og deres FoU-personel er inkluderet i deres oplyste kapitalapparat og antal ansatte. For at undgå dobbelttælling er den del af FoU-kapitalen, som er baseret på FoU-investeringsudgifter samt FoU-personel derfor fratrukket K og N i produktionsfunktionen.

²¹ Interaktionsvariablene er eksempelvis brancheindikatorer, størrelsesindikatorer etc. Specielt brancheindikatorer er interessante i dette studie, da det er det første studie hvor alle brancher af erhvervslivet er inkluderet. Normalt er modellen blevet estimeret på industrivirksomheder eller dele af industriens virksomheder.

sammenhænge mellem FoU-indsats og produktion er således lig en række andre modelleringer i tilsvarende analyser, jvf. bl.a. Dilling-Hansen m.fl. (1999) eller Smith m.fl. (2000)²².

A.1.2 Beskæftigelsesfunktionen

Her estimeres virksomhedernes vækst i beskæftigelse i perioderne 1999-2001 og 1996-2001. Det første approksimerer den kortsigtede beskæftigelsesvækst, det andet den mellemlangsigtede beskæftigelsesvækst. I modelleringen testes det om FoU-aktiviteter herunder FoU-kapitalen og interaktioner herpå påvirker væksten. I modelleringerne ses der også på effekten af ændringer i uddannelsesniveaut hos virksomhedernes ansatte.²³ En væsentlig antagelse i modellen er, at kausaliteten går fra FoU-kapital og andre FoU-karakteristika opgjort i 2001 til beskæftigelsesvækst i perioden før. Rent teoretisk er dette ikke korrekt, men da der er en stor positiv korrelation over tid i virksomhedernes FoU-udgifter og andre FoU-karakteristika antages det, at FoU-kapitalen og andre FoU-karakteristika opgjort i 2001 er en anvendelig approksimator for de samme opgjort i en periode forud for perioden hvori beskæftigelsesvæksten opgøres. For at fjerne eventuelle niveauændringer i FoU-kapitalen tages logaritmen hertil, således at parameterkoefficienten viser effekten af en procentændring i FoU-kapitalen.²⁴

A.1.3 Datamaterialet på dansk erhvervslivs FoU, værditilvækst og beskæftigelsesvækst

Det primære datasæt i analyserne er datamaterialet indsamlet til "Erhvervslivets forsknings- og udviklingsarbejde; forskningsstatistik 2001" (AFSK, 2003). Som sekundære kilder anvendes det tilsvarende datamateriale fra "Erhvervslivets

²² Modellering af tilvækst rater opstilles typisk i en udvidet standard produktionsfunktion som funktionelt præsenteres som $Y=AK^{\alpha}N^{\beta}C^{\gamma}e^{\epsilon}$ og på logaritmisk form $y=a+\alpha k+\beta n+\gamma c+\epsilon$, hvor y måler et output, n er et mål for arbejdskraftinput, k er et kumuleret mål for kapitalapparatet, som typisk dækker både investeringer i nye og eksisterende maskiner, bygninger o.l., c er ligeledes et kumulativt mål for forskningsindsatsen og defineres typisk som en vægtet sum af nuværende og tidligere FoU-investeringer med en afskrivningsperiode på 5-10 år. Fejlleddet, som oftest kaldes Solow residualen, dækker over produktiviteten. Denne modellering ligger til grund for en række empiriske studier af sammenhænge mellem innovation og produktivitet. Studierne benytter produktionsmodellen med forskellige justeringer bl.a. i definitionen af output variabelen og specifikationen af hvorledes innovation virker, jvf. Singh og Trieu (1996), Dilling-Hansen m.fl. (1999), Smith m.fl. (2000), Wakelin (2001), Criscuolo og Haskel (2002), Rouvinen (2002), Medda m.fl. (2003). Wakelin (2001) og Dilling-Hansen m.fl. (1999) påpeger problematikken med dobbelttælling af innovationsindikatorer i modellen, eksempelvis når en ansat forsker både tæller med som arbejdskraft og under FoU-kapitalen.

²³ Rapporten "Højtuddannedes værdi for små og mellemstore virksomheder" af Rambøll Management og ingeniørforeningen i Danmark (2004) viser en signifikant skift til at blive innovativ af at ansætte den første højtuddannede medarbejder i en virksomhed, specielt i fremstillingsindustrien, og at disse virksomheder har en større beskæftigelsesvækst end andre virksomheder. Rapporten er dog også opmærksom på kausalitetsproblemer i konklusionerne.

²⁴ Estimationerne på produktionsfunktionen viser en betydelig robusthed i parameterestimatet til FoU-kapital uanset hvilket FoU-kapitalmål der anvendes.

forsknings- og udviklingsarbejde; forskningsstatistik 1991, 1993, 1997, 1998 og 1999” (jvf. beskrivelser i AFSK, 2003). Datamaterialet er indsamlet af Videnskabsministeriet (1991, 1993 og 1995) og Analyseinstitut for Forskning (1997, 1998, 1999 og 2001) og indeholder data om danske virksomheders forskning, udviklingsarbejde og anden innovation. Som udgangspunkt anvendes de virksomheder der forefindes i datamaterialet for 2001. Datamaterialet kan vægtes til et repræsentativt populationsniveau for 2001 hvor datamaterialet repræsenterer 18381 virksomheder, jvf. AFSK (2003). Det svarer til 2465 uvægtede virksomheder. Heraf har det kun været muligt at genfinde 2278 virksomheder med valide værdier i firmastatistikken hos Danmarks Statistik. Bortfaldet skyldes eksempelvis forskelle i indberetningsenhed i forhold til selskabsstyrelsen og told og skat, forskelle i selskabskonstruktioner og indberetningsenheder, forskelle i hvorvidt virksomhederne reelt eksisterede som de identificerede enheder i 2001 m.fl. Yderligere 50 virksomheder havde ingen eller negativ værditilvækst, hvorfor datamaterialet til analyserne reduceredes til maksimalt 2228 virksomheder. De 2228 virksomheder repræsenterer 2929 virksomheder med positiv FoU-kapital og 14025 virksomheder uden.²⁵ Nutidsværdien af virksomhedernes FoU-investeringer (FoU-kapital) findes som beskrevet i appendiks 2 baseret på datamaterialet for alle årene.

I datamaterialet indgår også en række variable med tomme eller manglende værdier i 2001. Nogle af disse tomværdier er logiske tomværdier, der ukritisk kan sættes til en kendt værdi, eksempelvis 0. Disse variable er eksempelvis, at virksomheder, der ikke udfører FoU, har 0 FoU-ansatte. Andre tomværdier forårsaget af mangelfuld eller inkonsistent besvarelse af spørgeskemaer er forsøgt opkvalificeret gennem andre tilgængelige oplysninger i statistikkerne eller i andre kilder. Det er eksempelvis, at virksomheden har positiv FoU-kapital, hvis den tidligere men ikke længere har FoU-udgifter.

Ydermere er datamaterialets virksomheder for 2001 matchet med oplysninger om virksomhedernes værditilvækst, vækst i antal ansatte og medarbejdernes uddannelsessammensætning m.fl. hos Danmarks Statistik. At datamaterialet er opkvalificeret med disse variable betyder endvidere at datasættet og analyserne herpå foregår på Danmarks Statistiks forskermaskine hos Danmarks Statistik.

²⁵ Der var repræsenteret henholdsvis 3099 og 15282 virksomheder med og uden FoU-kapital i det oprindelige sample for 2001.

Appendiks 2: Konstruktion af FoU-kapital

1. Virksomhedernes **FoU-kapital** opgøres som summen af nutidsværdien af deres **FoU-udgifter** til og med den angivne periode, t. I praksis er FoU-kapitalen lig nutidsværdien af de akkumulerede FoU-udgifter op til 10 år bagud i tid, t-10.²⁶
 - a. Alternativt medtages periode t ikke i summeringen, i=0,1,... ændres til i=1,2,... i 4.a. Herved sikres en mere klar tidsmæssig kausalitetsretning fra FoU-udgifter til produktivitet.

2. **FoU-udgifterne** i årene forud for år 2001. Udgifterne opgøres i reale værdier, dvs. 2001-priser. Der tages udgangspunkt i virksomhedernes oplyste FoU-udgifter for de respektive år, hvis disse forefindes i datamaterialet for den indsamlede FoU-statistik. Ellers estimeres FoU-udgifter for årene for hver virksomhed forudsat virksomheden eksisterede i de angivne år. Eksakte eller estimerede FoU-udgifter er således eksisterende for alle virksomheder i samplet i alle årene tilbage til 1991.
 - a. Virksomhedernes oplyste FoU-udgifter bagud i tiden anvendes, hvis de foreligger.
 1. Mellemliggende år mellem to valide observationer approksimeres lineært som gennemsnitsværdien af de observerede værdier. Dette gøres primært i de år hvor datamateriale til FoU-statistikken ikke er indsamlet (2000, 1996, 1994 og 1992).
 - b. I tilfælde af manglende oplysninger om FoU-udgifter bagud i tiden antages
 1. Ingen FoU-udgifter i tidligere perioder hvis ingen FoU-udgift i 2001 eller i første valide år efter en manglende observation.
 2. Sektorspecifikke vækstrater udregnes på basis af forskningsstatistikken de pågældende år.²⁷ Vækstraterne fratrækkes virksomhedens FoU-udgift bagud i tiden, således at der estimeres en FoU-udgift for hvert manglende år. Eksempel: $FoU_{t-1} = FoU_t * (1+r_t)^{-1}$.

²⁶ Metodemæssigt følges her Griliches & Mairesse (1984), Hall (1990) samt Hall & Oriani (2003) tæt.

²⁷ Eksempel: De enkelte og akkumulerede vækstrater i forhold til år 2001 (ej sektoropdelte):

År i	91 10	92 9	93 8	94 7	95 6	96 5	97 4	98 3	99 2	00 1	01 0
Årlig realvækst, r_t	-	0,031	0,031	0,06	0,06	0,092	0,092	0,12	0,12	0,101	0,101
Akkumuleret realvækst	0,462	0,476	0,491	0,520	0,551	0,602	0,658	0,737	0,825	0,908	1

Således er dansk erhvervslivs FoU-udgifter fra 1991 steget med 134 procent frem til 2001 svarende til 8.8 procent om året. I et flerlande cross-section studie anvender Hall&Oriani (2003) R&D-vækstrater på 8% når R&D ukendt, dog sammenligner de med og anvender sektor- og landespecifikke rater hvis muligt.

3. Der korrigeres for om virksomheden har eksisteret de angivne år.

3. **FoU-udgifterne** har en **real deprecieringsrate**, $d_{t,i}$, som blandt andet kan afhænge af FoU-udgiftsarten. FoU-udgiftsarten kan anvendes til at bestemme hvor hurtigt værdien af de afholdte FoU-udgifter forældes eller afskrives, jvf. tabel A.2.1 og figur A.2.1. Hall&Oriani (2003) anvender deprecieringsrater på 15% og akkumulerer over 5 henholdsvis 10 år. De skelner ikke mellem FoU-udgiftsart. Smith et al (1999a,b, 2000 og 2001) anvender 20%, mens Bloch (2003) og Chan et al (2001) anvender lineær depreciering på 20% om året i fire år (20, 40, 60 og 80 procent). Bloch tester dog også følsomheden af at bruge den almindelige afskrivningsmetode, men anvender her en rate på 15%.

Tabel A.2.1 FoU-udgiftsart og deprecieringsrater anvendt til K5a og K10a

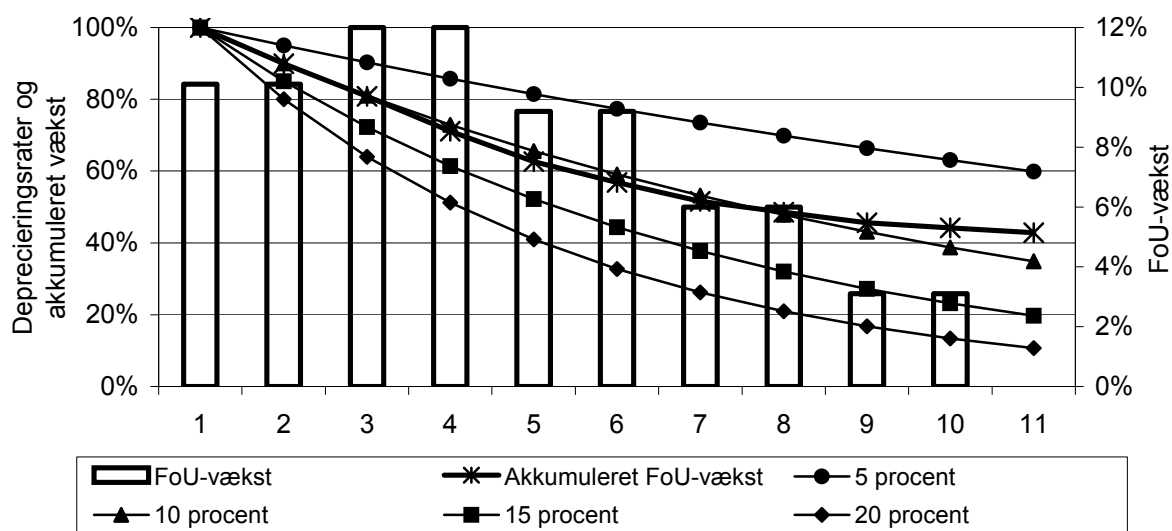
FoU-udgiftsart	Deprecieringsrate, $d_{t,i}$	Halveringstid
Driftsudgifter i alt:	15%	ca. 4,2 år
a. Lønudgifter	14%	ca. 4,5 år
a. Øvrige driftsudgifter	20%	ca. 3 år
Investeringsudgifter i alt:	10%	ca. 6,5 år
a. Bygninger	7%	ca. 12 år
a. Apparatur og instrumenter	12%	ca. 5 år

4. **FoU-kapitalen**, K_t , beregnes nu som nutidsværdien af afholdte FoU-udgifter i virksomheden:²⁸
- Udregnes som $K_t = \sum_i \sum_u \text{FoU}_{u,t-i} * \prod_i (1-d_{u,t-i})$, $i = 0, 1, \dots, J$, $u = \text{FoU-udgiftsart}$, jvf. tabel A.2.1.
 - Mere simpelt summeres blot nutidsværdien (2001) af de enkelte års FoU-udgifter. Der tages højde for inflation.
5. **Forskellige mål på FoU-kapital**, K_t . Der anvendes syv forskellige FoU-kapitalmål for at teste parameterstabiliteten i analyserne som følge af den valgte metode til opgørelse af FoU-kapitalen.
- $K5a_t$, $K10a_t$ som henfører henholdsvis 5 og 10 år tilbage tiden og med deprecieringsrater som vist i tabel A.2.1.
 - $K5_{15_t}$, $K10_{15_t}$ som henfører henholdsvis 5 og 10 år tilbage tiden og med deprecieringsrate på 15%.

²⁸ Alternativt kunne FoU-kapitalen forsøges estimeret på basis af output i form af virksomhedens værdi af patentbeholdning, HR, eller hele virksomhed. Disse informationer er normalt vanskelig at måle og sjældent tilgængelige. Ligeledes kunne deprecieringsraterne estimeres på sektorniveau vha. metoden anvendt i Bayer (2003). Her estimeres en model på primær driftsresultat som funktion af materielle aktiver, salgsomkostninger og FoU-udgifter samt 3 lag af FoU-udgifter. Han finder aftagende deprecieringsrater over tre år samt en straksafskrivning på 40% i periode nul. Desværre er afskrivningsraterne relative (summer til 1) og ikke absolutte. Bayers resultater anvendes forsøgsvis i analyserne.

- c. $K5_{20_t}$, $K10_{20_t}$ som henfører henholdsvis 5 og 10 år tilbage tiden og med deprecieringsrate på 20%.
- d. K_{bayer_t} med Bayers (2003) deprecieringsrater over tre år og en straksafskrivning på godt 40 procent, i alt fire perioder.

Figur A.2.1 Eksempler på værdi af udgift i år t givet forskellige deprecieringsrater



Note: Akkumuleret FoU-vækst dækker alle sektorer og er normaliseret til 100% i 2001 og viser dermed hvad FoU-niveauet var i Danmark i årene før relativt til 2001.

Appendiks 3: Yderligere empiriske resultater

Tabel A.3.1 Gennemsnitlig FoU-kapital ved forskellige kapitalopgørelsesmetoder for alle virksomheder i 2001-samplet, 1000 DKK

Variable	Gennemsnit	Minimums-værdi	Maksimums-værdi
FoU-kapital ¹⁾ betinget af positiv	20421	6	4228230
Øvrige aktiver (eksklusiv FoU-kapital ¹⁾)	128809	6	55889929
FoU-kapital ²⁾ betinget af positiv	19291	6	4228230
Øvrige aktiver (eksklusiv FoU-kapital ²⁾)	131320	14	55899123
FoU-kapital ³⁾ betinget af positiv	23156	7	4478391
Øvrige aktiver (eksklusiv FoU-kapital ³⁾)	128732	6	55876888
FoU-kapital ⁴⁾ betinget af positiv	21017	7	4478391
Øvrige aktiver (eksklusiv FoU-kapital ⁴⁾)	131323	14	55890352
FoU-kapital ⁵⁾ betinget af positiv	23799	7	4523817
Øvrige aktiver (eksklusiv FoU-kapital ⁵⁾)	128004	5	55954436
FoU-kapital ⁶⁾ betinget af positiv	21284	7	4523817
Øvrige aktiver (eksklusiv FoU-kapital ⁶⁾)	130400	5	55954436
FoU-kapital ⁷⁾ betinget af positiv	6846	0	1646856
Øvrige aktiver (eksklusiv FoU-kapital ⁷⁾)	137132	23	55939668

Maksimal antal observationer (uvægtet): 2228

Note: ¹⁾ Akkumuleret over ti år og afskrevet med 20 procent om året. ²⁾ Akkumuleret over fem år og afskrevet med 20 procent om året. ³⁾ Akkumuleret over ti år og afskrevet med 15 procent om året. ⁴⁾ Akkumuleret over fem år og afskrevet med 15 procent om året. ⁵⁾ Akkumuleret over ti år og afskrevet som beskrevet i A.1. ⁶⁾ Akkumuleret over fem år og afskrevet som beskrevet i tabel A.2.1. ⁷⁾ Akkumuleret over fire år og afskrevet som estimeret i Bayer (2003) med delvis straksafskrivning.

Tabel A.3.2 Gennemsnitlig vækst i antal ansatte i alt og i antal højtuddannede ansatte 1996-99; procent

Branche	1996-99					
	FoU-kapital=0		FoU-kapital>0		Alle	
	Alle	HU	Alle	HU	Alle	HU
Fremstillingssektoren	----- procent -----					
Lavteknologisk	3	24	5	28	4	25
Mellemlavteknologisk	10	1	4	19	7	13
Medico	23	0	20	37	20	37
IKT fremstilling	28	81	15	39	21	50
Øvrig høj- og mellemhøjteknologisk	11	55	0	20	2	22
Servicesektor						
IKT Service	21	38	42	61	33	52
Øvrige Vidensservice	36	26	18	32	29	29
Øvrige sektorer	11	19	8	19	10	19
Virksomhedsstørrelse						
Under 50 ansatte	8	26	14	33	9	28
50 til 99 ansatte	14	58	6	26	12	42
100 til 249 ansatte	18	45	6	37	12	39
Over 249 ansatte	13	7	7	32	9	27
Alle virksomheder	12	28	7	33	10	31
Antal virksomheder (uvægtet)	1182		525		1707	

Note: Højtuddannede er defineret som bachelor, lang videregående uddannelse eller forskeruddannelse.

Table A.3.3 Andelen af nyansatte i virksomheder med og uden FoU-kapital i 2001 i forhold til året før fordelt på højtuddannede og øvrige ansatte; procent

Branche	Virksomheder uden FoU-kapital			Virksomheder med positiv FoU-kapital			Alle Virksomheder		
	Højtuddannede ansatte	Øvrige ansatte	Alle ansatte	Højtuddannede ansatte	Øvrige ansatte	Alle ansatte	Højtuddannede ansatte	Øvrige ansatte	Alle ansatte
Fremstillingssektoren									
Lavteknologisk	36	34	34	30	25	25	32	30	30
Mellemlavteknologisk	21	23	23	24	19	19	23	21	21
Medico	.	.	.	39	32	33	39	31	33
IKT fremstilling	28	32	31	28	23	24	28	27	27
Øvrig høj- og mellemhøjteknologisk	27	20	20	24	19	19	24	19	19
Service sektor									
IKT Service	40	48	47	41	45	45	41	46	45
Øvrige Videnservice	38	69	66	25	29	28	31	59	55
Øvrige sektor	33	38	38	35	40	39	34	38	38
Virksomhedsstørrelse									
Under 50 ansatte	30	28	28	22	23	23	27	27	27
50 til 99 ansatte	35	33	33	30	25	26	33	31	32
100 til 249 ansatte	36	43	43	25	25	25	29	35	35
Over 249 ansatte	46	54	54	35	28	29	38	40	40
Alle virksomheder	36	40	40	31	27	28	33	35	35
Antal virksomheder (uvægtet)	1551	1551	1551	677	677	677	2228	2228	2228
Antal ansatte (vægtet)	19378	496602	515980	33779	329557	363336	53157	826159	879316

Note: Højtuddannede er defineret som bachelor, lang videregående uddannelse eller forskeruddannelse. Andelen af nyansatte er andelen af nye i forhold til alle med tilsvarende uddannelse i virksomheden. Andelen siger intet om virksomhedernes nettovækst i antal ansatte, da det ikke er korrigeret for ansatte, der har forladt virksomheden i samme tidsrum.

Tabel A.3.4 Virksomhedsdata til analyserne af beskæftigelsesvækst

Variabel	Gennemsnit	Minimum	Maksimum
Beskæftigelsesvækst på kort sigt	0.08	-0.72	2.86
Beskæftigelsesvækst på mellemlangt sigt	0.33	-0.71	9.50
Alder	19.06	0	145
Under 50 ansatte	0.57	0	1
50-99 ansatte	0.15	0	1
100-249 ansatte	0.15	0	1
Over 249 ansatte	0.13	0	1
FoU-udførende	0.30	0	1
Anden innovation, ej FoU	0.13	0	1
Egen FoU-afdeling	0.12	0	1
Forskere ansat	0.04	0	1
Lavteknologisk	0.17	0	1
Mellemlavteknologisk	0.12	0	1
Fremstilling	0.01	0	1
Medico	0.01	0	1
IKT fremstilling	0.05	0	1
Øvrig høj- og mellemhøjteknologisk	0.11	0	1
IKT service	0.08	0	1
Øvrig vidensservice	0.16	0	1
Øvrige sektorer	0.30	0	1
Højtuddannedes andel af ansatte	0.06	0	1
Højtuddannede ansat 1996-01	0.46	0	1
Højtuddannede ansat i 2001	0.58	0	1

Antal observationer: maksimalt 1959

Note: Højtuddannede er defineret som bachelor, lang videregående uddannelse eller forskeruddannelse.

Tabel A.3.5 Estimation af parametre i produktionsfunktion for alle virksomheder, kapitalapparat lig anlægsaktiver alene

Model	Alle virksomheder				FoU-aktive virksomheder alene			
	1 ¹⁾	2 ²⁾	3 ³⁾	4 ⁴⁾	1 ¹⁾	2 ²⁾	3 ³⁾	4 ⁴⁾
Konstant	11.897	11.929	12.751	12.724	11.693	10.848	10.860	11.543
Arbejdskraft	0.804	0.801	0.866	0.847	0.757	0.725	0.727	0.725
FoU-personale	-	-	-	0.247	-	-	-	0.102
Kapitalapparat	0.107	0.105	0.037	0.043	0.143	0.108	0.101	0.096
FoU-kapital	-	0.021	0.025	0.010	-	0.105	0.112	0.066
Indikatorvariabel for FoU-kapital>0	0.273	-	-	-				
Antal observationer	2228	2228	2228	2228	662	662	662	662
R ²	0.87	0.87	0.86	0.87	0.91	0.92	0.92	0.92

Note: Modellens variable er målt i naturlige logaritmer med undtagelse af "indikatorvariabelen for FoU". FoU-kapitalmål er akkumuleret over ti år og afskrevet med 20 procent om året. Fremhævede tal med **fed** er signifikante på 1% niveau. ¹⁾ Simpel model med indikator for FoU-kapital>0. ²⁾ Inkl. FoU-kapital, men uden korrektion for dobbelttælling. ³⁾ Inkl. FoU-kapital og korrektion for dobbelttælling i kapitalapparat. Denne model videreføres som basismodellen. ⁴⁾ Inkl. FoU-kapital og FoU-personel samt korrektion for dobbelttælling i både kapitalapparat og arbejdskraft.

Tabel A.3.6 Basismodellen estimeret med de syv forskellige kapitalmål og med brancheinteraktionsled

	Basismodellen med forskellige FoU-kapitalmål						
	1	2	3	4	5	6	7
Konstant	9.622	9.618	10.314	10.166	9.395	9.393	9.383
Arbejdskraft	0.661	0.662	0.711	0.701	0.646	0.647	0.648
Kapitalapparat	0.264	0.264	0.213	0.224	0.281	0.281	0.282
FoU-kapital	0.011	0.011	0.012	0.012	0.009	0.010	0.010
Interaktionsled med FoU-kapital							
Lavteknologisk	-0.008	-0.008	-0.008	-0.009	-0.007	-0.007	-0.008
Mellemlavteknologisk	-0.006	-0.007	-0.007	-0.007	-0.006	-0.006	-0.006
Fremstilling	0.019	0.019	0.022	0.021	0.015	0.015	0.017
Øvrig fremstilling	-0.001	-0.003	-0.000	-0.003	-0.000	-0.003	-0.003
Øvrig høj- og mellemlavteknologisk	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
IKT service	0.021	0.020	0.023	0.023	0.020	0.020	0.022
Øvrig vidensservice	0.025	0.024	0.026	0.024	0.025	0.024	0.027
Øvrige sektorer	-0.007	-0.008	-0.006	-0.007	-0.006	-0.007	-0.008
Antal observationer	2228	2228	2228	2228	2228	2228	2228
R ²	0.90	0.90	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90

Note: Modellens variable er målt i naturlige logaritmer. Fremhævede tal med **fed** er signifikante på 1% niveau. Tal i *kursiv* og **fed** er signifikante på 10% niveau. FoU-kapitalmål er: ¹⁾ Akkumuleret over ti år og afskrevet med 20 procent om året. ²⁾ Akkumuleret over fem år og afskrevet med 20 procent om året. ³⁾ Akkumuleret over ti år og afskrevet med 15 procent om året. ⁴⁾ Akkumuleret over fem år og afskrevet med 15 procent om året. ⁵⁾ Akkumuleret over ti år og afskrevet som beskrevet i tabel A.2.1. ⁶⁾ Akkumuleret over fem år og afskrevet som beskrevet i tabel A.2.1. ⁷⁾ Akkumuleret over fire år og afskrevet som estimeret i Bayer (2003) med delvis straksafskrivning.

Tabel A.3.7 Basismodellen estimeret med de syv forskellige kapitalmål og med brancheinteraktionsled for virksomheder med positiv FoU-kapital

	Basismodellen med forskellige FoU-kapitalmål						
	1	2	3	4	5	6	7
Konstant	8.721	8.639	8.167	8.102	8.160	8.096	8.273
Arbejdskraft	0.578	0.571	0.538	0.535	0.537	0.533	0.534
Kapitalapparat	0.258	0.252	0.307	0.301	0.307	0.302	0.344
FoU-kapital	0.097	0.111	0.087	0.100	0.087	0.100	0.042
Interaktionsled med FoU-kapital							
Lavteknologisk	0.003	0.005	0.002	0.004	0.002	0.004	-0.001
Mellemlavteknologisk	0.005	0.006	0.004	0.005	0.003	0.005	-0.000
Fremstilling	0.013	0.012	0.015	0.014	0.008	0.007	0.012
Øvrige høj- og mellemlavteknologisk	-0.003	-0.006	-0.003	-0.006	-0.003	-0.006	-0.006
IKT service	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference	Reference
Øvrige vidensservice	0.010	0.009	0.009	0.023	0.010	0.009	0.014
Øvrige sektorer	0.015	0.014	0.016	0.007	0.015	0.015	0.018
Antal observationer	0.000	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.008
R ²	662	662	662	662	662	662	662
	0.92	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93	0.92

Note: Modellens variable er målt i naturlige logaritmer. Fremhævede tal med **fed** er signifikante på 1% niveau. Tal i kursiv og **fed** er signifikante på 10% niveau. FoU-kapitalmål er: ¹⁾ Akkumuleret over ti år og afskrevet med 20 procent om året. ²⁾ Akkumuleret over fem år og afskrevet med 20 procent om året. ³⁾ Akkumuleret over ti år og afskrevet med 15 procent om året. ⁴⁾ Akkumuleret over fem år og afskrevet med 15 procent om året. ⁵⁾ Akkumuleret over ti år og afskrevet som beskrevet i tabel A.2.1. ⁶⁾ Akkumuleret over fem år og afskrevet som beskrevet i tabel A.2.1. ⁷⁾ Akkumuleret over fire år og afskrevet som estimeret i Bayer (2003) med delvis straksafskrivning.

Table A.3.8 Beskæftigelsesvækst på langt sigt (1996-2001) for alle ansatte estimeret for henholdsvis alle virksomheder og FoU-aktive virksomheder i 2001

	Alle virksomheder					Virksomheder med FoU-kapital>0				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Konstant	0.537	0.508	0.431	0.503	0.354	0.486	-0.334	0.328	0.305	-0.024
Alder	-0.016	-0.016	-0.014	-0.015	-0.016	-0.018	-0.018	-0.013	-0.014	-0.017
Under 50 ansatte	0.019	0.048	-0.062	-0.006	0.124	0.212	0.351	0.046	0.138	0.463
50-99 ansatte	0.094	0.120	0.051	0.089	0.124	0.088	0.178	0.009	0.040	0.126
100-249 ansatte	0.212	0.229	0.174	0.199	0.205	0.077	0.136	0.030	0.044	0.113
Over 249 ansatte	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
FoU-udførende	0.050	-0.229	0.024	0.003	-0.003	-	-	-	-	-
På anden vis innovativ	0.141	0.142	0.123	0.115	0.092	-	-	-	-	-
Egen FoU-afdeling	0.300	0.285	0.277	0.305	0.297	0.425	0.381	0.411	0.431	0.382
Forskere ansat	0.013	-0.029	-0.067	-0.112	-0.019	0.002	-0.084	-0.144	-0.268	-0.079
Lavteknologisk			-0.054					-0.078		
Mellemlav- teknologisk			0.107					-0.081		
Medico			0.168					0.368		
IKT fremstilling			0.069					-0.007		
Øvrig høj- og mellemlavteknologisk			Ref.					Ref.		
IKT service								0.712		
Øvrig vidensservice			0.653					0.498		
Øvrige sektorer			0.408					0.508		
Log(FoU-kapital)		0.020	0.147			0.050			2.111	-0.077
Andel af højtuddannede				1.008	-0.190					0.606
Højtuddannede ansat 1996-01	1692	1692	1692	1692	1692	524	524	524	524	524
Højtuddannede ansat i 2001	0.05	0.05	0.09	0.07	0.07	0.06	0.07	0.12	0.14	0.10
Antal observationer										
R ²										

Note: Fremhævede tal med **fed** er signifikante på 1% niveau. Tal i *kursiv* og **fed** er signifikante på 10% niveau.

Tabel A.3.9 Beskæftigelsesvækst på langt sigt (1996-2001) for højtuddannede ansatte estimeret for henholdsvis alle virksomheder og FoU-aktive virksomheder i 2001

	Virksomheder med FoU-kapital>0									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Konstant	0.651	0.595	0.628	0.600	0.183	0.621	-0.433	0.530	0.482	-0.042
Alder	-0.005	-0.005	-0.003	-0.003	-0.004	-0.003	-0.002	0.001	-0.000	-0.002
Under 50 ansatte	-0.557	-0.500	-0.611	-0.594	-0.186	-0.471	-0.291	-0.574	-0.528	-0.023
50-99 ansatte	-0.287	-0.237	-0.314	-0.295	-0.063	0.005	0.121	-0.006	-0.032	0.157
100-249 ansatte	-0.022	0.010	-0.049	-0.042	0.081	-0.152	-0.075	-0.162	-0.177	-0.042
Over 249 ansatte	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
FoU-udførende	0.059	-0.476	0.021	0.011	-0.024	-	-	-	-	-
På anden vis innovativ	-0.016	-0.014	-0.034	-0.054	-0.040	-	-	-	-	-
Egen FoU-afdeling	0.149	0.121	0.138	0.157	0.114	0.077	0.021	0.060	0.081	0.012
Forskere ansat	-0.064	-0.145	-0.126	-0.251	-0.139	0.013	-0.096	-0.097	-0.194	-0.089
Lavteknologisk			0.001					0.032		
Mellemlav- teknologisk			-0.065					-0.210		
Frem- stilling			0.182					0.300		
IKT fremstilling			-0.090					0.025		
Øvrig høj- og mellemlavteknologisk			Ref.					Ref.		
IKT service			0.539					0.484		
Øvrig vidensservice			0.189					0.375		
Øvrige sektorer			0.029					0.039		
Log(FoU-kapital)		0.039					0.065		1.623	0.627
Andel af højtuddannede				1.512						0.087
Højtuddannede ansat 1996-01					0.477					
Højtuddannede ansat i 2001					0.083					
Antal observationer	1692	1692	1692	1692	1692	524	524	524	524	524
R ²	0.04	0.04	0.06	0.09	0.11	0.04	0.05	0.08	0.11	0.13

Note: Højtuddannede er defineret som bachelor, lang videregående uddannelse eller forskeruddannelse. Fremhævede tal med **fed** er signifikante på 1% niveau. Tal i kursiv og **fed** er signifikante på 10% niveau.

Appendiks 4: Tidligere studier fra Analyseinstitut for Forskning (AFSK), det anvendte datamateriale og resultaterne herfra

AFSK Rapport 1999/7: Påvirker omfanget af virksomhedernes forskning og udviklingsarbejde deres produktivitet? Smith et al.

Data:

- Fremstillingsvirksomheder; balanceret panel
 - 1987-95: 195 virksomheder (kun 136 har valide observationer for alle variable)
 - 1991-95: 259 virksomheder (benyttes ikke i estimationerne)

FoU-kapital:

- FoU-kapital opdeles i human og nonhuman FoU. Droppes dog pga. meget stor multikollinearitet i de to variable
 - Lønudgifter til FoU kan laves som human FoU-kapital
 - Resten af FoU-udgifterne kan laves som nonhuman FoU-kapital

Modellering:

- Output, Y, (produktivitet) er målt ved omsætning.
- L er almindelig arbejdskraft.
- C er akkumuleret human og nonhuman FoU-kapital.
- K er den øvrige kapital (her anlægskapital).

Korrektioner i FoU-variable:

- Den del af FoU-kapitalen som findes under FoU-investeringsudgifter trækkes fra den øvrige kapital = K. (for at undgå dobbelttælling)
- Almindelig arbejdskraft fratrækkes FoU-personel, der allerede "figurerer" under FoU-kapital.

Afskrivningsrate:

- På FoU er 20% (ikke følsom i intervallet 10-20% iflg. forfattere)
- Initial FoU-startkapital antages lig FoU-udgift i startåret. Misser en andel på 16% som ikke er afskrevet i 1995 (efter 8 år).

Dekomponerer forskel i produktivitet:

- Oaxaca-dekomponering: Mekanisk opsplitning af de fundne effekter mellem virksomheder med og uden FoU.
 - Virksomhedseffekt (anden kombination af faktorindsats) og en FoU-effekt (forskelligt afkast af faktorindsats).

Andre faktorer og deres interaktionseffekter med FoU-kapital:

- Hovedeffekter:
 - Anden innovation, Ejerkontrol stærk, Udenlandske ejere, Intern finansiering af FoU i % af samlet FoU-udgift
 - Ingen signifikante
- Krydseffekter af ovenstående med FoU-kapital
 - Eneste signifikante er kryds med udenlandske ejere (plus)

Ideer:

- Stoppe akkumulering i periode t-1.
 - Iflg. Smith et al giver det ingen nævneværdige forskelle i resultaterne. Ej heller korrektion af FoU-løn i FoU-kapital for perioder før t ændrer resultaterne.

Krydseffekter:

- Interaktionseffekter på branche og fagniveau.
- Er positive, men ej signifikante i en translog-modellering.

AFSK WP 1999/1: The impact of R&D on Productivity: Evidence from Danish Manufacturing Firms. Smith et al. Engelsk variant af **AFSK Rapport 1999/7:** Påvirker omfanget af virksomhedernes forskning og udviklingsarbejde deres produktivitet? Smith et al.

Samme resultater, samme data, samme model. Tekstuel lidt anderledes vinklet. Absolut yderligere forklaringsværdi at hente.

AFSK WP 2000/4: R&D and Productivity in Danish Firms: Some Empirical Evidence. Smith et al. En opdateret og ændret version af **AFSK WP 1999/1:** The impact of R&D on Productivity: Evidence from Danish Manufacturing Firms. Smith et al.

Udvidet datasæt (nu inklusiv 1997, så der dækkes 1987-95 og 1989-97) og lidt ændret definition på produktivitet, så der anvendes værditilvækst i stedet for nettoomsætning. Resultaterne og konklusionerne ændres ikke nævneværdigt. Firm-specific fixed-effect model sænker dog koefficienten til FoU-kapital.

Dekomponering er positiv til fordel for FoU øger produktivitet. Andre faktorer og interaktionseffekter med disse bliver alle insignifikante.

AFSK WP 2001/2: The short-run impact of business sector R&D activities on total factor productivity. Empirical Evidence from the Danish economy. Bentzen og Smith Tidsseriestudie for perioden 1966-97

Standard modellering. Tester for integration og cointegration. Ender op med en ad hoc model hvor ændring i log TFP forklares af ændring i log R&D-ratio lagget to perioder. Effekt positiv og signifikant.

AFSK Rapport 2003/1: Aktiemarkedets prisfastsættelse af FoU-intensive virksomheder, herunder aktivering af FoU-udgifterne. Af Mads Bayer Afsnit 4 om bestemmelse af FoU-kapital

Data:

Børsnoterede FoU-aktive virksomheder

- Finansielle virksomheder udeladt
- Virksomheder med FoU i kun et eller to år i 10-års perioden er udeladt

- Virksomheder med FoU-andel af omsætning under 2% er udeladt
- 74 virksomheder med megen FoU opfylder disse kriterier og medtages dermed FoU-kapital:
- Estimeret tidshuller i virksomhedernes FoU vha. lineær interpolation. Overvejelser om fast andel af omsætning, men dette er nok kun valid for konjunkturafhængige virksomheder
 - FoU-kapital udregnes ved at akkumulere FoU-udgifter under givne deprecieringsrater fundet ved følgende metode
 - Estimeres ved at regressere materielle aktiver, salgsomkostninger og k lag af FoU-udgifterne på det primære driftsresultat. $k=3-7$ perioder; ender med at kun 3 perioder er signifikante
 - Summen af koefficienterne til de k lag af FoU angiver den samlede påvirkning fra FoU-udgift til det primære driftsresultat. Hvis over 1, så en god forretning
 - Koefficienten til de enkelte lags andel af summen af koefficienterne er det enkelte års deprecieringsrate. Det betyder fuld afskrivning over de valgte k lag
 - Deprecieringsraten er dermed ikke fast men potentiel variabel over tid, branche og virksomhedstype/størrelse
 - Bayer finder deprecieringsrater på 41,9%, 28%, 20,2% og 9,8% i perioderne 0, 1, 2 og 3. Han anviser dermed, at der er en **straksafskrivning** på FoU-udgifterne på over 40% og at der er en faldende deprecieringsrate bag ud i tiden.

DVS: FoU-kapital deprecieres klart mest i starten og derefter med en faldende rate.

AFSK WP 2003/6: The Effect of R&D Expenditures on Stock Market Returns for Danish Firms. Af Carter Bloch.

Videreudvikling af **AFSK Rapport 2003/1:** Aktiemarkedets prisfastsættelse af FoU-intensive virksomheder, herunder aktivering af FoU-udgifterne.

Som i Chan et al (2001) anvendes en lineær deprecieringsrate på 20% hvert år i fire år. År 0 er der ingen depreciering og al FoU er afskrevet efter 5 år. Der er ydermere i artiklen testet om en akkumulerede deprecieringsrate på 15% om året ændrer resultaterne. Det gør det ikke. Samplet er lidt større end i Bayer (2003).