

De samfundsøkonomiske effekter af offentlige investeringer i forskning og udvikling

Analyserapport Juni 2012

Udarbejdet for Styrelsen for Forskning og Innovation af:

Professor Svend E. Hougaard Jensen, CBS

Professor Keld Laursen, CBS

Professor Michael S. Dahl, AAU

Ph.d. Rikke Nørding Christensen

Indholdsfortegnelse

Executive summary	3
1 Indledning	5
2 Afgrænsning, definitioner og metode	6
2.1 Definitioner af forskning og midler	6
2.2 Transmissionsmekanismer	8
2.3 Udfordringer ved offentligt finansieret FoU	10
2.4 Empiriske metoder	11
3 Gennemgang af litteraturen	13
3.1 Analytisk ramme	13
3.2 Tidligere litteraturoversigter	14
3.3 Gennemgang af de mangeartede økonomiske afkast	15
3.4 Crowding-out, additionalities og spredning	17
3.5 Resultater på tværs af metode	22
3.6 Resultater opdelt på sektorer og lande	27
4 Validitetsvurdering af forskellige metoder	38
4.1 Evalueringsramme	38
4.2 Validitetsvurdering	39
5 Sammenfatning	41
Litteratur	44
Appendiks	52

Executive summary

Denne rapport indeholder en gennemgang af litteraturen, som belyser de samfundsøkonomiske effekter af offentlig finansieret forskning og udvikling (FoU). Investeringer i FoU skaber betydelig vækst i samfundet og er med til at øge produktiviteten, skabe nye jobs, forbedre konkurrenceevnen, hæve skatteindtægterne, osv. Hovedformålet er at dokumentere effekterne af offentlig finansieret FoU på værdiskabelse og vækst både nationalt og internationalt.

Hovedresultater og vigtigste pointer i gennemgange fra litteraturen er:

- De samfundsøkonomiske effekter af FoU-aktiviteter overstiger de privatøkonomiske. Dette bekræftes i hovedparten af studierne fra litteraturen (*se afsnit 3*).
- Der er blandede signaler i den økonomiske litteratur med hensyn til omfanget af afkastet af offentlig finansieret FoU. Vægten af beviser tyder på, at offentlig finansieret FoU bidrager positivt til produktivitet, udvikling af menneskelig kapital og den økonomiske vækst (*se afsnit 3.3*).
- Det skønnede årlige samfundsøkonomiske afkast af investeringer i offentlig FoU-investeringer ligger typisk på 20-40 procent, dog findes endnu større afkast i enkelte studier (op til 70 procent). Studierne bruger forskellige typer af data, tidsperiode, metode, hvilket gør en direkte sammenligning vanskelig (*se afsnit 3.3*).
- En forøgelse af offentlige investeringer i forskning på én procent medfører en forøgelse af totalfaktorproduktivitet på 0,17 procent (gennemsnit for 16 OECD lande) (*se afsnit 3.3*).
- Et konkret eksempel for lægemiddelsindustrien viser, at én procent stigning i grundforskning fører til en 2-2,4 procent stigning i antallet af kommercielle lægemiddelsprodukter (*se afsnit 3.5 under Tool (1999, 2000)*).
- Offentlige investeringer i FoU fortrænger ikke privat finansiering, nogle studier finder endog, at den offentlige støtte øger omfanget af privat finansiering (*se afsnit 3.4 Aerts og Czarnitzki (2008)*).
- På meso- og makroplan finder man komplementaritet i stedet for substitution (fortrængning) mellem offentligt- og privatfinansierede FoU-udgifter. Men komplementaritet kan være overvurderet på grund af fortrængningseffekt (højere løn) (*se afsnit 3.4*).
- Undersøgelser på mikroniveau finder beviser for en substitutionseffekt for amerikanske data, hvorimod komplementaritetseffekten synes at dominere for ikke-amerikanske lande (*se afsnit 3.4*).
- Forøgelse i publicering af artikler, etablering af virksomheder, uddannelse af kandidater, forskernetværk, nye metoder og instrumenter, social kapital m.v. nævnes som positive effekter af investeringer (*se afsnit 3.3*).
- De samfundsøkonomiske effekter afhænger i høj grad af landespecifikke karakteristika samt den samlede beholdning af viden i samfundet (*se afsnit 3.5 og 3.6*).

- Tidsperioden fra at akademisk forskning kanaliseres til industriel kommercialisering er estimeret til at variere fra 6-20 år, afhængig af forskningsfelt (*se afsnit 2.4 og afsnit 3.5*).
- Det er svært at måle direkte effekter af offentlig FoU, men vigtigheden af offentlig finansieret FoU er stor for velstand og vækst i et samfund (*se afsnit 3.2 og afsnit 3.6*).

Metodemæssigt kan det overordnet konkluderes at valg af metode variere indenfor fag, sektorer, afkast, og transmissionsmekanismerne. Det er derfor vigtigt:

- at vælge en metode eller en kombination af metoder tilpasset de særlige kendetegn ved f.eks. det offentlige finansieringsinstrument af FoU, de forskellige forskningsområder, og arten af de forventede virkninger (for eksempel lang- vs. kortsigtet).
- at basere måling af effekterne på en detaljeret forståelse af de mekanismer, hvorigennem sådanne effekter finder sted.
- at inkludere en analyse af den sammenhæng, hvori forskningen og anvendelsen af forskningens resultater finder sted.
- at udvikle evaluering og vurdering af mål og planer i et tidligt stadige. Optimalt udviklet sammen med selve implementeringsstrategier af interventionen.

Rapporten er udarbejdet af Konsulent, Ph.d. Rikke Nørding Christensen, Professor Svend E. Hougaard Jensen, CBS, Professor Keld Laursen, CBS og Professor Michael S. Dahl, AAU på opdrag fra Forsknings- og Innovationsstyrelsen.

Anbefalinger

Baseret på denne rapport anses det for givet, at de samfundsøkonomiske effekter af offentlig investering i FoU er positive, men målingen af effekterne er vanskelige. Det er kompliceret at isolere selve effekten, især da effekten måske først optræder efter en længere årrække samtidig med, at tidshorizonten er forskellig fra område til område. Det foreslås derfor, at der foretages flere undersøgelser af kortlægningen af effekten af offentlig forskning evt. at belyse alternativer, hvor de samfundsøkonomiske effekter måles indirekte til at afdække den endelige effekt af FoU. Konkret foreslås det at belyse spredningsveje og effekter, crowding out forholdet mellem offentlig og private FoU, det optimale niveau af FoU, samarbejde mellem forskningsinstitutionerne og den private sektor. Herudover vil det være nyttigt direkte at sammenligne internationale databaser med de danske. Desuden kunne det være yderst relevant at belyse omkostningssiden betinget af datatilstrækkeligheden. Givet de begrænsninger, der er knyttet til de enkelte metoder, er det relevant at benytte en kombination af forskellige metoder til at evaluere effekterne. Det afhænger dog af, hvilken industri/branche/land samt, hvilke data der er tilgængeligt.

1 Indledning

Denne analyse af de samfundsøkonomiske effekter af offentlig finansieret forskning og udvikling (FoU) indeholder en gennemgang af international og dansk forskning i om væksteffekterne af offentlig finansieret FoU. Formålet med analysen er følgende:

- At opsamle viden fra eksisterende danske og internationale makroøkonomiske analyser, der søger at dokumentere effekterne af offentlig FoU på værdiskabelse og vækst.
- At dokumentere de mangeartede påvirkninger og transmissionsmekanismer, som sker fra offentlig finansieret FoU til væksten i Danmark og internationalt i en samlet publikation.

Et af hovedresultaterne fra litteraturen er, at FoU-aktiviteter har en positiv effekt på vækst og produktivitet. På tværs af både danske og internationale studier skønnes det årlige samfundsøkonomiske afkast af investeringer i offentlig FoU-investeringer typisk til at være mellem 20-40 procent. Flere internationale studier har påvist sammenhængen mellem FoU og produktivitetsvækst. For eksempel viser tidligere studier herunder, Griliches (1979) og Nadiri (1993), et højt økonomisk afkast af FoU investeringer i den private sektor. I nyere litteratur dokumenterer Martin og Salter (1996, 2001) og Martin og Tang (2007) en positiv effekt på produktiviteten. Der er også enighed om, at den samfundsøkonomiske effekt af FoU-aktiviteter overstiger den privatøkonomiske, hvilket betyder, at der er spredningseffekter af FoU, som den enkelte virksomhed ikke fuldt ud kan erhverve sig. Derudover viser resultaterne i litteraturen, at offentlige investeringer i FoU ikke fortrænger de private investeringer. Nogle studier finder endda, at den offentlige støtte øger omfanget af private investeringer. Resultaterne her er baseret på forskellige data, tidsperioder og metoder, hvilket gør en direkte sammenligning vanskelig.

Økonomiske analyser peger på vigtigheden af den positive sammenhæng mellem investeringer i FoU og økonomisk udvikling. I litteraturen er der generel enighed om, at viden og læring skabt gennem investeringer i FoU i både det private og det offentlige øger arbejdskraftens produktivitet og dermed den økonomiske vækst i samfundet. En forøgelse af offentlige investeringer i forskning på én procent medfører en forøgelse af totalfaktorproduktivitet på 0,17 procent (gennemsnit for 16 OECD lande), jf. Guellec og Pottelsberghe (2003). Offentligt finansieret FoU er vigtig for at skabe velstand og spredning af viden i forhold til samspillet med den private sektor.

Offentligt finansieret FoU er vigtig for at skabe velstand samt for at etablere overførsel af viden i forhold til samspillet til den private sektor. Af positive afkast af FoU kan for eksempel nævnes publicering af artikler,

etablering af virksomheder, uddannelse af kandidater, forskernetværk, nye metoder og instrumenter og socialkapital m.v.

Samarbejde mellem erhvervslivet og universiteter (og andre højere læreanstalter og offentlige forskningsinstitutioner) er i litteraturen anset som yderst vigtig for vækst og produktivitet, se f.eks. Jaffe (1989) og Cohen m.fl. (2002). Samarbejdsrelationer beskrives typisk som en interaktiv proces, hvor nyttiggørelse af viden og nye ideer skaber vækst og udvikling. Forskningsamarbejde er et væsentligt redskab til at øge vigtige teknologiske gennembrud.

Der er i litteraturen bred enighed om, at det, trods de mangeartede afkast, stadig er svært at sammenfatte endelige resultater af effekten af offentligt finansieret FoU på væksten i samfundet. Nogle af de udfordringer, der opstår, hænger både sammen med måden de offentlige forskningsmidler fordeles på og de mange forskelligartede afkast, som gør dem svært at kvantificere. Herudover kan effekten også være af langsigtet karakter, hvilket øger usikkerheden. Dette gælder især grundforskning, som ikke nødvendigvis giver noget umiddelbart økonomisk afkast, hvilket ikke betyder at grundforskning er af mindre betydning, men blot at der er stor udfordringer forbundet med at måle effekterne heraf. Trods disse udfordringer ønsker denne rapport at dokumentere, hvordan en bevilling fra det offentlige gennem diverse transmissionsmekanismer yder et bidrag til økonomisk vækst.

I det følgende vil afsnit 2 beskrive relevante definitioner samt metode for denne litteraturoversigt. Afsnit 3 beskriver litteraturen. Afsnit 4 diskuterer validiteten af de anvendte metoder. Afsnit 5 sammenfatter de overordnede resultater.

2 Afgrænsning, definitioner og metode

Dette afsnit indeholder definitioner for forskning og andre essentielle parametre, som er nødvendige at få defineret i forhold til gennemgangen af litteraturen. Herudover vil dette afsnit beskrive den metodiske tilgang for litteraturoversigten. Ligeledes vil resultater af tidligere litteraturoversigter, samt udfordringer ved at evaluere samfundsmæssige effekter af offentlig finansieret FoU blive beskrevet.

2.1 Definitioner af forskning og midler

Ifølge OECD's Frascati-manual (2002) er FoU defineret som arbejde på et systematisk grundlag med henblik på at øge videnskabelig- og teknisk viden inden for teknik, naturvidenskab, sundhed, jordbrugs- og veterinærområdet, samt kendskabet til mennesket, kulturen og samfundet. Fælles for FoU aktiviteter er, at de skal

indeholde et nyhedsэлемент, dvs. udnytte denne viden til at udtænke nye anvendelsesområder (se Vækst vilkår i Danmark (2002)).

Generelt kan viden og investeringer i FoU betragtes som et kollektivt gode med egenskaber, der betyder, at når investeringerne i FoU er foretaget, så reducerer agentens anvendelse af denne viden ikke andre agents anvendelse af samme viden, Forskningskommissionens betænkning (2001). Herudover vil en stor del af investeringerne i FoU have en "ikke-ekskluderbar" karakter, hvor det er vanskeligt at beholde viden for sig selv. Patentordninger kan dog begrænse denne effekt. Det er ikke nødvendigvis hensigtsmæssigt at begrænse adgangen til offentligt finansieret FoU, da betydelige spillover/spredningseffekter af FoU kan have positive effekter for samfundet, som den enkelte virksomhed ikke nødvendigvis har nogen gavn af. Den samfundsøkonomiske gevinst af FoU-investeringer er typisk større end den privatøkonomiske gevinst.¹

Spredning- og absorptionsevne af viden spiller også en stor rolle for innovationskapaciteten. Mange empiriske studier i litteraturen analyserer netop disse mekanismer, se Cohen og Levinthal (1989). I afsnit 3.4 uddybes dette emne særskilt.

I løbet af de seneste årtier har effekten af FoU fået stor forskningsmæssig og politisk bevågenhed. Som eksempel herpå er Lissabon-strategien, som har til formål at gøre EU til den globalt set mest konkurrencedygtige vidensøkonomi, hvor intensiteten i FoU-investeringer er en af fjorten indikatorer til måling af succes. I Barcelona-målsætningen fra 2010 anbefales et investeringsniveau på mindst tre procent af BNP, hvoraf de to tredjedele skal finansieres via erhvervslivet.

Offentlige investeringer i FoU er ofte fordelt på grundforskning og anvendt forskning. Herudover er der også udviklingsarbejde, som består af systematisk arbejde baseret på viden opnået gennem forskning og praktisk erfaring. Offentligt finansieret FoU omfatter følgende kategorier:

Grundforskning: Originalt eksperimenterende eller teoretisk arbejde med det primære formål at opnå ny viden og forståelse uden nogen bestemt anvendelse i sigte.

Anvendt forskning: Originale undersøgelser som hovedsageligt er rettet mod bestemte anvendelsesområder med henblik på ny viden. Den anvendte forskning er primært rettet mod praktiske formål.

Udviklingsarbejde: Systematisk arbejde baseret på viden opnået gennem forskning og/eller praktisk erfaring med det formål at frembringe nye eller væsentligt forbedrede materialer, produkter, processer, systemer eller tjenesteydelser.

¹ Se Forskningskommissionens betænkning (2001).

Ifølge Forskningskommissionens betænkning (2001) bør det offentlige især støtte grundforskning, som generelt er mere risikabel, sværere at patentere og mere langsigtet end anvendt forskning. Det samme er gældende for en række samfundsnyttige forskningsområder, der ikke umiddelbart giver direkte privatøkonomisk afkast. For selvom en stor del af samfundets viden ikke genererer produkter eller ydelser, som er direkte profitgivende, har det alligevel stor indvirkning på samfundets vækstmuligheder. Velstand og vækst afhænger af investeringer i FoU i områder som sundhed, kultur og samfund osv.

Det optimale niveau af FoU kan ikke alene baseres på markedsmæssige vilkår. Det er derfor nødvendigt med offentlig regulering og finansiering, se DØRS (2003a og b). Hvis ikke det offentlige investerer i FoU, kan det få konsekvenser for eksempelvis forskning i humanistiske og samfundsvidenskabelige emner, som tilstræber at øge viden om kvaliteten af velfærd, samt sundhedsvidenskabelige emner, som øger borgerens velfærd, men ikke direkte har noget profitabelt afkast.

Midlerne til de offentlige institutioner består i det nuværende system af basis og strategiske midler, som skal gå til driften samt forskning indenfor strategiske områder for den offentlige forskning, som afspejler politiske prioriteter (se DEA (2009) for flere detaljer). Herudover kommer de frie midler, som søges hos forskningsrådene. De offentlige FoU midler fordeles typisk til en lang række af aktører:

- Højere læreanstalter (universiteter, handelshøjskoler, universitetshospitaler og andre højere læreanstalter).
- Sektorforskningsinstitutioner.
- Øvrige offentlige forskningsinstitutioner (f.eks. regionale og kommunale forskningsinstitutioner).
- Private ikke-erhvervsdrivende institutioner (f.eks. GTS institutter, private ventureselskaber, innovationsfonde osv.).

De private ikke-erhvervsdrivende institutioner modtager støtte, der kan have karakter af mere direkte støtte til den private sektor. Midlerne til FoU varierer derfor meget fra strategisk akademisk forskning til former for erhvervsstøtte.

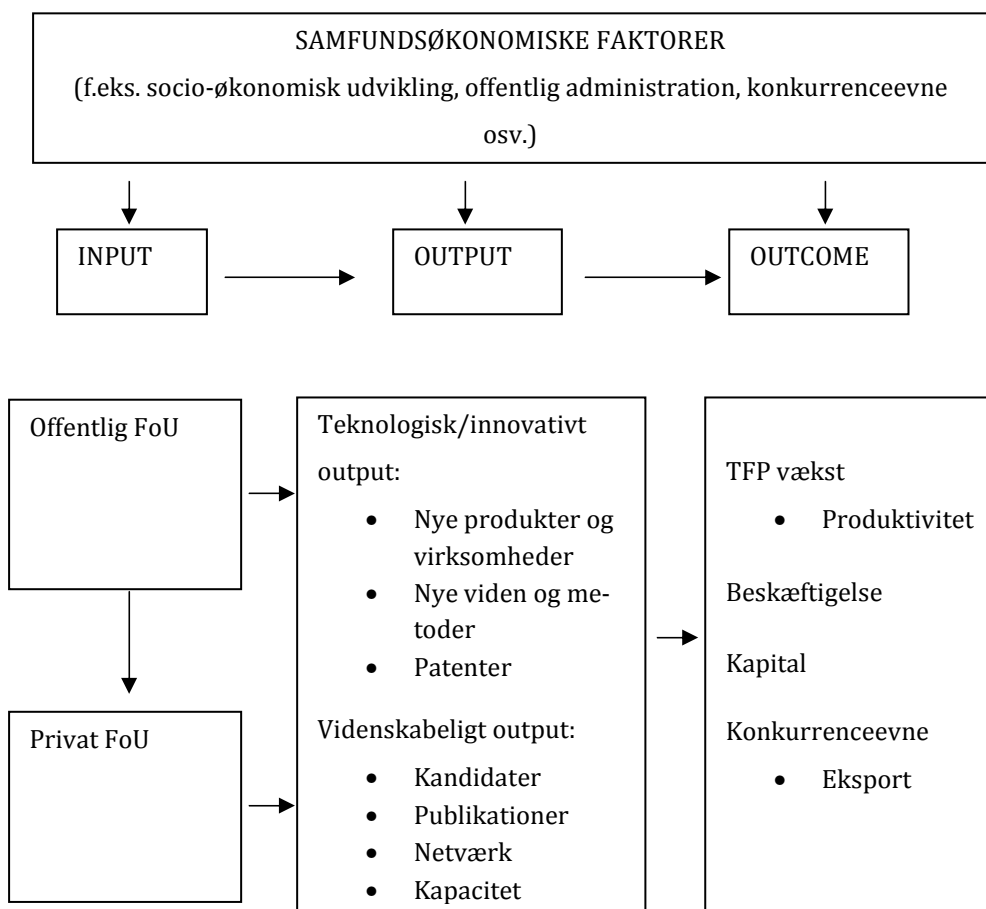
2.2 Transmissionsmekanismer

Traditionelt anskues effekterne af FoU ud fra en input-output model, hvor der i simpel forstand kommer FoU ind og nye produkter ud. Denne model er dog ikke dækkende for de samfundsøkonomiske effekter. Forholdet mellem forskning og økonomisk aktivitet er mere kompliceret end, hvad en simpel model kan forklare.² I den nyere litteratur anerkendes og analyseres de mange "ikke-lineære" effekter og kanaler, hvorigennem viden og afkast opstår i samspil mellem offentlig finansieret forskning og erhvervslivet.

²Den simple lineære model har en betydelig begrænsning, da den ikke giver mulighed for, at teknologi ofte leder videnskaben, og grundlæggende er videnskab ofte ikke kilden til nye ideer, men bruges til at forstå nye teknologier og nye projekter (se Cohen m. fl. (2002)).

Figur 1 identificerer relevante indikatorer, som påvirker kanalerne eller transmissionsmekanismerne for effekten af offentlig FoU investeringer både i form af diverse delmål (output) og overordnet resultater (outcome). Effekter af de samfundsøkonomiske faktorer afhænger i høj grad af landespecifikke karakteristika samt den samlede beholdning af viden i samfundet. Figur 1 giver et generelt billede af de typiske output og outcomes.

Figur 1



Figuren viser sammenhængen mellem input, output, og outcome.³ Input består af både offentlige og private investeringer i FoU. I denne gennemgang er det de offentlige investeringer, der er i fokus, og samspillet til privat FoU bliver gennemgået i afsnit 3.4.

Output inden for innovation, videnskab og teknologi skal ses som en transmissionsmekanisme, der over tid fører til outcome, som vækst og beskæftigelse, men som undervejs også skaber diverse delmål som f.eks. patenter, kandidater, produkter osv.

³ Figur 1 er inspireret af Conte m. fl. (2009).

Den totale faktorproduktivitet (TFP) er defineret som den forskel, som opstår, når vækst ikke kun kan forklares med øget produktionsfaktorer som beskæftigelse og kapital. Ifølge Forskningskommissionen (2001) afspejler TFP forskellige former for tekniske fremskridt, implementering af viden osv. En ændring i TFP kunne altså være en afledt effekt af nye videnskabelige instrumenter, -processer eller metoder. TFP er således et mål for produktionens effektivitet og fortolkes ofte som organiseringen og udnyttelsen af produktionsfaktorerne eller som det teknologiske niveau i økonomien, Jensen m. fl. (2004).

Produktionsfaktorer som beskæftigelse og kapital påvirkes af FoU investeringer. For eksempel kan en ændring i beskæftigelse både skyldes øget kvantitet og kvalitet af den beskæftigede. På samme måde kan både kvantiteten og kvaliteten af kapital (videns- og social kapital) ændre sig som resultat af offentlige FoU investeringer: Ikke alene forøges og ændres samfundets videnskapital, individer bringes også sammen i nye konstellationer og der skabes derved socialkapital. Konkurrenceevnen kan også påvirkes af investeringer i FoU. For eksempel via en forøgelse i viden og teknologi i processer og eksisterende produkter eller via nye produkter.

De forskellige kategorier af investeringer i offentlig forskning, f.eks. grundforskning og anvendt forskning, kan påvirke output forskelligt. Anvendt forskning, som typisk foregår i private virksomheder og sektorforskningsinstitutioner, har en direkte effekt på output, idet den giver nyudviklede og forbedrede kapitaltyper samt øger TFP via nye og forbedrede produkter og produktionsprocesser. Grundforskning påvirker derimod kun output indirekte ved at skabe en bedre grobund for FoU. Grundforskning udføres hovedsageligt i uddannelsessektoren og vil derfor påvirke kvaliteten af uddannelse og hermed kvaliteten af arbejdskraftindsatsen og dermed output, se Jensen m. fl. (2004).

2.3 Udfordringer ved offentligt finansieret FoU

Det beskrives ofte i litteraturen, at effekterne fra den offentlige forskning kan være svære at måle, da de kan være både indirekte, diffuse og langsigtede (som eks. grundforskning).⁴ Hovedsageligt hænger det sammen med, at det er vanskeligt at spore præcist, hvor og hvordan forskning bliver udnyttet i forskellige innovationer. Selvom resultaterne af offentlig FoU kan være uklare og svære at måle, gør det dem ikke mindre vigtige at analysere. I forhold til privat forskning er offentlig FoU ofte ikke så fokuseret på at øge virksomhedernes produktivitet eller innovationsevne. Ligeledes er graden af kommercialisering af offentlig FoU ofte lavere. Internationalt ligger Danmark i midten blandt OECD-lande, hvad angår kommercialisering af offentlige forskningsresultater, jf. Konkurrenceredegørelsen (2011).

⁴ Se Guellec og Pottelsberg (2003).

I litteraturen beskrives spredningseffekter af FoU f.eks. ved, at den enkelte virksomhed ikke er den eneste, der opnår gevinst ved en FoU-aktivitet. Da virksomheder sjældent er i stand til perfekt at beskytte deres viden, vil andre virksomheder få glæde af virksomhedens FoU-aktivitet via spillovers. Derfor vil den samfundsøkonomiske gevinst typisk være større end den privatøkonomiske, idet FoU spredes direkte til mellem virksomheder eller ved at konkurrence styrker FoU-indsatsen generelt. Hvis det offentlige ikke investerer i FoU, vil der blive investeret for lidt i FoU i forhold til, hvad der er samfundsøkonomisk optimalt. Det diskuteres ofte i litteraturen, hvorvidt offentligt finansieret FoU har en "crowding out"-effekt, hvor offentlig FoU fortrænger privat finansieret FoU. I afsnit 3.4 gennemgås et uddrag af den voksende litteratur om crowding-out og spredning af viden.

Investeringer i FoU kan ofte anses for at være risikobetonede investeringer, da udbyttet først viser sig på meget langt sigt. Det er især grundforskning, som anses for at have en lang tidshorisont, samtidig med at have et langt mindre privatøkonomisk afkast, hvilket taler for, at det offentlige især skal støtte denne del af forskningen, Forskningskommissionens betænkning (2001).

For et lille land som Danmark, der skal leve af viden og teknologi, er nye idéer og opfindelser fra forskningen betydningsfulde parametre. Det er derfor vigtigt, at forskningsmiljøerne er attraktive både for universiteterne og virksomhederne nationalt og internationalt. Dansk forskning og virksomheder med forskningsaktiviteter skal fastholde et højt niveau for at kunne involveres i internationale samarbejder. Desuden er det også nødvendigt at sikre, at den viden, der bliver til på universiteterne, også er tilgængelig for danske små og mellemstore virksomheder, så de kan gøre sig gældende i den globale sammenhæng.

2.4 Empiriske metoder

Trods de mange udfordringer og problemer der er ved at måle effekten af offentlig FoU, findes der en ganske betragtelig litteratur, som bestræber sig på at kvantificere afkastet af forskningen. De anvendte metoder i litteraturen kan opdeles i forskellige tilgange; økonometriske studier, surveys og casestudier. De forskellige metoder viser forskellige former for afkast af forskning.

Økonometriske studier:

Økonometriske studier er ofte baseret på en produktionsfunktionsmodel. Investeringer i FoU er anderledes end investeringer i f.eks. fysisk kapital. Det forventede afkast er i form af "viden", som kan sprede sig og udnyttes og generer både samfunds- og privatøkonomiske effekter. Denne videnskapital kan knyttes sammen med andre produktionsfaktorer og relateres til den samlede produktion. Ofte anvendes registerbaseret data på forskellige aggregeringsniveauer (land, sektor, branche, virksomheder osv.) til estimation af de samfundsøkonomiske effekter. I litteraturen findes en række økonometriske metoder og estimationsteknikker som:

- OLS regression
 - FE (Fixed effects)
 - SFA (Stochastic frontier analysis)
 - DEA (Data envelopment analysis)
- Panel data
- Tværsnitsdata
- Generalized method of moments
- Matching

De økonomiske modeller benyttes ofte til at estimere afkastet af FoU, men de anvendes også til at analysere f.eks. substitutionseffekter mellem offentlig og privat FoU investeringer. I litteraturen er der gennemført en række analyser, der følger de ovenfor nævnte metoder. I oversigtsartiklen af Griliches (1995), der belyser effekten af offentlige investeringer i FoU i den private sektor, findes positive afkast til offentlige FoU-investeringer i intervallet 25-50 procent. I et andet oversigtsstudie af Jones og Williams (1998) ligger den samfundsøkonomiske effekt i intervallet 71-107 procent. Her er videnskapital meget bredt defineret. Hvis der anvendes et mere snævert mål for videnskapital, estimeres effekten til 17-34 procent. Omvendt viser Conte m. fl. (2009) i flere undersøgelser ved hjælp af metoderne SFA og DEA betydelig ineffektivitet i den offentlige sektor (sundhed, uddannelse) i mange lande.

Til analyse af substitutionseffekter ml. offentlig og privat FoU investeringer benyttes ofte matching. For eksempel gennemgår Aerts og Czarnitzki (2008) en række studier, som analyserer, hvorvidt offentlig forskning er en substitut for privat forskning. Ved brugen af matching identificeres en kontrolgruppe. Dette sker ved at se på virksomheder, der har fået offentlig støtte til FoU, og sammenligne dem med virksomheder, der ikke har fået støtte, men har samme karakteristika som virksomhederne med støtte. Således sammenlignes FoU-udgifterne imellem de to grupper af virksomheder.

Hvilken metode der anvendes afhænger af data samt, hvilken effekt der undersøges. Har man for eksempel et paneldatasæt anvendes ofte FE regressions, da FE-metoden kan fjerne individ-specifikke og ikke-tidsvarierende faktorer, hvilket muliggør sammenligning på tværs. Mange af de økonomiske metoder anvender tværsnitsdata, da det implicit antages, at den estimerede sammenhæng er en langsigtssammenhæng. Dette indebærer teoretisk set, at økonomien befinder sig i en langsigtlig vægt, men ofte ved man ikke, hvornår effekterne optræder. I litteraturen er der forskellige forsøg på at estimere, hvornår effekterne optræder. I Mansfield (1998) er tidsperioden fra akademisk forskning kanaliseres til industriel praksis estimeret til ca. seks år. Tool (2005) estimerer tidsperioden fra investering til kommercialisering til at være 19 år inden for medicinalindustrien. Adams (1990) finder, at det tager 20 år for grundforskning at optræde som en samfundsøkonomisk effekt.

Survey studier:

I FoU-studier bliver surveys ofte benyttet. Surveys benyttes til at indsamle data, som ikke findes i offentlige registre eller statistikker. Eksempelvis kunne FoU-ledere blive interviewet omkring forskningens betydning for nye produkter og processer. Resultaterne er subjektive, men de er ofte et supplement til mere objektive statistiske kilder. Jf. Martin og Tang (2007), som refererer resultater af surveystudier af amerikanske FoU-ledere, er betydningen af videnskab varieret over de forskellige industrielle sektorer, og forbindelserne mellem videnskab og teknologi er subtil og indirekte.

Casestudier:

Casestudier kan være med til at afdække f.eks. den historiske udvikling af en innovation herunder belyse de indirekte bånd til videnskab, som er baseret på kvalifikationer, udstyr og netværk osv. Casestudier kan afsløre relevante informationer, som ikke vil være muligt at afdække med mere almindelige data. I denne litteraturoversigt findes en lille andel af casestudier.

3 Gennemgang af litteraturen

Metoden for denne litteraturoversigt er henholdt til en systematisk gennemgang af relevante kilder. Udvalgelsen af kildemateriale skal opfylde kravene om, at det er offentligt finansieret forskning indenfor de definerede kategorier af forskning (se ovenfor). Visse kilder analyserer beskrivende sammenhænge, hvor andre går mere i dybden med kausaliteten. I denne litteraturoversigt er begge former medtaget.

3.1 Analytisk ramme

En række analyser af økonomisk vækst har samstemmende vist, at en ganske betydelig del af væksten må forklares af andre faktorer end udviklingen i indsatsen af de sædvanlige produktionsfaktorer, som er arbejdskraft og kapital. Denne erkendelse er i fuld overensstemmelse med den endogene vækstteori, hvori viden og dermed investeringer i FoU spiller en central rolle for produktiviteten og følgelig udviklingen i den økonomiske vækst. Nyere økonomisk vækstteori inkluderer også betydningen af viden og dennes rolle i vækstprocessen (se Romer (1986) og Lucas (1988)). Den centrale erkendelse i denne teoridannelse er, at de, som udvikler viden, ikke fuldt ud kan ekskludere andre fra anvendelsen af denne (ikke-ekskluderbarhed) samt, at dennes brug af viden ikke forhindrer andres brug af samme viden (ikke-rivalisering), DØRS (2010). Denne spredning af viden kan generere positive effekter, som kan være drivkraft for vækstprocessen. I modellerne fra Romer (1990) og Grossman og Helpman (1991) er der fokus på, at spredning og opbygning af viden kan påvirkes gennem investeringer i FoU. Tekniske fremskridt er i disse modeller et resultat af en målrettet forskningsindsats, hvor vedvarende vækst opstår i takt med, at der gøres nye opdagelser, som påvirker erhvervenes produktivitet.

3.2 Tidligere litteraturoversigter

Nogle af de seneste litteraturoversigtsartikler, der evaluerer effekterne af offentligt finansieret FoU, findes i Martin m. fl. (1996); Salter og Martin, (2001); Scott m. fl. (2002), se tabel 1. Generelt peger oversigterne på et positivt afkast af offentlige investeringer i FoU. De positive effekter er i nogle tilfælde klassificeret som produktivitet, hvor andre er defineret som transmission af viden, som kan gavne økonomien eller samfundet mere generelt, jf. figur 1. Resultaterne indikerer positive effekter samt et øget behov for offentlig finansiering af FoU, hvilket falder i tråd med DØRS (2010), som efterspørger en ambitiøs videnspolitik med fokusering på den strategiske forskning, et styrket offentligt-privatsamarbejde og internationalt samarbejde.

Martin og Tang (2007) finder positive afkast af offentlige investeringer. Scott m. fl. (2001) finder 20-50 procent afkast af offentlige FoU investeringer, men det pointeres, at det forventede afkast afhænger af de enkelte landes samfundsmæssige faktorer. En nyere undersøgelse af Bilbao-Osorio og Rodriguez-Pose (2004) fastslår, at FoU investeringer, og de videregående uddannelser i særdeleshed, er positivt forbundet med innovation og økonomisk vækst i randområder i EU, men det varierer betydeligt med de socioøkonomiske forhold i hver region. I tabel 1 findes en oversigt over nyere litteraturoversigter samt korte resuméer nedenfor.

Tabel 1 Litteraturoversigtsartikler, der evaluerer effekterne af offentligt finansieret FoU

Studie/år	Forskningsfelt	Resultat	Land
Martin m. fl. (1996), Martin og Salter (2001)	Lægemiddelsindustri, fødevarer, kemikalier, rumforskning, bilindustri m. fl.	Offentlig FoU har en positiv effekt på produktivitet. Den geografiske afstanden mellem forskning og industri har betydning for afkast. Nye teknologier er meget afhængige af grundforskning.	UK, USA, m.fl.
Martin og Tang (2007)	Lægemiddelsindustri, fødevarer, kemikalier, rumforskning, bilindustri m. fl.	Positivt afkast af offentlig FoU og vurderer dem ikke til at blive mindre i fremtiden	UK, USA, m.fl.
Scott m. fl. (2001)	Lægemiddelsindustri m.fl.	Finder positivt afkast, men er varsom med at fortolke på resultaterne. Analysere på forholdet mellem universitet og industrien.	Multi
McMillan m. fl. (2003)	Lægemiddelsindustri m.fl.	¾ af videnskabelige papirer som er citeret i et patent er finansieret af offentlig forskning.	USA
Cockburn og Henderson (2000)	Biomedicinsk, farmaceutisk, lægemiddelsindustrien	30 procent afkast af offentlig forskning i den private sektor.	USA m. fl.

Martin m. fl (1996)

Studiet præsenterer en detaljeret litteraturgennemgang af effekterne af offentlig FoU. De samler resultaterne under forskellige metoder og enkelte forskningsfelter, samt præsenterer en evaluering af effekterne af den britiske FoU. Samlet set konkluderer de, at offentlig FoU er vigtig for produktivitet, og at afkast som nye teknologier, især er afhængig af grundforskning. De konkluderer også, at der er store problemer med de forskel-

lige metoder til at måle effekterne. Med hensyn til spredning af effekterne ser det ud til, at der er geografiske fordele ved at etablere virksomhed/industri i nærheden af forskningsenheder.

Martin og Salter (2001)

Denne artikel bygger på Martin m. fl. (1996), som præsenterer en kritisk gennemgang af litteraturen om de økonomiske fordele ved offentlig finansieret grundforskning. Tre metodiske tilgange bliver analyseret; økonomiske studier, surveystudier og casestudier. De gennemgår fordele og ulemper ved disse metoder. De økonomiske studier er gode til at analysere effekten på vækst, og ligeledes kan de bruges til analysere crowding-out og spredningen af viden. De mangeartede afkast identificeres, og det konkluderes, at afkastet er forskelligt inden for forskningsfelter, sektorer, og lande osv. Herudover konkluderer de, at det er svært at måle direkte effekter af offentlig FoU, men vigtigheden at offentlig FoU er enorm for velstand og vækst i et samfund.

Martin og Tang (2007)

Giver en opdateret gennemgang og kategorisering af studier af effekten af offentlig FoU. De bygger på tidligere oversigtsartikler fra Martin og Salter (2001). På tværs af metoder finder de positive signifikante resultater og konkluderer, at det offentlige skal investere i FoU, især indenfor grundforskning. De kategoriserer diverse afkast og beskriver, hvordan afkast varierer inden for forskningsfelter, industrier og teknologier. Ligeledes analyserer de, hvordan afkast hver især kanaliseres ind i samfundet og på sigt giver vækst og velstand. Generelt vurderer Martin og Tang, at afkastet af offentlig FoU vil få stor betydning for fremtidens udvikling og vækst.

McMillan m.fl (2003)

Dette papir giver en gennemgang af virkningen af den offentlige finansiering af grundforskning indenfor lægemiddelsindustrien. Dog er et par vigtige teoretiske og empiriskpapirer med bredere industriel fokus med for at give et mere fuldstændigt billede af situationen. Konklusionen er, at grundforskning ikke behøver offentlig støtte.

Cockburn og Henderson (2000)

De præsenterer også en gennemgang af litteraturen inden for lægemiddelsindustrien. Overordnet finder de, at afkastet af offentlig FoU er højt, i nærheden af 30 procent, og at dette bør ses som den nedre grænse. Desuden hævder de, at den "bioteknologiske revolution" vil resultere i endnu højere afkast i fremtiden. Men de hævder, der er et stigende pres for at kapitalisere afkastet fra den offentlige forskning.

3.3 Gennemgang af de mangeartede økonomiske afkast

I litteraturen er der mange eksempler på studier, der forsøger at måle den samfundsøkonomiske effekt af FoU. Det skønnede årlige samfundsøkonomiske afkast af offentlige FoU-investeringer ligger typisk på 20-40

procent, dog findes i enkelte studier endnu større afkast (op til 70 procent). En direkte sammenligning af disse resultater skal foretages med forsigtighed, da studierne bruger forskellige data, tidsperioder, metode, osv. I hovedparten af litteraturen bekræftes det, at den samfundsøkonomiske effekt af FoU-aktiviteter overstiger den privat økonomiske. I et studie af 16 OECD lande finder man, at en forøgelse af offentlige investeringer i forskning på én procent medfører en forøgelse af totalfaktorproduktivitet på 0,17 procent, når man analyser gennemsnittal for landene.⁵ Desuden findes der en lang række studier på tværs af lande, som viser, at offentlige investeringer i FoU ikke fortrænger privat finansiering. Nogle studier finder tilmed, at den offentlige støtte øger omfanget af privat finansiering.

I litteraturen er der, som nævnt, stor enighed om, at det er vanskeligt at måle de samfundsøkonomiske effekter af offentlig forskning. Nogle effekter kommer først efter en længere årrække og er indbyrdes forbundne, mens andre effekter sker på tværs af landegrænser. Det er derfor vigtigt at kortlægge de forskellige spredningsveje fra offentlig forskning til samfundsøkonomien, hvor de samfundsøkonomiske effekter måles indirekte via indikatorer. I det følgende beskrives de mangeartede økonomiske afkast/spredningsveje, delvist baseret på resultaterne fra Salter og Martin (1996) og Martin og Tang (2007):

Teknologisk afkast:

- Nye produkter og virksomheder
- Nye viden og metoder

Innovative afkast:

- Patenter

Videnskabeligt afkast:

- Kandidater
- Publikationer
- Netværk
- Kapacitet

De forskellige former for afkast kan være indbyrdes forbundne og gensidigt støtte hinanden. For eksempel kan uddannelse af kvalificerede kandidater øge tilgangen af kompetente medarbejdere/forskere, der fremmer udviklingen af faglige netværk, samt overfører ny information og metoder til industrien.

Værdien af nye teknologiske løsninger er meget bred og ofte indirekte. Det er svært at måle, og en simpel model ville ikke give noget troværdige resultat. I forhold til etablering af nye produkter og virksomheder viser resultaterne, at man generelt skal være forsigtig med at generalisere fordelene ved grundforskning. Selv om der er væsentlige links og interaktioner mellem lokale industrier og universiteter, er det ikke altid tilfældet, at statsfinansieret grundforskning fører til dannelsen af nye produkter eller virksomheder. Der er for

⁵ Guellec og Pottelsberghe (2001).

eksempel ingen troværdige empiriske resultater, der indikerer, at investeringer i offentlig grundforskning er med til at etablere virksomheder.

Akkumulering og spredning af ny viden og information er ifølge Salter og Martin (1996) et velkendt rationale for offentlig finansiering af grundforskning. Udbyttet af grundforskning er primært kodificeret viden, som kan monopoliseres via patenter. Betydningen af kodificeret viden og færdigheder har vist sig at være vigtig for især nye teknologier i visse videnskabelige felter.

Af videnskabelige afkast er produktion af kandidater og øget færdigheder blandt de studerende, som kan medfører økonomisk afkast, en indirekte indikator for at måle de samfundsøkonomiske effekter. Høj kvalitet af kandidater muliggør anvendelse af avanceret teknologi og teknikker til gavn for industrien. Herudover er der publicering af videnskabelige artikler, som måles via citationer ved f.eks. patentansøgning. Udbuddet af faglige forskningsnetværk er et væsentligt aspekt for afkast af grundforskning. Der er vigtig at gøre det muligt for forskere at holde trit med videnskaben samt give andre adgang til disse netværk, så de kan drage fordel af grundforskningen. Endelig er forbedret kapacitet i form af nye instrumenter og metoder. Rosenberg m. fl. (2002) finder, at instrumenter og metoder udgør en vigtig betydning for økonomisk vækst, men at det varierer på tværs af fagområder, teknologier og industrielle sektorer. Igen er det vanskeligt at nå frem til en kvantitativ vurdering af størrelsen af at den økonomiske fordel ikke mindst, da det kan tage flere årtier, før at effekten kan måles.

3.4 Crowding-out, additionalities og spredning

Samspillet mellem offentligt- og privatfinansieret FoU har optaget store dele af FoU-litteraturen.⁶ Følgende afsnit omhandler nogle af de transmissionsmekanismer, som er beskrevet som crowding-out, additionalities og spredning.

Crowding out, additionalities:

Kort fortalt er der to situationer hvor crowding-out eller additionalitet (hvh. substitution eller komplementaritet) opstår. Den første er mellem offentligt udført forskning og privat forskning, og den anden er komplementaritet mellem offentligt subsidieret FoU udført i private virksomheder og privat finansieret FoU udført i private virksomheder.

I forhold til den første situation forekommer crowding-out, hvis offentligt finansieret forskning medfører en reduktion i den privatfinansierede indsats. Hvis offentlig FoU er en substitut for privat finansieret FoU, kan det være svært at retfærdiggøre offentlig finansieret FoU. Den offentlige støtte kan altså give mindre incita-

⁶ Se oversigtsstudier af crowding out og additionalities i f.eks. Office of Health Economics (2009), Sandraoi og Zina (2009), samt tabel 1a og 1b i Appendiks 1.

ment til privatinvesteringer, men det offentlige tilskud kan også sikre FoU aktiviteter, som ellers ikke var blevet finansieret. Komplementaritet opstår, når offentlig FoU støtter en aktivitet, der ellers ikke ville have været finansieret.

Den anden situation mellem virksomheder kan ske, hvis virksomheder får offentlig støtte til en FoU-aktivitet, som de alligevel ville have udført uden støtte. Desuden er der mulighed for, at virksomheder ikke ville bruge offentlige midler ligeså målrettet og effektivt, hvis det er relativt omkostningsfrit at få adgang til offentlige FoU midler.

Hvorvidt offentlig FoU har en crowding out- eller additionalitetseffekt på privat FoU diskuteres i stort omfang i litteraturen. David m. fl. (2000) har i en detaljeret oversigtsartikel analyseret økonomiske studier for, hvorvidt offentlig og privat FoU optræder som substitutter eller komplementær. Deres hovedresultat viser, at der er komplementaritet mellem offentlige og private investeringer i FoU, både i mikro- og makrostudier, jf. tabel 1a og 1b i Appendiks, som viser en oversigtstabel af tidlige økonomiske studier, både på virksomheds og aggregeret niveau. Det er dog vigtigt, at være varsom, når man analyserer resultaterne. Først og fremmest er resultaterne i denne oversigtsrapport kun baseret på et mindre udpluk af litteraturen. Dernæst er det vigtigt at være opmærksom på, at mange af disse publikationer ikke er designet som "eksperimenter", men er ex-poststudier baseret på data, som ikke nødvendigvis forklarer de mange modsatrettede effekter, der kan være i forbindelse med finansiering af FoU. David m. fl. (2000) anbefaler "propensity score matching" som et alternativ til at undersøge disse sammenhænge.

I tabel 2 findes en oversigt over nyere studier vedrørende substitution (crowding out) og komplementaritet (additionalitet) mellem offentlig og privat FoU. Generelt er de økonomiske studier opbygget, så privat FoU regresseres på offentlig FoU investeringer samt nogle kontrolvariable. Hvis man finder en positiv koefficient på offentlig FoU tolkes det som, at der er komplementaritet mellem offentlige og private FoU investeringer. Studierne i tabel 2 nedenfor og tabel 1a og 1b i appendiks indeholder både tværsnits-, panel data, matching, aggregerede og instrumentvariabel regression indenfor forskellige forskningsfelter og brancher.

Bloch og Graversen (2008) finder signifikante resultater for komplementaritet, dog ikke fuld komplementaritet, men et robust resultat. Når offentlige investeringer i FoU stiger 0,1 procent stiger privatfinansieret FoU på 0,08 - 0,11 procent. Ved OLS er elasticiteten for offentlig støtte 7 procent ved IV-estimation stiger elasticiteten til 11 procent. Bloch og Graversen peger dog på muligheden for selektionsbias, idet de virksomheder, der modtager støtte, ikke er udvalgt tilfældigt. En anden mulighed for skævhed i resultaterne er, at offentlig støtte ikke sker simultant og skal behandles som en censureret variabel.

Overordnet kan det konkluderes, at offentlig og privat FoU er komplementære på industri niveau. Denne relation kan dog variere for forskellige forskningsfelter. For eksempel finder Toole (2005), at lægemiddelsektorens FoU-investeringer reagerer forskelligt på typen af offentlig forskning (grundforskning eller klinisk forskning). Over otte år giver en \$1 investering i offentlig grundforskning en \$8,3 øget investering i biomed-

cinindustrien, mens en \$1 investering i offentlig klinisk forskning medfører en \$2,35 øget investering i biomedicinindustrien på 3 år.

Guellec og Pottelsberghe (2003) finder, at offentligt finansieret forskning har en crowding out effekt på aggregeret niveau. De finder, at effektiviteten af offentlig FoU har en U-formet effekt på privat FoU, hvilket betyder at yderligere offentlig støtte substituerer private investeringer. Resultatet er varierende fra land til land.

Arets og Czarnitzki (2008) præsenterer en række studier, der analyserer crowding out og additionalities. Hovedsageligt anvendes metoden matching, hvor virksomheder, der har modtaget offentlig støtte sammenlignes med virksomheder, der ikke har modtaget støtte. Herefter sammenlignes udgifterne til FoU. Hovedresultaterne på tværs af lande viser kun en svag tendens til crowding out og enkelte tilfælde finder de, at den offentlige støtte har forøget de generelle udgifter til foU.

På baggrund af ovenstående gennemgang af crowding-out eller additionalitet litteratur kan følgende opsummeres:

- Offentlige investeringer i FoU fortrænger ikke privat finansiering, nogle studier finder endog, at den offentlige støtte øger omfanget af privat finansiering.
- På meso-og makroplan finder man komplementaritet i stedet for substitution (fortrængning) mellem offentligt- og privatfinansierede FoU-udgifter. Men komplementaritet kan være overvurderet på grund af fortrængningseffekt (højere løn).
- Undersøgelser på mikroniveau finder beviser for en substitutionseffekt for amerikanske data, hvorimod komplementaritetseffekten synes at dominere for ikke-amerikanske lande.

Table 2 Nyere studier vedrørende substitution og komplementaritet mellem offentlig og privat FoU

Studie/år	Forskningsfelt	Metode	Resultat	Land
Office of Health Economics (2009)	Multi, fokus på biomedicinsk-lægemiddelseindustrien	Litteraturoversigt med fokus på crowding out.	Finder at især inden for biomedicinsk er der resultater der peger på at offentlig FoU og privat FoU er komplementære.	US og UK
Bloch og Graversen (2008)	Multi	Heckman two-step model, OLS. Ved at benytte denne approach forsøger de at tage højde for selektionsbias og simultaneitet, hvilket er nyt. Metoden tager højde for ved at estimere bootstrap og en IV (two stage least squares).	Signifikante Elasticiteten 0,1. OLS 7 procent, ved IV 11 procent.	Danmark
Sadraoui og Zina (2009)	Multi	Dynamisk panel data model	Positiv effekt af offentlig FoU i forskellige lande som viser at komplementaritet. OLS giver ikke konvergerende resultater, GMM bedre.	23 lande
Heshmati	Multi (Virksom-	Semi-parametric matching	Virksomheder der modtager offentlig	Sverige

og Loof (2005)	heder)		støtte har højere FoU, men kun mindre virksomheder opnår en øget værditilvækst.	
Toole (2005)	Biomedicinsk og lægemiddelindustrien	Tre delt 2SLS regressioner med panel data for 7 forskellige medicinske områder - Fixed effekt model med IV til tage højde for endogenitet. Benytter diverse test; unit root test, dicky-fuller test. Kontrollerer for lags.	\$1 investering i offentlig grundforskning øger en \$8,3 investering i medicinal industrien (på 8 år) \$1 investering i offentlig klinisk forskning øger en \$2,35 investering i medicinal industrien (på 3 år)	USA
David m. fl. (2000)	Multi	Beskrivende oversigt med gennemgang af dynamiske effekter (langtids effekter), som spillover, trænings effekt. Belyser selektion bias og simultanitets bias.	Finder resultater for at offentlig og privat FoU investering er komplementære. Anbefaler PSM som et alternativ til at undersøge sammenhængen.	Multi
Guellec og Pottelsberghe (2003)	Lægemiddelindustrien	Cross-country dynamisk makromodel der indeholder 3 instrumenter og kan udspecificere kort- og langsigts elasticiteten (indeholder lagede uafhængige variable). Denne model tager højde for flere forskellige typer af offentlig FoU og benytter en ny økonometrisk model end tidligere studier som David et al., Capron. Estimerer en first-difference auto-regressiv model.	Finder at offentlig finansieret forskning har en crowding out effekt. Effektiviteten af offentlig støttede privat FoU U-format, så på et tidspunkt vil yderligere offentlig støtte gå ind og substituere for private investeringer. Men dette resultat er forskelligt fra land til land. \$1 investering i offentlig forskning giver \$0,7 marginal afkast	17 OECD lande
Aerts og Czarnitzki (2008)		Oversigts artikel med hovedsageligt matching modeller.	Finder begrænset fortrængning. Finder også for enkelte studier at offentlig støtte til FoU genererer ekstra privat finansiering sammenlignet med de virksomheder, der ikke har fået støtte.	Multi lande (f.eks. Tyskland, Belgien, Frankrig, Spanien)

Sprednings- og lokaliseringseffekt:

Spredningseffekt er defineret som en "del" af afkastet fra offentlig forskning og beriger andre end lige netop dem, der udførte forskningen. En stor del af litteraturen vedrørende offentligt og privat finansieret FoU omhandler spredningseffekter mellem offentlig FoU til private FoU. Salter og Martin (1999) viser positive geografiske spredningseffekter. Dermed har virksomheder, der er lokaliseret nær offentlige forskningsinstitutioner større afkast fra offentlig FoU end virksomheder, der ligger langt fra offentlige forskningsinstitutioner. Jaffe (1998) benytter en innovationsproduktionsfunktionsmodel til at sammenligne forholdet mellem private innovationsoutput (målt ved patenter), privat FoU (målt ved interne udgifter til FoU) og offentlige FoU. Jaffe var forløberen i anvendelse af innovationsproduktionsfunktion. Essensen i funktionen er, at den forsøger at opfange samspillet mellem universiteter og den private sektor ved at introducere et indeks over geografiske områder mellem offentlig og privat forskning (svarende til sammenhængen mellem antallet af de ansat-

te i FoU i et storbyområde, og omfanget af de offentlige udgifter til forskning udført i det samme geografiske område). Resultaterne viser en signifikant spredningseffekt fra universitetsforskning til privat FoU i det lokale område. Dette resultat er siden blevet dokumenteret af andre studier (se Acs m. fl.(1991); Feldman og Florida (1994); Mansfield og Lee (1996); Anselin m. fl. (1997); Autant-Bernard (2001)).

Bentzen og Smith (2001) undersøger spredning i nordiske lande. De finder, at en stigning i offentlig FoU vil øge den private FoU og herved øge den generelle aktivitet i den private sektor. Deres data dækker følgende lande; Danmark, Finland, Island, Norge og Sverige. De finder for Danmark, Finland og Island, signifikant positive spredningseffekter mellem offentlig og privat FoU. I Griffith m. fl.(2000) findes der positive spredningseffekter mellem UK og US, og de viser, at det skaber mindre vækst, hvis man for eksempel flytter UK FoU-aktiviteter væk fra US, da man vil tabe spredningseffekten.

Tabel 3 viser en oversigt over de mest relevante studier af spredningseffekter.

Tabel 3 Oversigt over de mest relevante studier af spredningseffekter

Studie/år	Forskningsfelt	Metode	Resultat	Land
Jaffe (1989)	Multi	Innovationproduktionsfunktion	Signifikant spillovers fra universitets forskning til privat FoU områder som medicinal industrien, Elektronik, Optic USog Nuclear Teknologi	US
Bentzen og Smith (2001)	Multi	Paneldatamodel, undersøger kort og langsigts effekter, inkludere international spillover. Box Cox transformation af variable. Benytter cointegrations test.	Positive spillover effekter relation mellem offentlig og privat FoU.	Danmark, Finland, Island, Sverige, Norge
Golsbee (1998)	Multi	Simpel regression af log løn på log total R&D udgifter som andel af GDP, GDP i vækst rate, og en dummy. Denne metode benyttes også på tværs af brancher.	FoU investeringer er med til at øge løn og ikke produktivitet, Viser at lønnen stiger mest for ingeniører og fysikere, Finder crowding out af private initiativer (finder at korrelationen ml R&D og GDP er -0,4)	UK
Griffith m. fl. (2004)	Multi	Paneldatamodel for virksomheds data som er koblet sammen med patent data. Estimere en empirisk model som følger Griliches (19XX), en Cobb-Douglas produktions funktion med international og national videns andel. De benytter OLS, GMM, Olley-Pakes. Tager højde for edogeneity, uobserverbar heterogenitet og selections bias.	Finder at UK virksomheders TFP ville have været 5 procent lavere i 2000 hvis der ikke havde været vækst i US FoU. De finder yderlig at industrier som har "mest at lære" får mest ud af teknologisk sourcing. (dem med lavt TFP i forhold til US)	UK-US

3.5 Resultater på tværs af metode

Tidligere økonometriske studier inden for "nyere vækstteori" (se Romer (1990) og Verspagen (1993)) viser, at teknologi spiller en væsentlig rolle i væksten i virksomheder. I løbet af de sidste årtier har mængden af forsøg på at måle de økonomiske afkast af FoU været kraftigt stigende. Mange tidlige studier finder et stort positivt bidrag til den økonomiske vækst, se for eksempel i OTA (1986) og Griliches (1995). Sidstnævnte finder afkast på mellem 20 og 50 procent. Nyere eksempler på sådanne undersøgelser omfatter Bowns m. fl. (2003), der evaluerer de økonomiske fordele fra offentligt FoU-programmer i USA, og Cappelen, m. fl. (2007), der finder et lille, men positivt marginalafkast af FoU-investeringer i Norge.

I tabel 4 findes en oversigt og nedenfor et kort resumer af diverse studier opdelt efter metoder.

Tabel 4 Oversigt af diverse studier opdelt efter metoder

Studie/år	Forskningsfelt	Metode	Resultat (afkast, elasticitet)	Land
Mansfield (1995, 1998)	Fremstillingsindustrien	Regression og surveydataanalyse.	Afkast af akademisk grundforskning 28 procent.	USA
Beise og Stahl(1999)	Fremstillingssektor	Regression og surveydataanalyse (som Mansfield studiet)	10 procent forøgelse af nye virksomheder	Tyskland
Tijssen (2002)	Innovation	Regressionsmodel analyserer sammenhængen mellem forskning og innovation.	20 procent af private innovationer (patenter) afhænger af offentlig FoU.	Holland
Tool (2000, 1999)	Bioteknologis, Lægemiddelsindustrien,	Produktionsfunktionsmodel til at estimer antallet af nye produkter som en funktion af offentlig FoU-investeringer	Elasticitetsberegninger viser at 1 procent stigning i grundforskning øger udviklingen af lægemidler med 2-2,4 procent. Samt at virksomheders afkast er mellem 12-41 procent.	USA
Cappelen, m. fl. (2007)	Industri, Bygge og anlæg	Regressionsmodel: Cobb-Douglas produktionsfunktion. Estimere marginale effekter med GLS og GMM, OLS og IV	Produktivitetselasticitet: 0,54. Marginal afkast: 0,12. Skattefradrag for forskningsinvesteringerne har ikke nogen effekt.	Norge
Narin m.fl (1997)	Industriel teknologi	Beskrivende bibliometrisk studie	Patenter afhængige af offentlig finansieret grundforskning.	USA
Conte m. fl. (2009)	Innovation	Regressionsmodel, FE med SFA scores, DEA, simpel korrelationsanalyse. SFA og DEA benyttes til at måle landes efficient niveau i forhold til input og output.	Lande med højt FoU udgifter er også lande med højt efficient-niveau. Efficient-niveauet påvirkes positivt af "vidensbasen", samt absorptionskapacitet. Finder at DK sammen med UK er de mest efficiente i forhold til videnskabelige publikationer og citation.	EU medlemslande
Bentzen og	Fremstillingsin-	Regressionsmodel som Levy (1990)	Elasticitet er tæt på 1 mellem fremstil-	Dan-

Smith (1999)	dustrien og service sektoren	produktions funktions model. Estimerer en langsigteffektmodel og en ECM-model.	lings sektoren FoU mht. offentlig FoU. Værditilvækst for den private sektor: 2,18 Værdi tilvækst: Fremstillings sektor: 0,101	mark
DØRS (1997) og pa-pir(1997:4)		Efterspørgselsmodel (Efterspørgsels-system med effektivitetsindeks)	60 mio. stigning i offentlig FoU reducerer virksomhedernes omkostninger med 280 mio. kr. Dog meget usikkerhed.	Danmark
Marino m. fl. (2011)	18 industrier	PSM til at estimerer sandsynligheden for crowding-in og crowding-out	Finder substitution mellem privat og offentlig funding.	Danmark
Kaiser (2004)	Service og fremstillings sektoren	Estimere ATT via pooled OLS, probit estimation	Finder effekt af offentlig FoU påvirker virksomheders FoU intensitet (udgifter til FoU over salg). Finder svag positiv effekt af FoU tilskud (mellem 0,8 og 0,5 procent)	Danmark
Kommission (2007) (7. Rammeprogram)	På tværs af mange områder	Nemisis model	Fordoble rammebevillingen vil øge vækst, beskæftigelse, og konkurrenceevnen.	EU medlemslande
Akcigit og Hanley (2010)	Multi	GE model og GMM estimation	Effekten fra forskning (grundforskning og anvendt) har en tydelig påvirkning på vækst	Frankrig
Martin og Tang (2007)	Multi industrier	12 casestudier	Diverse sociale og økonomiske effekter beskrives	Multi (USA, UK, New Zealand osv.)
The Russel Group (2010)	Multi industrier	100 casestudier	Offentlig forskning føre til skabelse af nye produkter og innovationer	UK
Access Economics (2003, 2008)	Sundhed	Casestudier "Willingness to pay"-metoden. Sammenholder udgifter og indtægter fra sundheds-FoU. Casestudier	Investering i FoU forøger levetiden med 8 år som har en estimeret værdi for Australien på \$ 5.4.	Australien

Mansfield (1991,1995,1998)

Mansfield har bidraget væsentligt med studier af offentligt finansieret FoU (primært grundforskning). Hans fokus er effekten af akademisk forskning på nye innovationer. I sit 1991-studie indsamlede han data fra FoU-ledere i amerikanske virksomheder, der afhang af akademisk forskning i forhold til nye produkter og processer. Han finder, at ca. 10 procent af innovationerne ikke kunne være sket uden den akademiske forskning. I senere studier i 1995 og 1998 finder Mansfield, at den akademiske forskning i stigende grad er vigtig for industriel innovation, og at 28 procent af innovationerne skyldes forskning.

Metodemæssigt benytter Mansfield regressions analyse. Begrænsningerne ved Mansfield's studier hænger sammen med tidsperioden og antallet af virksomheder han analyserer. Langsigteffekterne måles ikke og antallet af virksomheder er ikke repræsentativt. Derudover er de FoU-ledere, som Mansfield interviewer ikke tilfældigt udvalgt, hvilket kan resultere i målefejl (selektionsbias).

Beise og Stahl (1999)

Beise og Stahl uddyber Mansfield's resultater med et større tysk datasæt. De undersøger virkningerne af offentligt finansierede forskning (på universiteter, polytekniske læresteder og føderale forskningslaboratorier) på industriel innovation i Tyskland. Deres primære mål er at vurdere det økonomiske afkast af offentligt finansieret forskning, der direkte understøtter industrielle nyskabelser, som ellers ikke ville blive udviklet af private virksomheder. Herudover identificerer studiet, hvilken type offentlige forskningsinstitutioner og virksomheder, der har den mest succesfulde transmission af viden fra universiteter til industri. Herudover vurderer de betydningen af geografiske nærhed til kommerialisering af resultaterne af den offentlige forskning.

Deres undersøgelse bygger på data indsamlet fra 2.300 virksomheder inden for fremstillingssektoren i Tyskland. De finder, at en tiendedel af de virksomheder, der producerede produkter eller innovationer mellem 1993 og 1995, ikke ville have gjort det uden offentligt finansieret forskning. Det svarer til cirka fem procent af salg af alle nye produkter. De finder også, modsat Mansfield, at beliggenhed tæt på universiteter eller polytekniske institutter ikke har den store betydning for innovation, som det for eksempel ses i USA. Ligesom Mansfield finder de, at virksomheder med højere FoU-intensitet er bedre i stand til at absorbere resultaterne af den offentlige forskning. Det skal dog pointeres, at deres analyse kun rettes mod måling af de kortsigtede effekter af offentlig FoU.

Tijssen (2002)

Tijssen undersøger anvendelsen af videnskab i den private sektor med henblik på innovationer i Holland. Data er baseret på en landsdækkende undersøgelse blandt opfindere, der arbejder i virksomheder eller i den offentlige sektor. Den anvendte metode identificerer i, hvilket omfang nyskabelse er "videnskabsafhængig", og hvordan de kanaler, hvorigennem videnskab påvirker innovationsprocessen, påvirkes. En række relevante variable, der dækker f.eks. opfinderens egne "evner", og tidligere FoU-resultater, eksterne informationskilder, samt opfinderens FoU-miljø i almindelighed, er inkluderet. Tijssen finder, at omkring 20 procent af den private sektors innovationer delvist er baseret på offentlig forskning.

Toole (1999, 2000)

Toole undersøger effekten af offentlig grundforskning på industriel innovation i lægemiddelsindustrien. Hans metode indeholder en produktionsfunktionsmodel til analyse af antallet af nye produkter som en funktion af investeringer i forskning i løbet af perioden 1978-1994 i USA. Toole finder, at én procent stigning i grundforskning fører til en 2-2,4 procent stigning i antallet af kommercielle lægemiddelsprodukter. Herud-

over viser hans resultater, at tidsperioden mellem finansiering og kommercialisering er på ca. 17-19 år. Ligeledes finder han, at marginalproduktet af grundforskning er større end for anvendt forskning.

Cappelen m. fl (1996)

Deres metode indeholder en regressionsmodel baseret på en Cobb-Douglas produktionsfunktion, som inkluderer en variabel for skat, som så skal evaluere, hvorvidt den har nogen virkning på arbejdsproduktivitet. De estimerer både GLS og GMM, OLS og IV. Resultaterne viser, at produktivitetselasticitet estimeres til 0,54. Ved GMM, ved OLS finder de et marginal afkast på 0,12 af FoU kapitalen, når den afhængige variabel er ændringen i produktivitet over tid. Effekten af skattefradrag for forskningsinvesteringerne er den samme som for almindelige FoU-investeringer.

Narin m. fl. (1997a)

Hovedresultatet fra Narin m.fl. viser, at offentlige FoU investeringer øger innovation (patenter). Deres papir er et bibliometrisk studie, som beskriver en voksende citatkobling mellem amerikanske patenter og videnskabelig forskningspapirer, dog med variation på tværs af sektorer mellem de videnskabsintensive patenter.

Conte m. fl (2009)

Deres formål er at identificere en metode til at evaluere effektivitet af FoU i EU-medlemsstaterne på tværs af lande og over tid. I denne rapport benyttes simple korrelations, regression, paneldata FE-analyse. De forsøger at tage højde for landespecifikke og tidsvarierende faktorer. Resultaterne viser store nationale forskelle mht. effektiviteten af FoU-investeringer. Teknologisk specialisering af økonomien, omfanget af investeringer i uddannelse, beskæftigelse inden for videnskab og teknologi, og graden af beskyttelse af intellektuelle rettigheder har en positiv effekt på effektiviteten af FoU.

Bentzen og Smith (1999)

For Danmark findes der stadig kun relativt få studier af effekterne af offentligt finansieret FoU. Bentzen og Smith finder signifikante resultater, der viser, at offentligt finansieret FoU øger produktionen i den private sektor og øger den private sektors FoU. De benytter en makrotidsserie for den danske private sektor (fremstillingssektoren) i perioden 1973-1995.

DØRS (1997)

De finder, at en stigning i offentlige udgifter til FoU øger den private sektors produktivitet. En stigning på én procent i det offentlige FoU kapital øger offentlige FoU udgifter til 60 mio. som reducerer virksomhedernes omkostninger med 280 mio. kr. Spredningen på dette resultat er næsten 200 mio. Selvom der er stor usikkerhed forbundet med selve beløbet størrelse, viser analyse, en besparelse som overstiger de offentlige udgifter til FoU og dermed et samfundsøkonomisk overskud forbundet med øgede offentlige FoU indsats.

Marino m. fl. (2011)

De benytter 'Propensity Score Matching' til at estimere effekten af offentlige investeringer i FoU på private virksomheder. Denne metode tager højde for heterogenitet og giver robuste resultater. De finder, at der er substitution mellem offentlig og privat FoU for dem, der får højest støtte. De finder en betydelig reduktion i væksten af private FoU-udgifter for de modtagere, der modtager højeste FoU-bidrag. En begrænsning af deres studie er, at de ikke analyserer relative effekter mellem de forskellige typer af finansieringer.

Kaiser (2004)

Dette papir analyserer effekten af offentlig FoU på privat FoU-udgifter. Studiet benytter PLS-data, som er data for 442 virksomheder i 1999 og 2001. Tre forskellige estimators er anvendt, to forskellige randomiserede treatmenteffektestimationer, og DID-estimation. Hovedresultatet viser en svag positiv statistisk signifikant effekt af (offentlig og privat) FoU på privat FoU-intensitet (privat FoU divideret med salg). Resultaterne 0,8 procent (randomiseret estimation) og 0,5 procent (DID) ændring i FoU-intensiteten i forhold til en stigning i FoU. Disse resultater skal tages med forbehold givet, at data kun indeholder en lille andel af virksomheder, som modtager offentlig FoU.

Martin og Tang (2007)

Martin og Tang evaluerer en række casestudier i en række lande og industrier. Casestudierne er gode til at give en dækkende beskrivelse af de indirekte afkast af offentlig forskning, især sociale afkast som styrkelse af netværk og kompetencer. Derudover beskriver casestudierne også, hvorledes disse afkast udvikler sig over tid. De overordnede konklusioner fra deres casestudier er, at: (1) de økonomiske fordele fra grundforskning er både reelle og betydelige; (2) de kommer i mange forskellige former, og (3) det centrale spørgsmål, hvordan man bedst organiserer de nationale forsknings- og innovationssystem for at gøre den mest effektive udnyttelse af dem.

The Russel Group

Casestudierne beskriver, hvordan virksomheder kan opnå konkurrencemæssige fordele gennem samarbejde med universiteter om forskning og forskningsbaserede aktiviteter. Samarbejde med et universitet har potentiale til at aktivere en virksomhed uanset størrelse eller branche, da det giver adgang til den nyeste viden, ideer og forskningsekspertise, der er relevante for den pågældende virksomhed.

Deres resultater viser også, at forskning har en afgørende betydning i udviklingen af den humankapital, som virksomhederne har brug for, for at opnå succes. Forskningsorienteret undervisning ruste kandidater med de personlige og faglige færdigheder, som arbejdsgiverne har brug for. Kandidater giver virksomheder kvalificeret og kritisk vigtig arbejdskraft, som er uddannet i den nyeste forskning, udvikling og teknikker, hvilket gør dem i stand til at tænke kreativt og løse komplekse problemstillinger. Rapporten indeholder eksempler på universiteter og virksomheder, som samarbejder for at optimere viden mellem akademisk forskning og økonomi. Casestudierne viser yderligere, at offentlig finansiering øger kommerialisering, hvilket er udtrykt i licenser og spin-out virksomheder. Men det kræver en vedvarende langsigtet investering i forskning ofte over

mange år.

3.6 Resultater opdelt på sektorer og lande

Tabel 5 viser en oversigt af studier opdelt på forskningsfelt. Hovedresultaterne inden for hver felt er beskrevet kort nedenfor.

Tabel 5

Forskningsfelt	Studie/år	Metode	Resultat	Land
Uddannelse	Hægeland og Møen (2000)	Beskrivende oversigt. Gennemgår vækstteorier, med vægt på vækst bidraget fra højere uddannelse samt human kapital og vækst.	Investeringer i uddannelse har øget produktionen af kandidater med ca. 50 procent fra 1990-1995.	Norge
	Martin (1998)	Benytter en vækstmodel for faktorproduktionsfunktion som inkluderer dynamiske virkninger af forskning, hvilket giver en vækstkomponent som er væsentligt vækstkomponent en ved en statistisk analyse.	Finder at canadiske universiteter og højere læreanstalter bidrager med 15 mia. canadiske dollar til BNP vækst i 1993.	Canada
	Stevens og Weale (2003)	Beskrivende gennemgang af forskellige metoder til at analyserer uddannelse effekt på økonomisk vækst (Tværsnitsdata, panelmodeller). Model: Klassisk produktionsfunktion, Cobb-Douglas)	Resultaterne for mikrostudier viser øget individ indkomst og makrostudierne viser afkast på ca. 6-12 procent. Mulighed for selektionsbias.	UK, Canada, Frankrig, Tyskland, Italien, Japan, USA
IKT	Draca, Sadun og Van Reenen (2006)	Cobb-Douglas produktionsfunktions model. Gennemgang af forskellige metoder; TFP, GMM, OP. Samt vækst regnskab.	Både økonometriske studier og vækstregnskaber konkluderer at IKT vigtig for både vækst regnskab og produktivitet.	USA og Europa
	Arduini m. fl. (2009)	Probit og OLS med test for heteroskedasticity. Analyse af e-government.	I kommuner der er involveret i "e-government" generelt er stor og har intranet, geografisk placeret hvor der er den private sektor også har et højt niveau af IKT løsninger.	Italien
	Millard m. fl. (2004)	Case study af e-government. Meget bredt studie.	Reducerer omkostninger, øge produktiviteten og fleksibilitet, og arbejdsforhold. For brugerne reduceres fejl, antal besøg, mere gennemsigtighed.	29 EU lande
Sundhed/medicin	First Funding (2000)	Benytter metoden: "Willingness to pay" til at definere værdien af leveår.	\$1,5 billion er det årlige gevinst ved reduktion i leveår i årene 1970 til 1990. 1/3 af gevinsten er pga. offentlig forskning.	USA

	Access Economics (2003, 2008)	"Willingness to pay"-metoden. Sammenholder udgifter og indtægter fra sundheds-FoU. Casestudier	En australsk version af First Funding (2000). Benytter samme værdisætning som den amerikanske, dog forbedret mht. dødelighed og sygdom index. I 2008 opdateres værdien af leveår baseret på et metastudie. Investering i FoU forøger levetiden med 8 år som har en estimeret værdi for Australien på \$ 5.4.	Australien
	HERG/OHE/RAND (2008)	Cost-benefit-analyser, Casestudier, tidsserie-estimationer, spredningstudie.	Det samfundsøkonomiske afkast af £1 ekstra investering i forskning gave et udbytte på £2.2-£5.10 til private investeringer i forskning, som så igen resulterede i £1.10-£2.50 afkast i GDP per år. GDP afkast ligger ml. 20 til 67 procent.	UK
	Fudenberg (1983)	Cost-benefit-analyser af polio vaccine	Finder besparelse for sundhedssystemet, samt mindsket reduktion produktionen.	USA
	Weisbrod (1971)	Cost-benefit-analyser	Finder besparelse for sundhedssystemet.	USA
	Johnston m.fl. (2006)	Randomiseret kontrol sammenligner omkostninger og sundhedseffekter for 28 forsøg.	28 forsøg med total omkostninger for mio. \$ 335. Afkast: 6 forsøg viste forbedret sundhed. Estimere 470.000 ekstra leveår over en 10 år lang periode til afkast på ca. \$ 15.2 mia.	USA
	Mushkin (1979)	Human kapital model	Økonomisk afkast på 47 procent for reduktionen i dødeligheden fra 1930-1975.	USA
	Raiten og Berman (1993)	Kommercialisering analyse vha. udvidet cost-benefit-analyser.	Øget beskæftigelse.	USA
	Lichtenberg (2003)	Samfundsøkonomisk værditilvækst "FUNDING FIRST" metode	Afkast på 67 procent (i form af ekstra leveår).	USA
Social og humaniora	The Impact Group (2008)	Beskrivende oversigt over hvordan SHH forskning bidrager til samfundsøkonomien.	Forskning influere økonomien i form af nye viden, kompetente kandidater, instrumenter, teknologi, og data.	Canada
	Leading the world (2009)	Casestudies med beregninger af PwC	1 £ der bruges på forskning af AHRC, kan nationen udlede lige så meget som £ 10 af kortsigtet afkast og en anden £ 15 - £ 20 af langsigtede afkast.	UK

Innovation og teknologi	Beise og Stahl (1999)	Regression og survey data analyse (som Mansfield studiet)	10 procent forøgelse af nye virksomheder	Tyskland
	Narin m.fl (1997)	Beskrivende bibliometrisk studie	Patenter afhængige af offentlig finansieret grundforskning.	USA
Energi og miljø	CEBR (2009)	Beskrivende	Det er yderst vanskeligt at opgøre samfundsnyttens af offentlig forskningsstøtte, de konkludere, at støtten er en overordentlig god offentlig investering. Endvidere konkluderes, at den offentlige forskningsstøtte bliver endnu vigtigere, efterhånden som samfundet bliver stadig mere viden-tungt, som det bl.a. ses i Danmark.	Danmark
	Bosetti m. fl. (2007)	Økonometrisk dynamisk model, der inkorporer spillover mellem lande	Deres resultater viser, at en stabilisering af CO2-koncentrationer på 550 og 450 ppm er muligt, men det kræver store investeringer i FoU (mindst fire gange det nuværende niveau for at forbedre de eksisterende energi-teknologier og / eller at fremme udviklingen af nye).	12 lande
Landbrug og Fødevarer	Alston (2000)	Meta-studie	Resultaterne afhænger af mange karakteristika især indenfor de forskellige forskningsområder.	Multi
	Mullen (2007)	Økonometrisk model	Afkast af forskning ml. 15-40 procent.	Australien

Uddannelse:

I litteraturen peges der på to hovedmekanismer for, hvordan uddannelse påvirker økonomisk vækst. Først og fremmest vil uddannelse øge niveauet af humankapital, som så øger produktiviteten, indtægtsniveauet og derved den samlede vækstrate. Derudover er uddannelse forudsætningen for teknologiske forbedringer, gennem f.eks. innovation og udvikling af nye produktionsmetoder. I litteraturen er der bred enighed om, at uddannelse er vigtig for vækstprocessen, idet den teknologiske udvikling afhænger af uddannet arbejdskraft. Empiriske studier som tværsnitsdata og mikro-studier, støtter hypotesen om, at uddannet arbejdskraft er vigtig, da det øger muligheden for at udvikle og håndtere nye teknologier. Hertil kommer, at nye teknologier kræver omstillingsparate medarbejdere. Endvidere er "højtuddannede" (ikke nødvendigvis akademiske uddannelse) medarbejdere ofte mere omstillingsparate, da de er hurtigere til at lære nye færdigheder, jf. Hægeland og Møen (2000).

At uddannelse øger vækst er ikke i sig selv grundlag nok til, at det offentlige skal investere i uddannelsessektoren, men hvis f.eks. en ny produktionsteknologi implementeres med succes, kan denne udvikling udnyttes andre steder uden at værdien reduceres. Dette minder om et kollektivt gode, som kan begrunde offentlige investeringer. Generelt set er der i litteraturen ingen tvivl om, at investeringer i højere læreanstalter har stor betydning for økonomisk vækst både på kort og lang sigt. Gennemsnitsafkastet er generelt højt, men så længe man ikke kender marginalafkastet, er det vanskeligt at komme med et præcist skøn for den rette størrelse af offentlige investeringer i uddannelse.

I Danmark er de offentlige investeringer i FoU styrket de senere år og udgør godt 1 pct. af BNP i 2010 jvf. (Danmark i den globale økonomi (2010)). Nye initiativer inden for forskning og universiteterne findes i boksen nedenfor.

Boks 1.

- **7 mia. kr. til forskning og innovation**

Globaliseringsforhandlingerne om 7 mia. kr. til forskning og innovation i perioden 2010-2012 faldt på plads i 2009. Der blev afsat midler til et talentudviklingsprogram for forskereliten, en omfattende modernisering af universiteternes laboratorier, en grøn forskningspakke, en forhøjelse af uddannelsesstatistikkene, et center for stamcelleforskning mv.

- **Universitetssamarbejde med Kina**

Danmark og Kina underskrev i starten af 2010 en aftale om et dansk universitetscenter i Beijing. Det ventes at få 300 kandidatstuderende, samt 75 ph.d.-studerende og 100 forskere ligelig fordelt fra de to lande.

- **Europæisk forskningsanlæg**

Danmark og Sverige indgik i 2010 en aftale om dansk medværtskab for et ønsket europæisk forskningsanlæg, European Spallation Source, til 11 mia. kr. De to landes regeringer forudser en meget positiv effekt både forsknings-, innovations- og uddannelsesmæssigt for Øresundsregionen og for Danmark og Sverige som helhed.

- **Styrket samarbejde med universiteter.**

Med finansloven for 2010 har regeringen sikret 3 mia. kr. til stærkere samarbejde mellem universiteter og private virksomheder. Midlerne fordeles bl.a. via de Godkendte Teknologiske Serviceinstitutter (GTS), innovationsmiljøer og innovations-

Kilde: Danmark i den globale økonomi (2010) Version nr. 1.0 af 26-11-2010 Økonomi- og Erhvervsministeriet 2010.

IKT:

Informations- og kommunikationsteknologi (IKT) er et centralt element i realiseringen af et moderne samfundsvækstpotentiale. Det er velkendt, at investeringer og brug af IKT øger den samlede produktivitet i samfundet. IKT kan medvirke til en mere effektiv udnyttelse af ressourcer, både de materielle og menneskelige. Ifølge Ezell og Andes (2010) påvirker IKT økonomien via to kanaler: Direkte gennem IKT-sektoren og indirekte gennem anvendelse af IKT i andre sektorer. Forskning i intelligente samfundsløsninger er problemorienteret forskning og vil derfor typisk foregå i tværfaglige projekter med inddragelse af IKT-forskning i et tæt samspil med forskere inden for andre områder, som sundhed, energi, socialområdet, uddannelse og transport. Eksempelvis kan IKT-forskningen bidrage til udvikling af nye løsninger inden for offentlig service og velfærd. Heraf kan nævnes nye løsninger inden for social- og sundhedsområdet, som kan øge kvaliteten af den offentlige service, udbygge mulighederne for behandling i eget hjem og bidrage til at frigøre arbejdskraft til pleje og behandling. Et andet relevant område er den finansielle sektor. Den finansielle sektor er storforbruger af digitale løsninger, og denne sektor er derfor også aktuel at inddrage.

Sammenlignet med USA halter Europa bagud i niveauet for IKT-investeringer ifølge Erikson m.fl. (2005).⁷ I EU er IKT-forskning, under EU's 7. rammeprogram (FP7), med til at forbedre den europæiske industris konkurrenceevne samt sætte Europa i stand til at beherske og forme den fremtidige udvikling af disse teknologier, så samfundets efterspørgsel kan opfyldes. En dansk undersøgelse af IKT viser, at dansk IKT-forskning kun hjemtager 1,12 % af IKT-budgettet af EU's 7. rammeprogram. I 2008 var ca. 25 procent af de samlede danske FoU-udgifter målrettet mod IKT. Langt størstedelen af disse udgifter var knyttet til udviklingsarbejde i erhvervslivet (75 procent). Erhvervslivet tegnede sig for 91 procent af de samlede FoU-udgifter inden for IKT, mens den offentlige IKT-forskning udgjorde mindre end 10 procent.⁸ De offentlige investeringer i forskning og udvikling på IKT-området halter således langt efter de private investeringer i IKT-forskning. I den danske litteratur er der generelt enighed om, at der er et uudnyttet potentiale blandt såvel danske virksomheder som offentlige forskningsinstitutioner.⁹

Ifølge Vækstredøgørelsen (2003) kan effekten af IKT deles op på følgende vis:

- En højere vækst i produktionen og arbejdsproduktiviteten som følge af, at den enkelte medarbejder har fået mere kapital til rådighed ved indførelsen af IKT.
- En hurtigere vækst i produktiviteten for de brancher, der særligt intensivt anvender IKT. Som følge af en positiv afsmittende effekt på produktiviteten ved omlægninger i arbejdsprocesser som følge af anvendelse af IKT.
- En særlig kraftig vækst i produktiviteten i de brancher, der producerer IKT. Det giver en større produktion ved anvendelse af den samme mængde af kapital og arbejdskraft.

I litteraturen findes en række studier af offentlige investeringer i IKT, hvoraf hovedparten findes i empiriske studier af "e-government" digitalisering af den offentlige administration. Arduini m. fl. (2009) benytter data fra Italien til at analysere udviklingen af "e-government" aktiviteter. De finder, at kommuner, der er involveret i "e-government", generelt er store og har intranet, og geografisk er placeret, hvor den private sektor også har et højt niveau af IKT løsninger. Et andet studie af "e-government", Millard m. fl. (2004), viser, at øget IKT i det offentlige kan være med til at reducere omkostninger og øge produktiviteten.

Appendiks figur 1 giver en oversigt over vækstbidragene på tværs af lande dog ikke opdelt på offentlig investeringer i IKT.

Sundhed/medicin:

I sundhedslitteraturen er den generelle opfattelse, at sundhedsforskning præger den økonomiske vækst positivt både på kort og langt sigt. Men ifølge HERG/OHE/RAND (2008) findes der stadig ingen analyser, som

⁷ For Danmark kan omkring en tredjedel af den gennemsnitlige vækst i arbejdsproduktiviteten i perioden fra 2000 til 2003 kan tilskrives IT-kapital (se Informationssamfundet Danmark: It-status 2005, Danmarks Statistik og Ministeriet for Videnskab Teknologi og Udvikling, 2005).

⁸ It- og telepolitisk redegørelse 2006.

⁹ IKT – En undersøgelse af offentlig dansk forskning (2008).

tilstrækkeligt evaluerer de samfundsøkonomiske effekter af sundhed, hvorfor efterspørgselen efter robuste metoder, som måler de samfundsøkonomiske effekter er stor.

Der findes få anerkendte studier, som analyserer den økonomiske værdi af f.eks. reduktion i dødeligheden pga. hjertekarsygdomme. Et af hovedresultaterne i et amerikansk studie, som benytter metoden "First Funding", er, at levetiden for amerikanere forøges med et økonomiske afkast på omkring US\$ 2.8 billioner per år.¹⁰ "First Funding" metoden definerer værdien af ekstra leveår dvs. individets villighed til at betale for at afværge risikoen for dødsfald. Et australsk studie (Access Economics 2003;2008) har anvendt samme metode og fandt samme høje afkast. Robustheden af disse beregninger er tvivlsomme og beror i høj grad på beregningen af individets villighed til at betale for forøget levetid. Dette er en forsimpning, og mange flere antagelser burde inkorporeres. Til trods for at begge studier er blevet kritiseret for deres empiriske antagelser, har de begge haft stor indflydelse på nuværende studier.

Et forsøg på at belyse nogle af kritikpunkter findes i det britiske studie fra 2008.¹¹ Et af hovedresultaterne i HERG/OHE/RAND (2008), inden for hjertekarsygdomme, er at den monetære værdi af forskning i forhold til kvaliteten af ekstra leveår kan estimeres til £69 mia. i perioden 1985-2005. Det samfundsøkonomiske afkast af en £1 ekstra investering i forskning producerer et udbytte på £2.2-£5.10 til private investering i forskning, som så igen resulterede i £1.10-£2.50 afkast i GDP per år for den britiske økonomi.

I en litteraturoversigt af Buxton m. fl. (2004) opdeles diverse studier i fire kategorier inden for følgende grupper; cost-benefit-analyse, humankapitalanalyse, kommercialiseringsanalyse, samfundsøkonomisk værditilvækst. Mange studier viser, at forskning direkte reducerer omkostninger pga. nye behandlingsmuligheder, som igen reducerer antallet af patienter og sygdomme f.eks. via ny medicin eller vacciner etc.¹² Det er ofte ikke tilstrækkeligt kun at analysere cost-benefit, men derimod er det også vigtigt at analysere fordelene ved en sund arbejdsstyrke. Flere studier har derfor forsøgt at tage udgangspunkt i humankapitalmetoden. Metoden værdisætter den sunde arbejdsstyrke i forhold til et produktivitetsafkast, som ikke går tabt pga. sygdom og dødelighed. Mushkin (1979) estimerer den økonomiske værditilvækst på 47 procent, som ikke går tabt som følge af forskning af biomedicinsk forskning i USA i perioden 1930 til 1975 efter at have taget højde for udgifterne til forskning. Problemet er, at denne metode overestimerer afkastet, da den ikke tager højde for strukturelle implikationer som f.eks. ledighed. Metoden estimerer kun afkast for individer i arbejdsstyrken.

Kommercialiseringsanalyser er udført i relativt få studier. Raiten og Berman (1993) estimerer kommercialisering ved at benytte en udvidet cost-benefit-analyse, som beregner den øgede beskæftigelse ved udviklingen af et nyt medicinalprodukt. I en NIH-publikation fra 2000 (REF) finder man, at udviklingen af ny medicin er meget afhængig af offentlig forskning, men at der er meget svært at adskille effekterne mellem offentlige og private investeringer i forskning.

¹⁰ Funding First (2000).

¹¹ HERG/OHE/RAND er teamet bag denne forskning, se Medical Research: What's it worth (2008).

¹² Se i Buxton m.fl (2004) referencerne; Fudenberg (1983) eller Weisbord (1971).

I et nyere studier, Johnston m. fl. (2006), benyttes randomiserede kontrolforsøg til at sammenligne omkostninger og sundhedseffekter. Studiet benytter værdien for ekstra leveår (baseret på tidligere amerikanske studier) og estimerer 470.000 ekstra leveår over en 10 årig periode i 28 forsøg, hvilket estimeres til at have et afkast på \$ 15.2 mia. Dette studier er innovativt, men det tager ikke hensyn til beskæftigelse eller alder, samt anden forskning, som kan influere resultaterne.

Ser man på den samlede offentlige forskning i Danmark, tegner lægemiddelforskning sig for godt ti procent. Publikationen "Kortlægning af dansk lægemiddelforskning" (2010) giver et systematisk overblik på tværs af både fagområder af den offentlige og private lægemiddelforskning.¹³

Social og humaniora (SH):

SH er i litteraturen defineret som det "univers" af sociale og humanistiske videnskaber, som består af mange kategorier. Mange af disse discipliner kan have økonomiske konsekvenser - nogen mere end andre. For eksempel, blandt de samfundsvidenskabelige discipliner, er studier i management, business og administrative studier direkte fokuserede på økonomiske aktiviteter. Industrielle relationer til forskning har ligeledes et direkte link til økonomien, idet det udforsker forholdet mellem arbejdsgivere og arbejdstagere. Derudover er der studier i økonomi, som har tydelig relevans for en bred vifte af økonomiske anliggender, fra mikro- (firma-niveau) til makroniveau (nationalt, internationalt).¹⁴

Humanistisk og samfundsvidenskabelig forskning er i stigende grad en forudsætning for Danmarks økonomiske succes i en ændret verden, der er lige dele mere global og mere oplevelsesorienteret. Forskning optimerer og forbedrer processer, der medvirker til alle offentlige og private virksomheders succes. Fleksible organisationsformer, motiverede medarbejdere, nye former for læring, vidensledelse, sprogkendskab, designmanagement, kulturforståelse og optimering af leverandørrelationer bliver stadig mere vigtige faktorer, når det gælder om at optimere produktionen og virksomhedernes evne til at konkurrere internationalt. Dette gælder ikke mindst ved at højne evnen til at hjemtage, indoptage og tilpasse ny teknologi og viden, herunder også viden om kulturelle forhold, markedsmæssige forhold, kreativitet og anden ikke-naturvidenskabelig.

En engelske 2007-analyse "Leading the World" kvantificerer virkninger af UK Arts og Humanities Research Council (AHRC) og finder, at for hver 1£, der bruges på forskning af AHRC, kan nationen udlede lige så meget som £10 i kortsigtet afkast og yderligere £15-£20 i langsigtet afkast. Således investerede AHRC i 2006-7 £60.300.000 i ny forskning, som indebar et umiddelbart afkast på over £616.900.000 og en mulig merafkast over 25 år på omkring £1 mia. Robustheden af disse resultater kan dog diskuteres, da det ikke kan vurderes, hvorvidt disse resultater er repræsentative. Selve beregningerne i casestudierne (udført af PwC) er ikke medtaget i analysen. Generelt set har SH et mere begrænset omfang af evalueringer end i andre sektorer. Ifølge litteraturen er der behov for flere evalueringer til at forstå transmissionsmekanismerne i forhold til det samfundsøkonomiske afkast af SH.

¹³Publikationen belyser ikke samfundsøkonomiske effekter af forskningen.

¹⁴ Se rapport for Handlingsplan (2005).

Nanoteknologi:

Europa investerede relativt tidligt i nanovidenskab og nanoteknologi og etablerede dermed en stærk vidensbase. Ikke desto mindre er det stadig en videnskab, der er ung. Imidlertid forventes nanoteknologi at bidrage til at forbedre vores livskvalitet især for sektorer som sundhed, informationsteknologi og miljø. Nanoteknologi forventes at få en stor indvirkning på samfundsudviklingen, idet nanoteknologien vil være afgørende inden for mange andre områder end elektronik og IT. Det forventes, at nanoteknologien omsættes til industrirelateret anvendelse, øget vækst og beskæftigelse, og derudover også til løsninger af væsentlige samfundsmæssige behov.

Nanoteknologi er et område i stærk vækst og har på en række områder store perspektiver som katalysator for en dynamisk erhvervsudvikling i Danmark. Eksisterende virksomheder kan opnå øget konkurrenceevne, og helt nye virksomheder og brancher kan opstå og bidrage til, at Danmark kan opretholde og forbedre sin økonomiske og teknologiske position i de kommende årtier (se Handlingsplan 2004). I store lande som USA, Japan og Kina sættes der årligt store milliardbeløb på meget brede dele af det nanoteknologiske område. Nanoteknologi anses som en nødvendig teknologi og alene i USA forventes nanoteknologi at skabe over en million arbejdspladser og bidrage med milliarder af dollars til den amerikanske økonomi i løbet af det næste årti, se CEG (2004). Hvorvidt nanoteknologi kan leve op til sit tilsyneladende store potentiale er endnu uafklaret.

Energi og miljø:

I miljø- og energilitteraturen finder man også, at det er yderst vanskeligt at opgøre samfundsnyttens af offentlig forskningsstøtte, men det konkluderes at den offentlige forskningsstøtte er en god investering og den bliver endnu vigtigere efterhånden, som samfundet bliver stadig mere videntungt, se CEBR (2009)

I CEBR (2009) identificeres også forskellige "veje", hvor forskningens nytte indlejres i økonomi og samfund. Det er forskellige mekanismer, som ligger til grund for disse "veje". Men de egentlige mål med energiforskning er at øge samfundsvelfærd, skabe bedre ressourceudnyttelse/større produktivitet i energiproduktionen, samt øge forsyningen/udnyttelsen af energiydelser.

Et kendetegn ved den danske offentligt støttede forskning er, at den oftest er let tilgængelig, og dermed kan formidles via netværk og andre uformelle sammenkomster, hvor også private forskere og virksomheder kan deltage. Jf. CEBR (2009) har offentligt støttet energiforskning forsøgt at fremme denne form for udveksling via oprettelsen af en række teknologipartnerskaber i 2006. Disse er i princippet åbne uformelle sammenslutninger af ekspertmiljøer og virksomheder på området.

Nogle af de resultater, der findes i litteraturen finder, at dansk energiforskning har vist, at det er muligt at skabe gode forskningsmiljøer og resultater på højt internationalt niveau. Der udtages eksempelvis relativt mange danske patenter inden for nye energiteknologier, især vindteknologier, men også inden for brændselsceller og biomasse. Herudover indgår dansk energiforskning i dag i et tæt internationalt samarbejde, og

danske energiforskere er gode til at få andel i EUs forskningsmidler. Endeligt er antallet af energi-PhD'ere er steget. ErhvervsPhD-ordningen synes at fungere godt inden for energiforskningen, og der er således en god spredning af forskningsresultater til erhvervslivet.

Internationale økonomiske analyser tyder på, at offentlig finansiering af FoU spiller en afgørende rolle. Det er ikke kun offentlig støtte til grundforskning, men også f.eks. til kommercielle test, som er afgørende for at gennemførelsen af energi-teknologisk udvikling. Men afgørende for effektiviteten er mange økonomiske såvel som demografiske indikatorer, se Bosetti, V. M.fl. (2007) for en analytisk gennemgang. Deres resultater viser, at en stabilisering af CO2-koncentrationer på 550 og 450 ppm (parts per milion) er mulig, men det kræver store investeringer i FoU (mindst fire gange det nuværende niveau for at forbedre de eksisterende energi-teknologier og / eller at fremme udviklingen af nye).

Landbrug og fødevarer:

Der findes en rig litteratur om offentlige investeringer i FoU inden for landbrug- og fødevarerindustrien. Et meta-studie fra IFPRI, Alston (2000), finder, at afkast af offentlig FoU i landbrug afhænger af mange karakteristika især inden for de forskellige forskningsområder, som skovbrug (der har en lang produktionsproces) og landbrug. Yderligere finder de, at mange af de studier, der har selvrapportering, har store usikkerhedsmargener.

Mullen (2007) analyserer virkningen af offentlige investeringer i FoU i Australien, hvor investeringerne længe været betragtet som en vigtig kilde til vækst i produktiviteten i landbrug. De økonomiske resultater viser et afkastet fra forskning mellem 15 til 40 procent om året. Faktisk er den marginale virkning af forskning stigende for en lang årrække (1953-2000). De finder tegn på en underinvestering i jordbrugsforskning, hvilket i sidste ende kan få konsekvenser af TFP.

Opdelt på lande

Både danske og internationale analyser illustrerer udviklingstendenser samt problemstillinger, forbundet med måling af effekten af offentlige investeringer i FoU. Den offentlige forskningsindsats varierer betydeligt på tværs af lande, hvilket gør det relevant at belyse nogle af de mest centrale og nyeste analyser, både danske og internationale.

Der findes en mindre række danske analyser, der beregner effekterne af offentlige investeringer i FoU. Tabel 6 viser forskellige danske økonomiske analyser af effekterne af offentlige investeringer i FoU.

Tabel 6 Danske analyser

Forfatter	Sektor	Metode	Resultat
Bentzen og Smith (2001)	Multi	Paneldatamodel, undersøger kort og langsigs effekter, inkludere international spillover.	Positive spillover effekter relation mellem offentlig og

		Box Cox transformation af variablene. Benytter cointegrations test.	privat FoU.
Bloch og Graversen (2008)	Multi	Heckman two-step model, OLS. Ved at benytte denne approach forsøger de at tage højde for selektions bias og simultanitet, hvilket er nyt. Metoden tager højde for ved at estimere bootstrap og en IV (two stage least squares).	Elasticitet 0,1 OLS 7 procent, ved IV 11 procent.
DØRS (1997) og arbejdspa- pir(1997:4)		Efterspørgselsmodel (Efterspørgselssystem med effektivitetsindeks)	60 mio. stigning i offentlig FoU reducerer virksomhedernes omkostninger med 280 mio. kr. Dog meget usikkerhed.
Marino m.fl. (2011)	18 industrier	PSM til at estimerer sandsynligheden for crowding-in og crowding-out	Finder substitution mellem privat og offentlig investeringer.
Kaiser (2004)	Service og fremstillings sektoren	Estimere ATT via pooled OLS, probit estimation	Finder effekt af offentlig FoU påvirker virksomheders FoU intensitet (udgifter til FoU over salg). Finder svag positiv effekt af FoU tilskud (mellem 0,8 og 0,5 procent)
Bentzen og Smith (1999)	Fremstillingsindustrien og service sektoren	Regression model som Levy (1990) produktions funktions model. Estimerer en langsigts effekt model og en ECM model.	Elasticitet er tæt på 1 mellem fremstillings sektoren FoU mht. offentlig FoU. Værditilvækst for den private sector: 2,18 Værdi tilvækst: Fremstillings sektor: 0,101

Mængden af studier for Danmark er ikke overvældende. Men det kan konkluderes, at der findes eksempler på positivt afkast af offentligt finansieret FoU, samt substitutionseffekter mellem offentlig og private investeringer i FoU.

Tabel 7 indeholder de mest relevante internationale analyse set ud fra et dansk perspektiv.

Tabel 7 Internationale analyse

Forfatter	Sektor	Metode	Resultat	Land
Martin m. fl. (1996), Martin og Salter (2001)	Lægemiddelsindustri, Fødevarer, Kemikalier, Rumforskning, bilindustri m. fl.	Oversigtsartikel	Offentlig FoU har en positiv effekt på produktivitet. Afstanden mellem forskning og industri har betydning for afkast. Nye teknologier meget afhængig af grundforskning.	UK, USA, m.fl.
Martin og Tang (2007)	Lægemiddelsindustri, Fødevarer, Kemikalier, Rumforskning, bilindustri m. fl.	Oversigtsartikel	Positivt afkast af offentlig FoU og vurderer dem ikke til at blive mindre i fremtiden.	UK, USA, m.fl.
Scott m. fl.	Lægemiddelsindustri	Oversigtsartikel	Finder positivt afkast, men er varsom	Multi

(2001)	m.fl.		med at konkluderer. Analysere på forholdet mellem Universitet og industrien.	
Toole (2005)	Biomedicinsk og lægemiddelindustrien	Tredelt 2SLS regressioner med panel data for 7 forskellige medicinske områder - Fixed effekt model med IV til tage højde for endogenitet. Benytter diverse test; unit root test, dicky-fuller test. Kontrollere for lags	\$1 investering i offentlig grundforskning øger en \$8,3 investering i medicinal industrien (på 8 år) \$1 investering i offentlig klinisk forskning øger en \$2,35 investering i medicinal industrien (på 3 år)	USA
David m. fl. (2000)	Multi	Beskrivende oversigt med gennemgang af dynamiske effekter (langtids effekter), som spillover, trænings effekt. Belyser selektion bias og simultanitets bias	Finder resultater for at offentlig og privat FoU investering er komplementære. Anbefaler PSM som et alternativ til at undersøge sammenhængen her	Multi
Guellec og Pottelsberghe (2003)	Lægemiddelindustrien	Cross-country dynamisk makromodel der indeholder 3 instrumenter og kan udspecifere kort- og langsigts elasticiteten (indeholder lagede uafhængige variable). Denne model tager højde for flere forskellige typer af offentlig FoU og benytter en ny økonometrisk model end tidligere studier som David et al., Capron. Estimerer en first-difference auto-regressiv model.	Finder at offentlig finansieret forskning har en crowding out effekt. Effektiviteten af offentlig støttede privat FoU U-formet, så på et tidspunkt vil yderlig offentlig støtte gå ind og substituere for private investeringer. Men dette resultat er forskelligt fra land til land. \$1 investering i offentlig forskning giver \$0,17 marginal afkast. Effekten afhænger dog af andelen af universiteter, andelen af udgifter til militær, samt det generelle niveau af private FoU.	17 OECD lande

Oversigtsartiklerne fra UK og USA giver en god status for den seneste litteratur og drager flere tværgående væsentlige konklusioner. Konklusionerne varierer, men de finder en overordnet positiv effekt af offentligt finansieret FoU på produktiviteten. De beskriver også, at det er svært at kvantificere og give gode eksempler på, hvorledes indirekte effekter kan identificeres. Generelt er forskningsmængden vedrørende offentligt finansieret FoU størst i UK og USA. UK er god til at opfinde, men fattige på den kommercielle udnyttelse af nye ideer. Men UK og EU halter bagefter USA og Japan i FoU-udgifter i procent af nationalindkomsten, en af de bredeste internationalt sammenlignelige mål for investeringer i forskning og innovation. UK er bedre har flere akademiske artikler og citationer per indbygger end USA, Tyskland og Frankrig.

Toole (2005), David m.fl. (2000) og Guellec og Pottelsberghe (2003) er alle relevante studier af crowding-out og substitution mellem offentlig- og privatfinansieret forskning, som forsøger at tage højde for endogenitet og langsigteffekter med forskellige dynamiske metoder, samt kommer med forslag til andre metoder.

4 Validitetsvurdering af forskellige metoder

Formålet med dette afsnit er at kategorisere de forskellige dimensioner af evalueringen af offentlige investeringer i FoU. Først gennemgås kort evalueringsrammen efterfulgt af en validitetsvurderingen af de mest relevante og anvendte metoder.

4.1 Evalueringsramme

Sammen med skatter, reguleringer, told, kvoter og licenser repræsenterer de offentlige investeringer endnu et instrument, som regeringerne kan anvende for at sikre deres politiske mål og til at håndtere den økonomiske aktivitet. Der investeres i FoU med henblik på at realisere økonomiske, sociale, miljømæssige og kulturelle fordele for samfundet. Offentlige investeringer i FoU bør derfor være underlagt samme kontrol og revision som alle andre områder af den offentlige beslutningsproces.

For at vælge det mest optimale evalueringsinstrument er en række vigtige beslutninger påkrævet. Grundlæggende er det nødvendigt at bestemme, hvornår evalueringen skal finde sted og at etablere en relevant evalueringsramme, der passer til den type og kvalitet af oplysninger, der skal indhentes. Etableringen af en relevant evalueringsramme er det mest afgørende punkt i hele processen. Det er i høj grad forbundet med de mål/målsætninger og resultater/output, der forventes af selve interventionen. Grundlæggende findes der tre typer af evalueringer:

- Ex-ante-evaluering
- Midtvejs-evaluering
- Ex-post-evaluering

Ex-ante evaluering er baseret på de forventninger, der er til interventionen. Evalueringen tilrettelægges før interventionen træder i kraft. Metoder er ofte komplicerede og tidskrævende at implementere pga. antagelser om de forventede resultater, herunder f.eks. udvikling af ny viden. For at give metoden reel værdi kræver den opfølgning på kort og lang sigt samt monitorering under selve interventionen. Midtvejsevaluering foregår i selve interventionsperioden og er ofte et godt styre redskab af selve processen. Ex-post-evalueringer er retrospektiv og baseres på resultaterne efter, interventionen er afsluttet. Ex-post-evaluering er den mest udbredte og anvendte metode. Det kritiske for ex-post-evalueringer er at identificere en valid kontrolgruppe.

Ud over at finde og definere timing og rammen for evalueringen er det nødvendigt at specificere, hvilket type data der skal indsamles; kvantitativ eller kvalitativ eller en kombination. I visse sektorer afspejler kvantitative metoder bedre resultater, mens kvalitative metoder er mere relevante i sektorer, hvor f.eks. de ultimative resultater er immaterielle og svære at måle. Både kvalitative og kvantitative metoder kan anvendes på samme tid og som en del af den samme evaluering. Kombinationen af forskellige metoder afhænger af omstæn-

dighederne, tilgængelige datakilder, karakteristik af de undersøgte sektor osv. Men en kombination af metoder er ofte at fortrække. For eksempel, det er en ganske almindelig praksis at kombinere flere typer som case-studier og cost-benefit-analyse.

4.2 Validitetsvurdering

Det er ikke ukompliceret at måle effekterne af offentligt finansieret FoU, og der foreligger ikke noget simpelt svar på definitionen af de økonomisk og sociale afkast af de forskellige former for forskning. Det komplekse samspil mellem forskning og innovation, gør det svært at benytte en simpel lineærmodel til at måle effekterne med. Martin og Tang (2007) giver en god beskrivelse af de mange udfordringer, der ved udførelse af empiriske effektmålinger af FoU. Følgende afsnit gennemgår fordele og ulemper af de mest centrale kvantitative og kvalitative metoder. I appendiks tabel 2 findes en samlet oversigt over metoderne og deres fordele og ulemper.

Kvantitative metoder

I største delen af litteraturen beskrives de økonometriske metoder som de eneste, der er i stand til, at opfylde kravet om måling af FoU's bidrag til den økonomiske vækst og de direkte og indirekte effekter på det makroøkonomiske niveau (se Capron, 1992). Økonometriske metoder er statistiske, regression-baserede metoder, som omfatter økonomisk teori. Disse metoder kræver data om f.eks. produktion, input, priser, tidligere forskning udgifter osv. til statistisk at vurdere forholdet mellem forskning og nogle mål for produktionen; produktivitetstilvækst.

Økonometriske metoder har givet væsentlige resultater på tværs af forskellige sektorer og er blevet anvendt til at retfærdiggøre øget udgifter til FoU. De fleste økonometriske teknikker benytter en produktionsfunktion til at analysere produktivitetændringer. Moderne versioner af økonometriske metoder er baseret på Cobb-Douglas produktionsfunktionen udvidet med nye økonomiske faktorer. Selvom økonometriske metoder er bredt accepteret, er det ikke problemfrit at benytte økonometriske metoder. Ifølge Capron (1992) kan problemerne tilskrives både teoretiske og metodiske faktorer og tilgængeligheden af data. Helt konkret kan f.eks. tidligere produktion samt tekniske fremskridt være vigtige elementer for resultaterne af en offentlig FoU-investering, hvilket kan være svært at tage højde for i økonometriske metoder. Desuden kan aggregeringsfejl og udeladelsen af variabler også give problemer.

Problemet med en produktionsfunktion er generelt, at den ofte antager, at markedet (virksomhederne) identisk vil substituere mellem inputs som kapital og beskæftigelse, dvs. at produktionsteknologien ikke varierer, hvilket er en simplificering af virkeligheden. Hyppigt antages det, at der ikke er samspil mellem de forskellige inputs, men oftest er de i praksis komplementære. Ligeledes antages det, at inputs er homogene, hvilket vil sige, at der ikke differentieres mellem f.eks. kvaliteten af beskæftigede, lange og kort uddannede osv. Desuden

er det svært at bestemme niveauet og den potentiel afskrivning af "FoU kapital" (defineret som andelen af genereret viden fra tidligere FoU) på forskellige niveauer; virksomhed, sektor eller hele nationen. Hvis ikke den økonomiske model forsøger at inkludere nogle af disse elementer, så kan resultaterne være misledende.

Herudover ignorerer produktionsfunktionen ikke-målbare faktorer, såsom overførsel af teknologi på både mikro- og makroniveau, sociale og kulturelle dimensioner. Som nævnt i Capron (1992) mangler de økonomiske metoder evne til at måle den samlede beholdning af viden, som er vigtigste resultat af offentlige investeringer i FoU. Der har været enkelte forsøg på at måle viden, f.eks. via indikatorer som andel af FoU-beskæftigede i arbejdsstyrken, antallet af nye kandidater og post-doc kandidater fra universiteter osv. Denne information er nyttig, men det dækker f.eks. ikke hele bestanden af viden om en nation. Produktionsfunktioner i økonomien tager heller ikke højde for "processen" i teknologiske ændringer. Modsatrettede kausale effekter mellem f.eks. produktion og produktivitet kan være svære at inkludere i en økonomisk specifikation. Oversigten af Scott m. fl (2007) inkluderer en gennemgang af udfordringerne ved at måle de økonomiske afkast af offentlig FoU.

Endeligt antager økonomiske modeller ofte, at der ikke forekommer nogen spredning af viden, hvilket også er en forsimpning, da spredning er dokumenteret på forskellige niveauer f.eks. sektor- og landeniveau. I visse lande, f.eks. USA, forsøger man at arbejde med input-output modeller og store innovationsdatabaser for at tage højde for spredning.

Valget af anvendte metoder inden for økonomien afhænger ofte af tilgængeligt data. Anbefalinger til fremtidig forskning inden for økonomiske studier vil inkludere søgen efter at medtage flere indikatorer både videnskabelige og teknologiske afhængigt af sektor/branche samt udvikle "produktionsfunktionstilgangen".

Cost-benefit-analyser er også en af de anvendte kvantitative metoder. I forbindelse med offentlige investeringer i FoU kan en cost-benefit-analyse metodisk dokumentere omkostninger og ressourceanvendelse. Cost-benefit-analyser benytter ofte almindeligt regnskabsprincipper for nettoværdi, tilvækst osv. Begrænsninger er dog, at de kræver målbare faktorer i økonomisk henseende, samtidig med at muligheden for at afdække langsigtsafkast er minimal. Desuden har cost-benefit-analyser problemer med at afdække værdien af de spredningseffekter, der er produceres af FoU. De er ikke i stand til at beregne spin-off eller eksterne virkninger af FoU-aktiviteter.

Kvalitative metoder

En af de væsentligste kvalitative metoder er *casestudier*. Casestudier baseres på allerede gennemførte projekter, hvor det er nemt at identificere performanceindikatorer, da resultaterne er "synlige". Det er en gennemprøvet og anerkendt teknik, og der ofte benyttes på forskellige områder. Metoden benyttes normalt til at do-

kumentere resultater til offentligheden. Anvendeligheden af konklusionerne fra et casestudie er påvirket af subjektivitet fra evaluatorene. For at overvinde disse problemer anbefales det, at casestudier bruges sammen med andre metoder.

I denne litteraturgennemgang benyttes også *surveys*, ofte som supplement til f.eks. en kvantitative evalueringemetoder. Surveys udføres for at afdække tvivlsspørgsmål og til at analysere og sammenligne links mellem f.eks. grundforskning og anvendt teknologi. I denne oversigt benyttes surveystudier til f.eks. at interviewe FoU-ledere i en undersøgelse af Beise og Stahl (1999), samt Mansfield (1991), (1995) og (1998). Surveystudier kan anbefales som supplement til andre kvantitative eller kvalitative metoder.

Sammensætningen af de respektive evalueringer afhænger blandt andet, hvilke sektorer, der finansieres, hvor stort forsknings-porteføljen er i forvejen og hvilke mål, der er for forskningen. I visse sektorer, f.eks. uddannelse, har økonomiske analyser været meget anvendt, mens det i sundhed har været cost-benefit-analyser, som har været anvendt. Overordnet kan det konkluderes, at metodevalg varierer meget på tværs af fag, sektorer, afkast og transmissionsmekanismer. Det er derfor vigtigt:

- at vælge en metode eller en kombination af metoder tilpasset de særlige kendetegn ved f.eks. det offentlige finansieringsinstrument af FoU, de forskellige forskningsområder, og arten af de forventede virkninger (for eksempel lang- vs. kortsigtet).
- at basere måling af effekterne på en detaljeret forståelse af de mekanismer, hvorigennem sådanne effekter finder sted.
- at inkludere en analyse af den sammenhæng, hvori forskningen og anvendelsen af forskningens resultater finder sted.
- at udvikle evaluering og vurdering af mål og planer i et tidligt stadie. Optimalt udvikles disse sammen med selve implementeringsstrategien for interventionen.

Men uanset hvilken metode eller kombination af metoder, der anvendes til at evaluere de offentlige investeringer i FoU, må det endelige mål være at undersøge sammenhængen mellem frembringelsen af ny viden og bidraget til en lang række mulige resultater på indenfor økonomi, videnskab, miljø og samfund.

5 Sammenfatning

Moderne økonomier anerkender vigtigheden af en stærk offentlig videnskab og teknologi, også som grundlag for forbedringer i velfærd. Der er dog forskellige signaler i den økonomiske litteratur med hensyn til omfanget af afkastet af offentligt finansieret FoU. Men vægten af beviser tyder på, at offentligt finansieret FoU positivt bidrager til produktivitet, udvikling af menneskelig kapital og den økonomiske vækst. Det bekræftes også

i hovedparten af denne litteraturgennemgang, at de samfundsøkonomiske effekter af FoU-aktiviteter overstiger de privatøkonomiske. Det skønnede årlige samfundsøkonomiske afkast af investeringer i offentlig FoU-investeringer ligger typisk på 20-40 procent, men der findes endnu større afkast (op til 70 procent). Studierne bruger dog forskellige data, tidsperioder, metode, hvilket gør en direkte sammenligning af afkast vanskelig. Nogle eksempler på helt konkrete resultater viser følgende:

- En forøgelse af offentlige investeringer i forskning på én procent medfører en forøgelse af totalfaktorproduktivitet på 0,17 procent (gennemsnittel for 16 OECD lande).
- I lægemiddelsindustrien finder man, at en én procent stigning i grundforskning fører til en 2-2,4 procent stigning i antallet af kommercielle lægemiddelsprodukter.
- Forøgelse i publicering af artikler, etablering af virksomheder, uddannelse af kandidater, forskernetværker, nye metoder og instrumenter, social kapital m.v. er nogle af de afledte effekter af investering i FoU.
- Tidsperioden fra at akademisk forskning kanaliseres til industriel kommercialisering er estimeret til at variere fra 6-20 år.

Der er generel enighed om, at offentlige investeringer i FoU ikke fortrænger privat finansiering, nogle studier finder endog, at den offentlige støtte øger omfanget af privat finansiering. På meso- og makroplan finder man komplementaritet i stedet for substitution (fortrængning) mellem offentlige og privatfinansierede FoU-udgifter. Komplementaritet kan dog være overvurderet på grund af fortrængningseffekt (højere løn). På mikroniveau findes beviser for en substitutionseffekt for amerikanske data, hvorimod komplementaritetseffekten synes at dominere for ikke-amerikanske lande. Der er mange udfordringer forbundet med at måle direkte effekter af offentlig FoU, men offentlig finansieret FoU beskrives som enorm vigtig for velstand og vækst i et samfund. De samfundsøkonomiske effekter afhænger i høj grad af landespecifikke karakteristika samt den samlede beholdning af viden i samfundet.

Mange af analyserne afspejler den kompleksitet, der omgiver de processer og transmissionsmekanismer, der vedrører FoU. Ofte er det nødvendigt at kombinere forskellige metoder, for at kunne opnå valide resultater. På trods af de mange evalueringspraksis viser litteraturen, at evalueringer af offentlige finansieret FoU stadig er temmelig beskedne. Den traditionelle begrundelse for offentlig finansiering af FoU er baseret på det argument, at videnskaben er et offentligt gode. Imidlertid har en række studier vist, at der er flere andre former for økonomiske fordele fra FoU. Mange af de væsentlige resultater af FoU-investeringer, f.eks. ny viden, færdigheder og erfaringer, er uhåndgribelige og svære at kvantificeres.

De relativt høje afkast rater kan virke meget attraktive, men det er ikke risikofrit at investere i FoU. Mange FoU investeringer kommercialiseres ikke især indenfor grundforskning. Desuden er der tidsforsinkelse, der kan medføre, at afkast først optræder efter flere år. Dette illustrerer kompleksiteten af evalueringens spørgsmålet, men det betyder ikke, at der ikke skal eksperimenteres med forskellige metoder og i forsøg på at

skabe en metode, der afspejler de forskellige behov og prioriteringer.

At finde brugbare indikatorer og spredningsveje for forskning er et centralt element i alle evalueringer, og det gælder både i forhold til ex-ante- og ex-post-metoder. Ved evaluering af offentlig finansieret forskning kan det overordnet konkluderes, at de to vigtige kriterier, som der skal tages hensyn til er: Tilingen af evalueringen, (før, under eller efter, eller en kombination) samt, hvilke type data der skal indsamles.

Selvom denne gennemgang af litteraturen har vist, at de økonomiske fordele er svære at kvantificere, er investeringer i FoU afgørende for det danske arrangement og position i forskningsverden, som er adgangsbillet til verdens "lager" af viden. Indsatsen giver mulighed for at deltage effektivt i netværk og til at absorbere og udnytte international viden og færdigheder.

Samlet set peger denne gennemgang på at offentlig FoU investeringer har betydning for den økonomiske vækst, og der ses stærke vekselvirkninger mellem de forskellige kanaler og kilder af teknologi, som understreger nødvendigheden af at have en bred og sammenhængende politisk strategi vedr. FoU.

Litteratur

Access Economics (2003). "Exceptional returns-the value of investing in health R&D in Australia". The Australian society for medical research.

Access Economics (2008). " Exceptional Returns: The Value of Investing in Health R&D in Australia ". The Australian society for medical research.

Acs, Z. J., D. Audretsch, og M. Feldman (1991), "Real effects of academic research: comment", American Economic Review, 82, pp.363-367.

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

Aerts, K. og D. Czarnitzki (2008), Econometric evaluation of public R&D policies: Literature review and a guide for further research. Manuscript.

Akcigit, U. og D. Hanley (2010), "Back to Basics: Private and Public Investment in Basic R&D and Macroeconomic Growth". (Work in progress)

Alston, R. (2000), "A meta-analysis of the rate of returns to R&D" IFPRI rapport 113.

Anselin, L., A. Varga, og Z. Acs (1997), "Local geographic spillovers between university research and technology innovations", Journal of Urban Economics, 42 (3), pp.422-448.

Arduini, D, Belotti, F., Denni, F., Giungato, G. og A. Zanfei. (2010),"Technology adoption and innovation in public services the case of e-government in Italy. Information Economics and Policy ". Forthcoming

Ark, B. V, Inklaar, R. og McGuckin, R. (2002), "Changing Gear Productivity, ICT and Services Industries: Europe and the United States", Research Memorandum GD-60, Groningen Growth and Development Centre.

Autant-Bernard, C.A. (2001), " Science and knowledge flows : Evidence from the French case". Research Policy 30(7):1069-1078.

Beise, M. og H. Stahl, (1999), "Public research and industrial innovations in Germany," Research Policy, Elsevier, vol. 28(4), pages 397-422, April.

Bentzen, J. og V. Smith (2001), "Spillovers in R&D Activities: An Empirical Analysis of the Nordic Countries". *International Advances in Economic Research*. Vol. 7, No. 2, 01.01.2001. p. 199-212.

Bentzen, J. og V. Smith (1999), "The Impact of Government R&D - Some Empirical Evidence," Papers 99-4, Aarhus School of Business - Department of Economics.

Bilbao-Osorio, B, og A. Rodriguez-Pose (2004), "From R&D to Innovation and Economic Growth in the EU" *Growth and Change* Volume 35, Issue 4, pages 434-455, Fall.

Bloch, C. og K.E. Graversen (2008), "Additionality of public R&D funding in business R&D". The Danish Centre for Studies in Research and Research Policy. Working Paper 2008/5.

Bosetti, V., Carraro, C., Massetti, E. og M. Tavoni (2007), "Optimal energy investment and R&D strategies to stabilize greenhouse gas atmospheric concentrations". CESifo Working Paper No. 2133.

Bowns, S., I. Bradley, P. Knee, F. Williams og G. Williams (2003), "Measuring the economic benefits from R&D: improvements in the MMI model of the United Kingdom National Measurement System", *Research Policy*, 32, pp.991-1002.

Buxton, M., Hanney, S. og T. Jones (2004), "Estimating the economic value to societies of the impact of health research: a critical review". *Bulletin of the World Health Organization* 2004;82:733-739.

Cappelen, Å. , Raknerud, A. og M. Rybalka (2007), "Effekter av SkatteFUNN på foretakenes produktivitet og lønnsomhet" Foreløpig rapport om resultataddisjonalitet" The effect of R&D tax credits on firm performance Preliminary version.

Capron, H. (1992), "A State of the Art of Quantitative Methods for the Assessment of R&D Programmes", in M.T. Khalil and B. Bayraktar (eds.), *Management of Technology III, Industrial Engineering and Management* Press, Georgia, pp. 1195-1204.

CEBR (2009), "Analyse af dansk energiforskning - er bevillingerne store nok, og er prioriteringerne rigtige?" Analyserapport Sept.

CEG (2004), "Technological road map project". 2004 Center for Economic Growth and the Lally School of Management and Technology.

Cockburn, I. M., og R. M. Henderson. (2000), "Publicly Funded Science and the Productivity of the Pharmaceutical Industry," in *Innovation Policy and the Economy*, Volume 1, Adam B. Jaffe, Josh Lerner, and Scott Stern (editors), Cambridge: The MIT Press.

Cohen, W. M., og D. A. Levinthal (1989), "Innovation and learning: The two faces of R&D", The Economic Journal, Volume 99, September pg. 569-596.

Cohen, W. M., Nelson, R., og P. Walsh (2002), "Links and Impacts: The Influence of Public Research on Industrial R&D", Management Science 48, 1-23.

Colecchia, A. og P. Schreyer (2001), "ICT Investment and Economic Growth in the 1990s: Is the United States a Unique Case? A Comparative Study of Nine OECD Countries", STI working papers 2001/7, OECD.

Conte, A. Schweizer, P., Dierx, A. og F. Izkovitz (2010), "An analysis of the efficiency of public spending and national policies in the area of R&D". MPRA Paper No. 2354.

Danmark i den globale økonomi (2010), "Konkurrenceevne redegørelse". Økonomi-og erhvervsministeriet. Version nr. 1 af 26-11.

David, P og B. Hall (2000), "Heart of Darkness: Modeling Public-Private Funding Interactions inside the R&D Black Box", Research Policy 29, 1165-83.

David, P, Hall, B og A. Toole (2000), "Is public R&D a complement or substitute for private R&D? A review of the Econometric Evidence", Research Policy 29, 497-529.

DEA (2009), "Vækst Gennem Viden". ISBN:9788790772215.

Draca, S. og V. Reenen (2006), "Productivity and ICT: A critical review ". CEP Discussion Paper No. 749 August.

DØRS (2010). Det Økonomiske Råds rapport - juni 2010.

DØRS (1997). Det Økonomiske Råds rapport - forår 2007.

Ezell, S. og S. Andes (2010), "ICT R&D Policies - An International Perspective". Policy paper. Information Technology and Innovation Foundation.

Feldman, M. P., og R. Florida. (1994), "The Geographic Sources of Innovation: Technological Infrastructure and Product Innovation in the United States." Annals of the Association of American Geographers, 84: 210-229.

Feldstein, M. (2003), "Why is productivity growing faster?", Journal of Policy Modeling 25, pp. 445-451.

First Funding (2000), "Exceptional returns: The economic value of America's investment in medical research". New York.

Forskningskommissionen betænkning (2001), Bind 2 No. 1406 September.

Frascati Manual (2002): Proposed Standard Practice for Surveys on Research and experimental Development.

Fudenberg, H. H, (1983), "Biomedical institutions, biomedical funding and public policy". New your: Plenum Press: 1983.

Golsbee, A, (1998), "Does government R&D policy mainly benefit scientists and engineers?" American Economic Review, 88(2), 298-302.

Gordon, R. J. (2000), "Does the New Economy Measure up to the Great Inventions of the Past?", of Economic Perspectives, no. 4 fall, Vol. 14, pp. 49-74, 2002.

Griffith, R., Harrison, R. og V. Reenen, J. (2004), "How special is the special relationship? Using the impact of US R&D Spillovers on UK firms as a test of technology sourcing". The institute for fiscal studies WP04/32.

Griliches, Z. (1979), "Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth," Bell Journal of Economics, The RAND Corporation, vol. 10(1), pages 92-116, Spring.

Griliches, Z. (1995), "R&D and productivity: Econometric Results and Measurement Issues," In Stoneman, P. (Ed.) (1995) Handbook of The Economics of Innovation and Technological Change. Blackwell, Oxford, pp52-89.

Grossman, G. M. og E. Helpman (1991), "Quality Ladders in the Theory of Growth, Review of Economic Studies", 58, 43-61 Guellec, D. and B. van Pottelsberghe de la Potterie, (2001), "R&D and Productivity and Growth: Panel data analysis of 16 OECD countries", OECD Science, Technology and Industry Working Papers with number 2001/3.

Guellec, D og B. van Pottelsberghe de la Potterie (2003), "The Impact of Public R&D Expenditure on Business R&D", Economics of Innovation and New Technology, 12(3), 225-24.

Handlingsplan (2005), "Det innovative humaniora og samfundsvidenskab"- Oplæg til en forskningspolitisk handlingsplan. Videnskabsministeriet.

HERG (Humanities in the European research area)/OHR/RAND (2008). Impact and quality assessment practice in the humanities. Survey Report D4.1.1.

Heshmati, A. og L. Hans (2005), "The Impact of Public Funds on Private R&D Investment: New Evidence from a Firm Level Innovation Study," Discussion Papers 11862, MTT Agrifood Research Finland.

Hægeland, T. og J. Møen, (2000), "Betydningen av høyere utdanning og akademisk forskning for økonomisk vekst. En oversikt over teori og empiri" Statistisk sentralbyrå. Statistics Norway. Rapporter 2000/10. Statistisk sentralbyrå.

IKT - En undersøgelse af offentlig forskning (2008) ISBN 978-87-923-7224-6.

Jaffe, A. (1989), "Real effects of academic research", American Economic Review, 79, pp.957-970.

Jalava, Jukka og M. Pohjola (2002), "Economic growth in the New Economy: Evidence from advanced economies", Information Economics and Policy".

Jensen, S. E. H., Kaiser, U., Skaksen, R. J., og A. Sørensen (2004), "Danmark i vidensamfundet: Udfordringer for forsknings- og uddannelsespolitikken" Djøf forlaget.

Johnston, S., Rootenberg, J.D., Katrak, S., Smith, W.S. og J. E. Elkins (2006), "Effect of a US National Institutes of Health programme of clinical trials on public health and costs" Lancet; 367: 1319-27.

Jones, C., og Williams, J. (1998), "Measuring the Social Return to R&D", Quarterly Journal of Economics, 113, 1119-1135.

Jorgenson, Dale W., Mun S. Ho og K. J. Stiroh (2002), "Growth of U.S. Industries and Investments in Information Technology and Higher Education", <http://www.nber.org/books/CRIW02/jorgenson2-7-03.pdf>.

Kaiser, U., (2004), "Private R&D and Public R&D subsidies: Microeconomic Evidence from Denmark", Nationaløkonomisk Tidsskrift/Danish Journal of Economics 144(1), 1-17.

Kommission (2007), 7. Rammeprogram.

Konkurrenceredegørelsen (2011). Regeringen.

Kortlægning af dansk lægemiddelforskning (2010) ISBN:978-87-9237-298-7. Forskning og innovationsstyrelsen.

Leading the world (2005), "The economic impact of UK arts and humanities" Arts and humanity Research Council.

Lichtenberg, F. (2003), "Pharmaceutical innovation, mortality reduction and economic growth". In: Murphy K, Topel R, editors. *Measuring the gains from medical research. An economic approach*. Chicago: The University of Chicago Press; 2003. p. 74-109.

Lucas, R. E. (1988), "On the mechanics of economic development". *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, issue 1, pages 3-42.

Mansfield, E. (1991), "Academic research and industrial innovation," *Research Policy* 20(1), 1991, pp.1-12.

Mansfield, E. (1998), "Academic research and industrial innovation: an update of empirical findings," *Research Policy* 26(7/8), 1998, pp.773-776.

Mansfield, E. og J.-Y. Lee (1996), 'The modern university: contributor to industrial innovation and recipient of industrial R&D support', *Research Policy*, 25, pp.1047-1058.

Marino, M, Pierpaola, P. og D. Sala, (2011), "New perspectives on the evaluation of public R&D funding". Aarhus : Department of Economics, University of Aarhus, 2011. (Working Paper; 11-02).

Martin, B. og Salter, A with Hicks, D., Pavitt, K., Senker, J., Sharp, M. og A. Tunzelmann, (1996), "The relationship between publicly funded basic research and economic performance- A SPUR review" *Science Policy Research Unit, University of Sussex, Falmer, Brighton, BN1 9RF, UK, July 1996*.

Martin, B.R. og A. J. Salter, (2001), "The economic benefits of publicly funded basic research: a critical review," *Research Policy*, Elsevier, vol. 30(3), pages 509-532, March.

Martin, B.R. og P. Tang (2007), "The benefits of publicly funded research", *SWEPS Paper No. 161, Science Policy Research Unit, University of Sussex, Brighton*.

McMillan, G. S., Mauri, A., og R.D. Hamilton, (2003), "The impact of publishing and patenting activities on new product development and firm performance: The case of the US pharmaceutical industry" *International Journal of Innovation Management*, 7, 2, pp. 213-221. June.

Millard, J. , Iversen, J., Kubicek, H., Westholm, H., og R. Cimander, (2004), "Reorganisation of Government Back-Offices for Better Electronic Public Services – European Good Practices". Danish Technological Institute and Institut für Informationsmanagement GmbH, University of Bremen.

Molas-Gallart, J. og P. Tang (2007), *Report of the ESRC (Economic and social research council) Impact Evaluation Methods Workshop*.

Mullen, J.(2007), "The Importance of Productivity Growth in Australian Agriculture" *Connections*. Paper 20

Mushkin, S. (1979), "Biomedical research: costs and benefits". Cambridge (MA): Ballinger Publishing Company.

Nadiri, I. (1993), "Innovations and Technological Spillovers." NBER Working Paper No. 4423. Boston: National Bureau of Economic Research.

Narin, F., Hamilton, S. og D. Olivastro (1997), "The increasing linkage between U.S. technology and public science" Volume 26, Issue 3, October, Pages 317-330.

Office of health economics (2009) "Forward together" Report.

Raiten, D., og S. Berman (1993), "Can the impact of basic biomedical research be measured?: A case study approach". Bethesda (MD): Life Sciences Research Office, FASEB.

Romer, P. (1986), "Increasing Returns and Long-run Growth," Journal of Political Economy, University of Chicago Press, vol. 94(5), pages 1002-3.

Romer, Paul M. (1990), "Endogenous Technological Change, Journal of Political Economy", 98, S71-S102.

Rosenberg, L. E, (2002), "Exceptional economic returns on investments in medical research". MJA Vol 177, October.

Sadraoui, T. og B.N. Zina (2009), "Complementarity between private and public investment in R&D: A Dynamic Panel Data analysis". IAENG Conferences - WCE 2009 International Conference of Computational Statistics and Data Engineering, London : United Kingdom (2009).

Scott, A., Steyn, S. Geuna, A. Brusoni, S. og E. Steinmueller (2001), "The Economic Returns to Basic Research and the Benefits of University-Industry Relationships. A literature review and update of findings". Report for the office of science and technology. SPRU - Science and Technology Policy Research.

Stevens, P. og M. Weale (2003), "Education and Economic Growth," NIESR Discussion Papers 221, National Institute of Economic and Social Research.

The Impact Group (2008), "The Economic Role and Influence of the Social Sciences and Humanities: A Conjecture". Report.

The Russel Group (2010), "The economic impact conducted by the Russel Group Universities".

Tijssen, R.J.W. (2002), "Science dependence of technologies: evidence from inventions and their inventors", *Research Policy*, 31, pp.509–526.

Toole, A. A. (1999), 'The impact of federally funded basic research on industrial innovation: Evidence from the pharmaceutical industry', Stanford Institute for Economic Policy Research, Stanford, CA, SIEPR Discussion Paper No. 98-8.

Toole, A. A. (2000), "The impact of public basic research on industrial innovation: evidence from the pharmaceutical industry". SIEPR Discussion Paper No. 00-07. Stanford, CA.

Toole, A. A. (2005), "Does Public Scientific Research Complement Industry R&D Investment? The Case of NIH Supported Basic and Clinical Research and Pharmaceutical Industry R&D". Discussion Paper No. 05-75. ZEW, Centre for European Economic Research.

Verspagen, B. (2004), "The Impacts of Academic Knowledge on Macroeconomic Productivity Growth: An Exploratory Study", Eindhoven Centre for Innovation Studies, Eindhoven.

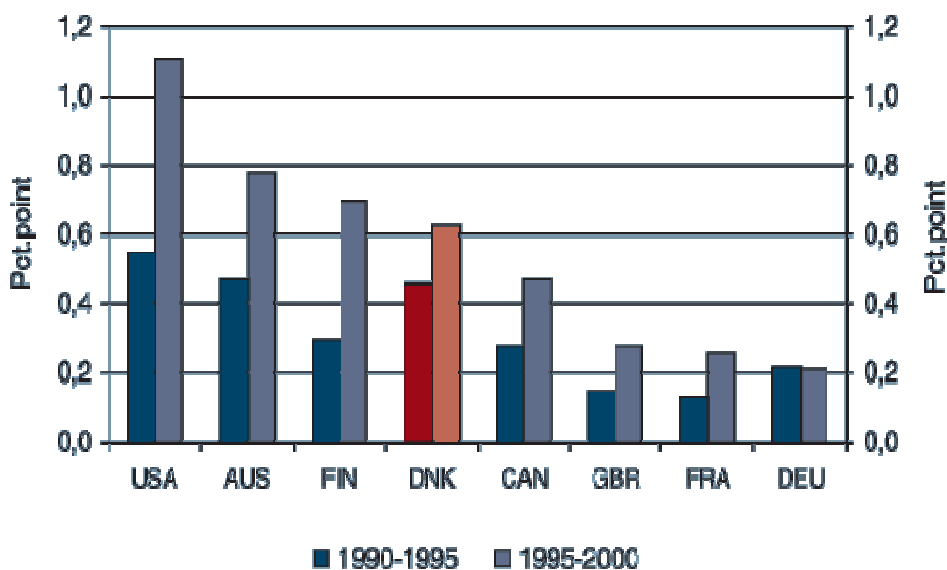
Vækstredegørelsen (2003). Økonomi – og erhvervsministeriet.

Weisbrod, B. A. (1971), "A Guide to Benefit-Cost-Analysis, as seen through a Controlled Experiment in Treating the Mentally Ill". *Journal of Health Politics, Policy and Law* 1983 Volume 7, Number 4: 808-845.

Appendiks

Figur 1 viser en oversigt over effekten i forskellige lande. I sidste halvdel af 1990'erne var bidraget til væksten i USA på ca. 1,1 procent point om året pga. anvendelse af IKT-kapital, jf. Jorgenson m. fl. (2002).

Figur 1 Vækstbidrag fra IKT-anvendelse i forskellige lande



Kilde: Vækstregørelsen (2003) med reference til USA: Jorgenson et al. (2002), Finland: Jalava og Pohjola (2002), Danmark: Økonomi og erhvervs styrelsen, øvrige lande: Colecchia og Schreyer (2001).

Det var en væsentlig stigning i forhold til, hvad der kunne observeres i starten af 1990'erne, hvor der kun var et bidrag til væksten på ca. 0,5 procentpoint om året. Udover det bidrag, som direkte kan tilskrives investeringerne i IKT-kapital, bliver en del af stigningen, der var i produktivitetsvæksten, forklaret med en stigende anvendelse og produktion af IKT. I Danmark var der et bidrag til væksten i starten af 1990'erne på 0,46 procentpoint - på niveau med USA - og 0,63 procentpoint i sidste halvdel, hvilket var lidt mindre end det der kan observeres i USA. Danmark har dermed ikke oplevet helt den samme stigning i vækstbidraget fra IKT-anvendelse som USA.

En række andre undersøgelser finder lidt mindre bidrag fra IKT-anvendelse til væksten i USA. F.eks. finder Colecchia og Schreyer (2001) et vækstbidrag på omkring 0,9 procentpoint om året i sidste halvdel af 1990'erne. De undersøger ligeledes, hvor stor effekt, der er af anvendelsen af IKT i otte andre lande. Her finder de, at effekten er 0,2 til 0,3 procentpoint om året i de europæiske lande - væsentligt mindre end det, der findes for Danmark - samt 0,5 procentpoint i Canada og 0,8 procentpoint i Australien. Der har altså været mindre effekt af IKT i de europæiske lande end i USA.

I en undersøgelse af IKT's betydning for den økonomiske vækst i Finland finder Jalava og Pohjola (2002), at anvendelse af IKT-kapital kan forklare 0,7 procentpoint af væksten. En del af forklaringen på den meget kraftige produktivetsstigning på 4,2 procent, der har været i sidste halvdel af 1990'erne, kan endvidere forklares med en kraftig vækst i produktiviteten i de IKT-producerende brancher. Stigningen i produktivetsvæksten i USA skyldes måske ikke kun øget anvendelse af IKT. Gordon (2000) finder, at kraftigere vækst i produktiviteten i sidste halvdel af 1990'erne alene kan forklares med en konjunkturbestemt stigning og en kraftig produktivetsstigning i de IKT-producerende brancher, mens resten af den amerikanske økonomi ikke oplevede nogen acceleration i produktivetsvæksten.

En forklaring på den noget mindre effekt af IKT i Europa kan være, at USA har været hurtigere til at introducere IKT end Europa. Ark m.fl. (2002) finder visse tegn på, at der grundlæggende er den samme effekt af IKT i USA og Europa, men produktivetsstigningen først slår igennem med en vis forsinkelse i Europa. Der kan også være nogle institutionelle forskelle på den måde, som økonomien fungerer på i Europa og USA, jf. Feldstein (2003).

Tabel 1a Industri-niveau crowding out studier

Studie	Tidsperiode	Data type	Obs.	Afhængige variable	Uafhængige variable	Kontrol variable	Metode	Resultat
Globerman (1973) (Canada)	1965-69	Tværsnitsdata	15	R&D E/Total E	15 Gov R&D/sales	D(tech oppty), procent Foreign, income., sales-growth	OLS	Komplementaritet
Buxton (1975) (United Kingdom)	1965	Tværsnitsdata	11	Private R&D/Gross output	Gov R&D/Gross output	C4, Divers, entry barriers?	OLS	Komplementaritet
Goldberg (1979)	1958-75	Panel	18*14	Log (private R&D/output)	Gov R&D/sales (sum of lag 0&1)	Ind. Dummies, price of R, lag priv. R/output	FE OLS	Komplementaritet
Lichtenberg (1984)	1963-79	Panel	12*17	Change in private R&D	Change in Gov R&D	Year dummies, Ind. Dummies	FE OLS	Ikke signifikant
Levin og Reiss(1984)	1963, 67	Panel	20*3	Private R&D/prod. costs	Gov R&D/shipments	Tech dummies, Basic R&D share, Age, HHI	2SLE	Komplementaritet

Tabel 1b Aggregeret crowding out studier

Studie	Tidsperiode	Data type	Obs.	Afhængige variable	Uafhængige variable	Kontrol variable	Metode	Resultat
Levy og Terleckyj (1983)	1949-81	Tidsserie	33	Private R&D Stock	\$Gov contracts to industry (stock)	lag output, lag taxes, unemp., age R&D stock, \$ Gov R&D, \$ reimbursement	OLS	Komplementaritet
Terleckyj (1985)	1964-84	Tidsserie	21	\$ Private R&D Expenditure	\$Gov contracts to industry	output, gov. durables, lag, R&D in Europe/japan	OLS	Komplementaritet
Lichtenberg (1987)	1956-83	Tidsserie	28	\$ Private R&D Expenditure	\$Gov contracts to industry sales,	Sales to gov	OLS	Ikke significant (0,045)
Levy (1990) (cross-country)	1963-84	Panel	9*21	\$ Private R&D Expenditure	\$Gov contracts to industry	GDP, country dummies, pred. Europe & Japan priv. R&D	Pooled GLS	Komplementaritet
Robson (1993)	1955-88	Tidsserie	33	Change in private basic research	Change in federal basic research	Level & chg priv. appl. R, Gov. appl. R, Gov. purchases, chg in non-gov goods & service	OLS- 1 st -diff	Komplementaritet
Diamond (1998)	1953-93	Tidsserie	41	\$ Private basic research	\$ Federal basic research	GDP, time trend	OLS- 1 st -diff BOX-COX	Komplementaritet (1,04)
Von Tunzelmann og Martin (1988) (cross-country)	1969-95	Panel	22*27	Change in private R&D	Change in public R&D	Levels of private and public funded R&D, country dummies	FE	Komplementaritet

Alle studier bruger data fra USA med mindre andet er specificeret.

Tabel 2 Evaluerings metoder

Metoder	Kvalitative			Kvantitative		
		Styrke	Svagheder		Styrke	Svagheder
Ex-ante	Reviews	Evalueres af ekspert.	Subjektiv, mangel på uafhængighed.	Cost-benefit-analyser	Kan evaluere markeds og kommercielle værdier.	Kan være svært at samle data. Flere afkast kan ikke måles via finansiel information.
	Survey	God til at screene projekt/programmet. Kan anvendes til at uddybe spørgsmål som f.eks. er opstået via kvantitativ metode.	Simpel og ofte ikke repræsentativt. Kan ikke måle økonomisk afkast.			
Midtvejs				Cost-benefit-analyser	Evaluere markeds og kommercielle værdier.	Kan være svært at samle data. Flere afkast kan ikke måles via finansiel information.
				Bibliometrisk	Kan oplyse om f.eks. patent citeringer.	Er ikke god til at evaluere udvikling.
Ex-post	Case studier	Ofte anvendt og kendt metode. Ikke data intensive. God erfaring.	Kan ikke måle økonomisk afkast. Ikke uafhængig. Dyr og tidskærvende.	Økonometriske modeller	Evaluere økonomisk afkast.	Metoden kan være begrænset af data. Der kan opstå aggregerings målefejl, samt fejl pga. manglende data. Ikke god til at forkaste.
				Cost-benefit-analyser	Kan evaluere markeds og kommercielle værdier.	Kan være svært at samle data. Flere afkast kan ikke måles via finansiel information.
				Data Envelopment Analysis (DEA)	Tillader en at direkte sammenligning af effektiviteten (rangordning). Ingen grund til at definere den relative betydning af de forskellige input fra f.eks. ansatte og det producerede (på grund af fraværet af vægte eller priser, der er knyttet til hvert udfald). Ikke til genstand for samtidig bias og / eller specifikation fejl.	Stor afhængighed af rigtigheden af data Svært at skelne mellem output og resultater
				SFA	Tager højde for hypotesetest. Kan forklare inefektivitet.	Antager funktionel form for produktionsfunktionen., samt fordelingsmæssige form for teknologisk efficiens.