

Innovation og produktivitet

for

Økonomi- og Erhvervsministeriet

CEBR – Centre for Economic and Business Research

Gennemført af
Martin Junge,
mj.cebr@cbs.dk
Anders Sørensen
as.eco@cbs.dk

17. november 2010

Sammenfatning

De følgende sider afrapporterer CEBR projektet "Innovation og produktivitet", som er udført af Martin Junge og Anders Sørensen for Økonomi- og Erhvervsministeriet. Formålet med projektet er, at belyse sammenhængen mellem produktivitet og innovation i danske virksomheder. I analysen benyttes for det første et bredere innovationsbegreb sammenlignet med traditionelle empiriske studier. Dette innovationsbegreb dækker over følgende innovationstyper: produktinnovation, procesinnovation, organisatorisk innovation, markedsføringsinnovation og nye designs.

For det andet udarbejdes en innovationsindikator, som er et approksimativt mål for virksomhedernes innovation. Mere præcist måler indikatoren sandsynligheden for om virksomheder er innovative på baggrund af forskellige virksomhedsspecifikke karakteristika. Målet baserer sig således bl.a. på den uddannelsesmæssige sammensætning af virksomhedernes ansatte og beregnes for hovedparten af virksomheder i dansk økonomi. I den sammenhæng kan indikatoren forstås som et mål for virksomhedernes innovationspotentiale. Ved brug af dette mål gennemføres en analyse af sammenhængen mellem innovation og totalfaktorproduktivitet (TFP).

At det er den uddannelsesmæssige sammensætning af virksomhedernes ansatte, der står centralt i analysen af innovation, skyldes, at meget innovation er baseret på sofistikeret og ny viden, som især er forankret i ansatte med videregående uddannelser.¹ Desuden er inddeling efter uddannelsesretning vigtig, da jobfunktionerne for de forskellige innovationstyper varierer i indhold. Således er ingeniører og naturvidenskabelig uddannede især relevante for produkt- og procesinnovation.² Desuden er organisatorisk innovation relateret til produktionens og arbejdspladsens organisering, som især skaber opgaver med teknisk og samfundsvidenskabeligt indhold. Endelig er arbejdsopgaverne inden for markedsføringsinnovation og designs rettet mod de samfundsvidenskabelige uddannelser og endog humaniora.

¹ I denne sammenhæng skal det nævnes, at i den klassiske teoretiske model for endogen vækst (Romer (1990)) skabes ny viden – dvs. innovation – ved brug af uddannet arbejdskraft samt eksisterende viden.

² Se for eksempel Romer (2000) for en diskussion.

Der findes dog ikke detaljeret information om, hvilke medarbejdere, der konkret udfører innovationsaktiviteterne i virksomhederne. Derfor baserer innovationsindikatorerne sig på sammenhængen mellem uddannelsessammensætning af de ansatte i bred forstand og den enkelte innovationstype. Eksempelvis forudsættes det, at sandsynligheden for, at en virksomhed udfører produktinnovation er større, hvis den har relativt mange ansatte med tekniske uddannelser. Disse forudsætninger belyses eksplicit i analysens statistiske modeller.

I det følgende præsenteres projektets bidrag i kortfattet form. I den første del af projektet udarbejdes sandsynlighedsmodeller for virksomhedernes innovation. I denne del findes det:

- Virksomheder er ofte involveret i mere end én innovationstype. Organisatorisk innovation og markedsføringsinnovation udføres lige så hyppigt, som produktinnovation.
- Der dokumenteres et nuanceret billede af, hvordan uddannelsessammensætningen i virksomheder, der udfører innovation, ser ud. Således er det især virksomheder med en intensiv anvendelse af lange videregående tekniske og samfundsvidenskabelige uddannelser, der udfører produktinnovation.
- Det er dog ikke kun virksomheder, der anvender lange videregående, tekniske og samfundsvidenskabelige uddannelser intensivt, som innoverer. Eksempelvis har virksomheder med relativt mange ansatte med videregående uddannelse inden for humaniora, en større sandsynlighed for at udføre markedsføringsinnovation og nye designs.
- Baseret på den nye viden om uddannelsessammensætning og innovation udvikles en innovationsindikator, dvs. et approksimativt mål for om virksomheder er innovative. Mere præcist måler indikatoren sandsynligheden for om virksomheder er innovative på baggrund af forskellige virksomhedsspecifikke karakteristika. Indikatoren inkluderer også anden information end uddannelsessammensætningen, såsom branchetilknytning, størrelse, eksport etc.

I den anden del af projektet udarbejdes en analyse af sammenhængen mellem virksomhedernes produktivitet og innovationsaktiviteter.

- Produktivetsanalysen baseres på hovedparten af danske virksomheder. Dette skyldes, at stikprøven ikke er repræsentativ for dansk økonomi. Desuden kan det være vigtigt at øge antal observationer for statistisk set at kunne identificere en effekt. Endelig er det svært at udvikle TFP mål af høj kvalitet for stikprøven, da der er relativt få observationer. Ved brug af data for hovedparten af danske virksomheder udvikles et TFP-mål af højere kvalitet.
- Innovationsindikatoren – som kan fortolkes som virksomhedernes innovationspotentiale – beregnes for hovedparten af danske virksomheder og benyttes som innovationsindikator i produktivetsanalyser.
- Omkostningen ved at benytte hovedparten af danske virksomheder er, at det er målet for virksomhedernes innovationspotentiale, der benyttes i analysen frem for den faktiske information om hvorvidt en virksomhed har innovationsaktiviteter eller ej.
- Baseret på de ovenfor beskrevne data for TFP og innovationspotentiale, findes det, at virksomheder med højt overordnet innovationspotentiale har større TFP end virksomheder med lavt overordnet innovationspotentiale.
- Produktivetsanalyserne gennemføres endvidere på basis af virksomhedernes innovationspotentiale for de 5 innovationstyper. Det findes, at alle innovationstyper bidrager positivt til TFP. Denne konklusion skal dog behandles varsomt, da det er svært at etablere præcise estimater som følge af stor samvariation mellem aktiviteter indenfor de forskellige innovationstyper, dvs. at virksomheder som eksempelvis har højt potentiale for organisatorisk innovation også vil tendere at have højt potentiale inden for de 4 øvrige innovationstyper.
- For at tjekke robustheden af ovennævnte resultat for det overordnede innovationspotentiale estimeres produktivetsmodellen også for stikprøvens virksomheder med de faktiske besvarelser om innovationsaktiviteter. Det er interessant, at den fundne produktivitetseffekt for om virksomheder har innovationsaktiviteter overordnet set er af samme størrelsesorden som i tilfældet, hvor innovationspotentialet benyttes.
- Selvom produktivetsanalysen for stikprøven fører til tilsvarende resultater som for analysen baseret på virksomhedernes innovationspotentiale, er sidstnævnte

analyse vigtigt at gennemføre, da den håndtere de nævnte udfordringer for stikprøveanalysen. Således er det ikke forlods til at vide om man kan stole på de resultater, der kommer ud af stikprøveanalysen.

Problemstilling

Fra 1995 og frem har den gennemsnitlige årlige vækstrate i arbejdsproduktiviteten – dvs. output pr. arbejdstime – været under 1 pct., mens den i gennemsnit var 2,7 pct. over perioden 1985-95.³ En vigtig årsag til den skuffende vækstudvikling skal findes i en svag udvikling i såkaldt TFP, som er den del af den økonomiske vækst, der ikke kan forklares af stigende brug af arbejdskraft og produktionskapital.

En vigtig determinant for TFP er innovation. Således kan et større omfang af innovation potentielt set føre til højere TFP. Innovation benyttes ofte som synonym for forskning og udvikling (FoU). Ved at benytte dette innovationsmål afsøges alene produktivitetseffekten af FoU. I denne sammenhæng skal det understreges, at FoU er et relativt snævert begreb, som omfatter basis og anvendt forskning i erhvervelse af ny viden om specifikke opfindelser og modifikation af eksisterende teknikker, samt udvikling af nye produkter, processer og metoder. Innovation er et langt bredere begreb end FoU og omfatter mange ikke-FoU innovationsaktiviteter.

På denne baggrund udfører Centre for Economic and Business Research en analyse af sammenhængen mellem innovation og produktivitet, hvor et bredere innovationsbegreb benyttes. Analysen gennemføres i to dele.

I første del af analysen etableres en overordnet indikator – dvs. et approksimativt mål – for om virksomheder er innovative. Mere præcist kortlægges typer af arbejdskraft inden for videregående uddannelse, som er væsentlige for om en virksomhed har innovationsaktiviteter. Foruden arbejdskraftens uddannelsessammensætning tages der også hensyn til andre af virksomhedernes karakteristika.

³ Økonomi- og Erhvervsministeriet (2009).

I konstruktionen af den overordnede innovationsindikator skelnes der ikke mellem de innovationstyper, som virksomhederne udfører. For at øge forståelsen for hvilke karakteristika virksomheder, der udfører de forskellige innovationstyper, har, stilles der skarpt på, hvilke uddannelser, der er vigtige for forskellige innovationstyper. Det vil sige, at den overordnede innovationsindikator splittes op i flere indikatorer, som er relevante for de forskellige innovationstyper.

I anden del af analysen belyses produktivitetseffekter af innovation. Denne del tager sit udgangspunkt i innovationsindikatorerne beskrevet ovenfor og det analyseres om virksomheder med stort innovationspotentiale er mere produktive end virksomheder med lille innovationspotentiale.

Som nævnt baserer nærværende analyse sig på et bredere innovationsbegreb end FoU. Det bredere innovationsbegreb omfatter 5 innovationstyper:

- **Produktinnovation:** Varer eller tjenesteydelser, der er nye eller væsentligt forbedrede.
- **Procesinnovation:** Nye eller væsentligt forbedrede metoder til produktion af varer eller tjenesteydelser; logistik-, leverings- eller distributionsmetoder, samt hjælpefunktioner til virksomhedens processer.
- **Organisatorisk innovation:** nye måder at lede eller producere på. Eksempelvis indførelse eller forbedring af supply-chain management, lean produktionsprocesser og knowledge management. Desuden kan det dække over nye metoder for arbejdspladsens organisering med hensyn til uddelegering af ansvar og beslutningstagning.
- **Markedsføringsinnovation:** Nye markedsføringsstrategier rettet mod at nå nye kundegrupper eller markedssegmenter; nye salgskanaler og metoder til produktplacering; nye prissætningsmetoder for varer eller tjenester, samt brug af nye medietyper eller teknikker til produktpromovering.
- **Design:** Væsentlige ændringer i designet af en vare eller tjenesteydelse, ekskl. ændringer, som kun ændrer produktets funktionalitet eller brugervenlighed samt rutine- og sæsonmæssige ændringer som fx modeskift.

Det skal understreges, at de benyttede mål for innovation alene indikerer om virksomheder har innovationsaktiviteter eller ej. Målene

indeholder ingen information om omfang af innovationsaktiviteter eller om hvorvidt innovationsaktiviteter har ført til succesfuld innovation.

Data og metode

Udviklingen af innovationsindikatorerne er baseret på et datasæt, som er sammensat af informationer fra spørgeskemaundersøgelsen "Forsknings- og udvikling, og innovationsundersøgelsen i 2007" (FUI2007) samt af en række registeroplysninger fra den generelle firmastatistik og regnskabsstatistik for virksomhederne, samt individdata fra integreret database for arbejdsmarkedsforskning (IDA). Innovationsindikatorerne, som er funderet i virksomhedernes arbejdskraftsammensætning efter uddannelseslængde og -typer, udarbejdes ved estimation af sandsynlighedsmodeller på basis af FUI2007 stikprøvens ca. 4.000 virksomheder. Ved brug af de estimerede sandsynlighedsmodeller kan innovationsindikatorer for hovedparten af danske virksomheder herefter beregnes. Dette mål fortolkes som danske virksomheders innovationspotentiale.⁴

Produktivitetsanalysen er baseret på virksomhedernes innovationspotentiale for den fulde population af virksomheder, samt virksomhedsdata og individdata. Først udarbejdes et virksomhedsspecifikt TFP-mål og herefter belyses det, om virksomheder med stort innovationspotentiale har højere produktivitet end virksomheder med lille innovationspotentiale.

Centralt i rapporten er definitionen af innovation. Opdelingen af innovation efter typer følger de spørgsmål som Danmarks Statistik stiller til virksomhederne i FUI2007 om deres innovationsaktiviteter for årene 2005-2007. Der benyttes 5 forskellige innovationstyper: produktinnovation, procesinnovation, organisatorisk innovation, markedsføringsinnovation og nye designs.

4523 virksomheder har besvaret spørgeskemaet. I analysen er det dog kun muligt at benytte besvarelsene for 3953 virksomheder. Årsagen til at nogle besvarelser udelades er, at de relevante data for øvrige forklarende variable, som benyttes i analysen, ikke eksisterer. Af de 3953 virksomheder i analysen, innoverer de 1998 virksomheder.

⁴ I appendiks til projektet beskrives stikprøven af virksomheder i FUI2007.

TABEL 1 præsenterer de mest typiske innovationsmønstre for virksomhederne. Et vigtigt resultat er, at mange af de adspurgte virksomheder har innovationsaktiviteter indenfor flere områder på én gang. Af de 1998 virksomheder, som innoverer, er det kun omkring en tredjedel eller 645 virksomheder, som kun er aktive indenfor én innovationstype.

248 virksomheder – svarende til 12 pct. – gennemførte organisatoriske innovationer i perioden 2005-2007 uden at udvikle andre typer af innovation. 178 virksomheder – svarende til 9 pct. – gennemførte innovation på alle 5 områder. Af de 645 virksomheder, der kun gennemførte én innovationstype var fire i top 10 af de mest almindelige kombinationer. Dette var henholdsvis produkt-, proces-, markedsføringsinnovation, samt organisatorisk innovation.

Omkring halvdelen af virksomhederne i stikprøven innoverer. Samtidigt kan det konstateres, at aktiviteten indenfor de 5 forskellige innovationstyper er forholdsvis større, da hovedparten af virksomhederne – omkring to tredjedele – innoverer indenfor mere end én innovationstype. Dette forhold betyder også, at tendensen til, at en virksomhed udfører en bestemt innovationstype er højere, hvis virksomheden også udfører andre innovationstyper.

TABEL 1 De 10 mest typiske innovationsmønstre, 2005-2007

Innovationsmønster	Antal	Andel
O	248	0.12
PCOMD	178	0.09
P	173	0.09
OM	139	0.07
PCOM	117	0.06
C	113	0.06
POMD	98	0.05
POM	97	0.05
M	95	0.05
CO	81	0.04
Øvrige	659	0.33
Alle	1998	1.00

Anm.: P= produkt, C=proces, O=organisatorisk, M=markedsføring, D=design

Kilde: Egne beregninger

Innovationsindikator

I dette afsnit præsenteres sandsynlighedsmodellen for innovation, som ligger til grund for innovationsindikatorerne. Ved brug af modellen estimeres sandsynligheden for om en virksomhed har innovationsaktiviteter. Hovedfokus er på hvor vigtig beskæftigelses sammensætning – opgjort i forhold til uddannelseslængde og -type – er for at virksomheder innoverer. Det vil sige, at virksomhedernes ansatte opdeles efter uddannelseslængde og -type, som således indgår i forklaringen af sandsynligheden for om en virksomhed er innovativ. Det skal understreges, at der også indgår andre baggrundsvARIABLE såsom branchetilhørsforhold, størrelse, eksport etc.

I figur 1 præsenteres estimationsresultaterne af sandsynligheden for om en virksomhed har innovationsaktiviteter.⁵ Således kategoriseres virksomheder til at have innovationsaktiviteter, hvis de er aktive inden for én eller flere af de 5 innovationstyper.

På figurens vandrette akse aflæses andelen af en uddannelseslængde eller -type ud af den samlede beskæftigelse. Hvis for eksempel værdien er 0,15 betyder det, at 15 pct. af de beskæftigede tilhører en bestemt uddannelseskategori.

De farvede kurver angiver forskellige uddannelsesretninger og -typer. Således angiver den blå kurve andelen med 18 års uddannelse eller derover (UDD18); lilla angiver samfundsfagligt uddannede med 16 års uddannelse og derover (SAMF); grøn angiver teknisk uddannede med 16 års uddannelse og derover (TEK); mens rød angiver humanister med 16 års uddannelse og derover (HUM).⁶ Hvis en linje er ubrudt betyder det, at effekten er forskellig fra 0 i statistisk forstand, mens den ikke er forskellig fra 0 i statistisk forstand, når linjen er stiplede.⁷

⁵ Resultaterne i figurerne fokuserer alene på arbejdskraftens uddannelsessammensætning og udelader i afrapporteringen effekten fra andre forklarende variable. I de bagvedliggende analyser inddrages også anden virksomhedsspecifik information, såsom størrelse, branche mv.

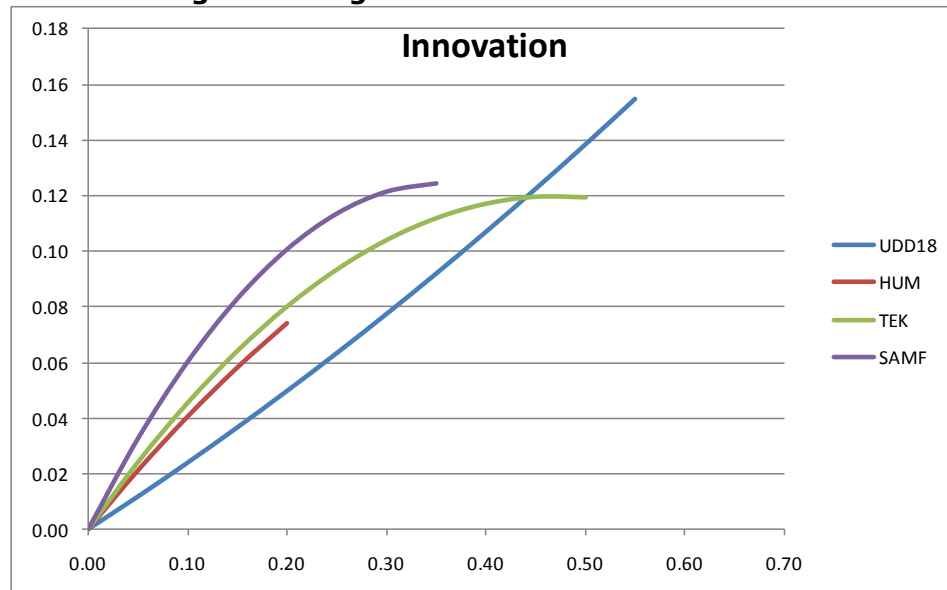
⁶ I appendiks præsenteres en tabel med de mest hyppigt forekommende uddannelser i datasættets virksomheder.

⁷ I statistisk forstand testes, der for om b_1 og b_2 samlet set er lig med nul, hvor de to parametre indgår i sandsynlighedsmodellen på følgende måde ($b_1x + b_2x^2$), hvor x måler andelen af en bestemt uddannelse. Hvis de to parametre samlet set ikke er forskellig fra 0 i statistisk forstand betragtes sandsynlighedseffekten at være lig med nul.

Kurverne angiver uddannelsesandenes effekt på sandsynligheden for om en virksomhed har innovationsaktiviteter. Det ses, at de farvede kurver alle er positivt hældende. Dette betyder, at en større andel af de forskellige uddannelser øger sandsynligheden for om en virksomhed er innovativ.

På basis af figur 1 ses det også, at sandsynligheden for innovation er positivt relateret til UDD18. Således øges sandsynligheden for om en virksomhed har innovationsaktiviteter i andelen af ansatte med 18 års uddannelse. Eksempelvis ses det, at sandsynligheden for, at en virksomhed har innovationsaktiviteter er omkring 4 pct. points højere for en beskæftigelsesandel for 18 års uddannelse på 0,15 i forhold til en andel på 0. Den højere sandsynlighed for innovationsaktiviteter aflæses på figurens lodrette akse.

FIGUR 1 Sammenhængen mellem sandsynligheden for innovation og beskæftigelsesandele



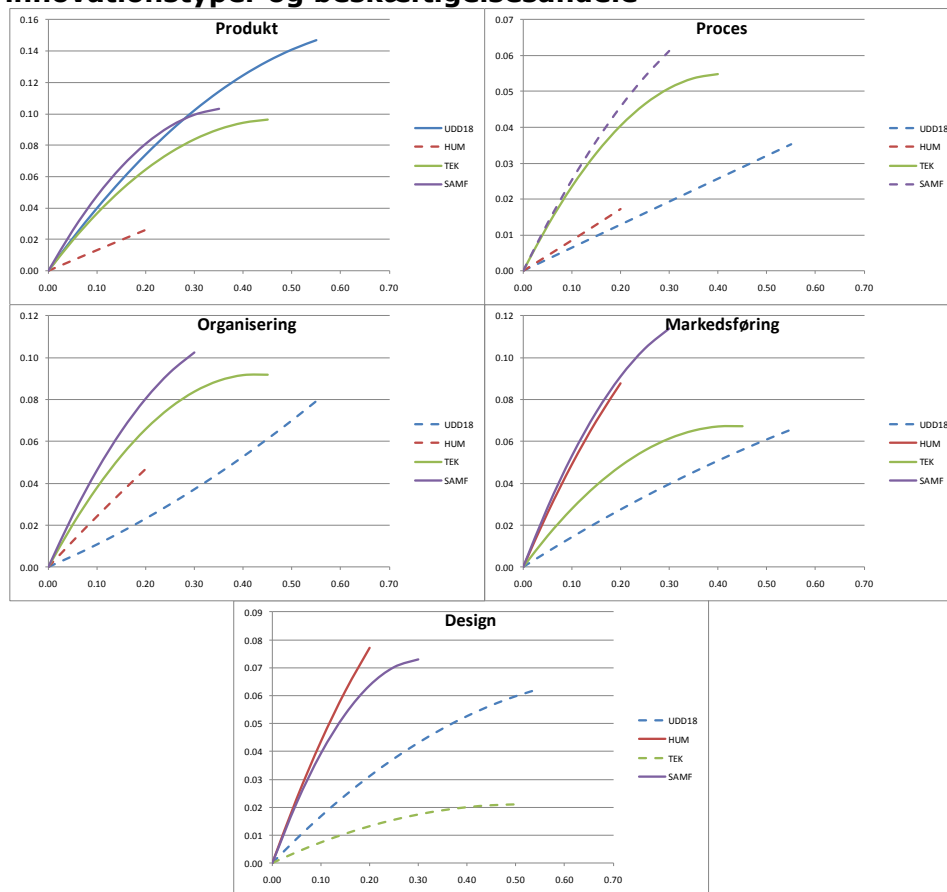
Anm.: Stiplet linje betyder, at effekten er insignifikant
 Kilde: Egne beregninger

Konsekvensen af dette resultat er, at ansatte med 18 års uddannelse øger sandsynligheden for innovationsaktiviteter mere end personer med 16 års uddannelse. Hvis det alene var afgørende at ansætte personer med mere end 16 års uddannelse, vil det komme til udtryk ved positivt hældende kurver for HUM, TEK og SAMF, mens kurven for UDD18 ville være uden betydning statistisk set.

Foruden, at andelen af ansatte med 18 års uddannelse er vigtig for om en virksomhed er innovativ, er uddannelsesretningen ligeledes vigtig. Således øger brugen af alle uddannelsesretninger sandsynligheden for innovation.⁸

I nedenstående figur 2 belyses sandsynligheden for hver af de 5 innovationstyper. Figuren dokumenterer et mere nuanceret billede af hvilke uddannelsestyper, der øger sandsynligheden for om en virksomhed har innovationsaktiviteter.

FIGUR 2 Sammenhængen mellem sandsynligheden for enkelte innovationstyper og beskæftigelsesandele



Anm.: Stiblet linie betyder, at effekten er insignifikant
 Kilde: Egne beregninger

Figur 2 viser at:

⁸ I denne sammenhæng skal det understreges, at andelen af teknisk uddannede også kan blive for høj i den forstand, at en stigende uddannelsesandel vil føre til faldende sandsynlighed. Dette forhold er en konsekvens af den valgte funktionelle form for sandsynlighedsmodellen samt ekstreme værdier af uddannelsesandelen for enkelte virksomheder.

- Sandsynligheden for produktinnovation er positivt relateret til UDD18, SAMF og TEK. Humanister har også en positiv effekt. Denne effekt er dog ikke forskellig fra nul statistisk set, hvilket er illustreret med en stiplede linje.
- Sandsynligheden for processinnovation, organisatorisk innovation, markedsføringsinnovation og nye designs er *ikke* stigende i UDD18. Med andre ord er der ikke en statistisk signifikant forskel på at anvende medarbejdere med 16 års uddannelse eller medarbejdere med 18 års uddannelse intensivt.
- Sandsynligheden for processinnovation er stigende i størrelsen af TEK.
- Sandsynligheden for organisatorisk innovation er stigende i størrelsen af SAMF og TEK.
- Sandsynligheden for markedsføringsinnovation er stigende i størrelsen af SAMF, HUM og TEK.
- Sandsynligheden for nye designs er stigende i størrelsen af SAMF og HUM.

I de nedenstående analyser benyttes sandsynlighedsmodellerne, som beskrevet ovenfor til at udvikle innovationsindikatorer for virksomhederne. Helt overordnet benyttes den beregnede sandsynlighed for om en virksomhed er innovativ - baseret på sandsynlighedsmodel i figur 1. Der beregnes endvidere 5 forskellige innovationsindikatorer for den enkelte virksomhed baseret på sandsynlighedsmodellerne i figur 2. Indikatorerne opgøres som sandsynlighederne for om en virksomhed udfører hver af de 5 innovationstype.

De præcise sandsynlighedsmodeller, der benyttes til at udvikle innovationsindikatorerne, afviger fra de modeller, som er præsenteret i figur 1 og figur 2, idet der benyttes en såkaldt probit model til at estimere sammenhængen mellem sandsynligheden for om en virksomhed er innovativ og uddannelsesandele, samt andre baggrundsvariable. Desuden indgår interaktionseffekter mellem forskellige uddannelsesretninger i disse estimationer. Disse modeller præsenteres ikke i ovenstående figur 1 og 2 af fremstillingsmæssige hensyn. De kvalitative konklusioner for de to modeller er de samme.

I Tabel 2 præsenteres sandsynlighedernes forklaringskraft målt ved såkaldte R^2 mål, som er andelen af variation i datasættet, som den

statistiske model kan forklare. I tabellen præsenteres den såkaldte R^2 , som er målet for en lineær model, og pseudo R^2 som er målet for probit modellen.

Det ses af tabellen, at R^2 ligger mellem 0,10 og 0,13 for den overordnede innovationsindikator. Denne forklaringsgrad er på et fornuftigt niveau og ligger på en størrelsesorden, som er normalt for sandsynlighedsmodeller.⁹ For de enkelte innovationstyper er forklaringsgraden omkring 0,15 for produktinnovation, mens den er i omegnen af 0,10 for de øvrige på nær for markedsføringsinnovation, som er omkring 0,05.

Tabel 2: Forklaringskraft af sandsynlighedsmodellerne

	R^2	Pseudo R^2
Innovation	0,13	0,10
Produkt	0,16	0,14
Proces	0,08	0,08
Organisation	0,11	0,09
Markedsføring	0,06	0,05
Nye designs	0,08	0,09

Som nævnt i tilknytning til tabel 1 er tendensen til at udføre en given innovationstype højere, hvis andre innovationstyper også udføres. I ovennævnte sandsynlighedsmodel for de 5 innovationstyper præsenteret i figur 2, forklares virksomhedernes forskellige innovationsaktiviteter alene med virksomhedernes observerbare karakteristika. Der kan dog også være årsager til høj samvariation mellem innovationstyper, som er uobserverbare.

For at tage hensyn til uobserverede årsager til samvariationen mellem innovationstyper foruden virksomhedernes karakteristika estimeres sandsynlighederne for de 5 innovationstyper igen i en model, hvor de 5 sandsynligheder fastsættes samtidigt.¹⁰ De fundne resultater for uddannelsessammensætningen er parallelle til dem, der præsenteres i figur 2 for en langt simplere tilgang. Med andre ord er resultaterne for uddannelsessammensætningen upåvirket af at tage hensyn til

⁹ Et kraftfuldt argument for, at sandsynlighedsmodellerne er virkningsfulde, er at virksomhedernes uddannelsessammensætning har effekt på sandsynligheden for om virksomheder har innovation og at innovationsindikatoren har effekt på TFP. Hvis innovationssandsynlighederne er dårligt målt, vil vi forvente en skævhed nedadtil i forklaringen af TFP.

¹⁰ Helt præcist benyttes en 5-ligning probit model, som estimeres ved brug af "simulated maximum likelihood". I denne sammenhæng estimeres den del af korrelationen mellem de 5 forskellige innovationstyper, som skyldes uobserverede forhold.

uobserverbare forhold for, at virksomheder ofte har mere end én innovationstype.

Til sidst i dette afsnit vurderes sammenhængen mellem innovationsindikatorerne og traditionelle mål for innovation. Desuden beregnes andelen af stikprøvens virksomheder, der forudsiges til være innovative af stikprøvens virksomheder sammenholdt med hvor mange, der rent faktisk udfører innovationsaktiviteter.¹¹ Resultaterne præsenteres i tabel 3 og tabel 4.

I tabel 3 opgøres det først, hvor mange innovative virksomheder, der er i stikprøven efter de traditionelle innovationsmål. Det fremgår eksempelvis, at der er 689 virksomheder med positive FoU-udgifter i 2007.

Herefter opdeles disse virksomheder i 2 grupper. I den ene gruppe placeres innovative virksomheder baseret på en given innovationsindikatorer; mens de ikke-innovative virksomheder placeres i den anden gruppe. Efter denne beregning ses det, at 68 pct. af de virksomheder, der er innovative i den forstand, at de har positive FoU udgifter også er innovative baseret på den overordnede innovationsindikator.

Tabel 3 Andel korrekte forudsigelser fra innovationsmodellen fordelt over traditionelle innovationsmål

Traditionelle mål	Innovationsindikatoren						
	Antal observation	Innovation	Produkt	Proces	Organisatorisk	Markedsføring	Design
FoU udgifter	689	68%	46%	31%	47%	37%	20%
Ny i Verden	271	69%	50%	29%	40%	35%	19%
Ny på markedet	580	64%	41%	28%	42%	33%	19%
Ny for virksomheden	506	76%	40%	27%	40%	33%	18%

Anm.: FoU-udgifter - Antal virksomheder med positive FoU udgifter i 2007; Ny i verden - Antal virksomheder med en positiv omsætningsandel fra produkter, som er nye for verden; Ny på markedet: Antal virksomheder med en positiv omsætningsandel fra produkter, som er nye på markedet; Ny på virksomheden: Antal virksomheder med en positiv omsætningsandel fra produkter, som er nye for virksomheden.

Kilde: Egne beregninger

¹¹ Dette gøres ved, at virksomheder med en sandsynlighed for innovation på 0,5 eller derover kategoriseres som innovativ. Hvis værdien er mindre end 0,5 kategoriseres den som ikke-innovativ.

For de fem indikatorer opdelt efter innovationstyper findes det, at indikatoren for produktinnovation og organisatorisk innovation er tættest relateret til traditionelle mål for innovative aktiviteter. Herefter kommer markedsføringsinnovation, procesinnovation og endelig nye designs.

Resultaterne i tabel 3 viser derfor, at det bredere innovationsbegreb kategoriserer andre virksomheder som innovative end de traditionelle mål. Samlet set betyder det, at de udviklede innovationsindikatorer udvælger et bredere sæt af virksomheder end de traditionelle innovationsmål. Således udvælges indikatorerne for de forskellige innovationstyper i høj grad andre typer af virksomheder, som innovative, end de traditionelle innovationsmål.

I tabel 4 præsenteres innovationsmodellens forudsigelser, samt det faktiske antal virksomheder under de forskellige typer af innovation.

Tablet 4 Andel korrekte forudsigelser fra innovationsmodellen fordelt over faktiske innovationer i stikprøven

Stikprøvens virksomheder	Antal observation	Innovationsindikatoren					
		Innovation	Produkt	Proces	Organisatorisk	Markedsføring	Design
Forudsigelse	3953	51%	28%	20%	33%	27%	15%
Faktisk	3953	52%	28%	21%	33%	27%	15%

Kilde: Egne beregninger

Det fremgår af tabellen, at innovationsmodellen forudsiger andelen af virksomheder med aktiviteter inden for de forskellige innovationstyper med stor præcision.

Produktivitetsanalyse

Innovation betragtes som en vigtig determinant for TFP. Det betyder, at et større omfang af innovation potentielt set vil føre til højere TFP. I den efterfølgende produktivitetsanalyse udvikles en innovationsindikator, som måler virksomhedernes sandsynlighed for at have innovationsaktiviteter, som beskrevet i ovenstående afsnit. Dette mål kan beregnes for (næsten) alle danske virksomheder. Innovationsindikatoren fortolkes som et mål for virksomhedernes innovationspotentiale.

Der er flere argumenter for, at produktivitetsanalysen baseres på hovedparten af danske virksomheder og som konsekvens heraf benytter virksomhedernes innovationspotentiale som mål for innovation:

- Det er vigtigt at lave analysen for hovedparten af danske virksomheder i stedet for på FUI2007s datagrundlag, som ikke er en repræsentativ stikprøve for hele dansk økonomi. Analyser på denne stikprøve giver ikke resultater, som gælder for dansk erhvervsliv generelt.
- Det kan være vigtigt at øge antallet af observationer for statistisk at identificere en effekt. Således kan det være svært at identificere en effekt ved brug af stikprøvens data, mens det er nemmere ved brug af flere observationer. Omkostningen herved er, at innovationsindikatoren er et mål for virksomhedernes innovationspotentiale frem for et faktisk mål for om en virksomhed har innovation eller ej.
- Det er svært at udvikle TFP mål af høj kvalitet for stikprøven, da der er relativt få observationer. Ved brug af data for hovedparten af danske virksomheder udvikles et TFP-mål af højere kvalitet.

Det første trin i produktivitetsanalysen er at estimere et virksomhedsspecifikt TFP-mål, som efterfølgende indgår som forklarende variabel i analysen af sammenhængen mellem produktivitet og innovation.

TFP-målet afspejler, hvor effektivt virksomhederne udnytter, de ressourcer, der anvendes i form af arbejdskraft, maskiner, bygninger m.v. Højere TFP betyder, at virksomheden kan producere mere uden at anvende et større input af produktionsfaktorer.¹²

Som mål for virksomhedernes produktion anvendes værditilvæksten, dvs. omsætning fratrukket varer og tjenesteforbrug. For at præstere denne værditilvækst anvender virksomhederne kapital og

¹² Se fx Van Biesebrock (2007) for en diskussion af, hvordan TFP kan beregnes. I analysen beregnes TFP ved brug af paneldata estimation. Denne metode tillader korrelation mellem faktor inputs og TFP. I metoden pålægges den restriktion, at TFP følger en (eksogen) markov process og der antages at være en monoton (positiv) sammenhæng mellem TFP og virksomhedernes forbrug af energi (eller andet vareforbrug) (Levinsohn og Petrin (2003)).

arbejdskraft. Med hensyn til kapital, måles denne i analysen som regnskabskapitalen.¹³

Med hensyn til arbejdskraft, anvendes der i analysen et kvalitetsjusteret mål for antal ansatte. Dette mål er meget simpelt dannet ved at omdanne de forskellige typer af arbejdskraft opgjort på uddannelser, erfaring som lønmodtager, branche, og køn til den "samme type" arbejdskraft ved at anvende den gennemsnitlige timeløn på arbejdsmarkedet for den givne type arbejdskraft som mål for kvaliteten. Det betyder, at hvis lønnen normalt er dobbelt så høj for én type arbejdskraft i forhold til en anden, så vil én ansat af typen, der normalt får den høje løn svare til at ansætte to af den type, der normalt får den lave løn.

Efter at både TFP-målet og målet for virksomhedernes innovationspotentiale er fastsat, estimeres sammenhængen mellem de to variable. I tabel 5 præsenteres resultaterne for TFP og virksomhedernes overordnede innovationspotentiale.

Resultaterne er baseret på en analyse med observationer for alle danske virksomheder over en 9-årig periode. Dette resulterer i 742.928 virksomhed-års observationer.

Det fremgår, at en tænkt virksomhed med karakteristika, som indebærer, at sandsynligheden for innovation er lig med 1 har et TFP-niveau, der er knap 6 pct. højere end for en tænkt virksomhed med karakteristika, som indebærer, at sandsynligheden for innovation er lig med 0. Med andre ord betyder dette resultat, at virksomheder med højt innovationspotentiale har højere TFP end virksomheder med lille innovationspotentiale.

Tabel 5: Produktivitetseffekter af overordnet innovation (afhængige variabel: TFP-niveau) – alle virksomheder i perioden 1999-2007

Innovations sandsynlighed	0,056
Antal observationer	742.928

Anm.: I estimationer indgår branche dummies, logaritmen til antal ansatte foruden innovations sandsynligheden. Fed skrift

¹³ Mere præcist anvendes regnskabskapital for grunde og bygninger, andre anlæg, driftsmateriel, inventar, tekniske anlæg og maskiner, forudbetalinger for materielle anlægsaktiver, og immaterielle anlægsaktiver.

indikerer, at effekten er signifikant på et 1%'s signifikansniveau, kursiv skrift indikerer, at effekten er signifikant på et 5%'s signifikans niveau.

Kilde: Egne beregninger

Resultaterne i tabel 5 er baseret på en sandsynlighedsmodel, som er designet ved brug af virksomhedernes innovationsaktiviteter overordnet set uden skelnen til præcise innovationstyper.

I tabel 6 præsenteres sammenhængen mellem TFP og innovationssandsynligheden, hvor de bagvedliggende sandsynlighedsmodeller skelner mellem innovationstyper.

Tabel 6: Produktivitetseffekter af specifikke innovationstyper (afhængige variabel: TFP-niveau) – alle virksomheder i perioden 1999-2007

	Enkelt ligning model	Simultan model	
		Virksomheds-karakteristika	Virksomheds-karakteristika + korrelation ml. innovations-sandsynligheder
Sandsynligheden for den enkelte innovationstype:			
Produkt	0,070	0,062	0,056
Proces	0,036	<i>0,029</i>	-0,006
Organisation	0,051	0,044	0,026
Markedsføring	0,047	0,041	-0,001
Nye designs	0,059	0,050	0,006
Antal observationer	742.928	742.928	742.928

Anm.: I estimationer indgår branche dummies, logaritmen til antal ansatte foruden innovationssandsynligheden. Fed skrift indikerer, at effekten er signifikant på et 1%'s signifikansniveau, kursiv skrift indikerer, at effekten er signifikant på et 5%'s signifikans niveau.

Kilde: Egne beregninger

Der præsenteres 3 sæt resultater for sammenhængen mellem TFP og de 5 innovationstyper. I første søjle præsenteres resultater for situationen, hvor innovationstyperne indgår i produktivitetsanalysen én af gangen. I dette tilfælde etableres statistisk signifikante sammenhæng mellem TFP og innovationspotentialet for hver af de 5 innovationstyper.

Eksempelvis findes effekten af produktinnovation på TFP til at være omkring 7 pct. Med andre ord har virksomheder med højt potentiale for produktinnovation højere produktivitet end virksomheder med et

lille potentiale. I denne sammenhæng tages der ikke direkte hensyn til hvilke andre typer af innovation, som virksomhederne har et højt potentiale inden for.

På tilsvarende vis har en tænkt virksomhed med sandsynlighed på 1 for procesinnovation 4 pct. højere produktivitet end en tænkt virksomhed med sandsynlighed på 0; den tænkte virksomhed med høj sandsynlighed for organisatorisk eller markedsføringsinnovation har 5 pct. højere produktivitet end den tænkte virksomhed med lav sandsynlighed, mens forskellen andrager 6 pct. mellem virksomhederne for designs. På denne baggrund kan det konkluderes, at de enkelte innovationstyper isoleret set bidrager til højere produktivitet.

Resultatet i søjle 1 genfindes i søjle 2, hvor alle sandsynligheder for de 5 innovationstyper indgår på samme tid i TFP-analysen. Således medtages virksomhedernes innovationspotentiale inden for de 5 typer samtidigt. Det ses, at alle 5 dimensioner af en virksomheds innovationspotentiale varierer positivt og signifikant med TFP. Virksomheder med højt potentiale inden for flere innovationstyper vil derfor have større produktivitet end virksomheder med højt potentiale inden for én type. Resultaterne betyder, at en tænkt virksomhed med karakteristika, som giver sandsynligheden 1 for at udføre alle innovationstyper, har et produktivetsniveau som er omkring 25 pct. højere end en tænkt virksomhed med karakteristika, som giver sandsynligheden 0 for at udføre den enkelte innovationstype.¹⁴

Estimationstilgangen for resultaterne i søjle 2 kan dog kritiseres, fordi der ikke tages hensyn til, at uobserverede forhold skaber en positiv sammenhæng mellem sandsynlighederne for, at virksomhederne udfører aktiviteter indenfor de enkelte innovationstyper.

I søjle 3 tages der hånd om denne kritik. Mere præcist benyttes sandsynlighedsmodellen, som estimerer sandsynligheden for alle 5 innovationstyper samtidigt, se ovenfor i fodnote 10. Når denne model benyttes findes det, at virksomheder med højt innovationspotentiale inden for produktinnovation, organisatorisk innovation og/eller udvikler designs har højere TFP end virksomheder med lavt potentiale. Disse produktivitetseffekter er dog ikke forskellig fra 0 i

¹⁴ Denne beregning fremkommer ved $\exp(0,060+0,029+0,045+0,043+0,048)-1$, som svarer til forskellen i TFP-niveau mellem de to tænkte virksomheder beskrevet i teksten.

statistisk forstand. Omvendt fører hverken højt innovationspotentiale indenfor procesinnovation eller markedsføringsinnovation til højere produktivitet.

Resultaterne i søjle 3 afspejler det forhold, at innovationspotentialet inden for de forskellige innovationstyper har høj positiv samvariation. Det skal understreges, at denne sammenhæng stammer fra resultaterne præsenteret i tabel 1 for stikprøvens virksomheder, hvor hovedparten af virksomheder, der udfører innovation har innovationsaktiviteter inden for flere innovationstyper samtidigt. Denne sammenhæng kan ikke alene forklares med virksomhedernes karakteristika; herunder uddannelsessammensætning. Den høje uobserverede del af samvariation mellem innovationspotentialet for de forskellige innovationstyper introducerer et statistisk fænomen kaldet multikollinearitet. Dette indebærer, at det er svært at opnå præcise estimater for TFP-effekten af de 5 innovationstyper.

Afsluttende for produktivitetsanalysen kan det siges, at virksomheder med højt innovationspotentiale har højere TFP end virksomheder med lavt innovationspotential overordnet set. Det kan også konkluderes, at virksomheder med højt innovationspotentiale inden for én innovationstype isoleret set har højere produktivitet end virksomheder med et lavt innovationspotentiale.

Det er mere besværligt at lave en samlet konklusion for effekten af de enkelte innovationstyper. Virksomheder med højt innovationspotentiale indenfor én eller flere innovationstyper har højere produktivitet end virksomheder med lavt innovationspotentiale, når virksomhedernes innovationspotentiale alene vurderes på basis af virksomhedernes karakteristika; herunder arbejdskraftens uddannelsessammensætning. Hvis der herudover tages direkte hensyn til den uobserverede del af, at sandsynligheden for at være aktiv i én innovationstype øger sandsynligheden for at have aktiviteter i andre innovationstyper, introduceres et statistisk problem – nemlig multikollinearitet – som gør det svært at opnå præcise estimater for de enkelte innovationstypers produktivitetseffekt. På denne baggrund kan der ikke laves en entydig konklusion for produktivitetseffekterne af de enkelte innovationstyper.

Afsluttende kommentarer

Robusthed

I ovennævnte produktivetsanalyse argumenteredes der for, at den skal udføres for hele populationen af danske virksomheder, fordi (i) stikprøven ikke er repræsentativ, (ii) der kræves mange observationer for at etablere empiriske sammenhænge og (iii) TFP målet skal være af så høj kvalitet som muligt. Omkostningen af disse valg er, at innovation måles som virksomhedernes innovationspotentiale.

I dette afsnit estimeres produktivetsmodellen alene for stikprøven under brug af de faktiske stikprøvesvar, som innovationsmål. Resultaterne præsenteres i tabel 6

Det fremgår af tabel 6 søjle 1, at virksomheder som overordnet set har innovationsaktiviteter, har højere TFP end virksomheder uden innovation. Det er interessant, at effekten har samme størrelsesorden som i tilfældet hvor hovedparten af danske virksomheder indgår.

I søjle 2 og 3 præsenteres produktivitetseffekterne af de forskellige innovationstyper. Søjle 2 viser resultaterne, når de enkelte innovationstyper indgår i produktivetsanalysen én af gangen; mens alle innovationstyper indgår samtidigt i søjle 3. Disse resultater er ikke så klare. For begge sæt af estimater i søjle 2 og 3 ses det, at virksomheder med organisatorisk innovation og/eller markedsføringsinnovation begge har signifikant højere produktivitet end virksomheder uden disse aktiviteter. Herudover har produktinnovation en positiv med insignifikant produktivitetseffekt. Omvendt har virksomheder med procesinnovation og/eller udvikling af nye designs lavere produktivitet end virksomheder uden.

Tabel 6: Produktivitetseffekter af specifikke innovationstyper (afhængige variabel: TFP-niveau) – virksomheder i stikprøve for 2007

Typer:			
		Enkelt ligning model	Simultan model
Innovation	0,072		
Produkt		0,011	0,001
Proces		-0,005	-0,026
Organisation		0,051	0,058

Markedsføring		0,044	0,052
Nye designs		-0,031	-0,071
Antal observationer	3.901	3.901	3.901

Anm.: I estimationer indgår branche dummies, logaritmen til antal ansatte foruden innovationssandsynligheden. Fed skrift indikerer, at effekten er signifikant på et 1%'s signifikansniveau, kursiv skrift indikerer, at effekten er signifikant på et 5%'s signifikans niveau.

Kilde: Egne beregninger

Der kan være flere årsager til resultaterne, som er præsenteret i tabel 6, søjle 2 og 3. Disse er problemer med multikollinearitet og dårlig kvalitet af TFP-mål for stikprøvens relativt få observationer. En sidste potentiel årsag til resultaterne for de enkelte innovationstyper er outliers, dvs. ekstreme observationer, der ligger meget langt væk fra andre observationer i stikprøven og som dermed kan have stor indflydelse på de estimerede resultater.¹⁵

Kausalitet

Resultaterne der præsenteres i denne rapport skal anvendes med en vis forsigtighed. I analysen antages det implicit, at der er en kausalitet, hvor anvendelsen af højtuddannet arbejdskraft forårsager innovation og dernæst, at innovation resulterer i højere produktivitet. Dette er dog ikke dokumenteret i analysen. Dvs. det kan ikke udelukkes, at det eksempelvis er højproduktive virksomheder, der innoverer samt virksomheder med innovationsaktiviteter, der ansætter højtuddannet arbejdskraft, og ikke højtuddannet arbejdskraft der fører til innovation eller innovation, der gør virksomheder produktive.

Selvom årsagssammenhænge skulle gå fra produktivitet til innovation, og fra innovation til højtuddannede, er analysens resultater fortsat af høj relevans i forhold til at forklare, hvordan der kan opnås højere produktivitet i danske virksomheder. I dette tilfælde viser de så, hvilke typer af arbejdskraft, der bidrager til at tiltrække højproduktive og innovative virksomheder. De højt uddannede vil så på denne måde bidrage til at øge produktiviteten.

¹⁵ For at vurdere om "outliers" er et problem, kan man sammenligne estimationsresultater fra såkaldte "Quantile" regressioner – som baserer sig på datasættets median – med resultater fra tabellernes OLS regressioner – som baserer sig på datasættets gennemsnit. Dette er tilfældet, hvis resultaterne for de to estimationsmetoder er meget forskellige. For produktionsanalysen for stikprøven findes det netop, at der er relativt store forskelle mellem de estimerede resultater under de to metoder.

Referencer

Levinsohn og Petrin, 2003, Estimating Production Functions Using Inputs to Control for Unobservables, *Review of Economic Studies*, Vol. 70, No. 2, 317-341

Little og Rubin (2002), "Statistical Analysis with Missing Data", Wiley Series in Probability and Statistics

Romer, 1990, (1990), "Endogenous Technological Change," *Journal of Political Economy*, 98 (5), part II, S71-S102

Romer, 2000, "Should the Government Subsidize Supply or Demand in the Market for Scientists and Engineers?" *Innovation Policy and the Economy*, vol 1, 221-252

Van Biesebrock, 2007, Robustness of Productivity Estimates, *The Journal of Industrial Economics*, Vol. 55, No. 3, 529-569

Økonomi- og Erhvervsministeriet (2009), "Den danske produktivitetsudvikling", Økonomisk tema nr. 8.