

7. maj 2012

DTU's værdiskabelse for samfundet

– forskningssamarbejde, vækst og produktivitet

For information on obtaining additional copies, permission
to reprint or translate this work, and all other correspondence,
please contact:

DAMVAD A/S
Badstuestræde 20
DK-1209 Copenhagen K
Tel. +45 3315 7554
info@damvad.com
damvad.com

Copyright 2011, DAMVAD

Indhold

1 Sammenfatning 4

1.1 Baggrund for rapporten 5
1.2 Erhvervssamarbejder og datagrundlag 6
1.3 DTU's erhvervssamarbejder 7
1.4 Effekt af virksomhedssamarbejde 7

2 Executive summary 9

3 DTU's samarbejde med erhvervslivet 14

3.1 Mangeartede typer af samarbejde 14
3.2 Stigende antal samarbejder over tid 14
3.3 Samspil med virksomheder fra hele Danmark 15
3.4 Virksomheder i samspil er højproduktive, videntunge og har en høj eksport 16
3.5 Samspil med virksomheder fra mange forskellige brancher 17
3.6 Samspil med både små og store virksomheder 18

4 Effekten af erhvervslivets samarbejde om forskning og udvikling med DTU 20

4.1 Effektanalyse af vidensamspil 20
4.1.1 To nøgleindikatorer i analysen: værditilvækst og produktivitet 22
4.2 Positiv effekt af vidensamspil med DTU 23
4.3 Effekten af mindst et samspil 25
4.4 Produktivitetsafkastet i kroner 27
4.4.1 Stort urealiseret samfundsøkonomisk potentiale 28

5 Databeskrivelse 30

5.1 DTU's register for økonomiske transaktioner med virksomheder 30
5.2 DAMVADs samspilsdatabase 30
5.3 DAMVADs forskningsdatabase 31
5.4 Registerdata 31

6 Metodebilag 32

6.1 Metode og datagrundlag 32
6.1.1 Datagrundlag 33
6.1.2 Behandling af ekstreme observationer 34
6.1.3 Kontrolgrupper 35
6.1.4 Kausalitet 36
6.1.5 Estimering af propensity score 37
6.1.6 Difference-in-difference 37
6.1.7 Kvalitetssikring af kontrolgruppen 38

7 Litteraturliste 40

1 Sammenfatning

Det danske samfund står over for store udfordringer i forhold til at sikre fremadrettet vækst og konkurrenceevne. En af udfordringerne er at sikre konkurrencedygtighed og produktivitet i dansk erhvervsliv.

Her spiller viden en stadig større rolle for at kunne skabe værdi i erhvervslivet og dermed vækst i det danske samfund. Analysen *Økonomiske effekter af erhvervslivets forskningssamarbejde med offentlige videninstitutioner* fra Forsknings- og Innovationsstyrelsen (2011) pegede på, at universiteterne kunne spille en rolle for at sikre den danske konkurrenceevne ved at indgå i samspil og samarbejde med dansk erhvervsliv, fordi det bidrog til at hæve produktivitetsniveauet i virksomhederne.

DTU er et erhvervsrettet universitet, og det er en central del af universitetets målsætning at udvikle og nyttiggøre naturvidenskab og teknisk videnskab til gavn for samfundet.

Denne rapport, som er udarbejdet af DAMVAD for DTU, analyserer på den baggrund effekterne for private virksomheders produktivitet af at indgå i samspil om forskning, udvikling og innovation med DTU. Analysen er baseret på et omfattende registerbaseret datamateriale over konkrete danske virksomheders samarbejde med DTU fra 1998-2010, der er sammenkoblet med registerdata fra Danmarks Statistik.

Analysen bygger på internationalt anerkendte og forskningsbaserede økonometriske modeller, som anbefales af danske og internationale organisationer og anvendes i international forskning til at beregne de reelle økonomiske effekter af forskningssamspil[1].

Analysens hovedkonklusioner er følgende:

- DTU har et **omfattende samspil med private virksomheder**. Siden slutningen af 1990'erne har der været mere end 5.500 samspil fordelt på knap 2.000 unikke danske og internationale virksomheder. DTU's projekter med virksomheder er vokset kraftigt fra at udgøre ca. 350 årlige samspil i 2005 til knap 900 i 2009.

- Forsknings- og udviklingssamspil med DTU skaber en statistisk signifikant **positiv produktivitetsstigning for private virksomheder på gennemsnitligt 10 pct.** om året over en 6-årig periode. Virksomhederne har i forvejen et højt produktivitetsniveau, og derfor svarer det til en ganske stor effekt på mere end 70.000 kr. pr. medarbejder eller 30 mio. kr. pr. virksomhed. Der er både effekt for de virksomheder, der alene har ét samspil med DTU, og de virksomheder, der over en årrække har samspil med DTU.

- **Effekten af et samspil med DTU sætter ind med det samme, men vokser over tid**. Analysen viser således, at den gennemsnitlige effekt pr. medarbejder er ca. 31.000 kr. i det første år efter samspillet, men stiger til over 159.525 kr. seks år efter etablering af samspil.

- Analysen peger på et stort samfundsøkonomisk potentiale ved at øge samspillet mellem DTU og forsknings- og udviklingsaktive virksomheder i Danmark. Generelt bør man være forsigtig med at overføre resultatet til andre

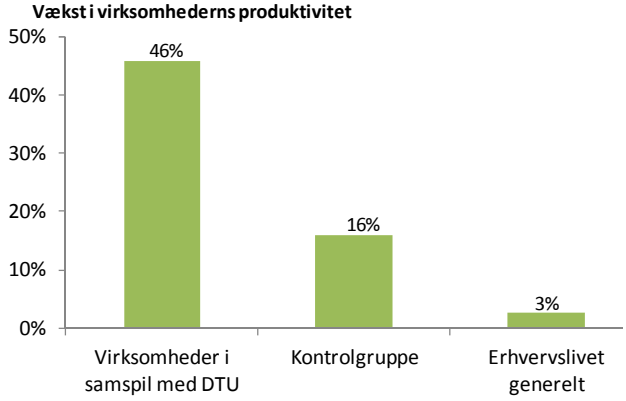
[1] Se bl.a. Styrelsen for Forskning og Innovation (2011): *Manual for økonometriske effektmålinger af forskningspolitik,* OECD *Outline of principles in impact* evaluation, Eurostat (2002): *RTD Evaluation tool box,* World Bank (2010): *Hand book on impact evaluation – quantitative techniques and practices*, Fernandez-Ribas & Shapira (2009): "The role of national and regional programmes in stimulating international cooperation in innovation" i *International Journal of Technology Management.*

virksomheder, men under antagelse af at alle forsknings- og udviklingsaktive virksomheder opnår samme produktivitetseffekt af samspil, som dem, som har samarbejde ville det **hæve dansk BNP med knap 2 pct. eller 32 mia. kr.**

DTU spiller således en ganske positiv rolle for de danske virksomheder, der indgår i en samarbejdsrelation om forskning og udvikling. Resultaterne peger ud fra den baggrund på, at samarbejder med universiteter om forskning og udvikling spiller en positiv rolle i forhold til at styrke den danske konkurrenceevne og produktivitetsudvikling.

Figur 1 opsamler resultaterne og viser produktivitetsudviklingen samlet set over en periode på seks år målt efter igangsættelse af vidensamspil med DTU. Målt over perioden erfarer virksomheder i samspil med DTU en væsentlig produktivitetsforbedring på 46 pct., hvilket markant overstiger de 16 pct., kontrolgruppen, bestående af statistisk sammenlignelige virksomheder, oplever. Til sammenligning er produktiviteten i erhvervslivet steget 3 pct. i perioden.

FIGUR 1: Udvikling i produktiviteten per medarbejder over en seksårig periode målt efter igangsættelse af samspil med DTU



Kilde: DAMVAD baseret på data fra Danmarks Statistik

Analysens resultater er baseret på tidsserie- og kausalitetsanalyser, der tager højde for de centrale faktorer med betydning for virksomheders samspil og fremadrettede produktivitetsudvikling. Effektanalysen bygger på omfattende registerdata, om end der skal tages højde for tilstedeværelsen af uobserverbare faktorer, som kan have betydning for analysen.

1.1 Baggrund for rapporten

DTU er et teknisk universitet rodfæstet i Danmark, men internationalt i rækkevidde og standard.

Som universitet opfylder DTU en række funktioner – forskning, innovation, uddannelse, myndighedsbetjening m.v. – som har stor betydning i det danske samfund. DTU uddanner årligt mere end 700 bachelorer, 800 kandidater og godt 270 ph.d.er og skaber derigennem værdi på det danske arbejdsmarked. Samtidig står DTU for en betydelig del af den tekniske forskning i Danmark og er dermed med til at opbygge viden til gavn for det danske samfund.

Et universitet som DTU har således en lang række forskellige aktiviteter med forskellig værdi. En lang række af disse aktiviteter skaber værdi som det kan være svært at sætte kroner og øre på betydningen af, men som alligevel har stor betydning for det danske samfund. Det er for eksempel den almindelige hævning af det danske videnniveau, forskning, som danner grundlag for anden forskning, international anseelse og anerkendelse, tilvejebringelse af viden, som indgår i offentlig regulering og politik, opstart af nye virksomheder samt et bidrag til at opbygge de samfundsinstitutioner, som udgør det danske samfund.

Én af de samfundsøkonomiske effekter af et universitet som DTU foregår gennem universitetets samspil med private virksomheder. Igennem en lang årrække har der været et stadig stigende fokus, både i Danmark og i udlandet, på, at universiteterne også skal bidrage til at skabe vækst og velstand ved at sprede deres viden til private virksomheder. Det øgede fokus på værdiskabelsen skal ses i sammenhæng med, at universiteternes samlede indtægter og herunder DTU's er steget støt de seneste år, jf. figur 1.

Det fremgår bl.a. af DTU's strategi for 2008-2013, at: *"DTU skal udvikle og nyttiggøre naturvidenskab og teknisk videnskab til gavn for samfundet"* og at *"Nyttiggørelsen sker i industri-, erhvervs- og forretningssektorerne og inden for uddannelses-, sundheds- og myndighedsområderne".*

DTU er et universitet, der i sin strategi ønsker at *vedkende sig sin rolle som teknisk-naturvidenskabelig dynamo for det danske samfund.*

Samspil om forskning og udvikling kan have meget forskellig karakter. Det kan fx være ved, at private virksomheder køber forskning og viden hos universitetet, eller at universiteter og virksomheder indgår i et forskningssamarbejde, der har til formål at udvikle ny viden.

Nogle forskningssamarbejder handler om langsigtet strategisk samarbejde, etablering af forskningscentre m.v., mens andre former for samarbejde er relativt konkrete og kortsigtede, der har et kort aftræk til markedet. Endvidere kan finansieringen være forskellig, idet nogle samspil er finansieret af private virksomheder, mens andre er finansierede gennem offentlige forskningsprogrammer.

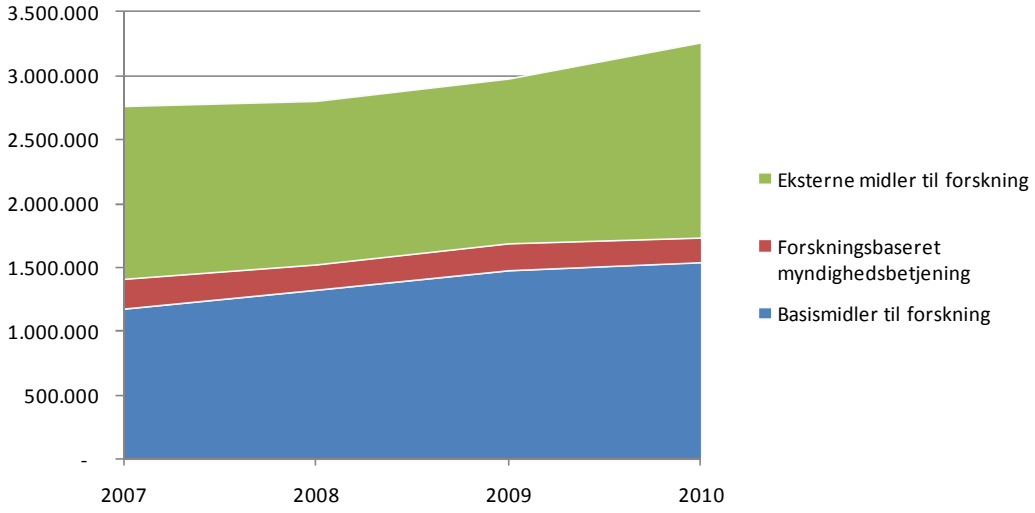
1.2 Erhvervssamarbejder og datagrundlag

I denne analyse er det søgt at belyse fire typer af samspil:

1. **FoU-køb,** hvor virksomheden køber forskning og udvikling på universitetet.
2. **Samfinansierede FoU-projekter**, hvor universitet og virksomhed i fællesskab finansierer

FIGUR 2

DTU's indtægter på forskningsområdet i perioden 2007-2010 (1.000 kr.)



Kilde: Danske Universiteter (2011) Universiteternes statistiske beredskab

forskningsprojekter.

3. **FoU samspil gennem offentligt finansierede forskningspuljer** til gennemførelse af forsknings- og udviklingsprojekter.
4. **Fælles publiceringer og patenteringer**

Disse typer af forskningssamarbejder er identificeret med udgangspunkt i fire registre over virksomhedernes aktiviteter:

- DTU's egne registre over økonomiske transaktioner med virksomheder.
- DAMVADs samspilsdatabase, der dækker mere end 12.000 danske deltagelser siden 1990'erne i langt hovedparten af de danske forsknings- og innovationsprogrammer samt en række internationale som EUREKA og EU's 4.-7. rammeprogram.[2]
- DAMVADs forskningsdatabase, der stammer fra den internationale Thomson Innovation-database, som bl.a. samler alle internationale publikationer samt danske og europæiske patenter, hvor DTU har været involveret i samarbejde med danske virksomheder.
- Danmarks Statistiks registre, hvor det med CVR-numre er muligt at koble virksomheder i samspil med DTU med baggrundsinformation og økonomiske nøgletal og følge virksomhederne over en længere årrække.

1.3 DTU's erhvervssamarbejder

Kapitel 3 præsenterer de deskriptive tal for erhvervslivets samarbejde med DTU.

Kapitlet viser, at der foregår et omfattende samspil mellem DTU og dansk erhvervsliv med mere end 5.500 videntransaktioner etableret siden slutningen af 1990'erne.

[2] Se mere på: http://www.damvad.com/cooperation/samspils-databasen.aspx

DTU samarbejder med stadig flere virksomheder over årene. Således er der i dag knap 900 årlige samspil med virksomheder mod ca. 350 i 2005.

DTU har en bred kontaktflade til erhvervslivet, hvor virksomhederne repræsenterer et bredt udsnit af brancher, virksomhedsstørrelser og virksomhedstyper. DTU samarbejder med virksomheder i hele Danmark.

De virksomheder, der samarbejder med DTU, har et højere produktivitetsniveau, FoU-intensitet og en større andel videnmedarbejdere end andre virksomheder. Værditilvæksten pr. medarbejder er således 864.000 kr. pr. medarbejder hos samspilsvirksomhederne. Eksporten udgør 54 pct. af virksomhedernes omsætning, og medarbejderne med en forskeruddannelse eller lang videregående uddannelse udgør mere end en tredjedel af medarbejderstaben.

Samarbejdsfladerne har forskellig karakter, hvor en del af virksomhederne hyppigt indgår i FoU-samarbejder i både komplekse og mangeartede samspilsmønstre. Der er flest virksomheder, der har samarbejdet med DTU gennem offentligt finansierede programmer efterfulgt af samfinansierede forskningsprojekter.

1.4 Effekt af virksomhedssamarbejde

Kapitel 4 præsenterer en analyse af virksomhedernes effekter af at indgå i samspil med DTU.

Kapitlet viser, at forsknings- og udviklingssamspil med DTU skaber en statistisk signifikant positiv produktivitetsstigning for private virksomheder på gennemsnitligt 10 pct. om året over en 6-årig periode i forhold til virksomhedernes produktivitetsniveau i udgangspunktet. Da virksomhederne, som samarbejder med DTU, har et relativt højt produktivitetsniveau sammenlignet med andre forsk-

ningsudførende virksomheder, har dette en relativt stor betydning i form af værditilvækst. Det svarer således til en gennemsnitlig gevinst på mere end 70.000 kr. pr. medarbejder eller 30 mio. kr. pr. virksomhed.

Der er både effekt for de virksomheder, der alene har ét samspil med DTU, og de virksomheder, der over en årrække har samspil med DTU.

Allerede året efter etablering af samspil oplever virksomheder en mereffekt på produktiviteten per medarbejder på 6,4 procentpoint stigende til 10 procentpoint tre år efter samspil og til 30 procentpoint seks år efter samspil.

Effekten af at have ét samspil med DTU sætter ind med det samme, men vokser over tid. Analysen viser således, at den gennemsnitlige effekt pr. medarbejder er ca. 31.000 kr. i det første år efter samspillet, men stiger til over 159.525 kr. seks år efter etablering af samspil.

Analysen peger på et stort samfundsøkonomisk potentiale ved at øge samspillet mellem DTU og forsknings- og udviklingsaktive virksomheder i Danmark. Generelt bør man være forsigtig med at overføre resultatet til andre virksomheder, men under antagelse af at alle forsknings- og udviklingsaktive virksomheder opnår samme produktivitetseffekt af samspil, som dem, som har samarbejde ville det **hæve dansk BNP med knap 2 pct. eller 32 mia. kr.**

Novozymes A/S

DTU's forskning er unik

Novozymes er verdensførende inden for enzymer, og de har gjort viden om enzymer til en kæmpe kommerciel succes. Enzymer findes i alle levende organismer: mennesker, dyr, planter og mikroorganismer. Enzymer er naturens værktøj. De klipper og klistrer alle former for biologiske materialer. Enzymer sætter gang i enhver livsvigtig biologisk proces. I maven sørger enzymer f.eks. for, at maden bliver klippet i små stykker, der kan omsættes til energi i kroppen.

Viden om enzymers egenskaber har i over 50 år været brugt i industrien til fremstilling af f.eks. vaskemidler, tekstiler, foder og fødevarer. I industrien erstatter enzymer kemikalier og minimerer forbruget af vand, råvarer og energi. For eksempel er enzymer årsagen til, at vi i dag kan vaske tøj ved 30 grader. Det er en stor fordel for både miljøet og for vores tøj, som holder længere og bevarer farverne bedre.

DTU har i en årrække forsket i alt fra proteiner, cellefabrikker og optimering af produktionen, hvilket har bidraget til, at Novozymes kan producere meget mere, nemmere og billigere. Derudover har DTU's årelange grundforskning frembragt ny viden og dygtige kandidater, som er af stor betydning for Novozymes.

"*Den forskning og den viden, vi får fra DTU, er helt unik og findes faktisk ikke mange andre steder i verden*," udtaler Per Falholt, Executive Vice President hos Novozymes.

2 Executive summary

Danish society is facing major challenges in relation to ensuring future growth and competitiveness. One of the challenges is to ensure competitiveness and productivity in the Danish business sector.

Knowledge plays an important role in creating value in the business sector and thereby growth in the Danish society. Universities can contribute to a strengthened Danish competitiveness through the development of new knowledge, through the training of new talent and through collaboration with industry. In fact, a recent analysis from the Danish Agency for Science, Technology and Innovation (2011), *"Economic Effects of the Business Sector's Research Collaboration with Public Knowledge Institutions"*, indicated that collaborating with universities was associated with an increased level of productivity for Danish companies.

The Technical University of Denmark (DTU) is a business-oriented university and a key objective of the university is therefore to create additional value for society and the business sector.

This report, which has been prepared by DAMVAD for DTU, analyses the effects on private companies' productivity of engaging in collaboration on research, development and innovation with DTU. The analysis is based on comprehensive data on selected Danish companies' collaboration with DTU from 1998 to 2010. The material has been combined with register data on these companies and their activities from Statistics Denmark.

The analysis builds on internationally approved and research-based econometric models recommended by Danish and international organizations and which are used in international research to calculate the actual economic effects of research collaboration.[3]

The main conclusions of the analysis are:

- DTU has **extensive collaboration with private companies**. Since the late 1990s more than 5,500 collaborations have taken place divided into approximately 2000 unique Danish and international companies. DTU's projects with companies have grown steadily from approximately 350 yearly collaborations in 2005 to nearly 900 in 2009.

- R&D collaborations with DTU create a statistically significant **positive increase in productivity for private companies on an average 10 percent** per year over a 6-year period. The companies already have a high level of productivity and therefore this corresponds to an average gain of more than DKK 70,000 per employee or DKK 30 million per company. The effect is present for both companies with a single collaboration with DTU and for those that have had collaboration with DTU for a number of years.

- **The effect of collaborating with DTU occurs immediately, but increases with time**. Thus, the analysis shows that the average effect per employee is DKK 31,000 in the first year after collaboration, but with an increase of over DKK

[3] See e.g. the Danish Agency for Science, Technology and Innovation (2011): "*Guide of econometric effect measurements of research policies,* OECD *Outline of principles in impact* evaluation, Eurostat (2002): *RTD Evaluation tool box,* World Bank (2010): *Hand book on impact evaluation – quantitative techniques and practices*, Fernandez-Ribas & Shapira (2009): "The role of national and regional programmes in stimulating international cooperation in innovation" i *International Journal of Technology Management.*

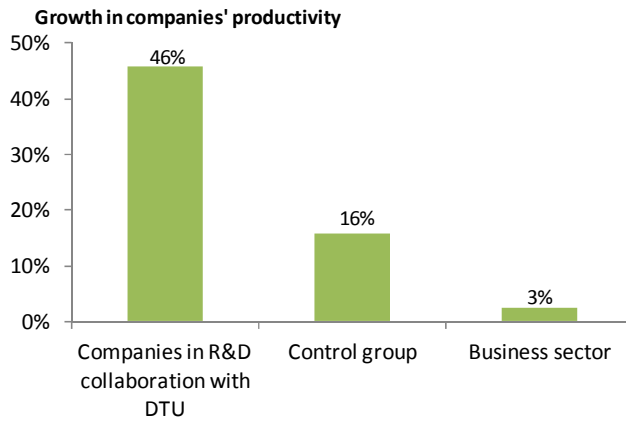
159,525 six year after engaging in collaboration.

- The analysis shows a large economic potential in increasing the collaboration between DTU and R&D active companies. In general, caution should be taken when transferring the results to other companies, but assuming that all *R&D active* companies in Denmark were to achieve the same productivity effect as those companies with collaboration, it would **raise the Danish GDP with nearly 2 percent or DKK 32 billion.**

Figure 1 collects the results and shows the productivity development accumulated over a period of 6 years after engaging in knowledge collaboration with DTU. Measured over the period, companies collaborating with DTU experience a substantial improvement in productivity of 46 percent which significantly exceeds the 16 percent the control group, consisting of statistically comparable companies, experience. In comparison productivity in the business sector increased 3 percent in the period.

FIGURE 2.1

Growth in productivity per employee accumulated over a period of six years after engaging in collaboration with DTU



Source: DAMVAD based on data from Statistics Denmark

The analysis' results are based on time series and causality analyses taking into account the central factors that are important for companies' collaboration and future productivity development. The effect analysis builds on comprehensive register data albeit one should consider the unobservable factors which could have an influence on the analysis.

Thus, DTU plays a positive role for those Danish companies that engage in a collaborative relation on R&D. Based on that, the results point to the fact that collaboration with universities plays a positive role in relation to strengthening the Danish competitiveness and productivity development.

Background

DTU is a technical university based in Denmark but with an international focus and standard.

As a university, DTU fulfils a number of functions - research, innovation, education, services for the authorities etc. - that are of great importance to Danish society. On a yearly basis, DTU educates more than 700 bachelor students, 800 graduate students and 270 PhDs, and thus creates values for the Danish labour market. Meanwhile, DTU conducts a significant part of the technical research in Denmark and thereby creates knowledge that benefits the whole Danish society.

A university like DTU engages in several forms of value-creating activities. Many of these activities create value, which is not easily measurable, but which is of great significance to the Danish society.

These include, for example, raising the knowledge level in Denmark, producing research which fosters other research, international recognition, knowledge that is applied in the development of

public regulations and policies, university entrepreneurship and contributing to building up those institutions that constitute Danish society.

One of the means by which a university like DTU creates valuable socio-economic effects is through collaboration with private companies. In recent years, focus has increased in both Denmark and internationally on the idea that universities should contribute more directly to economic growth and prosperity, among other things through collaboration with industry. This increased focus on interaction with private companies partly explains why the Danish universities' total income (including DTU's) has increased steadily over the last few years.

It is stated in DTU's strategy for 2008-2013 that *"DTU should develop and utilize natural science and technical science so that it becomes beneficial for society"* and *"that this utilization happens in industry and business sectors and within education, health and authority-areas".*

DTU is a university that in its strategy wants to acknowledge its role as a technical-natural scientific generator for the Danish society

Collaboration on research and development can have very different character. For example, it can take the form of private companies that buy research and knowledge from the university, or joint research collaboration between universities and companies with the purpose of developing new knowledge.

Some research collaborations are aimed at long-term strategic cooperation, establishment of research centers etc., while other types of collaboration are relatively concrete and short-term and expected to generate results with a short time to the market. Furthermore, financing can differ significantly, as some types of collaboration are financed entirely by private companies while others are co-financed through public research programmes.

Industry collaboration and data

In this analysis we have tried to illustrate four types of collaboration:

1. **Contract R&D,** where companies purchase research and development from the university.
2. **Co-financed R&D-projects**, where the university and one or more companies jointly finance research projects.
3. **R&D collaboration co-financed by public funds** for research and development projects.
4. **Joint publishing and patenting.**

These types of research collaborations are identified based on four databases on the companies' activities:

- DTU's registers of their economic transactions with companies.
- DAMVADs cooperation database covers more than 12,000 Danish participants since the 1990s in mainly Danish research and innovation programmes as well as a number of international ones such as EUREKA and the EU's 4-7th framework programmes [4].
- DAMVADs research database based in the international Thomson Innovation database which, among others, collects all international publications as well as Danish and European patents where DTU has collaborated with Danish companies.
- Statistics Denmark's databases, which provide background information and economic key fig-

[4] For more information go to: http://damvad.com/cooperation.aspx

ures over a period of several years for all Danish firms collaborating with DTU.

DTU's industry collaborations

Chapter 3 presents a descriptive analysis of industry collaboration with DTU.

The chapter shows that there is comprehensive collaboration between DTU and the Danish business sector, with more than 5,500 knowledge transactions established since the late 1990's.

Over the years, DTU has collaborated with an increasing number of companies. Thus, today there are approximately 900 yearly collaborations with companies, compared to around 350 collaborations in 2005.

DTU has a wide network to the business sector, and the companies they work with represent a broad range of industries, company sizes and company types. DTU collaborates with companies throughout Denmark.

The companies that collaborate with DTU have a higher level of productivity, a higher R&D intensity and a larger share of knowledge employees than other companies. Their value added is DKK 864,000 per employee. Exports amount to 54 percent of the companies' turnover, and employees with a PhD degree or tertiary education account for more than a third of the collaborating companies' employees.

The collaboration interfaces have different characteristics where a great deal of the companies engage in R&D collaborations in both complex and diverse interaction patterns. Most companies have collaborated with DTU through publicly co-financed programmes, but many have also participated in research projects co-financed solely by the university and industry.

Effects of collaboration with DTU

Chapter 4 presents an analysis of the effects that companies experience from collaborating with DTU.

The chapter shows that research and development collaborations with DTU are associated with a statistically significant and positive increase in productivity for private companies, of an average of 10 percent per year over a 6-year period. As the companies that collaborate with DTU have a relatively high level of productivity compared to other research-performing companies, this has a relatively great importance in the form of value added. More precisely, it corresponds to an average gain of more than DKK 70,000 per employee or DKK 30 million per company.

The effect exists both for companies that have engaged in just one collaboration with DTU, and companies that have engaged in collaboration with DTU over a number of years.

Already one year after establishing collaboration, companies experience an added value on their productivity per employee of 6.4 percentage points. This rises to 10 percentage points three years after collaboration, and to 30 percentage points six years after collaboration.

The effect of having a single collaboration with DTU emerges immediately, but increases over time. Thus, the analysis shows that the average effect per employee is approximately DKK 31,000 one year after collaboration, but increases to more than DKK 159,525 six years after the collaboration was established.

The analysis shows a large economic potential in increasing the collaboration between DTU and R&D active companies. In general caution should be taken when transferring the results to other companies, but assuming that all *R&D active* companies in Denmark were to achieve the same productivity effect as those companies with collaboration, it would **raise the Danish GDP with nearly 2 percent or DKK 32 billion.**

3 DTU's samarbejde med erhvervslivet

Formålet med dette kapitel er at belyse DTU's samarbejdsrelation og samspilsmønstre til erhvervslivet. Hermed sætter analysen fokus på såvel omfanget som udviklingen i erhvervssamarbejdet. Desuden giver analysen et billede af, hvilke dele af erhvervslivet DTU har kontakt til.

3.1 Mangeartede typer af samarbejde

DTU har en bred kontaktflade med både det danske og det udenlandske erhvervsliv, jf. tabel 3.1. Således har DTU indgået i samspil mere end 5.500 gange med 982 danske og 977 udenlandske virksomheder siden 1998. Det betyder, at nogle virksomheder indgår i enkeltstående samspil, mens flere virksomheder hyppigt indgår i samspil.

Af tabellen fremgår, at mange samspil foregår i forbindelse med publicering, hvor virksomheder og DTU indgår i fælles udgivelse af forskningsartikler, samt inden for samfinansierede programmer, der er finansieret gennem virksomhedens egne midler samt universitetets midler. Således samarbejder DTU 1.731 gange om publicering med danske virksomheder og hele 1.000 gange med udenlandske. For de udenlandske virksomheders vedkommende er publicering den absolut primære måde at samarbejde med DTU på.

Det er mindre udbredt at have samspil om at optage et patent sammen med DTU, hvilket har fundet sted 27 gange med danske virksomheder og 10 gange med udenlandske.

Samspil, hvor danske og udenlandske virksomheder køber kontraktforskning af DTU (FoU-køb), er mindre udbredt end samfinansiering og fælles deltagelse i offentlige programmer (såsom EUDP, Det Strategiske Forskningsråd, Højteknologifonden mv.).

3.2 Stigende antal samarbejder over tid

Det samlede antal samspil med erhvervslivet er steget over tid. I 2005 samarbejdede DTU 350 gange med private virksomheder, stigende til 400 samspil i 2006. Særligt fra 2007 og frem styrkes samspilsrelationen til erhvervslivet med 530 samspil i 2007 stigende til 890 i 2009. Det viser tal fra DTU's årsrapport[5].

At antallet af samspil er stigende er forventeligt i takt med oprettelse af flere forskningspuljer de senere år, herunder bl.a. Højteknologifonden samt globaliseringspuljen.

Væksten i antallet af samspil skyldes desuden en stor stigning i antallet af udenlandske samarbejder,

TABEL 3.1

Antal samspil med danske og udenlandske virksomheder fordelt på samspilstyper

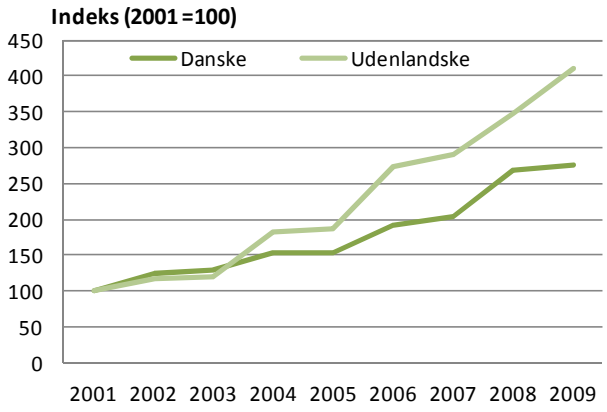
	Danske virksomheder	Udenlandske virksomheder
FoU-køb	381	72
Samfinansierede FoU-programmer	1063	262
Offentlige FoU-programmer	916	44
Publicering	1731	1000
Patenter	27	10
Sum (på nationalitet)	**4118**	**1388**
Sum (i alt)	**5506**	

Kilde: DAMVAD baseret på DAMVADs samspilsdatabase, DAMVADs forskningsdatabase samt data fra DTU

[5] Indeholder ikke publiceringssamarbejder.

jf. figur 3.1. Således samarbejdede DTU 4 gange mere med udenlandske virksomheder i 2009, end de gjorde i 2001, mens der var knap tre gange så mange samarbejder med danske virksomheder i 2009 sammenlignet med 2001.

FIGUR 3.1
Udvikling i samarbejder med erhvervslivet



Kilde: DAMVAD baseret på DAMVADs samspilsdatabase samt data fra DTU. Note: Offentligt samspil er udeladt grundet inkonsistens i tidsdimensionen.

Af figuren fremgår, at antallet af samarbejder med de danske virksomheder er steget moderat frem til 2005, for herefter at opleve en større stigning fra 2005 til 2009, hvor antallet af samspil er fordoblet.

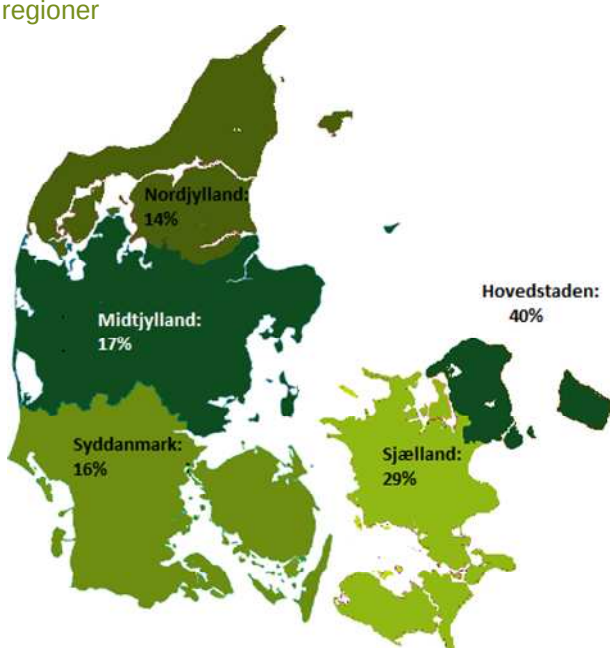
DTU's samarbejde med udenlandske virksomheder steg med 20 pct. frem til 2003. Herefter ses en stor vækst i antallet af samarbejder, og niveauet i 2009 er således knap 4 gange større end i 2003.

3.3 Samspil med virksomheder fra hele Danmark

DTU samarbejder bredt med virksomheder fra hele landet. Særlig stærk er samspilsrelationen til virksomheder i Region Hovedstaden, hvor DTU har indgået i samspil med hele 40 pct. af alle forsknings- og udviklingsaktive virksomheder i regionen, jf. figur 3.2. Den videnskabelige litteratur finder tilsvarende en positiv sammenhæng mellem geografisk nærhed og vidensampil. Et studie af Abramovsky og Simpson (2008) fastslår således, at virksomheder beliggende nær et universitet er mere tilbøjelige til at indgå i en samarbejdsrelation om FoU.

Blandt alle forsknings- og udviklingsaktive virksomheder i Region Sjælland har DTU haft vidensamspil med 29 pct., hvilket er gældende for 14-17 pct. af de forsknings- og udviklingsaktive virksomheder i de øvrige regioner.

FIGUR 3.2
Andelen af forsknings- og udviklingsaktive virksomheder med vidensamspil med DTU opdelt på regioner

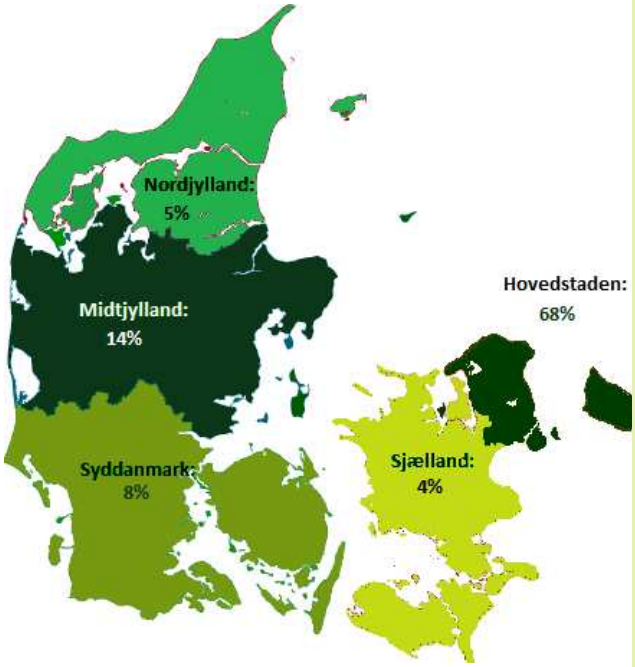


Kilde: DAMVAD baseret på data fra DTU, DAMVADs Samspilsdatatbase og Danmarks Statistik.

Målt på antallet af vidensamspil med erhvervslivet står virksomheder i Region Hovedstaden for 68 pct., jf. figur 3.3. En betydelig del af landets store forskningsintensive virksomheder er placeret i Region Hovedstaden, og det er derfor forventeligt, at

DTU oplever den største grad af samarbejde med virksomheder i denne region.

FIGUR 3.3
Den geografiske fordeling af det samlede antal vidensamspil mellem DTU og erhvervslivet



Kilde: DAMVAD baseret på data fra DTU, DAMVADs Samspilsdatatbase og Danmarks Statistik.

Figur 3.3 afslører samtidig, at en forholdsvis stor del af DTU's vidensamspil foretages med virksomheder i de øvrige dele af landet, hvor Region Midtjylland er dominerende med 14 pct.

Lundbeck A/S

Branchen står over for en revolution i den måde, vi producerer lægemidler på

"Hvis du skal tjene penge på fremtidens marked, skal du være i stand til at sænke omkostningsniveauet i forhold til i dag," siger Lars Bang, vicekoncerndirektør for produktion i Lundbeck A/S.

Et af værktøjerne til at holde sig i front er intensiv overvågning af produktionen. Det kaldes også PAT (Process Analytical Technology). Et eksempel er online overvågning af udvalgte kemiske reaktioner med NIR-lys (Near Infra Red). I stedet for at stille ovnen på 200 grader i 20 minutter, som vi gør derhjemme i køkkenet, afslører det nær-infrarøde lys, hvornår hele den tilsatte mængde af en reagens er brugt op. På den måde kan man stoppe processen på det optimale tidspunkt. For hver proces skal der udvikles konkrete PAT-værktøjer. Det har bl.a. ført til et stadig tættere samarbejde mellem Lundbeck og forskere ved DTU om udvikling af projekter til kontinuert produktion af lægemidler.

"DTU er blandt de få universiteter i Europa, der har holdt fast i at prioritere området højt. Området er helt centralt for den omstilling, lægemiddelindustrien står over for," siger Lars Bang og tilføjer, at det siger lidt om ekspertisen på DTU Kemiteknik, at amerikanske studerende kommer til Danmark for at tage kurser.

"Det kan vi godt være lidt stolte af på Danmarks og DTU's vegne."

3.4 Virksomheder i samspil er højproduktive, videntunge og har en høj eksport

Virksomheder i samspil med DTU er generelt højproduktive, har en høj eksportintensitet og er meget videntunge, jf. tabel 3.2.

Omsætningen per årsværk er gennemsnitligt ca. 300.000 kr. højere blandt virksomhederne, der indgår i samspil, sammenlignet med erhvervslivet generelt. Desuden er produktiviteten blandt virksomheder med samspil langt højere, idet førstnævnte har en produktivitet per årsværk på 864.000 kr., mens den i erhvervslivet generelt ligger på 664.000 kr.

Virksomhederne i samspil har en eksport per årsværk på over 1,2 mio. kr. mod ca. 0,7 mio. kr. hos erhvervslivet generelt. Dette modsvarer en eksportintensitet på 54 pct. blandt virksomhederne i samspil, mens det tilsvarende tal for erhvervslivet er 27 pct. Virksomhederne i samspil er således langt mere aktive på eksportmarkederne, end det er tilfældet for virksomhederne i erhvervslivet generelt.

Når det gælder forskning og udvikling, er virksomheder i samspil også langt mere aktive sammenlignet med det øvrige erhvervsliv. Således har de samarbejdende virksomheder en FoU-intensitet på 23 pct., mens erhvervslivet generelt ligger på 11 pct. Herudover har hele 48 pct. af virksomhederne i samspil egen FoU-afdeling, mens dette er tilfældet for 12 pct. af alle danske virksomheder.

Uddannelsesniveauet er også langt højere blandt medarbejderne i virksomheder med samspil end i erhvervslivet generelt, jf. nederste halvdel af tabel 3.2. Hele 7 pct. af de ansatte har en forskeruddannelse, mens dette tal er helt nede på 0,2 pct. for det samlede erhvervsliv. Desuden har mere end hver femte af de ansatte i virksomheder med samspil en lang videregående uddannelse, mens det gælder knap 7 pct. af de ansatte i erhvervslivet generelt.

De faglærte og ufaglærte udgør knap 80 pct. af medarbejderstaben i erhvervslivet generelt, mens disse udgør under halvdelen af de ansatte i de samarbejdende virksomheder.

3.5 Samspil med virksomheder fra mange forskellige brancher

Virksomheder i samspil kommer fra en lang række forskellige brancher, jf. tabel 3.3. Virksomheder fra industrien udgør med 36 pct. langt den største andel, mens DTU også hyppigt indgår i samarbejde med virksomheder inden for videnservice. Disse to brancher udgør hver under 10 pct. af det samlede erhvervsliv, og disse to brancher er således markant overrepræsenteret

TABEL 3.2

Nøgleindikatorer for virksomheder i samspil sammenholdt med erhvervslivet generelt

	Virksomheder i samspil med DTU	Erhvervslivet generelt
Omsætning pr. årsværk	2.322.174 kr.	2.076.640 kr.
Værditilvækst pr. årsværk	864.084 kr.	664.135 kr.
Eksportintensitet	54%	27%
Eksport per årsværk	1.269.267 kr.	742.832 kr.
FoU-intensitet	23%	11%
Andel med FoU-afdeling	48%	12%
Medarbejderes uddannelsessammensætning		
Andel ufaglærte	17,8%	35,9%
Andel faglærte	24,5%	40,9%
Andel med kort videregående uddannelse	11,4%	7,3%
Andel med mellemlang videregående uddannelse	17,6%	9,1%
Andel med lang videregående uddannelse	21,7%	6,6%
Andel med forskeruddannelse	7,1%	0,2%

Kilde: DAMVAD baseret på data fra Danmarks Statistik
Note: Gennemsnit for samspilsvirksomheder er korrigeret for brancher samt tidspunkt for samspil med DTU. Opgjort i 2011-priser.
FoU-intensitet angiver andelen af årsværk beskæftiget med FoU i forhold til virksomhedens samlede antal årsværk
Eksportintensiteten angiver eksporten i forhold til omsætningen

for virksomheder i vidensamspil med DTU.

DTU har ligeledes en høj grad af samspil med virksomheder inden for handel, og således sker 12 pct. af samspillene med virksomheder i denne branche, hvilket stemmer godt overens med, at 15 pct. af alle danske virksomheder findes inden for denne branche.

Brancherne landbrug, skovbrug og fiskeri samt byggeri og anlæg er underrepræsenteret i samspillet med DTU i forhold til disse branchers andel af erhvervslivet generelt. Virksomheder, der falder inden for brancherne landbrug, skovbrug og fiskeri, udgør kun 2 pct. af det samlede antal af virksomheder i samspil mod 12 pct. af erhvervslivet generelt. Dette billede går igen inden for byggeri og anlæg, idet knap 2 pct. af virksomheder i samspil er i denne branche, mens dette tal er hele 11 pct. for erhvervslivet generelt.

3.6 Samspil med både små og store virksomheder

Som forventet har DTU mange samspil med de store virksomheder med over 250 ansatte, men tabel 3.4 afslører også, at DTU har rigtig godt fat i de små og mellemstore virksomheder med under 50 ansatte.

Når det gælder industrivirksomhederne har DTU ligeledes godt fat i alle størrelseskategorier, og hver fjerde samspil med denne type virksomhed sker med små virksomheder med under 25 ansatte.

Virksomheder inden for videnservice, handel, information og kommunikation, der vælger at indgå i samspil med DTU, er primært små med under 25 ansatte. DTU formår således at få fat i denne type af virksomheder, men tabellen afslører samtidig, at der er potentiale til at øge samarbejdet med de større virksomheder inden for disse kategorier.

TABEL 3.3

Virksomhederne i samspil fordelt på brancher sammenholdt med fordelingen i erhvervslivet generelt

Brancher	Virksomheder i samspil med DTU	Erhvervslivet generelt
Industri	35,5%	5,3%
Videnservice	28,7%	9,6%
Handel	12,1%	15,0%
Information og kommunikation	8,8%	4,1%
Finansiering og forsikring	2,4%	3,9%
Vandforsyning og renovation	2,2%	0,8%
Landbrug, skovbrug og fiskeri	2,1%	11,8%
Transport	1,9%	4,3%
Byggeri og anlæg	1,7%	11,1%
Energiforsyning	1,5%	0,6%

Kilde: DAMVAD på baggrund af data fra Danmarks Statistik

I sammenligning med den generelle erhvervsstruktur, hvor langt hovedparten er små og mellemstore virksomheder, foregår en relativt stor andel af DTU's vidensamspil med store virksomheder.

Amminex A/S

Grøn teknologi til verdens bilfabrikker

Fem forskere fra DTU opfandt i 2005 en metode til at lagre brint i pilleform. Opfindelsen viste sig samtidig at være yderst velegnet til at rense den sundhedsskadelige dieseludstødning (NO_x) fra biler og lastvogne. Det resulterede i spin-out virksomheden Amminex, som har videreudviklet opfindelsen og nu står med en banebrydende teknologi.

Amminex startede virksomheden med investeringer fra DTU Innovation og har senere tiltrukket yderligere kapital fra bl.a. venture- og investeringsfonde samt strategiske investorer. Franske Faurecia, der er verdens sjettestørste underleverandør til bilindustrien, er én af investorerne i den unge DTU-virksomhed, og DTU har i forbindelse med Faurecias investering i 2011 afhændet halvdelen af sine aktier, hvilket har givet et betydeligt afkast til DTU. Faurecia forventer, at de rensningssystemer der skal sidde i mange af fremtidens dieselbiler, vil være baseret på Amminex-teknologien. Det skal blandt andet sikre, at bilerne kan leve op til de seneste skrappe miljøkrav fra både USA og EU.

Amminex har en udviklingsafdeling i Søborg og et 6.500 kvadratmeter stort produktionsanlæg i Nyborg. Opskaleringen af de centrale processer til produktionsanlægget er udviklet af Amminex, som dermed sidder på vigtig know-how og patentfamilier til systemer så vel som produktion. I dag er to af opfinderne stadig aktive i virksomheden.

"Amminex er et skoleeksempel på realisering af opfindelser, der er gjort i laboratorierne på DTU. Der er tiltrukket den nødvendige kapital og udviklet en teknisk løsning fra et koncept. Desuden er det helt centralt, at der også er arbejdet med opskalering og produktionsprocesser. Hvis man udelukkende går efter royalties og ikke har produktion, risikerer man at miste følingen med teknologien" udtaler Tue Johannessen, teknisk direktør i Amminex.

TABEL 3.4

Virksomheder i samspil fordelt på branche og størrelse

	0-25	25-50	50-100	100-250	>250	Antal
Industri	25%	9%	13%	22%	31%	238
Videnservice	64%	12%	7%	10%	8%	191
Handel	47%	11%	16%	16%	11%	82
Information og kommunikation	57%	16%	10%	.	16%	.

Kilde: DAMVAD baseret på data fra Danmarks Statistik
Note: "." angiver, at data er udeladt af diskretioneringshensyn

4 Effekten af erhvervslivets samarbejde om forskning og udvikling med DTU

Formålet med kapitlet er at undersøge og synliggøre, om der findes en kausal sammenhæng mellem at indgå i et forsknings- og udviklingssamspil med DTU og virksomheders produktivitet per medarbejder. Analysen vil dermed fastsætte, om virksomheder erfarer et produktivitetsafkast grundet samspilsrelationen, eller om det er virksomheder, der i forvejen klarer sig godt, der deltager i et vidensamspil med DTU.

4.1 Effektanalyse af vidensamspil

Nærværende analyse undersøger, om virksomheder, som deltager i vidensamspil med DTU, erfarer en produktivitetsskabelse, som indtræder på grund af samspillet.

Analysen anvender en international best practice metode for måling af økonomiske effekter af, at en bestemt gruppe af virksomheder indgår i et samarbejde med et universitet. Metoden anvendes også på andre områder, men i denne analyse forstås intervention som etablering af vidensamspil med DTU.

Som det fremgår af foregående afsnit, er det en bestemt type virksomhed, der indgår i vidensamspil med DTU. Derfor er det nødvendigt at sammensætte en særligt udvalgt kontrolgruppe, som danner et troværdigt sammenligningsgrundlag for effektmålingen. Kontrolgruppen udvælges på en sådan måde, at den ligner virksomheder med tilknytning til DTU så meget, at den eneste umiddelbare forskel er, at virksomhederne i kontrolgruppen *ikke* har valgt at indgå i et vidensamspil med DTU.

Af naturlige årsager er det ikke muligt at observere samme virksomhed både med og uden vidensamspil. Enten har de haft et samspil, eller også har de ikke. Det er derfor vanskeligt at bestemme den merværdi, som DTU tilfører virksomhederne. Netop derfor er der behov for et troværdigt sammenligningsgrundlag, som kan give et bud på, hvordan situationen ville have set ud, hvis virksomheden alligevel havde fravalgt samspillet med DTU.

Det mest optimale er derfor at forsøge at finde en virksomhed, der på alle måder var en tvilling til virksomheden med vidensamspil, dengang samspillet blev iværksat, men som ikke valgte at gøre det.

For at gøre det er det helt afgørende at sikre, at virksomhederne ligner hinanden med udgangspunkt i de faktorer, der har betydning for, hvordan virksomhederne klarer sig, såvel som dem, der har betydning for, om virksomhederne indgår i et vidensamspil med DTU.

Herved fremstår muligheden for at måle den værdiskabelse, som DTU tilfører virksomheden gennem en sammenligning af produktivitetsudviklingen for virksomheder med samspil i forhold til kontrolgruppen bestående af lignende virksomheder uden samspil med DTU.

Der er imidlertid mange faktorer, der har betydning for, hvordan virksomhederne klarer sig over tid, og det er derfor vigtigt at forsøge at isolere effekten udelukkende af vidensamspillet. Dette gøres ved at have så mange forklarende faktorer som muligt med i etableringen af kontrolgruppen. Det er ikke muligt at finde en kontrolgruppe, som er fuldstændig identisk, men på baggrund af de anvendte statistiske modeller og et rigt datagrundlag er det muligt at opnå en meget præcis tilnærmelse.

Metoderne sikrer med andre ord, at kontrolgruppen omfatter virksomheder, som er på samme niveau, som virksomheder i samspil med DTU. Det være

sig med hensyn til videnniveau, strategisk kompetenceniveau, forsknings- og udviklingsprofil, investeringsmuligheder, orientering mod udenlandske markeder, brancheforhold og størrelse.

Tabel 4.1 præsenterer, hvordan kontrolgruppen skaber et tilstrækkeligt sammenligningsgrundlag for de virksomheder, som indgår i vidensamspil med DTU. Tabellens midterste kolonne viser, at den udvalgte kontrolgruppe udgør et tilstrækkelig godt sammenligningsgrundlag, og at gruppen er på samme niveau set over en lang række faktorer, såsom størrelse, forsknings- og udviklingsprofil, eksport, kapital, medarbejderes uddannelsessammensætning samt produktiviteten op til etablering af samspil.

Tabellens højre kolonne viser omvendt, at den gennemsnitlige virksomhed i det danske erhvervsliv *ikke* udgør en troværdig sammenligningsgruppe. Årsagen er, at virksomheder i samspil med DTU adskiller sig systematisk på en lang række faktorer ved at være relativt større, mere forskningsintensive, have større eksport, større kapitalbase, relativt flere højtuddannede medarbejdere og ved i forvejen at være mere produktive.

Fordi kontrolgruppen ligner virksomheder i samspil med DTU, opstår muligheden for at anvende kontrolgruppen til at give et bud på, hvordan virksomhederne i samspil med DTU ville have klaret sig, såfremt de i stedet havde fravalgt samspillet.

Det er væsentligt at undersøge produktivitetsudviklingen før etablering af samspil. Såfremt det er muligt at fastslå, at kontrolgruppen har samme produktivitetsudvikling op til etablering af samspil med DTU, tydeliggøres "retningen" eller kausaliteten på effekten af vidensamspil med DTU.

Kausaliteten i nærværende analyse udtrykker det forhold, at virksomheder oplever en produktivitetseffekt, fordi de samarbejder med DTU. Det betyder samtidig, at effekten ikke skal forstås, som at det er virksomheder som i forvejen er mere produktive, der vælger at indgå i en samarbejdsrelation med DTU.

I forbindelse med tolkning af resultaterne skal der tages højde for, at det ikke kan udelukkes, at uobserverbare faktorer, som der ikke findes data for, har betydning for effekten. Det er gældende for de fleste analyser, at det er vanskeligt at afdække disse. Der vil imidlertid skulle være tale om uobserverbare faktorer, som *ikke* påvirkede virksomhedernes forsknings- og udviklingsstrategi, rekrut-

TABEL 4.1

Deltagergruppen ligner kontrolgruppen, men adskiller sig fra erhvervslivet generelt

	Virksomheder med vidensamspil med DTU	Kontrol-gruppe	Erhvervslivet generelt
Størrelse	Relativt store	Relativt store	Relativt små
Forsknings og udviklingsprofil	Forskningsintensive	Forskningsintensive	Relativt lidt forskning
Eksport	Stor eksportandel	Stor eksportandel	Relativt mindre eksport
Kapitalapparat	Relativt stort kapitalapparat	Relativt stort kapitalapparat	Mindre kapitalapparat
Medarbejderes uddannelse	Stor andel med videregående uddannelser	Stor andel med videregående uddannelser	Relativt færre med videregående uddannelser
Tidligere performance	Høj produktivitet op til etablering af samspil	Høj produktivitet inden deltagere etablerer samspil	Lavere produktivitet inden deltagere etablerer samspil

Kilde: DAMVAD på baggrund af data fra Danmarks Statistik

teringsstrategi, internationaliseringsstrategi, størrelse og præstationer *op til* samarbejdet med DTU, men hvis effekt efterfølgende har store systematiske konsekvenser for virksomhederne på præstationer på tværs af virksomhederne i både kontrol- og gruppen af virksomheder med vidensamspil med DTU.

For at sikre, at effektanalysen bygger på et validt sammenligningsgrundlag, gennemføres en række test af kvaliteten af, hvordan kontrolgruppen er sammensat. Samtlige test peger på, at det er lykkedes at finde en valid kontrolgruppe.

Med afsæt i en troværdig kontrolgruppe er det muligt at fortolke analysens resultater som den kausale mereffekt på virksomheders produktivitet per medarbejder ved at indgå i vidensamspil med DTU.

Bilaget udfolder mere detaljeret metoden bag sammensætning af kontrolgruppen samt den tilhørende kvalitetssikringsprocedure, som sikrer en troværdig kontrolgruppe.

4.1.1 To nøgleindikatorer i analysen: værditilvækst og produktivitet

I analyserne måles afkastet af vidensamspil mellem virksomheder og DTU som forskel i virksomhedernes værditilvækst og produktivitet per medarbejder i forhold til en kontrolgruppe af statistisk identiske virksomheder.

Begreber som værditilvækst og produktivitet er forholdsvis komplekse at forstå, men vigtige til forståelsen af, hvordan viden kan forbedre produktionen i en virksomhed, hvor produktion skal forstås som et samlet udtryk for de varer og tjenester, en virksomhed producerer.

Værditilvækst opgøres som forskellen mellem omsætningen og omkostninger til materialer og andre service, som anvendes i produktionen, som eks. husleje, energi, lagervareforbrug, løn mv. Tabellen herunder præsenterer definitionen af værditilvækst. Værditilvækst bygger på Danmarks Statistiks opgørelse og er defineret som virksomhedernes omsætning plus andre driftsindtægter minus forbrug af varer og tjenester.

TABEL 4.2
Definition af værditilvækst

Værditilvækst defineres som:
Omsætning
+ arbejde udført for egen regning og opført under aktiver
+ andre driftsindtægter
+ Forøgelse/mindskelse af varelagerforbrug
- Køb af varer til videresalg
- Køb af råvarer, hjælpematerialer, færdigvarer og emballage
- Køb af energi
- Køb af lønarbejde og underentrepriser
- Udgifter til husleje
- Udgifter til anskaffelse af småinventar/driftsmidler
- Udgifter til vikarbureauer
- Udgifter til langtidsleje og leasing
- Andre eksterne udgifter
- Sekundære udgifter
+ 0,0079 * tilgodehavender i alt

Produktivitet per medarbejder er et mål for, hvor effektivt arbejdskraften udnyttes til at genere værditilvækst. En stigning i produktiviteten per medarbejder betyder, at værditilvæksten er øget for et fastholdt antal årsværk. Anvendelsen af dette mål gør det muligt at anvende et tværgående mål, som har samme udtryk på tværs af forskellige brancher, sektorer og virksomhedsstørrelser over tid.

Produktivitet per medarbejder eller arbejdsproduktiviteten defineres som værditilvæksten i virksomhederne divideret med antallet af medarbejderårsværk.

4.2 Positiv effekt af vidensamspil med DTU

Nærværende analyse undersøger sammenhængen mellem virksomheders deltagelse i vidensamspil med DTU og den produktivitetsskabelse, virksomheder erfarer som følge heraf. Analysen anvender en evalueringstilgang, som anskuer deltagelse som et tilvalg eller fravalg af samspilsrelation til DTU, hvor valget af deltagelse observeres på årsbasis. Betragtes et enkelt år, er der derfor ingen udfordringer, men betragtes derimod gentagende samspil over en årrække, er der fare for, at effekten af de enkelte samspil sløres.

Analysens kortlægning af samspilsrelationer til erhvervslivet viser, at flere virksomheder er engageret i et komplekst samspilsmønster, hvor samme virksomhed kan indgå i flere samspil med DTU på et år, kan have gentagende samspil flere år i træk og endelig kan deltage i forskellige samspilstyper med DTU samme år. Herved opstår en udfordring ved at adskille kort- og langsigtede effekter, da effekten af forskellige samspil mudres sammen.

Ved udelukkende at betragte virksomheder med et enkelt samspil opnås en mere ligefrem og intuitivt forståelig estimering af samspilseffekten om end på bekostning af udeladelsen af virksomheder med flere samspil. Det er derfor hensigtsmæssigt at anvende begge analysevinkler, eftersom de hver især bidrager med relevant viden om samspilseffekten.

For at imødekomme denne udfordring opstilles i dette afsnit en effektmodel, som fokuserer på virksomheder med et enkelt vidensamspil, hvor næste afsnit supplerer med en effektmodel, som betragter virksomheder med et eller flere samspil.

De økonometriske analyser peger på, at der er en kausal positiv sammenhæng mellem, at virksomheder indtræder i et enkelt vidensamspil med DTU og udviklingen i virksomhedernes produktivitet per medarbejder. Figur 4.1 præsenterer samspilseffekten over tid og viser med procentsatser, hvor meget mere produktivitetsvækst, virksomheder i samspil med DTU oplever som følge heraf.

Der er en signifikant positiv effekt på væksten i produktivitet per medarbejder af at indgå i vidensamspil umiddelbart efter etablering af samspil, hvor effekten forbliver statistisk signifikant og er stigende over årene.

Figur 4.1 viser tillige de to gruppers produktivitetsudvikling op til etablering af samspil. De to grupper af virksomheder har en næsten identisk produktivitetsvækst i årene forud for indgåelse af samspil. Det indikerer med al tydelighed, at det er lykkedes at finde en troværdig kontrolgruppe, som udgør et tilstrækkeligt grundlag for at estimere den kausale sammenhæng mellem at indgå i et vidensamspil med DTU og en effekt på produktiviteten per medarbejder.

Deltagelseseffekten måles som forskellen mellem de to kurver. Allerede året efter etablering af vidensamspil erfarer virksomheder et produktivitetsafkast på 6,4 procentpoint stigende til 10 pct. tre år efter etablering af samspil.

Analysen peger på en vedholdende produktivitetseffekt målt over en seksårig tidshorisont, da den statistisk signifikante forskel mellem virksomheder i vidensamspil og kontrolgruppen vedvarer.

Produktivitetseffekten er stigende over tid og til relativt store tal mod slutningen af perioden. At den er stigende over tid, kan hænge sammen med, at der går en periode, før resultaterne begynder at vise sig i virksomheden. Det er ikke med denne analyse muligt at sige, *hvorfor* effekterne viser sig,

men der kan være flere forskellige effekter efter indledningen af et samspil. Det kan forekomme, at de tidlige effekter skyldes netværkseffekter af at få nye samarbejdspartnere og potentielle kunder som følge af projektet, større motivation blandt medarbejderne m.v., mens de senere effekter skyldes konkrete nyudviklede produkter og ydelser. Det viser denne analyse ikke.

De store effekter mod slutningen af perioden skal tolkes med noget varsomhed. Jo længere tid, der går fra et samspil har været gennemført, jo mere støj kan der være i data, som det ikke er muligt at kontrollere for, ligesom der er færre observationer mod slutningen af perioden.

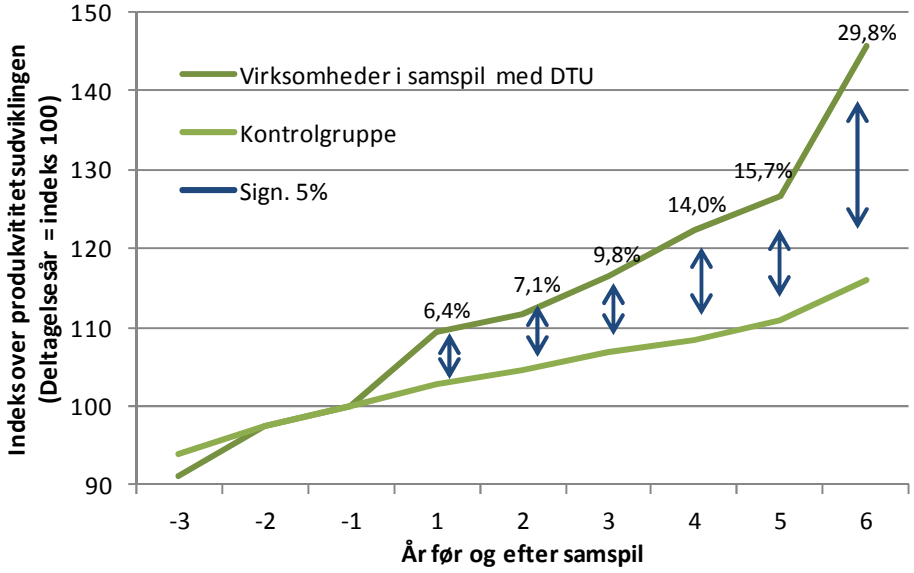
Samtidig kan samspillet give sig udslag i, at virksomhederne gennemfører andre og nye dispositioner, som igen påvirker virksomhedernes performance. Det kan være, at virksomheder som følge af vidensamspil intensiverer investeringer i forskning og udvikling, får adgang til ny viden, får indblik i nye markeder, ansætter andre medarbejdertyper samt indgår i nye ressourcenetværk med samarbejdspartnere.

Propensity score matching-metoden kræver et stabilt og konsistent datagrundlag, hvilket betyder, at metoden udelader en række virksomheder, for hvilke individdata ikke er tilstrækkelige. Analysen i figur 4.1 er baseret på 114 virksomheder, som alene har haft et enkelt vidensamspil med DTU. Kontrolgruppen består af 835 virksomheder.

Der er forskellige måder at indgå i samspil på, hvor der tilsvarende kan tænkes at være forskellige effekter af de enkelte samspilstyper. Nærværende studie har undersøgt effekten af forskellige samspilstyper og har ikke kunnet finde en entydig effekt af, at virksomheder publicerer sammen med DTU. En årsag kan være, at virksomhederne ikke får del i samme niveau af kompetenceopbygning som tilfældet er for de øvrige samspilstyper. Samtidig er det muligt, at de økonomiske effekter af at sampublicere med DTU indtræder senere og derfor ikke fanges i nærværende analyse.

FIGUR 4.1

Kausal sammenhæng mellem ét vidensamspil med DTU og vækst i produktivitet per medarbejder



Kilde: DAMVAD på baggrund af data fra Danmarks Statistik

Effektanalysen udelader derfor virksomheder, som udelukkende publicerer sammen med DTU. Det betyder, at analysens resultater angiver et samlet udtryk for effekten af virksomheder, som køber forskning af DTU, indgår i et samfinansieret og/eller offentligt finansieret forsknings- og udviklingsprojekt og/eller samarbejder om et patent med DTU.

4.3 Effekten af mindst et samspil

Nogle virksomheder indgår i mere intense og komplekse samspilsrelationer med DTU og er engageret i flere forskellige samspilstyper med gentagende samspil over årene. Som tidligere anført påfører denne samspilsadfærd en række udfordringer i forhold til at identificere effekten af hvert enkelt samspil.
Formålet med dette afsnit er derfor at undersøge, om virksomheder med ét eller flere samspil erfarer en produktivitetseffekt som følge af videnssamspil med DTU.

Undersøgelsen supplerer med andre ord resultaterne fra forrige afsnit ved også at inkludere virksomheder, som gentagende gange har samspil med DTU. Virksomheder, som indgår et videnssamspil med DTU, medtages i analysen fra og med det år, hvor det første samspil etableres.

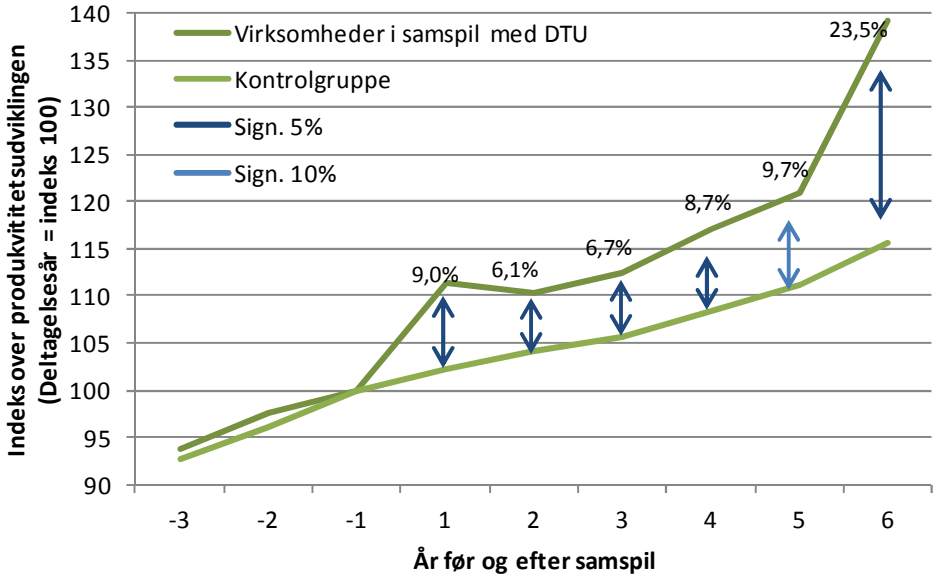
Figur 4.2 præsenterer resultaterne af den supplerende effektmodel. Analysen er baseret på 143 virksomheder, som har haft et eller flere videnssamspil med DTU. Kontrolgruppen består af 903 virksomheder.

Der er en tydelig statistisk signifikant produktivitetseffekt allerede året efter etablering af samspil. Effekten forbliver signifikant og stiger med tiden efter det initiale samspilsår. Årsagerne til dette kan være parallelle til de årsager, som er beskrevet i afsnit 4.2.

Figuren viser, at produktivitetsudviklingen er ens for gruppen af virksomheder med videnssamspil og

FIGUR 4.2

Kausal sammenhæng mellem videnssamspil med DTU og vækst i produktivitet per medarbejder



Kilde: DAMVAD på baggrund af data fra Danmarks Statistik

kontrolgruppen op til det initiale år for etablering af samspil. Denne sammenhæng indikerer, at kontrolgruppen udgør et troværdigt sammenligningsgrundlag.

Det kan forekomme overraskende, at effekten af at indgå i ét samspil, jf. figur 4.2, ser ud til at være højere end af at indgå i flere vidensamspil, jf. figur 4.3.

Det har ikke været en del af opdraget at undersøge de konkrete årsager til dette nærmere. Men der kan være flere forklaringer på det.

Dels kan det være, fordi de marginale effekter af at indgå i et forskningssamarbejde er faldende, således at der opnås størst effekt ved første samarbejde.

Men det kan også være udtryk for, at de virksomheder, der indgår i flere samarbejder, har en anden adfærd end dem, som alene har ét samarbejde. Hvis disse vælger at geninvestere gevinsten i nye maskiner, øget forskning og udvikling eller flere medarbejdere, vil dette i de efterfølgende år give udslag i et lavere produktivitetsniveau, mens de virksomheder, der alene har *et* samspil, måske fokuserer på at høste gevinsterne. Det er som nævnt ikke afklaret, men netop det forhold, at virksomhederne i denne gruppe de følgende år gentager samspillet, kan netop være udtryk for, at de investerer mere i forskning og udvikling. Så strategien kan være mere langsigtet.

Der har ikke været set på beskæftigelseseffekter, eksporteffekter og omsætningseffekter, og forklaringen kan også ligge heri. Hvis virksomheder med gentagne samarbejde ansætter flere personer, vil dette eksempelvis æde af de konkrete effekter per beskæftiget, indtil disse medarbejdere opnår et tilsvarende produktivitetsniveau.

FLSmidth A/S

Renere miljø og energieffektivitet ved cementproduktion

FLSmidth og DTU indgik i 2007 et 5-årigt forskningssamarbejde om at skabe en mere miljørigtig og energieffektiv cementproduktion. Blandt forskes der i en optimal udnyttelse af biomasse og affald i produktionen af cement, der ikke kun sparer driftsudgifter, men også reducerer CO_2 udslippet og på sigt sparer samfundet for affaldsproblemer.

Hvert år fremstilles der ca. 2,83 mia. ton cement globalt set. Perspektivet i projektet er på sigt store besparelse i såvel omkostninger som CO_2 udledning i cementindustrien, der årligt tegner sig for fem procent af verdens samlede menneskeskabte CO_2 udledning.

Projektets formål er at optimere og designe et cementanlæg mht. øget energieffektivitet og reduktion af uønskede emissioner såsom kviksølv, SO_2, NO_x, kulbrinter samt CO_2. Derudover er målet at finde frem til alternative brændsler som husholdnings- og industriaffald, således at de nuværende miljøproblemer med affald undgås.

Den praktiske forskning foregår dels hos FLSmidth på R&D Center Dania ved Mariager, dels på DTU og i nogen grad også på cementanlæg i samarbejde med FLSmidths kunder.

Der er koblet 7 Ph.d.'er til forskningsprojektet, der er delfinansieret af Højteknologifonden. Et særligt advisory board med repræsentanter fra Dong Energy, Haldor Topsøe og Vattenfall er nedsat i forbindelse med projektet til at fremme udveksling af know-how i krydsfeltet mellem cementindustrien og energisektoren.

*"**Hver dag investeres der millioner i alternative***

brændsler, og samarbejdet med DTU styrker vores teoretiske platform og leverer praktiske hjælpeværktøjer, som bliver anvendt hver dag, og det har haft betydning for vores vækst" udtaler Lars Skaarup Jensen, General Manager Sustainable Development hos FLSmidth A/S.

4.4 Produktivitetsafkastet i kroner

Nærværende analyse har klarlagt en kausal positiv sammenhæng mellem at indgå i et videnssamspil med DTU og virksomheders udvikling i produktiviteten per medarbejder.

Dette delafsnit følger metodetilgangen og beskriver effekten af et enkelt samspil og omsætter produktivitetsafkast til et økonomisk afkast målt i kroner.

Analysen viser, at virksomheder, som indgår et enkelt samspil med DTU, erfarer en gennemsnitlig vækst i produktiviteten per årsværk på 73.325 kr. Resultatet er målt over den seksårige periode, effektanalysen indrammer, og indikerer, at virksomheder oplever en fremgang i produktiviteten hvert år på 73.325 kr., fordi de indgår i et samspil med DTU.

Tabel 4.3 nuancerer det tidslige aspekt af, hvornår effekten indtræder, og viser, at effekten er omtrent 31.000 kr. om året efter etablering af samspil og stigende over årene til 159.525 kr. seks år efter etablering af et enkelt samspil.

Generelt set ligger den gennemsnitlige produktivitet per medarbejder på 710.000 kr. blandt virksomheder med tilsvarende karakteristika til virksomheder med videnssamspil med DTU. Det svarer til, at den gennemsnitlige medarbejder i disse virksomheder er 10,3 pct. mere produktiv i sammenligning med lignende virksomheder uden videnssamspil med DTU.

Sammenholdes mereffekten på produktiviteten per medarbejder med den gennemsnitlige virksomhedsstørrelse på 404 årsværk, som kendetegner virksomheder i videnssamspil med DTU, betyder det, at den gennemsnitlige virksomhed opnår en årlig ekstra værditilvækst på godt 30 mio. kr. Virksomhedernes bundlinjer forøges med andre ord i gennemsnit med ca. 30 mio. kr. år efter år efter etablering af videnssamspil.

Det er muligt at give et skøn over den samlede produktivitetseffekt omhandlende samtlige virksomheder i samspil med DTU. Et simpelt bud findes til 24,5 mia. kr. ved at sammenholde effekten på 30 mio. kr. per virksomhed med de 828 forskellige virksomheder, som har deltaget i videnssamspil med DTU. Eftersom effektanalysen er foretaget for virksomheder, som deltager i andre videnssamspil

TABEL 4.3

Gennemsnitlig årlig mereffekt på værditilvækst per medarbejder af deltagelse i videnssamspil med DTU

År efter samspil	1	2	3	4	5	6
Effekten af ét samspil (kr.)	31.267**	37.499**	52.017**	63.744*	95.900**	159.525**
Effekten af mindst et samspil (kr.)	52.013**	33.455**	45.014**	46.128**	47.414*	130.272**

*Note: ** og * indikerer signifikansniveau på henholdsvis 5 pct. og 10 pct.*
Kilde: DAMVAD på baggrund af Danmarks Statistik

med DTU end publiceringssamarbejder, er antallet af unikke samspilsvirksomheder justeret tilsvarende. Beregningen er foretaget under usikkerhed og bygger på en antagelse om, at samtlige virksomheder i vidensamspil med DTU, som af datamæssige årsager ikke indgår i effektmålingen, erfarer samme effekt af at indgå i vidensamspil og dertil ligner de virksomheder, som ligger til grund for effektanalysen.

Forsknings- og Innovationsstyrelsen angiver en gennemsnitlig produktivitetseffekt af vidensamspil med danske universiteter på 49.000 kr. svarende til 9 pct. Det er ikke ligetil at sammenligne dette resultat med nærværende analyse. Dels bør der tages højde for, at DTU's samarbejdsvirksomheder ligeledes indgår og derfor influerer resultaterne i Forsknings- og Innovationsstyrelsen (2011), samt at virksomheder i samspil med DTU gennemsnitligt har et væsentligt større produktivitetsniveau i udgangspunktet, hvortil skal lægges en række metodiske forskelle mellem de to studier.

4.4.1 Stort urealiseret samfundsøkonomisk potentiale

Analysen har vist, at der er klare effekter i form af forbedret produktivitet per medarbejder ved at etablere et vidensamspil med DTU. Dette afsnit giver et bud på, hvor meget det vil betyde for dansk økonomi, hvis der blev etableret et vidensamspil i de virksomheder, som kan siges at være potentielle til at indgå i en videnrelation til DTU. De potentielle virksomheder udgør med andre ord et urealiseret samfundsøkonomisk potentiale.

Forsknings- og Innovationsstyrelsen (2011) viser, at der samlet set er 2.447 virksomheder i Danmark, som er forsknings- og udviklingsudførende, men som i den undersøgte periode ikke indgår i et vidensamspil. Det antages, at disse virksomheder er potentielle til at indgå i et vidensamspil med DTU. Såfremt de potentielle virksomheder deltager i et vidensamspil med DTU, vil det have en samlet værdi på 32 mia. kr. svarende til 1,8 pct. af Danmarks bruttonationalprodukt. Tabel 4.4 opsamler resultaterne.

TABEL 4.4

Potentielle mereffekter på værditilvæksten og BNP af at etablere et vidensamspil mellem DTU og samtlige forsknings- og udviklingsaktive virksomheder uden vidensamspil.

Gennemsnitlig årlig effekt på værditilvæksten, hvis alle forsknings- og udviklingsaktive virksomheder uden samspil etablerer samspil med DTU	Stigning i BNP
32,1 mia. kr.	1,8 pct.

Kilde: DAMVAD på baggrund af data fra Danmarks Statistik

Man bør være varsom med at konkludere på baggrund af estimatet for det samfundsøkonomiske potentiale. Resultatet er beregnet under usikkerhed og beror på en antagelse om, at alle de nye samarbejdende virksomheder opnår en ensartet effekt af vidensamspil med DTU i overensstemmelse med gennemsnittet af effekterne, som er dokumenteret i dette kapitel for de virksomheder, som faktisk har haft et samspil med DTU. Det er langt fra sikkert, at alle øvrige forsknings- og udviklingsaktive virksomheder vil kunne opnå samme effekt, men estimeringen giver en illustration af de potentielle privatøkonomiske effekter af vidensamspil.

Samtidig skal man holde sig for øje, at nogle af virksomhederne bevidst har valgt ikke at indgå i et forsknings- og udviklingssamarbejde, hvilket bl.a. kan skyldes, at virksomheden forventer at omkostninger forbundet hermed ikke står mål med den forventede gevinst af et samspil. Det betyder, at det kan være vanskeligt at afgrænse gruppen af virksomheder som reelt er potentielle og derved

grundlaget for den samfundsøkonomiske effektvurdering.

Welltec A/S

Succes med højkvalitetsudstyr til offshore-industrien

Welltec A/S vandt landsfinalen i Ernst & Young's konkurrence, Entrepreneur Of The Year 2006. Welltec A/S blev stiftet i 1994 og udvikler og producerer højkvalitetsudstyr, som anvendes af offshore industrien. Ideen til virksomheden fik cand.polyt og direktør, Jørgen Hallundbæk, i forbindelse med sit eksamensprojekt på DTU. Welltec A/S havde i 2011 en omsætning på over 1.2 mia. kr.

Kernen i Welltecs forretningsplan er den såkaldte "Well-tractor", der benyttes til at udføre undersøgelser og service dybt nede i olie- og gasboringer. Det er en særdeles robust robot, der kan udstyres med en række specialfunktioner mhp. at analysere og vedligeholde boringerne. Well-Tractor løser opgaver, som markedet ikke har set andre løsninger på, og dette vidensforspring er grundlaget for succesen. Well-tractor er nu blevet et standardværktøj, som benyttes over hele kloden af en stribe selskaber fra BP til Statoil. Well-tractor kan løse opgaver, som ville være meget dyrere at foretage med traditionel teknologi. Et eksempel er en opgave i Nordsøen, hvor Well-tractor erstatter en hel semi-sub og dermed hundredvis af offshore medarbejdere.

Det var en milepæl i virksomhedens historie, da man gik fra at være underleverandør til selv at levere produkter og serviceydelser direkte til virksomhederne. Welltec skabte sit eget marked, idet virksomheden er den eneste udbyder af disse produkter og serviceydelser, og virksomhed tæller verdens største olie- og gasselskaber blandt sine kunder. Virksomheden i Allerød beskæftiger mere end 1000 medarbejdere. Der er fokus på medarbejdertrivsel, -udvikling og undervisning, bl.a. på Welltecs eget akademi.

*"**Den uddannelse jeg fik fra DTU, har skabt grundlaget for Welltecs succes. Vi er i dag en vækstvirksomhed, der har formået at skabe et unikt marked for højkvalitetsudstyr til offshore industrien, som bruges over hele verden af en række selskaber fra BP til Statoil**"* udtaler Jørgen Hallundbæk, direktør for Welltec A/S.

5 Databeskrivelse

Nærværende analyse tager udgangspunkt i data fra flere forskellige kilder som illustreret i figur 5.1. I det følgende gives en nærmere beskrivelse af de forskellige datakilder.

5.1 DTU's register for økonomiske transaktioner med virksomheder

DTU indsamler oplysninger om virksomheders køb af forskning og udvikling fra DTU samt virksomheders deltagelse i samfinansierede forsknings- og udviklingsprojekter med DTU og har stillet deltagelsesoversigten til rådighed. Oversigten indeholder oplysninger om, hvilke virksomheder der har haft samspil med DTU, i hvilke år samspillet fandt sted samt typen af samspil. DAMVAD og DTU har ved hjælp af CVR-numre koblet virksomhederne til registerdata fra Danmarks Statistik.

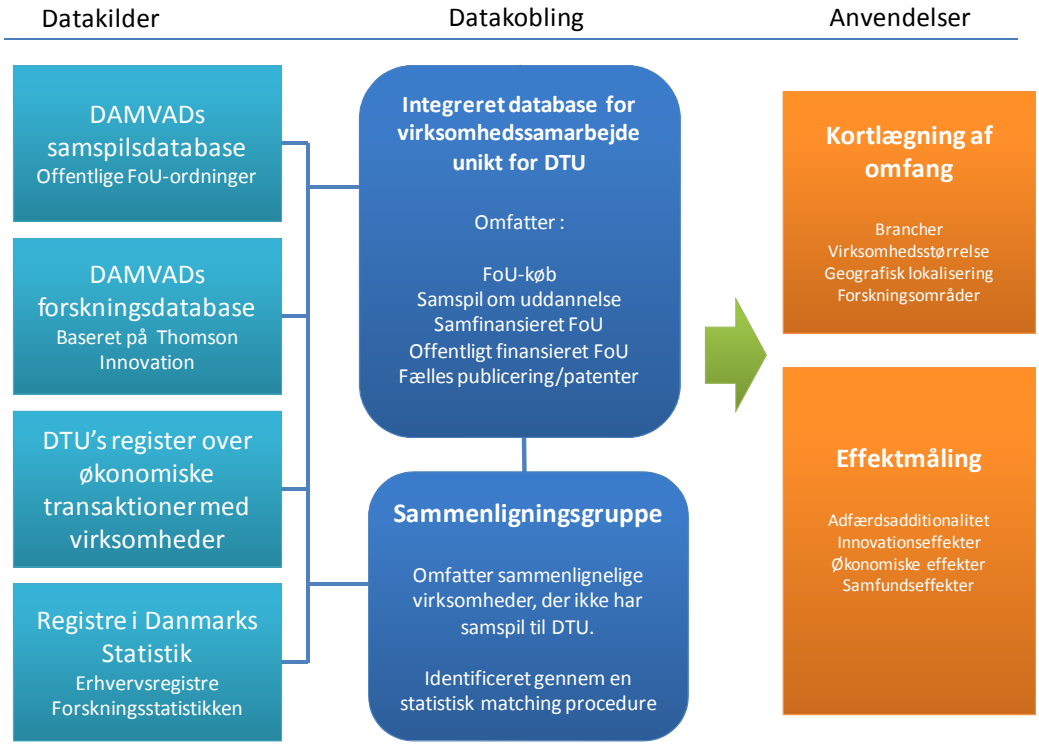
5.2 DAMVADs samspilsdatabase

DAMVADs samspilsdatabase indeholder information om, hvilke projekttyper og virkemidler, som danske virksomheder, universiteter (herunder DTU) og organisationer mm. samarbejder om, og kan således supplere DTU's egne data med de virksomheder, som deltager i offentligt finansierede forsknings- og udviklingsprojekter sammen med DTU.

Grundlaget for samspilsdatabasen er en fuldtælling af projekter inden for programmer såsom innovationskonsortier, strategisk forskning, EU-forskning, EUDP, innovationsloven mv.

Sammenlagt indeholder databasen mere end 4.600 forskellige projekter, som tilsammen omfat-

FIGUR 5.1
Etablering af unikt integreret datasæt for DTU om erhvervssamarbejde



Kilde: DAMVAD 2012

ter knap 12.000 danske aktørers deltagelse. Samspilsdatabasen indeholder CVR-numre på virksomhederne, og ved hjælp heraf kobles virksomhederne fra samspilsdatabasen til registerdata.

5.3 DAMVADs forskningsdatabase

DAMVADs forskningsdatabase for fælles publicering og patentering er baseret på "Web of Science" og "Core Patents" hos Thomson Innovation og supplerer yderligere oplysningerne fra DTU og samspilsdatabasen.

Publikationer
Datamaterialet på publikationssiden indeholder samtlige publikationer forfattet af en eller flere forskere fra DTU i perioden 2000 til 2011.

Der søges igennem Thomson Innovation i Web of Science efter de publikationer, som DTU-forskere er registeret som forfattere til i nævnte periode. Samtlige publikationer downloades for derefter at blive formateret, så data matcher DAMVADs forskningsdatabase.

Publikationsnummeret anvendes i denne sammenhæng som indikator for, om der har været et samarbejde imellem DTU og en virksomhed. For at angive året for interaktion mellem virksomheden og DTU anvendes publiceringsåret for det pågældende tidsskriftnummer. Da samarbejder ikke fra første dag leder til en publikation, antages en gennemsnitlig gennemførelsesperiode på 2 år, hvilket indrammer produktionstid samt den efterfølgende peer review-periode.

Patenter
Datamaterialet på patenter indeholder samtlige patenter udtaget i perioden 2000 til 2011. Samtlige patenter downloades, hvor metoden følger som beskrevet for publikationer. Risø er i perioden op til fusionen ved udgangen af 2006 ikke taget med i analysen, men efter fusionen indgår Risø på lige fod med alle de andre institutter på DTU. Det samme gør sig gældende for de øvrige fire sektorforskningsinstitutioner, der med udgangen af 2006 fusionerede med DTU.

Da de fleste samarbejder ikke fra første dag leder til et patent, tages højde herfor ved at antage, at det i gennemsnit tager ét år at frembringe den viden, som ligger til grund for et patent. Antagelsen beror på resultater fra Valentin og Jensen (2010).

For både patenter og publikationer gør det sig gældende, at oplysninger om disse kan kobles til øvrige data ved hjælp af CVR-numre.

5.4 Registerdata

Via forskeradgang hos Danmarks Statistik har DAMVAD adgang til mikrodata, der indeholder detaljerede oplysninger om de enkelte virksomheder i Danmark.

Fra den generelle firmastatistik og regnskabsstatistikken har DAMVAD adgang til oplysninger om økonomiske nøgleindikatorer såsom omsætning, værditilvækst, antal ansatte, eksport mv. Ved hjælp af CVR-numre kan disse oplysninger kobles til de virksomheder, der har samspil med DTU.

Desuden har DAMVAD adgang til mikrodata for personer og kan således supplere med oplysninger om medarbejderes uddannelser.

6 Metodebilag

Dette afsnit indeholder en detaljeret gennemgang af metoden såvel som datagrundlaget, der ligger til grund for effektmålingen. Herudover stilles skarpt på de udfordringer, der er forbundet med at udføre sådanne effektmålinger, samt de forholdsregler der kan tages for at sikre en valid analyse, der leder til pålidelige og solide resultater.

6.1 Metode og datagrundlag

Formålet med analysen er at evaluere effekterne af, at virksomheder indgår i samspil med DTU. Optimalt ville dette indebære at måle udfaldet efter samspil, og sammenligne med udfaldet, hvis virksomheden ikke havde samarbejdet. Imidlertid er denne kontrafaktiske situation naturligvis ikke praksis mulig, og der kræves derfor andre metoder.

Ofte afhjælpes dette problem ved at udføre et randomiseret forsøg, som det f.eks. ses indenfor naturvidenskaben. Da virksomheders samspil med DTU imidlertid ikke er tilfældig, er der behov for en metode, der på trods af dette sikrer en valid kontrolgruppe, således at det er de reelle effekter af samarbejde, der fanges.

Metoden der anvendes i denne analyse kaldes propensity score matching og tager netop højde for ovenstående udfordringer, og har inden for de seneste år opnået øget anvendelse og anerkendelse inden for økonometrien. Kort sagt sikrer metoden, at der på baggrund af en lang række karakteristika etableres en solid kontrolgruppe, selvom der ikke er udført et randomiseret forsøg.

Ideen bag metoden går kort skitseret ud på at finde sandsynligheden (propensity score) for, at en virksomhed ville have etableret et vidensamspil med DTU givet forskellige observerbare faktorer som bl.a. branchetilhørsforhold, internationalisering, forsknings- og udviklingskapacitet, virksomhedsstørrelse, uddannelse og eksport. Herved dannes en kontrolgruppe, som på så mange faktorer som muligt er ensartede med de virksomheder, som har haft vidensamspil med DTU. Den eneste observerbare forskel er, at virksomhederne *ikke* har deltaget i vidensamspil med DTU.

Ved at have så mange forklarende faktorer som muligt med i etableringen af kontrolgruppen minimeres risikoen for, at kontrolgruppen og virksomhederne der indgår i samspil adskiller sig inden for delvist uobserverbare faktorer.

Kontrolgruppen etableres herefter ved at parre hver samspilsvirksomhed med en eller flere "nærmeste naboer", dvs. virksomheden, der på de parametre som er bestemmende for vidensamspil, ligner virksomheden med samspil mest muligt. På denne måde sikres etablering af en valid kontrolgruppe.

Tidsperspektivet er således en væsentlig faktor for at måle effekten af vidensamspillet. Dels må produktivitetsudviklingen måles både før og efter vidensamspillet for at kunne konkludere, at effekten skyldes vidensamspillet. Dels må der tages højde for, at effekterne kan variere over tid. Derfor analyseres effekterne på baggrund af paneldata, hvor virksomheder med vidensamspil og kontrolgruppen sammenlignes over samme årrække.

På den baggrund sammenlignes udviklingen i produktiviteten per medarbejder over en årrække blandt virksomheder som deltager i vidensamspil med DTU med virksomheder uden vidensamspil, men som på baggrund af andre relevante karakteristika har samme sandsynlighed for at indgå i et vidensamspil med DTU.

Figur 6.1 illustrerer metoden og viser, hvordan udviklingen i produktiviteten per medarbejder for de to grupper af virksomheder udvikler sig før og efter samspil. Virksomhederne er i året før samspil ens hvad angår udviklingen i produktiviteten per medarbejder. Det vides ikke hvornår på året samspillet etableres, hvorfor effektanalysen anvendes året forud for samspil til at afdække virksomhedernes "startpunkt". Denne procedure sikrer, at hele effekten af samspillet fanges i effektmålingen. Som illustreret i figuren etablerer treatmentgruppen på et givent tidspunkt et vidensamspil med DTU og herefter ændres væksten for deres produktivitet per medarbejder sammenlignet med kontrolgruppen. En præcis kvantificering af produktivitetsafkastet kan estimeres gennem difference-in-difference-metoden (se afsnit 6.1.6). Dermed opstår muligheden for at synliggøre, at der en kausal sammenhæng mellem at indgå i et vidensamspil med DTU om forskning og udvikling og vækst i virksomhedernes produktivitet per medarbejder.

For at sikre et troværdigt sammenligningsgrundlag gennemføres en række kvalitetstest for sammensætningen af kontrolgruppen. Disse tests undersøger, om der er tilstrækkelig god balance mellem treatment- og kontrolgruppen hvad angår de variable, som forklarer sandsynligheden for etablering af vidensamspil med DTU.

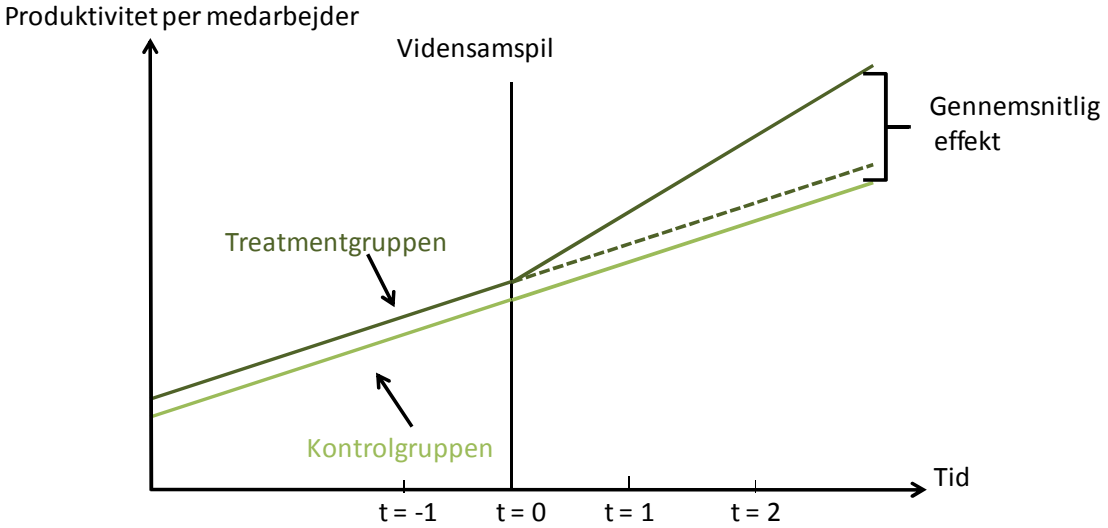
6.1.1 Datagrundlag

Datamaterialet er sammensat fra forskellige kilder, hvor oplysninger om virksomheders vidensrelation til DTU bestemmes via en kombination af DTU's egen database, DAMVADs samspilsdatabase og DAMVADs patent og publiceringsdatabase. Andre virksomhedsoplysninger er trukket fra registerdata ved anvendelse af erhvervslivets forsknings- og udviklingsstatistik samt den generelle firmastatistik.

Antallet af observationer, som ligger til grund for effektmålingen, er aftagende desto flere år effekten måles over. Årsagen hertil er, at flere virksomheder deltager i samspil over tid. Det vil sige, at effekten af FoU-samspil med DTU er estimeret mere præcist i de første år efter vidensamspillets indgåelse. Der kan derimod forekomme en vis form for

FIGUR 6.1

Illustration af metoden til at vurdere samspilseffekten



Kilde: DAMVAD 2012

usikkerhed og støj jo længere frem i tiden effekten måles over.

Regnskabsstatistikken for virksomheder bygger på FIDA-registeret, som indeholder oplysninger om virksomheders økonomi og regnskabsmæssige forhold. Der er tale om en statusopgørelse, hvor alle virksomheder, som er registreringspligtige i henhold til lovgivningen, indgår i FIDA. Regnskabsoplysninger fra virksomhederne indsamles hvert år, og det er derfor muligt at sammensætte et detaljeret paneldata, hvor nøgletal for virksomhedernes regnskab kan følges over tid. I denne analyse medtages regnskabsoplysninger for virksomheder i perioden 1999 til 2009.

Paneldata

Regnskabsstatistikken muliggør at observere virksomheders produktivitet per medarbejder over en længere årrække, hvilket åbner op for at anvende en estimeringstilgang, som udnytter tidsseriedimensionen i data.

For at opnå et bedre datagrundlag og dermed et mere solidt grundlag for effektmålingen, sammenlægges årene for vidensamspil. Sammenlægningsmetoden tager udgangspunkt i den anvendte tilgang i Loecker (2007). Metoden involverer en omstrukturering af tidsperioderne afhængigt af det initiale år for indgåelsen af vidensamspil. Det initiale år for vidensamspil benævnes periode t, hvorfor det bliver muligt at analysere effekten af vidensamspil i år t+1, t+2 t+3 osv. Igangsættes et vidensamspil i 2001 fastsættes periode t for denne virksomhed til 2001. Tilsvarende fastsættes periode t til 2003 for virksomheder, som indgår vidensamspil for første gang i 2003. Denne metode sikrer et mere solidt analysegrundlag, da effekten af vidensamspil analyseres på tværs af årstal.

For at opnå sammenlignelige værdier for produktiviteten per medarbejder i paneldata fremskrives produktiviteten per medarbejder i de enkelte år til 2011 med udgangspunkt i inflationsudviklingen.

Såfremt der i en tidsserie er en enkelt manglende observation estimeres disse ved lineær interpolering. Der foretages ikke interpolering over produktiviteten per medarbejder.

6.1.2 Behandling af ekstreme observationer

Tilstedeværelsen af ekstreme observationer kan forvrænge effekterne og mindske præcisionen af effektmålingen. Data kan indeholde ekstreme værdier som følge af fejltastning eller andre faktorer som fusioner eller opsplitning af virksomheder. Disse ændringer kan have en uforholdsmæssig stor effekt på resultaterne. For at afhjælpe denne problemstilling følger denne analyse en metode i tråd med Hall og Mairesse (1995) og fjerner alle observationer for virksomheder, som mellem to på hinanden følgende år enten har oplevet en fordobling eller et fald i produktivitet per medarbejder på 50 pct.

Samtidigt er virksomheder som i mindst én periode oplever negativ værditilvækst udeladt hvortil virksomheder tilhørende råstofindvinding er udeladt. Sidstnævnte skyldes, at branchen er præget af systematisk anderledes forhold med meget store kapitalbeholdninger med tilhørende påvirkning på virksomhedernes værditilvækst og produktivitet per medarbejder. Med andre ord udelades branchen for at minimere risikoen for ekstreme observationers indvirkning på analysens resultater.

For yderligere at sikre analysen mod påvirkning fra ekstreme observationer fjernes de øverste og nederste 5 pct. af observationerne for effektanalysen.

6.1.3 Kontrolgrupper

Kontrolgruppen består af virksomheder, der ikke har indgået vidensamspil med DTU, men som har tilsvarende karakteristika, som virksomheder i treatmentgruppen. Ved at sammenholde virksomheder med og uden vidensamspil i de samme tidspunkter frasorteres effekter af udefrakommende faktorer, der kan påvirke virksomhedernes produktivitet per medarbejder.

For at kunne sige noget konkret om den isolerede effekt af vidensamspil med DTU bør kontrolgruppen udelukkende bestå af virksomheder, som potentielt set har samme sandsynlighed for at indgå i et sådant vidensamspil. Derfor bringes en lang række faktorer i spil som på forskellig vis afslører et bredt spektrum af virksomhedskarakteristika, som forventes at have betydning for både om virksomheder tilvælger en samspilsrelation til DTU samt det potentielle produktivitetsafkast heraf. For eksempel forventes virksomheders brancheforhold og størrelse at spile en væsentlig rolle for om virksomheden forventer at kunne drage fordel af et FoU-projekt. Dertil spiller virksomhedens uddannelsessammensætning samt forsknings- og udviklingsprofil ind for om en virksomhed kan modtage og omsætte den videnskabelse som finder sted i et FoU-samspil med DTU.

Hvis sammenligningsgrundlaget i forbindelse med etableringen af kontrolgruppen blot foretages på et enkelt karakteristika f.eks. antal ansatte, er det en simpel opgave at identificere par af lignende virksomheder. Denne analyse har en langt mere kompleks tilgang til dette sammenligningsproblem, da virksomhederne matches ud fra en lang række virksomhedsspecifikke forhold for at opnå et mere solidt sammenligningsgrundlag. Matchet foretages ud fra den såkaldte propensity score matching-metode.

TABEL 6.1

Matchingproceduren sikrer en troværdig kontrolgruppe

	Før matching		Efter matching	
	Koefficienter	**T-værdi**	**Koefficienter**	**T-værdi**
$\textbf{størrelse: } \mathbf{50-250}$	0.316**	(3.1324)	-0.0715	(-0.4692)
$\textbf{størrelse: } \mathbf{250-1000}$	0.625**	(4.6352)	-0.0156	(-0.0793)
$\textbf{størrelse: } \mathbf{1000-2500}$	1.152**	(5.8249)	0.114	(0.4272)
$\textbf{størrelse: } > 2500$	1.542**	(5.4105)	0.302	(0.8209)
$\mathbf{FoU-intensitet_{t-1}}$	1.802**	(3.6765)	0.423	(0.6472)
$\mathbf{FoU-intensitet^2_{t-1}}$	-1.508**	(-2.8430)	-0.152	(-0.2245)
$\mathbf{eksportintensitet_{t-1}}$	0.0152	(0.1497)	0.0000497	(0.0004)
$\mathbf{ln(kapital_{t-1})}$	0.0986**	(3.9485)	0.0160	(0.4583)
$\mathbf{andel\ med\ øvrige\ VU_{t-1}}$	0.752**	(2.6353)	-0.218	(-0.5381)
$\mathbf{andel\ med\ LVU_{t-1}}$	4.138**	(4.6741)	0.160	(0.1246)
$\mathbf{andel\ med\ LVU^2_{t-1}}$	-5.091**	(-3.1928)	0.136	(0.0584)
$\mathbf{andel\ med\ forskerudd._{t-1}}$	2.544**	(5.0526)	0.183	(0.2302)
$\mathbf{ln(produktivitet_{t-1})}$	0.137*	(1.9395)	0.0181	(0.1892)
konstantled	-9.309	(-0.0254)	-1.858	(-1.4986)

*Note: ** og * indikerer signifikansniveau på henholdsvis 5 pct. og 10 pct.*

. Ud over ovenstående forklarende faktorer medtager modellen årsdummies samt branchedummies følgende 21-branchegrupperingen

Kilde: DAMVAD på baggrund af data fra Danmarks Statistik

Resultatet af at anvende propensity score matchingproceduren er illustreret i tabel 6.1. De første to kolonner viser resultatet før matching, hvor virksomheder i samspil tydeligvis er signifikant forskellige fra virksomheder uden samspil, når det kommer til en lang række nøgleparametre. Signifikante parametre betyder, at der er stor forskel på virksomheder med samspil og virksomheder uden samspil. Som det ses indgår FoU-intensiteten samt Fou-intensiteten kvadreret også som forklarende variable. Sidstnævnte er signifikant negativ og resultatet skal derfor fortolkes som, at jo højere en FoU-intensitet jo større sandsynlighed for at have samspil med DTU, dog med et aftagende marginalafkast, således at den positive effekt på deltagelsessandsynligheden er aftagen jo større FoU-intensitet. Tilsvarende er gældende for variablen beskrivende andelen af ansatte med længerevarende uddannelse.

I kolonne 3 og 4 er vist resultatet af at udføre matching til at etablere en kontrolgruppe. Heraf fremgår, at metoden udvælger en kontrolgruppe, som ikke adskiller sig signifikant fra virksomheder med samspil. Matching-metoden med brug af propensity scores sikrer således et solidt udgangspunkt til at bestemme effekterne af at indgå i samspil.

6.1.4 Kausalitet

Der kan være flere mekanismer, som kan forklare en positiv sammenhæng mellem virksomheders produktivitet og deres deltagelse i samspil med DTU.

Én mulighed er, at virksomheder som er inde i et produktivitetsvækstforløb er mere tilbøjelige til at indgå i FoU-samspil. Modsat kunne man forestille sig, at fordi virksomheder indgår i samspil tilføres ny viden og ekspertise som skærper effektiviteten, konkurrenceevnen og dermed forbedrer virksomhedens produktivitet. Med andre ord er spørgsmålet om virksomheder, der er inde i en positiv udvikling af denne årsag vælger at samarbejde med DTU, eller at virksomheder bliver mere effektive og mere konkurrencedygtige af at samarbejde med DTU. Såfremt sidstnævnte hypotese kan bekræftes, er der belæg for at fastslå, at det er samspillet med DTU, som har betydning for virksomhedernes produktivitet.

Med andre ord udtrykker kausaliteten rækkefølgen på sammenhængen mellem intervention og det målbare afkast.

Det er generelt vanskeligt entydigt at bestemme kausaliteten, og nærværende analyse søger derfor at adressere de udfordringer samt de tilhørende antagelser, som kræves for at fastsætte kausaliteten.

Særligt kan tilstedeværelsen af uobserverbare faktorer udgøre en udfordring for estimeringen af samspilseffekten og resulterer i en bias i resultaterne. Udfordringer opstår såfremt analysen præges af uobserverbare faktorer med væsentlig betydning for, om virksomheder vælger at indgå i et vidensamspil med DTU samt, som kan have betydning for, det potentielle udfald af vidensamspil med DTU på virksomhedernes produktivitet per medarbejder.

For at komme omkring denne udfordring medtager effektanalysen et rigt datagrundlag, som på detaljeret vis forsøger at fange den information, som beskriver virksomheders valg og potentielle afkast af et vidensamspil med DTU.

Dertil udgør virksomheders videnrelation med øvrige universiteter en usikkerhed i analysen. Det skyldes, at både virksomheder i samspil med DTU og virksomheder i kontrolgruppen kan have deltaget i et vidensamspil med andre universiteter, hvor

effekten heraf kan have betydning for analysens resultater.

6.1.5 Estimering af propensity score

Som nævnt gør nærværende analyse brug af propensity score matching til at identificere en særlig udvalgt kontrolgruppe. Den estimerede propensity score angiver sandsynligheden for at etablere et vidensamspil beregnet med udgangspunkt i et samlet udtryk for en lang række baggrundsfaktorer.

De faktorer, som ligger til grund for estimeringen af propensity scoren er angivet i tabel 6.1. Tabellen viser, at modellen tager højde for virksomhedens størrelse, forsknings- og udviklingsprofil, eksport, kapitalforhold foruden i detaljeret omfang at tage højde for medarbejderes uddannelsessammensætning. Dertil tager modellen højde for om den produktivitet virksomheden erfarer op til etablering af samspil er ens for virksomheder med vidensamspil med DTU og kontrolgruppen.

For hver virksomhed bestemmes således en sandsynlighed for at have samspil med DTU. Eksempelvis kunne en virksomhed, der har samarbejdet med DTU få en sandsynlighed, der hedder 80 pct. Denne vil herefter blive sammenlignet med virksomheder, der ikke har indgået i samspil, men som har samme sandsynlighed for at indgå i et vidensamspil med DTU. I denne analyse sammenlignes med de 10 nærmeste kontrolvirksomheder, for at øge præciseringen af den estimerede effekt af deltagelse i vidensamspil med DTU. For at teste robustheden af resultaterne tjekkes om resultaterne ændrer sig nævneværdigt, såfremt der anvendes flere eller færre kontrolvirksomheder.

Virksomhederne matches for hvert år, for at sikre at kontrolgruppen ligner treatmentgruppen for det år (og året forinden), hvor samspillet indgås.

Når en valid kontrolgruppe er bestemt ud fra propensity score matchingproceduren, kan den egentlige effektmåling udføres. Dette gøres ved hjælp af difference-in-difference metoden.

6.1.6 Difference-in-difference

Metoden til difference-in-difference bygger dybest set på en sammenligning af ændringer i output over tid. I denne analyse er det ændringer i produktivitet per medarbejder for virksomheder der indgår i samspil (treatment virksomheder) sammenlignet med virksomheder, der ikke indgår i samspil (kontrolgruppen). Da samspil kan ske på et hvilket som helst tidspunkt i løbet af et regnskabsår, dvs. der tages ikke højde for om samspillet har fundet sted primo eller ultimo det pågældende år, anvendes året *før* samspil som det initiale år. Difference-in-difference modellen ser derfor ud som følger:

$$\delta = Y_1^T - Y_{-1}^T - (Y_1^K - Y_{-1}^K)$$

Hvor δ er effekten, som beregnes som forskellen mellem udviklingen i produktivitet per medarbejder hos treatmentgruppen(T), hvilket kan defineres som produktivitet per medarbejder i tid 1 fratrukket produktivitet per medarbejder i tid -1 og udviklingen i produktiviteten per medarbejder hos kontrolgruppen(K), defineret som produktivitet per medarbejder til tidspunkt 1 fratrukket produktivitet per medarbejder i tid -1.

Hvorvidt der er en signifikant forskel mellem de to grupper, testes efterfølgende ved en OLS regression korrigeret for heteroskedasticitet.

Common support

En almindelig udfordring ved at udføre matching er, at det af og til kan være vanskeligt at finde kontrolvirksomheder, der har samme sandsynlighed for at indgå i samspil, dvs. besidder samme karak-

teristika, som de virksomheder som har deltaget i vidensamspil.

For at afhjælpe denne udfordring indføres en restriktion i effektanalysen, som tilsiger, at samspilseffekten udelukkende identificeres blandt de samspilsvirksomheder for hvilke det er muligt at identificere en tilsvarende kontrolvirksomhed. Det betyder med andre ord, at der i analysen indsættes en restriktion om, at der for hver deltagende virksomhed skal kunne findes en tilsvarende kontrolvirksomhed. Hvis ikke dette er muligt udelades virksomheden af effektanalysen.

6.1.7 Kvalitetssikring af kontrolgruppen

En betydelig del af effektmålingen beror på sammensætningen af kontrolgruppen. Det skyldes, at kontrolgruppen bruges til at give et bud på, hvordan virksomhederne ville have klaret sig, havde de i stedet valgt *ikke* at indgår i et vidensamspil med DTU. For at sikre, at effektanalysen bygger på et validt sammenligningsgrundlag gennemføres en række test af kvaliteten af, hvordan kontrolgruppen er blevet sammensat. Disse tests undersøger, om der er tilstrækkelig god balance mellem de faktorer, som har betydning for om virksomheder indgår i samspil med DTU samt har betydning for, hvad der potentielt set kommer ud af et sådant samspil.

Er der systematiske forskelle mellem treatment- og kontrolgruppen opstår en metodisk usikkerhed, da den estimerede effekt kan afhænge af de systematiske adskillelser, og der vil være risiko for at effekterne af samarbejde enten over- eller underestimeres.

Samlet set gennemføres to forskellige kvalitetstest af sammensætningen af kontrolgruppen. Begge test peger på, at det er lykkedes at sammensætte en valid kontrolgruppe og derved et tilstrækkelig godt sammenligningsgrundlag.

Det ene test blev præsenteret i tabel 6.1. Det andet præsenteres herunder og undersøger standardiserede forskelle i de medtagne forklarende faktorer. Med andre ord testes om middelværdierne før og efter matching er overensstemmende for hver enkelt faktor ved brug af følgende udtryk:

$$Forskel_{før} = 100 * \frac{\bar{X}_T - \bar{X}_C}{\sqrt{\frac{[Var_T(X) + Var_C(X)]}{2}}}$$

$$Forskel_{efter} = 100 * \frac{\bar{X}_{TM} - \bar{X}_{CM}}{\sqrt{\frac{[Var_T(X) + Var_C(X)]}{2}}}$$

$\bar{X}_T$ og $\bar{X}_C$ er gennemsnit for henholdsvis treatment og kontrolgruppen før matching-proceduren, mens $\bar{X}_{MT}$ og $\bar{X}_{CM}$udtrykker de respektive gennemsnit efter matching-proceduren, mens $Var_T(X)$ og $Var_C(X)$ udtrykker variansen på faktor x for henholdsvis treatment- og kontrolgruppen (Lee, W.-S. 2006).

Udtrykt med andre ord undersøger testen niveauet af forskellen i gennemsnittet af de betingende variable skaleret med kvadratroden af variansen i den *før*-matchede stikprøve, hvilket tillader at sammenligne forskelle i hver faktor før og efter matching.

Rosenbaum og Rubin (1985) som har forfattet testen angiver, at teststørrelser over 20 er et udtryk for en problematisk forskel mellem de to grupper.

Tabellen herunder præsenterer den standardiserede forskel for hver forklarende faktor før og efter matchingproceduren. Tabellen viser med al tydelighed, at det vil være problematisk at lade kontrolgruppen bestå af samtlige virksomheder i erhvervslivet.

Samtidigt viser tabellen, hvordan der netop ved at anvende den beskrevne metode identificeres en kontrolgruppe, som på hver enkelt parameter i gennemsnit ligner gruppen af virksomheder med vidensamspil med DTU.

TABEL 6.2

Standardiserede forskelle i nøglefaktorer før og efter matchingproceduren

Forklarende faktorer	Standardiseret forskel før matching	Standardiseret forskel efter matching
Størrelse	40,27	5,02
$\mathbf{FoU - intensitet_{t-1}}$	105,14	-2,06
$\mathbf{FoU - intensitet^2_{t-1}}$	5,61	12,33
$\mathbf{eksportintensitet_{t-1}}$	3,19	5,74
$\mathbf{ln(kapital_{t-1})}$	131,74	6,82
$\mathbf{andel\ med\ øvrige\ VU_{t-1}}$	45,34	-3,09
$\mathbf{andel\ med\ LVU_{t-1}}$	56,62	6,84
$\mathbf{andel\ med\ LVU^2_{t-1}}$	27,12	7,45
$\mathbf{andel\ med\ forskerudd._{t-1}}$	40,67	8,67
$\mathbf{ln(produktivitet_{t-1})}$	37,00	1,35

Note: DAMVAD på baggrund af data fra Danmarks Statistik

7 Litteraturliste

Abramovsky, L. & Simpson, H. (2008). “Geographic Proximity and Firm-University Innovation Linkages: Evidence from Great Britain” CMPO Working Paper No. 08/200.

Danske Universiteter (2011): ”Universiteternes statistiske beredskab”

Eurostat (2002): RTD Evaluation tool box
World Bank (2010): Hand book on impact evaluation – quantitative techniques and practices

Fernandez-Ribas & Shapira (2009): “The role of national and regional programmes in stimulating international cooperation in innovation” i International Journal of Technology Management.

Forsknings- og Innovationsstyrelsen (2011): Økonomiske effekter af erhvervslivets forskningssamarbejde med offentlige videninstitutioner. Innovation: Analyse og evaluering 02/2011

Lee, Wang-Seng (2006): ” Propensity Score Matching and Variations on the Balancing Test”. Empirical Economics DOI: 10.1007/s00181-011-0481-0

Loecker, J. De (2007): ”Do exports generate higher produktivity? evidence from Slovenia”, Journal of
International Economics, 73, 69-98

Mairesse, Jacques og Hall, Bronwyn Hughes, (1995), ’’ Exploring the Relationship Between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms’’

OECD: “Outline of principles in impact evaluation”

Rosenbaum, P. og Rubin, D. (1985):” Constructing a Control Group Using Multivariate Matched Sampling Methods that Incorporate the Propensity Score” American Statistician, 3, s. 33-38.

Styrelsen for Forskning og Innovation (2011): Manual for økonometriske effektmålinger af forskningspolitik

Valentin og Jensen (2010):”Pathways from open science to Invention Impact. DRUID Summer Conference on "Opening Up Innovation: Strategy, Organization and Technology" Imperial College London Business School, June 16 - 18, 2010.



OSLO . COPENHAGEN . DAMVAD.COM

Badstuestræde 20
DK-1209 Copenhagen K
Tel. +45 3315 7554

Essendrops gate 3
N-0368 Oslo
Tel. +47 970 43 859