

**Den erhvervspolitiske værdi
af støtten til den
danske vindmølleindustri**

Svend Jespersen

Arbejdsrapport 2002:3

Sekretariatet udgiver arbejdsrapporter, hvori der redegøres for tekniske, metodemæssige og/eller beregningsmæssige resultater. Emnerne vil typisk være knyttet til dele af formandskabets redegørelser. Sekretariatet har ansvaret for arbejdsrapporterne.

Peder Andersen
Sekretariatschef

ISSN 0907-2977 (Arbejdsrapport - Det Økonomiske Råds Sekretariat)
Tidligere udgivne arbejdsrapporter: se sidste side.

Fås ved henvendelse til:

Det Økonomiske Råd
Sekretariatet
Adelgade 13, 5.
1304 København K

Tlf.: 33 13 51 28

Fax: 33 32 90 29

E-post: dors@dors.dk

Hjemmeside: www.dors.dk

Signaturforklaring:

- Oplysning kan ikke foreligge/foreligger ikke.

Som følge af afrundinger kan summen af tallene i tabellerne afvige fra totalen.

The Value of Cost-Reductions Caused by Government Subsidies to the Danish Windmill Industry

Svend Jespersen
Working paper 2002:3

Abstract: A commonly held belief is that Danish environmental policy in the nineties has stimulated the international competitiveness of the Danish windmill industry. As this industry has created much employment and exported much in the period, the stimulating effect of environmental policy is held to have great value to society. In this paper we estimate the value of learning-by-doing effects in the windmill industry caused by environmental policies which stimulate the demand for windmills. Estimates of the value of policies which support research and development in the windmill industry are also provided.

Keywords: Learning-by-doing, research and development, econometric models

JEL: H2, O3, Q4

Indholdsfortegnelse

| | |
|--|----|
| 1. Indledning..... | 1 |
| 2. Erfaringseksternaliteter..... | 1 |
| 3. En økonomisk model..... | 3 |
| 4. Estimation af erfaringsrater og hjemmemarkedsefterspørgslen efter vindmøller..... | 6 |
| 5. Data..... | 11 |
| 6. Estimationsresultater..... | 13 |
| 7. Beregning af værdien af tiltagene..... | 18 |
| 1. Forskningstilskud..... | 18 |
| 2. Produktionstilskud og anlægstilskud..... | 20 |
| 3. Den samfundsøkonomiske værdi af de analyserede politikker..... | 21 |
| Litteraturliste | 22 |

1. Indledning

Papiret dokumenterer beregningerne i kapitel III.7 i Det Økonomiske Råd (2002), samt præsenterer supplerende beregninger med henblik på at diskutere resultaternes robusthed.

I det efterfølgende beskrives først teorien om erfaringseksternaliteter (learning by doing), dernæst hvordan den kan undersøges empirisk. I afsnit 3 illustreres det i en økonomisk model, på hvilke måder offentlig støtte til en branche kan øge samfundets velfærd. I afsnit 4 beskrives estimation af erfaringseksternaliteter for vindmølleindustrien i Danmark og i afsnit 5 beskrives de anvendte data. I afsnit 6 estimeres en erfaringskurve for vindmølleindustrien og den danske efterspørgsel efter vindmøller (der sælges stort set kun danskproducerede møller i Danmark). I afsnit 7 beregnes værdien af de offentlige støtteforanstaltninger, og udgifterne fratrækkes, så der fremkommer skøn over den samfundsmæssige værdi af tiltagene.

2. Erfaringseksternaliteter

Erfaringseksternaliteter er forbedringer af produktiviteten i en virksomhed som følge af øgede erfaringer i andre virksomheder, og hvor forbedringen af produktiviteten er gratis for de modtagende virksomheder. Den mest almindelige måde at modellere erfaringsopbygning på er som et biprodukt af investering i fysisk kapital: Når en virksomhed øger sit kapitalapparat, øges arbejdsstyrkens produktivitet i alle virksomheder. Et eksempel på tankegangen er: Når en virksomhed indfører et yderligere PC-program, øges medarbejdernes erfaring med at arbejde med PC – de bliver bedre til at arbejde med ethvert PC-program. Dette drager andre virksomheder glæde af, i det omfang arbejdsstyrken cirkulerer mellem virksomhederne.

Det har væsentlige implikationer for bl.a. miljøpolitik, erhvervs politik og handels politik, hvorvidt der eksisterer erfaringseksternaliteter, jf. følgende eksempler: Inden for miljøpolitikken kan eksistensen af erfaringseksternaliteter indebære, at der er vide grænser for den økonomiske vækst, og at fokus måske i højere grad bør være på forureningsspørgsmål end på ressourcospørgsmål. På miljøområdet er det endvidere relevant, hvorvidt erfaringsopbygning på sigt vil gøre miljørigtig teknologi konkurrencedygtig med traditionelle teknologier. På erhvervs politikens område indebærer erfaringseksternaliteter, at vigtige rammebetingelser for virksomhederne er muligheder for at opbygge produktion

i stor skala. På handelspolitikens område kan det være relevant at beskytte indenlandske "infant industries" med henblik på at gøre dem konkurrencedygtige på sigt, hvis der er erfaringseksternaliteter, som ikke i stor grad kommer udenlandske virksomheder til gode. Overordnet indebærer erfaringseksternaliteter endvidere, at den økonomiske vækst i en situation uden offentlige indgreb vil være mindre end den vækst, der maksimerer befolkningens velfærd. Der er derfor behov for offentlig politik til at øge produktion, erfaringsopbygning og vækst.

Forskningen i erfaringseksternaliteter tog udgangspunkt i observationer af betydelige omkostningsbesparelser over tid inden for bl.a. fly- og skibsbygning. Arrow (1962) og Romer (1986) formulerede herefter teorier, hvor den økonomiske vækst i høj grad bliver drevet af, at den enkelte virksomheds erfaringer kommer hele økonomien til gode.

Forudsætningen er altså, at erfaringer overføres mellem virksomheder. Hvis dette skal skyldes mobilitet af arbejdsstyrken, må mobilitetsbarrierer i form af kulturelle forskelle, sprog og geografiske afstande derfor ikke være for betydelige. Ligeledes må virksomhedernes anvendelse af mobilitetshæmmende foranstaltninger, som f.eks. konkurrenceklausuler, ikke være for effektiv.

Ovenstående understreger betydningen af erfaringseksternaliteter for erhvervs- og handelspolitikken. Da arbejdsstyrken typisk kun er lidt mobil over landegrænser, kan erhvervs- og handelspolitik føre til produktivitetsstigninger, der i en længere periode overstiger udlandets, fordi udenlandske virksomheder ikke i stort omfang drager fordel af danske erfaringer. Mobiliteten af højtuddannede er tilsyneladende større end mobiliteten af ufaglærte, jf. Det Økonomiske Råd (2001), men brugen af konkurrenceklausuler er også mere udbredt for højtuddannede. Umiddelbart taler noget for, at erfaringseksternaliteter kan holdes inden for landets grænser, men en endelig vurdering må afvente yderligere analyser.

Det skal understreges, at erfaring godt kan være helt intern for en virksomhed, dvs. kun virksomheden selv drager fordel af opnåede erfaringer. Det kan f.eks. være tilfældet for meget specialiserede virksomheder, der er ene om at anvende en bestemt type kapitalapparat. I tilfældet med intern erfaringsopbygning er offentlig støtte til erhvervene ikke nødvendig eller ønskelig for at realisere vidensoverførsler mellem virksomhederne, med mindre andre markedsimperfektioner forhindrer virksomhederne i at opnå det samfundsmæssigt ønskelige niveau af f.eks. produktion eller beskæftigelse. Et eksempel på andre markedsimperfektioner kan være kreditmarkedsimperfektioner, der kan forhindre den samfundsmæssigt optimale interne erfaringsopbygning i virksomhederne og derved

nødvendiggøre offentlig støtte til erhvervslivet.

For at vurdere værdien af offentlige tiltag rettet mod hjemmemarkedsefterspørgslen efter vindmøller er det nødvendigt dels at have skøn over erfaringskurven for vindmølleindustrien, dels at have skøn over tiltagens virkning på efterspørgslen.

3. En økonomisk model

I det efterfølgende betragtes en økonomi med to goder, vindmøller og et numeraire gode. Vindmøllefabrikanter benævnes $i=1,2,\dots,I$ og tiden benævnes $t=0,1,2,\dots$. Der antages at være imperfekt konkurrence på vindmøllemarkedet, nærmere bestemt antages der at være Cournotkonkurrence. Forbrugerne har præferencer for vindmøller, der fører frem til en aggregeret invers efterspørgselsfunktion $P(Q_t, \tau_t)$, hvor Q_t angiver det samlede solgte antal vindmøller på tidspunkt t , $Q_t = \sum_{i=1}^I q_{it}$, og τ er et offentligt støtteinstrument. Implicit i denne formulering af efterspørgslen er det antaget, at vindmøller afskrives fuldt ud efter en periodes brug. Derfor optræder tidligere perioders salg af vindmøller ikke i efterspørgselsfunktionen. Antag, at $P(0, \tau) > 0$, $P'_Q < 0$, $P''_Q \leq 0$, $P'_\tau > 0$.

Vindmøller produceres ved hjælp af numeraire godet i en produktionsfunktion med konstant skalaafkast

$$q_{it} = \tilde{A}(Q_{t-1}, F_t) z_{it}, \text{ hvor } Q_{t-1} = \sum_{j=0}^{t-1} Q_j$$

hvor y angiver en virksomheds produktion og z er input af numeraire godet i produktionsprocessen. F er andre faktorer, der påvirker virksomhedernes produktivitet, som f.eks. offentlig forskning og udvikling. Det er vigtigt at skelne mellem Q_t , der angiver den samlede mængde, solgt af alle virksomheder, på et tidspunkt, og Q_{t-1} der angiver den samlede mængde, solgt af alle virksomheder til dato. Learning by doing indebærer en antagelse om, at $\tilde{A}_{Q_{t-1}} > 0$. Virksomhed i 's omkostningsfunktion bliver herefter

$$c(q_{it}, Q_{t-1}, F_t) = q_{it} (\tilde{A}(Q_{t-1}, F_t))^{-1} \equiv q_{it} A(Q_{t-1}, F_{t-1})$$

hvor $A > 0$, $A'_Q < 0$, A'_F kan være positiv eller negativ, afhængig af hvilken faktor, der betragtes. Hvis F er forskning og udvikling, må $A'_F < 0$.

Det antages, at virksomhederne er involveret i Cournot-konkurrence. De individuelle virksomheder profitmaksimerer:

$$\max_{q_{it}} P(Q_t, \tau_t) q_{it} - c(q_{it}, Q_{t-1}, F_t)$$

$$\Downarrow$$

$$\hat{q}_i(\tau_t, Q_t^{-i}, Q_{t-1}, F_t)$$

\hat{q} angiver virksomhedens reaktionsfunktion, der afhænger af den offentlige støtte, andre virksomheders produktion, Q^{-i} , og kumuleret fortidig produktion, Q_{t-1} . Bemærk, at det antages, at producenterne betragter al erfaringsopbygning som ekstern. Denne antagelse kan forsvares, hvis der enten er relativt mange virksomheder i branchen, således at hver virksomhed kun bidrager med en lille del af erfaringsopbygningen. Antagelsen kan også forsvares, hvis virksomhederne diskonterer fremtiden tilstrækkeligt meget. Givet antagelserne, der er pålagt efterspørgselsfunktionen og omkostningsfunktionen, kombineret med nogle tekniske antagelser, jf. Tirole (1988), findes der en entydig Cournot ligevægt i dette marked, hvor virksomhed i producerer $\hat{q}_i(\tau_t, Q_{t-1}, F_t)$. Det samlede salg af vindmøller på tidspunkt t bliver så $\hat{Q}(\tau_t, Q_{t-1}, F_t)$. Forbrugeroverskuddet kan beregnes som

$$\int_0^{\hat{Q}} (P(Q, \tau_t) - P(\hat{Q}, \tau_t)) dQ$$

og producentoverskuddet som

$$\sum_{i=1}^I \int_0^{\hat{q}_i} (P(\hat{Q}, \tau_t) - A(Q_{t-1}, F_t)) dq_i =$$

$$\sum_{i=1}^I \hat{q}_i P(\hat{Q}, \tau_t) - \hat{q}_i A(Q_{t-1}, F_t) =$$

$$\hat{Q} P(\hat{Q}, \tau_t) - A(Q_{t-1}, F_t) \hat{Q}$$

Det samlede samfundsmæssige overskud fra vindmølleproduktion fremkommer ved at lægge forbrugeroverskud og producentoverskud sammen:

$$TS_t = \int_0^{\hat{Y}_t} P(Y_t, \tau_t) dY_t - A(Y_{t-1}) \hat{Y}_t$$

og betragt det samlede overskud over tid

$$TS_t^\infty = \sum_{j=t}^{\infty} \frac{1}{(1+r)^{j-t}} TS_j$$

I det efterfølgende betragtes en ændring i τ fra et initialt niveau på τ_1 til et nyt niveau, τ_2 . Ændringen i τ antages at være midlertidig, således at τ efter at være steget på tidspunkt t vender tilbage til initialniveauet på tidspunkt $t+1$ og forbliver konstant derefter. Dette tiltag har følgende effekter:

$$\begin{aligned}
\frac{dTS_t^\infty}{d\tau_t} &= [P(\hat{Q}_t(\tau_1, \cdot), \tau_1) - A(Q_{t-1}, F_t)] \frac{d\hat{Q}_t}{d\tau_t} \Big|_{\tau_1} + \int_0^{\hat{Q}_t} P'_\tau \Big|_{\tau_1} dQ_t \\
&+ \frac{1}{1+r} [[P(\hat{Q}_{t+1}(\hat{Q}_t(\tau_1, \cdot)), \tau_1) - A(Q_t(\tau_1), F_{t+1})] \frac{d\hat{Q}_{t+1}}{d\hat{Q}_t} \frac{d\hat{Q}_t}{d\tau_t} \Big|_{\tau_1} \\
&\quad - \hat{Q}_{t+1}(\hat{Q}_t(\tau_1, \cdot), \tau_1) A'_Q \frac{d\hat{Q}_t}{d\tau_t} \Big|_{\tau_1}] \\
&\quad + \dots
\end{aligned}$$

Fra ovenstående udtryk fremgår tre typer effekter. Den første effekt kommer fra, at politikken mindsker tabet som følge af ufuldkommen konkurrence. Mangel på konkurrence gør, at prisen overstiger marginalomkostningen, og forbrugeroverskuddet derfor vil stige som følge af større salg ved prisen $P(\hat{Q}_t, \tau_t)$. Denne effekt svarer til leddene $P-A(Q, F)$ i ovenstående formel. Disse effekter vil også optræde i fremtidige perioder, fordi learning by doing effekter bliver ved med at øge salget af vindmøller, jf. senere.

Den anden effekt består i, at en offentlig politik øger forbrugernes nytte af vindmøller, f.eks. øger tilskud til elproduktion fra vindmøller ejernes overskud ved sådan elproduktion. Denne effekt svarer til leddet $\int_0^{\hat{Q}_t} P'_\tau$. Denne effekt optræder kun i de perioder, hvor offentlig politik direkte stimulerer efterspørgslen, dvs. i de perioder, hvor τ er positiv.

Den sidste effekt består i, at stigende salg af vindmøller fører til øget erfaringsindhentning, hvilket reducerer omkostningerne ved at producere vindmøller. Dette svarer til leddet $\hat{Q}_{t+1} A'_Q \frac{d\hat{Q}_t}{d\tau_t}$. Omkostningsfaldet fører til stigende produktion i fremtidige perioder, så effekterne vil vare ved i en periode.

De tre effekter kan også fortolkes som henholdsvis aktivitetseffekter, fordelingspolitiske effekter og erhvervspolitiske effekter. Det er velkendt fra bl.a. Blanchard og Kiyotaki (1987), at når der er imperfekt konkurrence på et forbrugsgode, har finanspolitik en positiv rolle idet den øger produktionen og derved forbrugeroverskuddet. Denne effekt fremkommer også i den model, der er skitseret i det foregående. Den anden effekt består i, at en bestemt gruppe personers forbrug af et bestemt gode "subsidières" af det offentlige. Da finansieringen af støtten til forbruget af vindmøller skal finansieres og persongruppen, der finansierer næppe modtager en støtte til deres forbrug af vindmøller, der svarer til den betaling, de yder, vil støtten til vindmøller indebære et omfordelende element. Den sidste

effekt betegnes “erhvervspolitisk”, da den indebærer, at en branches produktionsomkostninger reduceres.

I det efterfølgende beregnes aktivitetseffekter og fordelingspolitiske effekter ikke. Det skyldes primært ønsket om at fokusere på det erhvervspolitiske effekter, da disse ofte fremhæves som særligt betydningsfulde. Da støtten til vindmølleproduktion givetvis har skabt beskæftigelse i visse geografiske områder i Danmark, vil det at se bort fra aktivitetseffekter givetvis føre til en undervurdering af politikens fordele. Det er tvivlsomt, om de personer, der modtager subsidierne, befinder sig i den nedre ende af indkomstfordelingen, og derved er det tvivlsomt, om den fordelingspolitiske effekt er særlig stor.

Finansieringen af subsidierne har samfundsøkonomiske omkostninger, og der er miljømæssige gevinster tilknyttet støtte til vindmølleproduktion. Disse effekter er beregnet i Søbygaard (2002).

4. Estimation af erfaringsrater og hjemmemarkedsefterspørgslen efter vindmøller

Da spørgsmålet, om der eksisterer erfaringseksternaliteter, har stor betydning for mange politikområder, findes der mange studier, hvori der beregnes erfaringskurver for forskellige brancher. I de seneste år har forskningen især taget fart inden for undersøgelse af erfaringsopbygningen for energiteknologi. Den stigende interesse inden for dette område skyldes i høj grad den internationale bekymring for menneskeskabte klimaændringer, og den deraf følgende interesse for energiteknologier, der ikke øger udledningen af drivhusgasser til atmosfæren. Det Internationale Energiagentur, IEA, har været en væsentlig drivkraft i dette arbejde og opsummerer en række studier i IEA (2000).

Der er foretaget flere danske studier af erfaringsrater inden for vindmølleproduktion. Madsen mfl. (2002) estimerer erfaringsrater både ud fra tidsseriedata og ved brug af oplysninger, der er specifikke for enkelte vindmølleparker. Ved brug af paneldata kan der skelnes mellem effektivitetsfremskridt som følge af erfaringsopbygning og fremskridt inden for vindmølleteknologi. Papiret finder, at en stor del af faldet i omkostningerne ved at fremstille elproduktionskapacitet på vindmøller skyldes fremskridt inden for vindmølleteknologi, men at erfaringsraten trods alt er omkring 4 pct.

Det er almindeligt at tage udgangspunkt i estimation af følgende ligning

$$c_t = c_0 Q_{t-1}^{-e} F_t^{-f} \quad (1)$$

hvor c_t angiver enhedsomkostninger, der antages at være ens for alle virksomheder, ved produktion af en vare på tidspunkt t , Q_{t-1} er den samlede mængde produceret hidtil, og F_t er en samling variable, der kontrollerer for andre forhold end erfaring, der påvirker venstresidesvariablen. c_0 , e og f er de parametre, der skal estimeres. Indsættes parametren e i formlen $(1-2^{-e})$, opnås erfaringsraten.

Dette papir forsøger at estimere betydningen af erfaring for danske vindmølleproducenters omkostninger ved at producere vindmøller. Omkostningerne ved produktion til alle markeder indgår derfor.

Der knytter sig en del spidsfindigheder til ligningen (1). Hvordan måles og aggregeres f.eks. virksomhedernes omkostninger? Når egentlige omkostningstal indgår, er det typisk totale enhedsomkostninger, dvs. indeholdt såvel faste som variable enhedsomkostninger. Det er indlysende, at de faste enhedsomkostninger i en periode falder med produktionen i perioden. Da produktionsniveauet på tidspunkt t , Q_t , ofte indgår i (1) som en kontrolvariabel, skal det erindres, at parametren til Q_t både kan opfange sammenhængen mellem faste enhedsomkostninger og mængde og mellem variable enhedsomkostninger og f.eks. den samlede efterspørgsel på markedet. Ideelt set skulle omkostningsdata baseres på de undersøgte virksomheders interne regnskaber, for at sikre størst nøjagtighed. Flere problemer melder sig dog i forhold til at anvende omkostningsdata. Dels er selve indsamlingen omkostningsfuld, og dels kan virksomhederne have en modvilje mod at udlevere sådanne data, hvis de frygter, det kan skade deres konkurrenceposition. I mangel af omkostningsdata bruges ofte oplysninger om salgspriser.

Salgspriser er brugbare som indikatorer for omkostninger, hvis markedet befinder sig i en langsigtlig vægt, hvor markedet er af nogenlunde konstant størrelse og virksomhedernes markedsandele er konstante. I dette tilfælde vil prisen være et konstant "mark-up" på de variable omkostninger. Det er imidlertid tvivlsomt, om den danske vindmølleindustri har befundet sig i en langsigtlig vægt over perioden 1983-98, som dette papirs data vedrører. Hvis learning by doing er vigtigt i en branche, kan der endvidere være grund til at tro, at antallet af virksomheder i branchen vil være faldende over tid, jf. Dasgupta og Stiglitz (1988). For at kontrollere for udviklingen i virksomhedernes "mark-up" inddrages danske vindmølleproducenters verdensmarkedsandel i kontrolvariablene F som et forsøg på at indfange udviklingen i markedsstrukturen. En bedre indikator havde været et koncentrationsindeks, som f.eks. Herfindahl-indekset, men det har ikke været muligt at beregne denne indikator for hele perioden 1983-98.

I det efterfølgende anvendes prisen på en vindmølle divideret med vindmøllens produktionskapacitet i kilowatt (KW) som indikator for enhedsomkostningerne. Data stammer fra Madsen mfl. (2002). Priserne er baseret på en stikprøve af 833 vindmølleinstallationer opført i Danmark mellem 1980 og 1999. Omkostningerne skønnes som $0,88 \cdot \text{prisen}$.

Et problem med tilgangen anvendt i kapitlet er, at omkostningerne for forskellige vindmølleserier indgår i vurderingen af omkostningerne. Paneldata er nødvendigt for at indfange virkningen på omkostningsniveauet af fremkomst af nye vindmølletyper.

Et andet problem omhandler afgrænsningen af, hvilke mængder, der skal indgå i Q . Med (1) forsøges det at estimere, hvad der afgør danske virksomheders omkostninger ved produktion til verdensmarkedet. Formodes virksomhedernes omkostninger at afhænge af udenlandske virksomheders samlede produktion til dato bør der tages højde for dette i konstruktionen af Q . Det kan også være relevant at belyse, hvorvidt der høstes mere erfaring pr. mølle solgt til hjemmemarkedet end til eksportmarkedet. Dette kan enten skyldes, at vindmølletyper, der afsættes på eksportmarkedet, er forskellige fra de typer, der afsættes på hjemmemarkedet, eller at erfaring opbygges springvist, således at en lille stigning i hjemmemarkedsafsætningen gør det muligt at opnå stor erfaringsopbygning. Den metode, der anvendes i nærværende papir, er bedst til at opfange den anden type effekter. Følgende rejser tvivl om, hvorvidt den første type effekter har stor betydning:

- den gennemsnitlige kapacitet på møller solgt på det danske marked er mindre end i de fleste andre lande

- den gennemsnitlige kapacitet på møller solgt i 1999 på det danske marked er mindre end i Tyskland og ikke meget forskellig fra den gennemsnitlige kapacitet på møller solgt i Sverige og USA

De tal, der er til rådighed, fortæller ikke, om danske vindmølleproducenter sælger møller af større kapacitet på det danske marked end på eksportmarkedet, så det kan ikke udelukkes, at hjemmemarkedet bidrager med mere erfaringsopbygning.

Da det foreliggende datasæt ikke indeholder virksomhedsspecifikke oplysninger, er det ikke muligt at belyse, om der finder erfaringsoverførsel sted mellem danske virksomheder, eller om al erfaringsopbygning er intern. Analysens formål er dog først og fremmest at kortlægge den samlede betydning af erfaringsopbygning på

omkostningerne, ikke at vurdere, hvorvidt erfaringsopbygningen er intern i individuelle danske vindmøllefabrikanter. Til analysens formål er det derfor mindre nødvendigt at have virksomhedsspecifikke oplysninger.

Som indikator for den samlede producerede mængde anvendes den samlede solgte elproduktionskapacitet. Det bemærkes, at dette ikke er en perfekt indikator til brug i erfaringskurven, da erfaring bestemmes af den producerede mængde snarere end den afsatte mængde.

I den mest generelle model formuleres Q som

$$Q = Q^{eksport} + e_{DK}Q^{DK} + e_{udland}Q^{udland}$$

hvor $Q^{eksport}$ angiver danske producenters samlede eksport til dato, Q^{DK} angiver danske producenters samlede salg på hjemmemarkedet og Q^{udland} er udenlandske producenters samlede salg. Hvis e_{DK} er større end 1, giver hjemmemarkedet mere erfaring end eksportmarkedet, og hvis e_{udland} er positiv, drager danske producenter glæde af udenlandske producenters erfaringer.

Kontrolvariablene F indeholder som nævnt verdensmarkedsandelen for danske vindmøllefabrikanter for at korrigere for, at priser og omkostninger kan udvikle sig forskelligt fra hinanden som følge af ændrede konkurrenceforhold. Herudover forsøges det at tage højde for, at efterspørgselsforholdene kan påvirke de variable omkostninger ved at inddrage den samlede verdensmarkedsafsætning i året. Der tages også højde for, at offentlig forskning og udvikling kan påvirke produktionsomkostningerne for vindmøller. Indikatoren konstrueres som den deflaterede og afskrevne sum af hidtidige offentlige investeringer i forskning og udvikling. Afskrivningsraten er valgt til 15 pct. p.a.¹ Det har ikke været muligt at tage højde for vindmølleproducenternes egne investeringer i forskning og udvikling, da sådanne data ikke er tilgængelige. Der må formodes at være en positiv korrelation mellem offentlige- og private FoU udgifter, da private virksomheder skal afholde nogle forsknings- og udviklingsudgifter for at drage glæde af offentlig forskning. Dette skyldes, at offentlig forskning i høj grad er grundforskning. Ved ikke at tage højde for private FoU-udgifter, overvurderes effekten af offentlig FoU sandsynligvis. Der taget højde for eksogene produktivitetfremskridt, idet der inddrages en

1) Når vi afskriver forskning, men ikke erfaring skyldes det, at der ikke er tradition for at afskrive erfaring inden for litteraturen. Vi har lagt vægt på sammenlignelighed med andre studier og overlader spørgsmålet om afskrivning af erfaring til kommende studier.

trend.

Den mest generelle specifikation af erfaringskurven bliver herefter

$$\ln c_t = k + e \ln(Q_{t-1}^{eksport} + e_{DK} Q_{t-1}^{DK} + e_{udland} Q_{t-1}^{udland}) + f_1 \ln(FoU_{t-1}^{off}) + f_2 \ln(s_t^{DK}) + f_3 \ln(trend) + f_4 \ln(afsætning_t^{verden}) \quad (2)$$

hvor s^{DK} er danske vindmølleproducenters verdensmarkedsandel. Der forsøges med forskellige lags af Q og FoU .

Vi ønsker at teste hypotesen

$$H_0: e_{DK} = 1 \wedge e_{udland} = 0 \text{ vs. } H_1: \text{non-}H_0$$

for at belyse, hvorvidt hjemmemarkedet har særlig betydning for danske vindmølleproducenters erfaringsopbygning og, hvorvidt danske vindmølleproducenter drager glæde af udenlandske konkurrenters erfaringer.

Morthorst (2002) belyser, hvilke faktorer der bestemmer privates investering i vindmøller og finder, at såvel økonomiske forhold som hensyn til miljøet spiller en stor rolle. Derfor er det relevant at estimere den samlede vindmølleefterspørgsel i Danmark og inddrage offentlige tilskudsordninger. Der har været mange tilskudsordninger i kraft siden begyndelsen af 1980'erne, heriblandt skattebegunstigelse, anlægstilskud og produktionstilskud. Desuden begunstiges private vindmølleejere af fordelagtige afregningsregler for deres leverancer til elværkerne, og det forhold, at elværkerne har en pligt til at aftage vindmølleel. I de efterfølgende estimationer tages der kun højde for anlægs- og produktionstilskud. Hertz (2002) opgør skatteværdien af begunstigelsen for private vindmølleejere. Denne begunstigelse er dog kun givet i en kort periode, og er af begrænset størrelse. I lyset af, at vi kun har få observationer til rådighed, og der er grund til at tro, at skattesubsidiets betydning har været forholdsvis lille, tillader vi os at se bort fra det.

Elværkernes opførelse af vindmøller har fra offentlig side været stimuleret ved hjælp af de såkaldte "megawatt-aftaler", hvorigennem elværkerne er blevet forpligtet til at opføre store mængder elproduktionskapacitet på vindmøller. I estimationen tages der højde for dette ved at indføre dummies for de år, forskellige megawatt-aftaler har været i kraft.

For at vurdere effektiviteten af tilskud, der stimulerer hjemmemarkedsefterspørg-

slen, estimeres en regression for hjemmemarkedsefterspørgslen. Der testes ned fra følgende model:

$$\ln Q_t^{dk} = k_0 + k_1 \ln p_t + k_2 \ln p_t^{kul} + k_3 \ln p_t^{olie} + k_4 \ln s_t^{produktion, elværk} + k_5 \ln s_t^{produktion, privat} + k_6 \ln s_t^{anlæg} + k_7 \ln el_t + k_8 D_{86} + k_9 D_{90} + k_{10} D_{96} \quad (3)$$

hvor Q er den afsatte produktionskapacitet i MW på det danske marked, p er prisen pr. KWH produktionskapacitet, p^{kul} og p^{olie} er henholdsvis kul- og olieprisen, $s^{produktion, elværk}$, $s^{produktion, privat}$ og $s^{anlæg}$ er produktionstilskud til elværksejede møller, privatejede møller og anlægstilskud til privatejede møller. el er det samlede elforbrug i Danmark og D er dummy'er for henholdsvis årene efter 1986, hvor den første 100 MW aftale med elværkerne blev indgået, 1990, hvor den anden 100 MW aftale blev indgået og der blev udformet en CO₂-målsætning og 1996, hvor der blev indgået en 200 MW aftale med elværkerne.

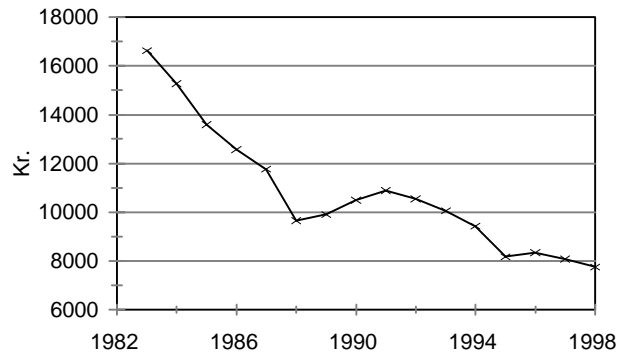
5. Data

Data er indsamlet fra en række kilder. Oplysninger om salg af vindmøller til henholdsvis hjemme- og eksportmarked stammer fra Vindmølleindustrien (2001) og BTM consult. BTM consult (2001) er kilde til de anvendte prognoser for efterspørgselsudviklingen fra 2001 til 2005, og firmaet har også leveret oplysninger om verdensmarkedsafsætningen af vindmøller og danske vindmølleproducenters samlede markedsandel. Oplysninger om prisen på vindmøller, pris pr. KW elproduktionskapacitet, findes i Madsen mfl. (2002), mens oplysninger om offentlige produktionstilskud og anlægstilskud til vindmøller er baseret på Energistyrelsen (2000) og Hertz (2001), og oplysninger om offentlige forsknings-tilskud stammer fra Energistyrelsens 3. kontor. Olie- og kulpriser er hentet i Adam's databank, og oplysninger om det samlede energiforbrug i Danmark findes i Danmarks Statistik.

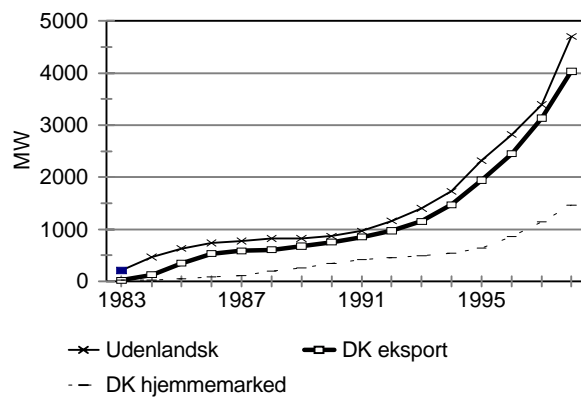
Prisen på vindmøllers elproduktionskapacitet er angivet i figur 1. Det ses, at prisen er faldet fra 1983 til 1998. I forbindelse med den californiske afsætningskrise i midten af firserne opstod store prisfald, som senere fortonede sig i takt med at markedet normaliseredes. Figur 2 viser, hvorledes den samlede afsætning af vindmøller på verdensmarkedet til dato, målt efter produktionskapacitet, er fordelt på danske virksomheders afsætning på henholdsvis hjemme- og eksportmarkedet og udenlandske virksomheders afsætning. Figur 3 viser de kumulerede offentlige tilskud til forskning og udvikling af vindmølleteknologi. Alle nominelle størrelser er deflateret med BFI deflatoren til 2002 niveau. Forskning og udvikling er

afskrevet med 15 pct. årligt.

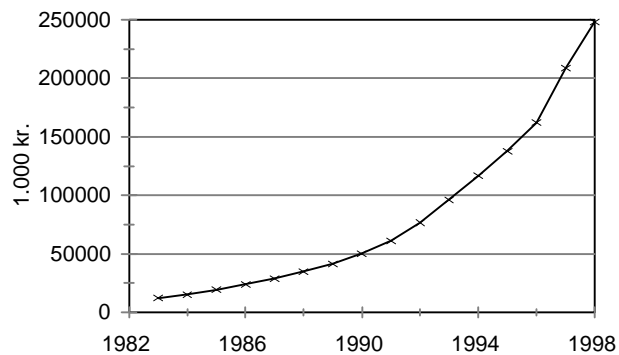
Figur 1: Pris pr. kW produktionskapacitet, 2002 priser.



Figur 2: Fordelingen af verdens kumulerede produktion af vindmøller



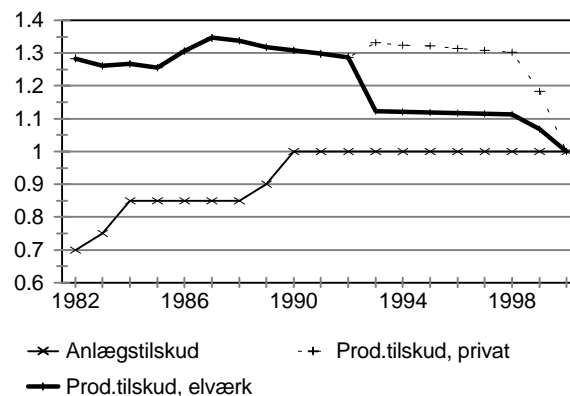
Figur 3: Kumuleret offentlig FoU, 2002 priser



Der er næppe tvivl om, at disse serier er ikke-stationære, og brugen af mindste kvadraters metode i det efterfølgende kan være problematisk. Fra graferne, især figur 2 og 3 får man umiddelbart den tanke, at en trend-stationær model – formuleret i logaritmer – nok er et udmærket udgangspunkt for estimation af en erfaringskurve. Problemet med vores tilgang er dog, at der er så få observationer til rådighed, at det vil være vanskeligt ud fra statistiske kriterier at bestemme, hvorvidt en trend-stationær model er at foretrække fremfor en differens-stationær model. Fra figur 2 ser det også ud til at blive vanskeligt at identificere betydningen af de forskellige delelementer i verdens produktion for erfaringsopbygningen.

Til estimation af betydningen af støtten til hjemmemarkedet anvendes data for produktionstilskud pr. kWh elproduktion fra vindmøller og for anlægstilskudsprocenten. Produktionstilskud deflateres, og der skelnes mellem produktionstilskud til elværksejede og privatejede møller. Variablene transformeres således, at produktionstilskudsvariable bliver $(1 + \text{produktionstilskud})$ og anlægstilskudsvariablen bliver $(100 - \text{anlægstilskudspct.})/100$. Figur 4 viser tidsserier over tilskudsvariablene.

Figur 4: Diverse offentlig støtte til hjemmemarkedet for vindmøller, transformerede variable



6. Estimationsresultater

Ligningen (2) estimeres og nedtestes for både Q_{t-1} og Q_{t-2} . Vi ender med at vælge specifikationen med Q_{t-2} , men nedtestningen af begge modeltyper gennemgås i det efterfølgende.

I tabel 1 er model 1 en helt urestringeret model for erfaringskurven i vindmøllebranchen, model 2 er en nedtestet model, hvor alle insignifikante parametre er fjernet, de mest insignifikante først. Model 4 fremkommer uanset hvilken af følgende tilgange, der vælges til at pålægge restriktionen $e_{DK} = 1 \wedge e_{udland} = 0$. Ved den første tilgang pålægges restriktionen fra start og der nedtestes således, at de mest insignifikante parametre fjernes først. Ved den anden tilgang nedtestes modellen ved fjernelse af de mest insignifikante parametre, men når man ellers skulle restringere $e_{DK} = 0$, forsøges i stedet med restriktionen $e_{DK} = 1$.

Ved nedtestningen af modellerne er det valgt ikke at fjerne e selvom den er mindre signifikant end andre parametre. Det gøres dels fordi e ikke kan fjernes uden også at fjerne e_{DK} og e_{udland} og fordi vi ønsker at give erfarings-hypotesen en chance. Ved et F-test af model 4 mod model 1 kan model 4 ikke afvises. Det kan model 2 derfor heller ikke. Flere ting taler for, at model 2 er bedre end model 4. For det første er fejlkvadratsummen lidt mindre for model 2, for det andet kan vi bedre fastholde hypotesen om uafhængige fejllid i model 2. Det tillægges mindre betydning, at det er vanskeligere at fastholde hypotesen om normalfordelte fejllid i model 2 end i model 4.

Tabel 1 Nedtestning af erfaringskurve med Q_{t-1} som indikator for erfaring

| | Model 1 | Model 2 | Model 3 | Model 4 | Model 5 |
|---|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| k | 11,19* (0,78) | 10,95* (0,29) | 10,18* (0,11) | 10,94* (0,30) | 10,15* (0,08) |
| e | -0,087 (0,10) | -0,07* (0,03) | -0,15* (0,02) | -0,07* (0,03) | -0,14* (0,01) |
| e_{DK} | -6,54 (33,45) | • | • | 1 (restr.) | 1 (restr.) |
| e_{udland} | 2,07 (15,35) | • | • | 0 (restr.) | 0 (restr.) |
| f_1 | 0,34 (0,55) | -0,11* (0,04) | • | -0,11* (0,04) | • |
| f_2 | 0,01 (0,12) | • | • | • | • |
| f_3 | -1,77 (1,86) | • | • | • | • |
| SSE | 0,025 | 0,048 | 0,078 | 0,052 | 0,08 |
| Test for fravær af autokorrelation i fejllene (p-værdi) | 0,31 | 0,21 | 0,25 | 0,17 | 0,14 |
| Shapiro-Wilk test for normalfordelte fejllene (p-værdi) | 0,09 | 0,19 | 0,37 | 0,24 | 0,15 |
| Observationer | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |

Anm.: * angiver, at parameteren er signifikant på 5 pct. signifikansniveau. "restr." angiver, at parameterværdien er restringeret. Test for autokorrelation i fejllene omfatter op til 3. ordens autokorrelation. Når den samlede verdensmarkedsafsætning inkluderes i ligningen kan den ikke-lineære estimationsalgoritme ikke konvergere og variabelen udelades. Tal i parentes er standardafvigelse.

Model 3 og model 5 er medtaget for at kunne sammenligne beregningerne med andre studier af erfaringsrater. Andre studier finder typisk højere erfaringsrater

end dem, der præsenteres i model 4 og 2. Hvis den signifikante indikator for offentlig forskning og udvikling udelades, får vi skøn, der minder om erfaringsraterne fundet i Madsen mfl. (2002). Hvis man skulle vælge efter modellernes statistiske egenskaber, ville man ende med en model, hvor hjemmemarkedet ikke medfører erfaring.

Nedtestningen af modellen med Q_{t-2} kan ses i tabel 2. I tabel 2 er model 6 en helt urestringeret model og model 7 er en nedtestet model, hvor alle insignifikante parametre er fjernet, de mest insignifikante først. Model 8 fremkommer uanset hvilken af følgende tilgange, der vælges til at pålægge restriktionen $e_{DK} = 1 \wedge e_{udland} = 0$. Ved den første tilgang pålægges restriktionen fra start og der nedtestes således, at de mest insignifikante parametre fjernes først. Ved den anden tilgang nedtestes modellen ved fjernelse af de mest insignifikante parametre, men når man ellers skulle restringere $e_{DK} = 0$, forsøges i stedet med restriktionen $e_{DK} = 1$. Ved nedtestningen af modellerne er det valgt ikke at fjerne e selvom den er mindre signifikant end andre parametre, af samme årsager som ovenfor. Ved et F-test af model 8 mod model 6 kan model 8 ikke afvises. Det kan model 7 derfor heller ikke. Model 9 er medtaget for at kunne sammenligne beregningerne med andre studier af erfaringsrater. Model 7 har lavere fejlkvadratsum end model 8, som til gengæld klarer tests for uafhængighed i fejllidene og normalitet bedre.

Estimationen af erfaringskurven er forbundet med stor usikkerhed, idet datasættet er meget lille, og den ikke-lineære estimationsprocedure vanskeliggør identifikation af erfaringsparametrene. Hvis man ønsker at give hypotesen om indlæring på hjemmemarkedet en chance, kan man vælge mellem model 8 og model 4. Model 8 er at foretrække, da fejlkvadratsummen er lavere, den klarer misspecifikations-tests bedre, og ved et encompassing-test af de to modeller bliver Q_{t-1} den mindst signifikante.

Tabel 2 Nedtestning af erfaringskurve med Q_{t-2} som indikator for erfaring

| | Model 6 | Model 7 | Model 8 | Model 9 |
|--|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| k | 9,48 (4,11) | 11,36* (0,2) | 10,81* (0,32) | 9,97* (0,07) |
| e | -0,10 (0,3) | • | -0,06* (0,02) | -0,12* (0,01) |
| e_{DK} | 4,4* (1,24) | • | 1 (restr.) | 1 (restr.) |
| e_{udland} | -0,49 (0,22) | • | 0 (restr.) | 0 (restr.) |
| f_1 | -0,53 (0,81) | -0,20 (0,02) | -0,11* (0,04) | • |
| f_2 | -0,24 (0,14) | -0,10 (0,03) | • | • |
| f_3 | 2,37 (2,36) | • | • | • |
| f_4 | -0,13 (0,3) | • | • | • |
| SSE | 0,0217 | 0,0224 | 0,049 | 0,076 |
| Test for fravær af autokorrelation i fejllid (p-værdi) | 0,59 | 0,17 | 0,32 | 0,21 |
| Shapiro-Wilk (p-værdi) | 0,28 | 0,26 | 0,67 | 0,32 |
| Observationer | 15 | 15 | 15 | 15 |

Anm.: * angiver, at parameteren er signifikant på 5 pct. signifikansniveau. "restr." angiver, at parameterværdien er restringeret. Tal i parentes er standardafvigelse.

Modellen (3) for hjemmemarkedsefterspørgslen nedtestes vha. SAS-rutinen "backwards", der systematisk fjerner de mindst signifikante parametre efter tur.

Slutresultatet bliver følgende regressionsligning

Tabel 3 Estimation af hjemmemarkedsefterspørgsel

| | k_0 | k_1 | k_2 | k_4 | k_5 | k_6 | k_7 | k_{10} |
|--|--------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Skøn | -189,36 (50,75) | -4,17 (0,74) | 4,83 (0,74) | 2,89 (0,85) | 29,72 (8,07) | -5,96 (1,68) | 11,89 (2,39) | 1,69 (0,32) |
| Observationer: 16 R ² : 0,99 Autokorrelationstest (Durbin-Watson): 3,094 Normalitetstest (Shapiro-Wilk), p-værdi: 0,25 | | | | | | | | |

Anm.: Alle parametrene er signifikante på 5 pct. Tal i parentes er standardafvigelser.

Der er ikke noget, der tyder på misspecifikation af modellen, men med kun 15 observationer har disse tests sandsynligvis begrænset styrke.

7. Beregning af værdien af tiltagene

Værdien af tiltagene beregnes som forskellen mellem vindmølleindustriens omkostninger uden og med offentlige tiltag. Vi betragter to typer tiltag:

- Offentlige tilskud til forskning og udvikling inden for vindmøller, der påvirker omkostningerne ved vindmølleproduktion direkte, jf. estimationen af erfaringskurven.
- Offentlige tilskud til produktion af vindmølleel og til anlæg af vindmøller, der påvirker omkostningerne indirekte.

De beregnede virkninger belyser, hvad virkningen har været af at have et produktionstilskud i perioden 1992-99 i forhold til, hvis der intet produktionstilskud havde været. For forskningstilskuddet beregnes det, hvad værdien af de faktisk tilskud er i forhold til, hvis tilskuddet havde været 25 pct. lavere. Vores basisscenarier er, at der intet forskningstilskud har været, og at produktionstilskuddet har været 25 pct. lavere end det faktiske.

7.1 Forskningstilskud

Værdien af forskningstilskuddet beregnes som ($e=2,71$ i nedenstående formel.

Dette e må ikke forveksles med erfaringsraten.)

$$\begin{aligned}
 B_t &= (c_t^u - c_t^m) Q_t^u \\
 &= 0,88 * e^{10,81} (Q_{t-2}^u{}^{-0,06} FoU_{t-1}^u{}^{-0,11} - Q_{t-2}^m{}^{-0,06} FoU_{t-1}^m{}^{-0,11}) Q_t^u \\
 &= 0,88 * e^{10,81} ((\sum_{j=1979}^{t-2} Q_j^u)^{-0,06} (\sum_{i=1979}^{t-1} 0,85^{1999-i} FoU_i^u)^{-0,11} \\
 &\quad - (\sum_{j=1979}^{t-2} Q_j^m)^{-0,06} (\sum_{i=1979}^{t-1} 0,85^{1999-i} FoU_i^m)^{-0,11}) Q_t^u \\
 &= 0,88 * e^{10,81} ((\sum_{j=1979}^{t-2} Q(p_j(c_j^u)))^{-0,06} (\sum_{i=1979}^{t-1} 0,85^{1999-i} FoU_i^u)^{-0,11} \\
 &\quad - (\sum_{j=1979}^{t-2} Q(p_j(c_j^m)))^{-0,06} (\sum_{i=1979}^{t-1} 0,85^{1999-i} FoU_i^m)^{-0,11}) Q(p_t(c_t^u))
 \end{aligned} \tag{4}$$

I ovenstående formel angiver B den årlige omkostningsbesparelse, c^u og c^m er omkostninger i tilfældene, hvor forskningstilskuddet er højt hhv. lavt, og Q^u er den mængde, der afsættes, hvis forskningstilskuddet er lavt. På denne måde beregnes besparelsen som værdien af en reduktion i de konstante marginalomkostninger ved vindmølleproduktion, i overensstemmelse med the envelope theorem. Størrelserne Q , p og c er alle estimerede størrelser, der fremkommer på baggrund af hjemmemarkedsefterspørgselskurven (Q) og erfaringskurven (p og c).

I formlens anden linje er omkostningerne skønnet ved hjælp af priserne fra erfaringskurven multipliceret med en (1-bruttoavanceprocenten). Bruttoavanceprocenten er skønnet ud fra NEG Micon og Vestas seneste regnskaber. I erfaringsligningen er indsat mængder og forskning med højt og lavt forskningstilskud.

I formlens fjerde linje indsættes efterspørgselsskøn. Husk, at kun danske virksomheders salg til hjemmemarkedet og eksportmarkedet er med til at skabe erfaring, jf. estimation af erfaringsligningen. Salget til hjemmemarkedet påvirkes af produktionstilskud, anlægstilskud og omkostningsændringer, der påvirker prisen. Eksporten påvirkes kun af omkostningsændringer. Omkostningerne påvirkes af den offentlige videnskapital, FoU, og erfaringen, Q . Ændringer i efterspørgslen fra hjemmemarkedet beregnes ud fra estimationen i afsnit 6 og ændringer i eksporten beregnes ved at antage, at eksportsalget har samme priselasticitet som salget til hjemmemarkedet.

Efter 2001 kendes forskningsudgifterne ikke. Så indlægges et scenarium, hvori det blot antages, at videnskapitalen forbliver uændret frem til 2005, hvor beregningernes tidshorisont stopper. Scenariet med lave forskningsudgifter modelleres ved at antage, at den samlede forskningsmængde falder, fordi udgifterne til opretholdelse af vidensniveauet er 25 pct. lavere end i scenariet med høje forskningsudgifter.

Afsætningen til hjemme- og eksportmarked frem til 2005 baseres på BTM consult (2001), der har skøn for udviklingen i den samlede afsætning på det internationale marked. Det antages, at danske vindmølleproducenter har konstante markedsandele.

Værdien af disse tiltag, der understøtter afsætningen af vindmøller til hjemmemarkedet, afhænger meget af erfaringsraten.

7.2 Produktionstilskud og anlægstilskud

Værdien af produktionstilskud og anlægstilskud beregnes ved en formel, der ligner (4)

$$\begin{aligned}
 B_t &= (c_t^u - c_t^m) Q_t^u \\
 &= 0,88 * e^{10,81} FoU_{t-1}^{-0,11} (Q_{t-2}^u^{-0,06} - Q_{t-2}^m^{-0,06}) Q_t^u \\
 &= 0,88 * e^{10,81} FoU_{t-1}^{-0,11} ((\sum_{j=1979}^{t-2} Q_j^u)^{-0,06} \\
 &\quad - (\sum_{j=1979}^{t-2} Q_j^m)^{-0,06}) Q_t^u \\
 &= 0,88 * e^{10,81} FoU_{t-1}^{-0,11} ((\sum_{j=1979}^{t-2} Q(p_j(c_j^u)))^{-0,06} \\
 &\quad - (\sum_{j=1979}^{t-2} Q(p_j(c_j^m)))^{-0,06}) Q(p_j(c_j^u))
 \end{aligned} \tag{5}$$

Forskellen er blot, at i stedet for at reducere forsknings- og udviklingsomkostningerne, reduceres produktionstilskud eller anlægstilskud, hvilket påvirker \hat{q} direkte.

Produktionstilskuddet stoppede i 1999, og vi baserer beregningen i både basisscenariet og politikscenariet på, at det ikke genindføres før 2005. Forskningsstilskuddet antages at være således, at videnskapskapitalen er konstant efter 2001. Når der kun medtages fordele frem til 2005 skyldes det, at erfaringsfordelene antages at være specifikke for en vindmøllegeneration, der antages at strække sig over 5-6 år. Anlægstilskuddet stoppede i 1989, og i beregningerne medtages erfaringsfordele frem til 1995.

7.3 Den samfundsøkonomiske værdi af de analyserede politikker

Tabel 4 *Nutidsværdien af omkostningsreduktioner som følge af forskellige offentlige tilskud, forskellige diskonteringsrater, mio. kr., 2002 priser*

| Diskonteringsrate | Anlægstilskud | Forsknings-tilskud | Produktions-tilskud |
|-------------------|---------------|--------------------|---------------------|
| 3 pct. | 261 (508) | 3.994 (177) | 1.716 (4.132) |
| 6 pct. | 392 (623) | 4.208 (206) | 1.787 (5.144) |

Anm.: Værdien af tilskud i et år beregnes som forskellen mellem enhedsomkostningerne i to scenarier, hvor der i det ene gives et lavt tilskud og i det andet et højt tilskud. De samlede omkostninger skønnes ved at gange forskellen i enhedsomkostninger med den afsætning, der følger af enhedsomkostningen – og dermed salgsprisen – i scenariet med det lave tilskud. Tal i parentes er summen af tilbagediskonterede udgifter til støtteordningen. Da ordningerne ud over erhvervspolitiske fordele også giver miljøpolitiske fordele, kan der ikke opnås en nettoværdi af tilskuddene ved at trække tilskuddenes omkostninger fra de fordele, der er nævnt i tabellen.

Resultaterne tyder på, at støtte til forskning og udvikling af vindmølleteknologi er samfundsøkonomisk fordelagtig, selv uden at der tages højde for de miljømæssige fordele, de medfører. Det skal dog understreges, at værdien af de offentlige forskningstilskud sandsynligvis er overvurderede, da der ikke tages højde for privatfinansieret forskning i vindmølleteknologi. Tilskud til hjemmemarkedet for vindmøller bliver kun samfundsøkonomisk fordelagtige, hvis tilskuddene har store miljømæssige fordele.

Anden forskning på området trækker i samme retning som analyserne i nærværende papir. Madsen mfl. (2002) finder f.eks. at faldet i omkostningerne ved produktion af vindmøllekapacitet i høj grad skyldes produktinnovation, dvs. teknologisk udvikling. Erfaringsopbygning har også en betydning, men den er mindre, og interessant nok finder Madsen mfl. (2002) i en erfaringsligning estimeret på baggrund af paneldata, hvor der skelnes mellem forskellige vindmøllegenerationer, erfaringsrater af samme størrelseorden som i nærværende papir. Dette tyder på, at erfaringsopbygning måske ikke er så vigtig en ingrediens i vindmøllebranchens konkurrenceevne fremgang de seneste år.

Litteraturliste

Arrow, K. (1962): The Economic Implications of Learning by Doing. *Review of Economic Studies*, 29, pp. 155-173.

Blanchard, O. and N. Kiyotaki (1987): "Monopolistic Competition and the Effects of Aggregate Demand". *American Economic Review* 77, 4, pp. 647-666.

BTM Consult (2001): International Wind Energy Development. World Market Update 2000 - Forecast 2001-2005.

Dasgupta, P. and J. Stiglitz (1988): Learning-by-doing, market structure and industrial and trade policies. *Oxford Economic Papers*, 40, pp. 246-268.

Det Økonomiske Råd (2001): *Dansk Økonomi, forår 2001*. København.

Det Økonomiske Råd (2002): *Dansk Økonomi, forår 2002*. København.

Energistyrelsen (2000): *Energistyrelsens tilskudsordninger – beskrivelser og vurderinger*. København.

Hertz, E. M. (2001): *Vindkraftsudbygningen i Danmark - en samfundsøkonomisk vurdering*. Specialeopgave. Økonomisk Institut, Københavns Universitet.

IEA (2000): *Experience Curves for Energy Technology Policy*. International Energy Agency, Paris.

Madsen, E. S., C. Jensen og J. D. Hansen (2002): *Scale in Technology and Learning-By-Doing in the Windmill Industry*. Forthcoming in *Journal of International Business and Entrepreneurship*.

Romer, P. (1986): Increasing Returns and Long Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94, pp. 1002-1037.

Søbygaard, J. K. (2002): "Cost-benefit-analyser af energipolitik samt energi- og transportafgifter". Arbejdsrapport 2002-4. Det Økonomiske Råds Sekretariat, København.

Tirole, J. (1988): *The Theory of Industrial Organization*. MIT Press, Cambridge.

Vindmølleindustrien (2001): *Windpower Note*. No. 26. København.