

Mere om den erhvervspolitiske værdi af den offentlige støtte til vindkraft

Af Svend Jespersen, Det Økonomiske Råds sekretariat

1. Indledning

Forårets udgave af Dansk Økonomi indeholdt en analyse af den danske miljø- og energipolitik i 1990'erne. Analysens tilgang og resultater har siden været genstand for betydelig kritik, og der har været en længere debat mellem Det Økonomiske Råds formandskab og personer tilknyttet vindmølleindustrien, vindmøllejerne og forskningsverdenen. Kritikken har bl.a. vedrørt den måde, hvorpå der beregnes erhvervspolitiske fordele ved den offentlige støtte til produktion af el på vindmøller og ved offentlige tilskud til forskning og udvikling inden for vindmølleteknologi. I det efterfølgende ses der nærmere på, hvilken betydning det har for resultaterne af analyserne, hvis der tages højde for nogle af disse kritikpunkter.

Beregningerne af den erhvervspolitiske værdi af forskellige støtteordninger i 1990'erne tager i Det Økonomiske Råd (2002) udgangspunkt i, hvordan ordningerne påvirker omkostningen ved at producere strøm på vindmøller. De støtteordninger, der betragtes, er tilskud til elproduktion på vindmøller og offentlig støtte til forskning og udvikling af vindkraft.

Produktiviteten af vindmøller påvirkes bl.a. af den mængde vindmøller, der sælges, fordi der opbygges erfaring, såkaldt "learning-by-doing", men også fordi forskning og udvikling bidrager til bl.a. en bedre udformning af vindmøllerne og en bedre placering af vindmøllerne i forhold til udnyttelsen af vindressourcen. Offentlig støtte til elproduktion vha. vindmøller påvirker vindmøllers produktivitet ved at øge den solgte mængde vindmøller og dermed "learning-by-doing" i vindmølleindustrien. For at opgøre virkningen af tilskud til produktion af el på vindmøller på vindmøllers produktivitet er det derfor nødvendigt at beregne tilskuddets virkning på efterspørgslen efter vindmøller. Offentlig støtte til forskning og udvikling af vindkraft påvirker direkte den samlede forskningsindsats, der ydes for at forbedre vindmøllers produktivitet, og derved påvirker offentlig forskning og udvikling omkostningen ved at producere el på vindmøller. En statistisk forklaring på produktivitetsudviklingen for vindmøller må derfor både inddrage erfaringsopbygning via "learning-by-doing" og via forskning og udvikling.

En del af kritikken af beregningerne i Det Økonomiske Råd (2002) går på, at der anvendes et produktivetsmål, der ikke fuldt opfanger produktivetsfremgangen i vindmølleindustrien. I det efterfølgende illustreres det, hvordan resultaterne af beregningen af den erhvervspolitiske værdi af støtten til produktion af vindkraft og forskning og udvikling af vindmølleteknologi påvirkes af at anvende alternative indikatorer for produktiviteten af vindmøller.

Anvendelsen af et andet produktivetsmål kan påvirke resultatet af beregningen af den erhvervspolitiske værdi på flere måder. I det omfang et andet produktivetsmål viser en større produktivetsfremgang, er der en større produktivetsfremgang at forklare, hvilket alt andet lige skulle trække i retning af, at både forskning og learning-by-doing bliver mere betydningsfuldt i

perioden. Da argumentet for at anvende en anden indikator for produktivitsfremgangen bygger på forbedringer i udnyttelsen af vindressourcen, dvs. f.eks. forskning i vindatlas og design af vindmøller, er der grund til at tro, at den ekstra produktivitsfremgang, der opfanges, i stort omfang kan tilskrives forskning og udvikling. Anvendelsen af et andet produktivitsmål vil også påvirke den beregnede efterspørgsel efter vindmøller, da der anvendes en anden prisindikator. Dette vil have en virkning på den beregnede erhvervspolitiske værdi af støtten til produktion af vindkraft og forskning og udvikling af vindmøller.

I næste afsnit beskrives kort nogle økonomiske argumenter for, at det offentlige bør støtte udviklingen af en teknologi. For at belyse betydningen af den fremsatte kritik af det produktivitsmål, der anvendes i Det Økonomiske Råd (2002), beregnes i afsnit 2 en erfaringskurve for vindmølleproduktion i Danmark på baggrund af oplysninger om omkostningerne ved at producere el på vindmøller placeret i ruhedsklasse 1. I afsnit 2 beregnes en erfaringskurve, der inddrager den samlede solgte mængde vindmøller til dato og offentlige udgifter til forskning og udvikling af vindmøller, hvilket svarer til den specifikation, der blev anvendt i Det Økonomiske Råd (2002). I afsnit 3 beregnes en efterspørgselskurve efter vindmøller, der svarer til den, der blev anvendt i Det Økonomiske Råd (2002), bortset fra, at der anvendes nye indikatorer for prisen på vindmøller og for antallet af solgte vindmøller. Formålet med at gentage beregningerne i Det Økonomiske Råd (2002) på denne måde er at illustrere, hvad anvendelsen af nye indikatorer i sig selv betyder for de beregnede erhvervspolitiske værdier af støtten til vindmølleindustrien. I afsnit 4 danner erfaringskurven og efterspørgselskurven udgangspunkt for en beregning af den erhvervspolitiske værdi af støtten til produktion af vindkraft og til forskning og udvikling i vindmøller. Afsnit 5 opsummerer. En række forudsætninger og forbehold for resultaterne fremgår af arbejdspapiret Jespersen (2002) og vil derfor ikke blive gengivet her, men læseren henvises til arbejdspapiret for flere oplysninger om beregningerne.

Beregningerne er generelt forbundet med stor usikkerhed. Det er dog værd at fremhæve, at analyserne i Det Økonomiske Råd (2002) var de første, der forsøgte at vurdere, hvor stor en del af produktivitsfremgangen inden for vindmølleindustrien, der kan tilskrives erfaringsopbygning, og hvor stor en del af fremgangen, der kan tilskrives forskning og udviklingen i vindmøller. Metoden repræsenterer et fremskridt i forhold til eksisterende erfaringskurveanalyser, hvor produktiviten udelukkende sammenholdes med den samlede solgte mængde til dato, hvilket indebærer, at alle produktivitsfremskridt tilskrives øget salg af vindmøller. Sammenkædningen af tilskud til produktion af el vha. vindmøller og produktivitsfremskridt i vindmølleindustrien via efterspørgslen efter vindmøller er også en nyudvikling inden for området, som muliggør en forbedret forståelse af betydningen af offentlige tilskud for produktivitsudviklingen. Selvom analyserne er forbundet med usikkerhed, og datagrundlaget er ufuldstændigt, er det vigtigt at holde fast i den principielle værdi, der ligger i at påbegynde udviklingen af nye prioriteringsredskaber til at analysere miljø- og energipolitik.

2. Økonomiske argumenter for at give støtte til vindmølleindustrien

Et væsentligt argument for at støtte anvendelsen og udviklingen af vindkraftteknologi er, at man derved bidrager til at afhjælpe luftforureningsproblemer og mindske udslippet af drivhusgasser.

Herudover kan der være økonomiske årsager til, at indsatsen for at forbedre vindkraftteknologi på et marked uden offentlig støtte eller regulering vil være for lille i forhold til det samfundsmæssigt optimale. Hvis dette er tilfældet, indebærer det, at miljøgevinsterne ved vindkraft ikke realiseres fuldt ud, og at omkostningerne ved elproduktion bliver højere, end hvad der er samfundsmæssigt hensigtsmæssigt. En årsag til, at et ureguleret marked medfører for lidt forskning og udvikling, kan være, at beskyttelsen af patenter er utilstrækkelig. Dette betyder, at en innovativ virksomhed ikke kan være sikker på at få det fulde afkast af sin forskning, idet konkurrenter måske kan kopiere virksomhedens resultater. En anden årsag kan være, at produktivitsfremskridt, der er indarbejdet i arbejdskraften, ikke nødvendigvis tilfalder virksomhedens ejere i tilstrækkeligt omfang. Medarbejderne kan skifte til en anden virksomhed, og derved får virksomhederne måske ikke fuldt udbytte af den ekspertise, medarbejderne opbygger. For at få virksomhederne til at satse tilstrækkeligt meget på forskning og udvikling kan det derfor være nødvendigt at give offentlig støtte til privat forskning og udvikling.

Formålet med denne korte beskrivelse af de potentielle fordele ved offentlig støtte til vindkraft er blot at motivere beregningen af de fordele, der ligger ud over de rent miljømæssige. Formålet med de efterfølgende analyser er ikke at afdække det mest hensigtsmæssige niveau af støtten til vindkraft. Formålet er kun at vurdere, hvor følsomme resultaterne af analyserne i Det Økonomiske Råd (2002) af den konkrete støtte i 1990'erne er over for anvendelsen af andre produktivitsindikatorer.

2.1 Hvad er den samfundsmæssige værdi af produktivitsudvikling for vindmøller

Da vindmøller ikke er et forbrugsgode, består velfærdsgevinsten ved produktivitsfremskridt inden for vindmølleteknologi i lavere omkostninger ved at producere strøm, og derved større indtjening for vindmøllejerne og lavere elpris for elforbrugerne. En del af disse gevinster realiseres givetvis i vindmølleindustrien eller hos underleverandører til vindmølleindustrien, afhængigt af markedsforholdene.

I Det Økonomiske Råd (2002) anvendes forholdet mellem investeringsudgiften for en vindmølle og møllens kapacitet i kW som indikator for elproduktionsomkostningerne. Indikatoren er hentet fra et dansk studie, og lignende indikatorer anvendes i det meste af den internationale litteratur på området, jf. oversigten i Jespersen (2002). Et problem, som er blevet fremhævet af bl.a. Søren Krohn, er, at denne indikator ikke opfanger den forbedrede placering af vindmøllerne i forhold til vindressourcerne, bl.a. i kraft af øget tårnhøjde, anvendelse af vindatlas mv., og den forbedring af vindmøllernes evne til at udnytte vinden, der skyldes ændret vingedesign mv. Den anvendte indikator kan derfor undervurdere faldet i omkostningen ved at producere el vha. vindmøller og dermed også undervurdere den velfærdsgevinst, der er opnået som følge af produktivitsfremskridt i

vindmølleindustrien.

Forskningscenter Risø har arbejdet med at konstruere bedre indikatorer for produktivitsudviklingen inden for vindkraft. De nye produktivitsmål udtrykker omkostningerne ved at producere el på en vindmølleplacering i ruhedsklasse 1. Det vil sige, der tages højde for, hvor meget det koster at producere vindmøllernes komponenter, hvor meget transport og opstilling af vindmøllen koster, og hvor mange fuldlasttimer vindmøllerne har. På denne måde tages der højde for både fremskridt inden for selve fremstillingen, transporten og opstillingen af vindmøller, men også for fremskridt inden for design af vindmøller. Da elproduktionsomkostningerne er opgjort på en bestemt vindmølleplacering, opfanger indikatoren ikke eventuelle effekter af, at de placeringer, der er til rådighed for opstilling af nye vindmøller, har mindre vindressourcer end de placeringer, der var til rådighed tidligere. Dermed overvurderes den samfundsmæssige værdi af produktivitsudviklingen sandsynligvis, selvom indikatoren nok giver et forholdsvist retvisende billede af omfanget af produktivitsudviklingen.

Tidsserien for elproduktionsomkostninger er vist sammen med andre indikatorer i tabel 1 neden for.

Tabel 1: Data anvendt i erfaringskurveestimationerne

År	Elproduk- tionsom- kostninger	Akk. antal vindmøller solgt i DK	Akk. antal MW solgt i DK	Akk. antal vindmøller solgt i udlandet	Akk. antal MW solgt i udlandet	Afskr. forskning og udvikling	MW solgt på verdens- markedet i året	Verdens- markedsandel for DK virksomheder
1980	.	161	5	0	0,00	4320,67	.	.
1981	0,91768	285	10	0	0,00	5710,11	.	.
1982	0,86210	416	15	0	0,00	8867,30	.	.
1983	0,89970	527	19	360	20,00	12287,93	260	0,10731
1984	0,89665	672	26	1928	130,00	15352,22	387	0,30284
1985	0,74863	1048	51	5414	350,00	19479,49	418	0,58158
1986	0,69265	1355	80	7302	530,00	24182,81	315	0,67206
1987	0,55819	1698	116	7758	585,00	28877,92	180	0,48889
1988	0,49419	2182	191	7898	605,00	34764,69	130	0,78462
1989	0,47610	2586	257	8183	675,00	41751,09	150	0,90467
1990	0,44421	2998	345	8574	756,16	50115,23	200	0,81082
1991	0,43676	3369	419	8998	849,82	61327,21	240	0,69281
1992	0,40390	3612	469	9504	970,83	76892,81	338	0,48923
1993	0,38028	3755	506	10076	1152,00	96201,08	480	0,43799
1994	0,34819	3894	555	11078	1468,39	116830,77	737	0,49965
1995	0,30427	4086	647	12409	1944,64	137986,96	1290	0,44525
1996	0,29725	4488	854	13353	2449,46	162223,34	1292	0,56196
1997	0,28516	5026	1155	14498	3130,90	208920,60	1566	0,61784
1998	0,26712	5493	1472	15780	4030,04	248343,28	2597	0,46821
1999	0,25767	5906	1782	18078	5883,59	293046,95	3922	0,55640
2000	0,24425	6427	2221	19928	7458,06	343286,61	4495	0,44790

Anm: nominelle størrelser er deflateret til 2002-priser.

2.2 Estimation af en erfaringskurve for vindmølleindustrien med udgangspunkt i nye tal

Tilgangen til estimation af en erfaringskurve følger almindelig praksis inden for området, idet der dog tages højde for, at offentlig forskning og udvikling kan påvirke omkostningerne ved at producere el vha. vindmøller. Den relation, der estimeres, fremgår nedenfor

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

hvor c angiver omkostningen ved at producere el, Q angiver den samlede mængde vindmøller, der er solgt indtil sidste periode, og F angiver den samlede mængde forskning og udvikling til dato. Som indikator for den samlede mængde forsøges der både med det samlede antal vindmøller og med det samlede antal MW kapacitet. Det skal bemærkes, at mængderne er taget fra datagrundlaget i Dannemand Andersen (2002) i stedet for at anvende mængderne fra Det Økonomiske Råd (2002). Der er nogle små forskelle på de to sæt tal. I det samlede salg indgår både danske vindmølleproducenters salg til hjemmemarkedet og til udlandet. Som indikator for forsknings- og udviklingsomkostninger anvendes offentlige tilskud via Energiforskningsprogrammet, Udviklingsprogrammet for Vedvarende Energi og programmerne Nye Energiteknologier og Energiøkonomiske Enkeltprojekter. I forhold til beregningerne i Det Økonomiske Råd (2002) bruges altså nye indikatorer for c_t og Q_{t-1} , og observationsperioden er udvidet med tal for 1999 og 2000.

I tabel 2 vises den rene effekt på den estimerede erfaringskurve af at anvende en anden produktivetsindikator. Til illustrationen i tabel 2 er det nye produktivetsmål blot regresseret på de samme to forklarende variable, som indgår i den erfaringskurve, der lå til grund for beregningen i Det Økonomiske Råd (2002) af den erhvervspolitiske værdi af støtten til vindmølleindustrien. Den specifikation, der præsenteres som specifikation 2 i tabel 2 er derfor ikke nødvendigvis den bedste statistiske beskrivelse af produktivetsudviklingen, men blot en illustration af den "rene effekt" af at anvende et andet produktivetsmål. Da det ikke forsøges at finde den statistisk mest hensigtsmæssige specifikation her, præsenteres ikke fejlspecifikationstests for de viste specifikationer. Fejlspecifikationstests for specifikation 1 findes i Jespersen (2002). Det ses, at anvendelsen af kr./kWh som produktivetsmål i stedet for kr./kW medfører et lidt lavere skøn på betydningen af erfaringsopbygning og et noget højere skøn på betydningen af forskning og udvikling.

Tabel 2: Sammenligning af estimerede erfaringskurver

Parameter	Specifikation 1 (produktivetsmål=kr./kW)	Specifikation 2 (produktivetsmål=kr./kWh)
Konstantled, c_0	10,81	2,58
Samlet MW salg, e	-0,06	-0,05
Samlet FOU, f	-0,11	-0,28

Anm.: Samlet MW salg er lagget to perioder, samlet FOU er lagget en periode.

3. En efterspørgselskurve efter danske vindmøller i Danmark

Efterspørgslen efter vindmøller estimeres i første omgang ud fra de samme variable, som indgik i analyserne i Det Økonomiske Råd (2002), men prisindikatoren er produktionsomkostningen på el og mængdeindikatoren er hentet fra Dannemand Andersen (2002), idet vi dog har anvendt en anden prisdeflator end Dannemand Andersen (2002). Observationsperioden er udvidet til at indeholde årene 1999 og 2000, hvilket betyder, at alle indikatorer i datasættet skal opdateres til at indeholde tal for 1999 og 2000. Ved opdateringen af indikatorerne for produktionstilskud tages der højde for, at tilskuddet i 1999 blev omlagt til at blive givet via den pris, vindmøllejerne modtager for den el, de sælger, og at denne måde at give tilskud på svarer til at give det som produktionstilskud.

Tabel 3: Data anvendt til estimation af efterspørgselskurve efter vindmøller

År	Elpro- duktions- omkost- ninger	Solgt mængde, antal møller	Solgt mængde, MW	Anlægs- tilskud, pct.	Prod.tilskud til privatejede vindmøller, kr.	Prod.tilskud til elværksejede vindmøller, kr.	Samlet elforbrug, GJ	Kulpris, indeks	Oliepris, indeks
1980	.	.	.	30	0,34729	0,34729	79293600	2,81714	4,80857
1981	0,91768	124	5	30	0,31513	0,31513	78699600	4,27519	6,06019
1982	0,8621	131	5	30	0,28362	0,28362	80013600	4,38317	5,8905
1983	0,8997	111	4	25	0,2618	0,2618	81151200	3,53338	5,41908
1984	0,89665	145	7	15	0,26732	0,26732	85435200	3,20783	5,62232
1985	0,74863	376	25	15	0,25618	0,25618	90921600	3,33861	5,32194
1986	0,69265	307	29	15	0,30554	0,30554	95709600	2,29959	2,38
1987	0,55819	343	36	15	0,34646	0,34646	99212400	1,59671	1,94316
1988	0,49419	484	75	15	0,3379	0,3379	100605600	1,66012	1,54259
1989	0,4761	404	66	10	0,31826	0,31826	101361600	1,8957	1,61895
1990	0,44421	412	88	0	0,30753	0,30753	102783600	1,67135	1,8318
1991	0,43676	371	74	0	0,2975	0,2975	106538400	1,65565	1,84967
1992	0,4039	243	50	0	0,28811	0,28811	108306000	1,47811	1,666
1993	0,38028	143	37	0	0,33124	0,12268	110595699	1,12866	1,43536
1994	0,34819	139	49	0	0,32455	0,1202	111446359	1,10586	1,22606
1995	0,30427	192	92	0	0,3213	0,119	113306400	1,19	1,19
1996	0,29725	402	207	0	0,315	0,11667	116611200	1,33	1,47
1997	0,28516	538	307	0	0,30894	0,11442	116560800	1,36163	1,59048
1998	0,26712	467	317	0	0,30311	0,11226	117320400	1,42575	1,08896
1999	0,25767	413	310	0	0,29477	0,10917	117350866	1,16817	1,35376
2000	0,24425	521	439	0	0,2843	0,1053	118261679	1,36903	2,34841

Anm: nominelle størrelser er deflateret til 2002.

I Det Økonomiske Råd (2002) var den nedtestede efterspørgselsligning

$$\ln Q_t^{dk} = k_0 + k_1 \ln p_t + k_2 \ln p_t^{kul} + k_4 \ln s_t^{produktion, elværk} + k_5 \ln s_t^{produktion, privat} + k_6 \ln s_t^{anlæg} + k_7 \ln el_t + k_{10} D_{96} \quad (2)$$

hvor Q er den afsatte produktionskapacitet i MW på det danske marked, p er prisen pr. kWh elproduktion, p^{kul} er kulprisen, $s^{produktion, elværk}$, $s^{produktion, privat}$ 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 en dummy for årene efter 1996, hvor der blev indgået en 200 MW-aftale med elværkerne. De anvendte data til estimation af efterspørgselsrelationen er vist i tabel 3.

Sammenholdes resultaterne af estimation af (2) på baggrund af de nye tal med resultaterne i Det Økonomiske Råd (2002), fremkommer tabel 4. Denne specifikation indeholder en række insignifikante parametre. Produktionstilskuddet til private møllejere og anlægstilskuddet er insignifikant forskellige fra nul. Der præsenteres ikke fejlspecifikationstests for denne ligning, da den kun er til illustration.

Tabel 4: Efterspørgselsligning for danske vindmøller i Danmark

Parameter	Specifikation 1 (anvendt i Det Økonomiske Råd (2002))	Specifikation 2 (med nye pris- og efterspørgselstal)
Konstantled	-189,36	-192,22
Pris	-4,17	-3,35
Kulpris	4,83	2,62
Produktionstilskud til elværker	2,89	2,76
Produktionstilskud til private	29,72	3,66
Anlægstilskud	-5,96	2,72
Samlet elforbrug	11,89	10,39
Dummy	1,69	-1,45

Anm.: Ligningen er estimeret i logaritmer.

Det skal understreges, at specifikation 2 ikke nødvendigvis er den, der ville blive valgt ud fra en systematisk nedtestningsprocedure, hvor statistiske egenskaber bestemmer den valgte empiriske model. Specifikation 2 er udelukkende beregnet med henblik på at illustrere, hvad anvendelsen af nye tal betyder i sig selv, givet man vælger at fastholde specifikationen i Det Økonomiske Råd (2002).

4. Den erhvervspolitiske værdi af støtten til vindkraft

Afsnit 4.1 indeholder en beregning af den erhvervspolitiske værdi af støtten til vindkraft med udgangspunkt i erfaringskurvespecifikationen 2 i tabel 2 og efterspørgselsligningen specifikation 2 i tabel 4. I det efterfølgende afsnit, 4.2, lader vi det afhænge af statistiske kriterier, hvilke indikatorer, der skal indgå i erfaringskurven og efterspørgselskurven. Det vil sige, i afsnit 4.2 vælges ikke

nødvendigvis de samme specifikationer som i Det Økonomiske Råd (2002). De valgte specifikationer i afsnit 4.2 er derimod de specifikationer, der vurderes at have de bedste statistiske egenskaber.

4.1 Den erhvervspolitiske værdi af støtten til vindkraft: nye tal, men samme specifikation som i Det Økonomiske Råd (2002)

Med udgangspunkt i erfaringskurven og efterspørgselskurven kan der beregnes en erhvervspolitisk værdi for produktionstilskuddet efter 1992 som vist i formel (3). Værdien beregnes som sparede elproduktionsomkostninger pr. kWh gange en vindmøllens gennemsnitlige kWh produktion i forhold til møllens kapacitet i kW. Dette ganges med det samlede salg af kW-kapacitet på hjemmemarkedet og eksportmarkedet. Det forudsættes i beregningerne, at en vindmølle har en levetid på 20 år, og at den i hele sin levetid producerer et årligt antal kWh, der svarer til gennemsnittet blandt vindmøller i det år, de blev solgt.

$$\begin{aligned}
 B_t &= (c_t^u - c_t^m) Z_t^u \\
 &= 0,88 * e^{2,58 FoU_{t-1}^{-0,28}} (Q_{t-2}^{u-0,05} - Q_{t-2}^{m-0,05}) Z_t^u \\
 &= 0,88 * e^{2,58 FoU_{t-1}^{-0,28}} ((\sum_{j=1979}^{t-2} Q_j^u)^{-0,05} \\
 &\quad - (\sum_{j=1979}^{t-2} Q_j^m)^{-0,05}) Z_t^u \\
 &= 0,88 * e^{2,58 FoU_{t-1}^{-0,28}} ((\sum_{j=1979}^{t-2} Q(c_j^u))^{-0,05} \\
 &\quad - (\sum_{j=1979}^{t-2} Q(c_j^m))^{-0,05}) Z(c_t^u)
 \end{aligned} \tag{3}$$

Det antages, at danske vindmøllefabrikanter, danske vindmølleejere og danske underleverandører til vindmølleindustrien opnår hele gevinsten ved øget produktivitet på vindmøller. Værdien af produktionstilskud i et år, B_t , beregnes ved formel (3). Bemærk, at i formel (3) er indsat skøn på parametre for betydningen af erfaring og forskning og udvikling. Den samlede værdi af produktionstilskuddet fra 1992 til 2000 beregnes ved at diskontere og summere bidragene fra de enkelte år. Q angiver det akkumulerede antal vindmøller solgt, opgjort som MW. u og m angiver henholdsvis uden og med produktionstilskud. $Q(c)$ er den solgte mængde MW i et år, der afhænger af omkostningerne ved at producere el vha. vindmøller. c angiver omkostningerne ved at producere el, FoU angiver offentlige forsknings- og udviklingstilskud og Z angiver den samlede elproduktion fra vindmøller, der er opført i år t . Dette beregnes som antal MW solgt i et år gange 1000 gange den gennemsnitlige årlige kWh produktion pr. kW kapacitet for vindmøller, der er solgt i år t , gange 20. I formel (3) angiver e eksponentialfunktionen i stedet for erfaringsraten. I beregningen forudsættes forskningstilskuddet, FoU, at være således, at videnskapskapitalen er konstant efter 2001. Der indgår produktionstilskud for perioden 1992-2000.

Der medtages kun fordele frem til 2005, fordi erfaringsfordelene antages at være specifikke for en vindmøllegeneration, der antages at strække sig over 5-6 år. Der beregnes således værdier for perioden 1992-2005.

Tilskuddet til forskning og udvikling påvirker omkostningerne ved produktion af vindmøllestrøm direkte, da forskning og udvikling kan forbedre f.eks. vindmøllernes udnyttelse af vindressourcen. Da omkostningerne ved elproduktion falder som følge af tilskud til forskning og udvikling, har tilskuddet også en afledt effekt via erfaringsopbygningen, idet faldende omkostninger ved at producere vindmøllestrøm medfører højere afsætning og dermed øget erfaringsopbygning. Indikatoren for forskning og udvikling er konstrueret ved at summere de årlige offentlige tilskud til forskellige forskningsprogrammer inden for vindmølleteknologi. Tilskuddene afskrives med 15 pct. om året. Værdien af forskningstilskuddet er værdien af produktivitsgevesten ved en stigning i offentlige forsknings- og udviklingsudgifter på 33 pct. (svarende til effekten af en reduktion i forskning og udvikling på 25 pct.). Værdien af forskningstilskuddet beregnes ud fra en formel, der minder om (3) ovenfor:

$$\begin{aligned}
 B_t &= (c_t^u - c_t^m) Z_t^u \\
 &= 0,88 * e^{2,58} (Q_{t-2}^u{}^{-0,05} FoU_{t-1}^u{}^{-0,28} - Q_{t-2}^m{}^{-0,05} FoU_{t-1}^m{}^{-0,28}) Z_t^u \\
 &= 0,88 * e^{2,58} ((\sum_{j=1979}^{t-2} Q_j^u)^{-0,05} (\sum_{i=1979}^{t-1} 0,85^{1999-i} FoU_i^u)^{-0,28} \\
 &\quad - (\sum_{j=1979}^{t-2} Q_j^m)^{-0,05} (\sum_{i=1979}^{t-1} 0,85^{1999-i} FoU_i^m)^{-0,28}) Z_t^u \\
 &= 0,88 * e^{2,58} ((\sum_{j=1979}^{t-2} Q(c_t^u)^{-0,05} (\sum_{i=1979}^{t-1} 0,85^{1999-i} FoU_i^u)^{-0,28} \\
 &\quad - (\sum_{j=1979}^{t-2} Q(c_t^m)^{-0,05} (\sum_{i=1979}^{t-1} 0,85^{1999-i} FoU_i^m)^{-0,28}) Z(c_t^u)
 \end{aligned} \tag{4}$$

I tabel 5 er den erhvervspolitiske værdi af produktionstilskuddet beregnet på baggrund af nye indikatorer for produktiviteten af vindmøller. Udgangspunktet for beregningerne er specifikation 2 af erfaringskurven, jf. tabel 2, og specifikation 2 af efterspørgselskurven, jf. tabel 4. Til sammenligning er vist resultaterne i Det Økonomiske Råd (2002).

Tabel 5: Erhvervspolitisk værdi af elproduktionstilskud og tilskud til forskning og udvikling, nutidsværdier 2002, mia. kr., 2002-priser

	Det Økonomiske Råd (2002)		Nye produktivitsindikatorer	
	6 pct. diskontering	3 pct. diskontering	6 pct. diskontering	3 pct. diskontering
Elproduktionstilskud	1,8	1,7	2,0	1,9
Forskningstilskud	4,2	4,0	16,2	15,3

Det ses, at effekten af at bruge andre indikatorer for produktivitet og volumen af solgte vindmøller ikke har en væsentlig effekt på den beregnede værdi af elproduktionstilskud. Valget af andre indikatorer har imidlertid stor betydning for den beregnede værdi af forskningstilskud.

4.2 Den erhvervspolitiske værdi af støtten til vindkraft: nye tal og nye specifikationer af erfaringskurve og efterspørgselskurve

Estimation af lærekurver på baggrund af det nye produktivetsmål giver nogle lidt andre resultater end forventet. Det er generelt vanskeligt at få indikatorer for det akkumulerede salg til dato signifikant ind i relationen. Det gør sig gældende, uanset om man anvender et eller to lags af det akkumulerede salg, uanset om man anvender mængder i MW eller antal vindmøller og uanset om man kun inddrager hjemmemarkedssalg eller både hjemmemarkedssalg og eksport. Ofte forsvinder mængdeindikatorerne i nedtestningen ud af erfaringsligningen til fordel for forskning og udvikling og indikatoren for samlet verdensmarkedssalg. Dette skyldes med stor sandsynlighed, at forskning og udvikling er stærkt korreleret med det akkumulerede salg, og der derfor ofte kun er behov for den ene af de to indikatorer til at forklare produktivetsudviklingen. Noget tyder på, at forskning og udvikling alene i mange tilfælde giver en bedre forklaring på produktivetsudviklingen end en kombination af forskning og udvikling og akkumuleret salg til dato. Hvis man tror tilstrækkeligt meget på learning-by-doing hypotesen, er specifikation 2 i tabel 2 ikke et dårligt bud, idet den har fornuftige statistiske egenskaber og encompasser konkurrerende modeller, hvori der både indgår akkumuleret mængde og forskning og udvikling. Dog fjernes der enkelte outliers, der har betydelig effekt på parameterestimererne. I det efterfølgende arbejdes der derfor videre med følgende specifikation:

Tabel 6: Foretrukket erfaringskurvespecifikation for produktivetsmål kr./kWh

Parameter	Estimat
Konstantled, c_0	2,48
Samlet MW salg, e	-0,09
Samlet FOU, f	-0,25

Anm.: Samlet MW salg er lagget to perioder, samlet FOU er lagget en periode. Ligningen er estimeret i logaritmer.

Den estimerede erfaringskurve i tabel 6 har tilsyneladende acceptable statistiske egenskaber, jf. tabel 7.

Tabel 7: Fejlspecifikationstests for erfaringskurven i tabel 6.

Shapiro-Wilk test for normalfordelte fejllid (p-værdi)	0,97
Test for fravær af autokorrelation i fejllid (p-værdi)	0,70
Antal observationer	16

I estimationen af efterspørgselsligningen fører anvendelse af det nye produktivetsmål også til lidt

uventede resultater, idet såvel anlægstilskud som produktionstilskud til private vindmøller bliver insignifikant, og fortegnet på dummy'en for 1996 bliver negativt. Anlægstilskuddet og produktionstilskuddet til private vindmøller er imidlertid korreleret med produktionstilskuddet til elværker, og det er muligt, at produktionstilskuddet til elværksejede møllers elproduktion opfanger betydningen af de to andre tilskud. Estimationsresultaterne skal derfor ikke opfattes som belæg for, at produktionstilskud til private og anlægstilskud ikke betyder noget for vindmøllesalget, men blot, at betydningen af tilskud er opfanget i en anden indikator. Nedtestes efterspørgselsligningen, findes følgende specifikation

Tabel 8: Efterspørgselsligning for danske vindmøller i Danmark

Parameter	Estimat
Konstantled	-229,82
Pris (kr./kWh elprod.)	-2,55
Kulpris	2,48
Produktionstilskud til elværker	4,03
Samlet elforbrug	12,47
Dummy	-0,65

Anm.: Ligningen er estimeret i logaritmer.

Tabel 9: Fejlspecifikationstests for efterspørgselsligningen i tabel 8

Shapiro-Wilk test for normalfordelte fejled (p-værdi)	0,71
Test for fravær af autokorrelation i fejled (p-værdi)	0,66
Antal observationer	19

Beregnes den erhvervspolitiske værdi af elproduktionstilskud og tilskud til forskning og udvikling af vindmøller på baggrund af erfaringskurvespecifikation i tabel 6 og efterspørgselskurven i tabel 8, findes følgende:

Tabel 10: Erhvervspolitisk værdi af elproduktionstilskud og tilskud til forskning og udvikling, nutidsværdier 2002, mia. kr., 2002 priser

	6 pct. diskontering	3 pct. diskontering
Elproduktionstilskud	2,0	1,9
Forskningstilskud	15,0	14,2

Der er ikke stor forskel mellem den beregnede erhvervspolitiske værdi af tilskud angivet i tabel 10 og 5.

5. Opsummering

Anvendelse af omkostningerne ved at producere el som indikator for vindmøllers produktivitet betyder, at de beregnede værdier af støtten til elproduktion vha. vindmøller og forskning og udvikling i vindmølleteknologi bliver større. Stigningen er dog ubetydelig for elproduktionstilskuddets vedkommende.

Der er argumenter for, at elproduktionsomkostningen har nogle fordele som produktivetsmål frem for den indikator, der blev anvendt i Det Økonomiske Råd (2002). Men de statistiske egenskaber ved erfaringskurven og efterspørgselskurven, der estimeres med udgangspunkt i denne indikator, er ikke så gode som det var tilfældet for relationerne, præsenteret i Det Økonomiske Råd (2002).

Uanset hvilken produktivetsindikator, der anvendes i beregningerne af den erhvervspolitiske værdi af støtten til vindkraft i 1990'erne, så ser forskning og udvikling ud til at have været langt den vigtigste kilde til den forbedrede produktivitet på vindmøller. Intet tyder på, at den erhvervspolitiske værdi af elproduktionstilskuddet er tilstrækkelig stor til at gøre elproduktionstilskuddet i 1990'erne til en samfundsmæssig overskudsforretning.

Litteraturliste

Dannemand Andersen, P. (2002): Sources of Experience in the Wind Energy Technology. Risø. Paper in progress.

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

Jespersen, S. (2002): Den erhvervspolitiske værdi af støtten til den danske vindmølleindustri. arbejdspapir 2002:3, Det Økonomiske Råds sekretariat, København.