

Bør Olieproduktionen i Nordsøen begrænses?

– en indledende undersøgelse

af

Lars Gårn Hansen* og Niels Nannerup**

* AKF, Amtenes og Kommunernes Forskningsinstitut, Nyropsgade 37,
1602 København V, e-mail: lgh@akf.dk

** SDU, Økonomisk Institut, Syddansk Universitet, Odense, Campusvej
556, 5230 Odense M, e-mail: nna@sam.sdu.dk

AKF Forlaget
November 2004

Forord

I dette papir foretages en indledende undersøgelse af mulighederne for at fremme billige CO₂-reduktioner i udlandet gennem en aktiv udbudspolitik på energimarkedene. Umiddelbart synes en CO₂-politik, der sigter mod at begrænse udbuddet af energi på energimarkedene, at være et interessant alternativ til traditionelle tiltag rettet mod energiforbruget og måske især til såkaldte »joint implimentation«-projekter.

Papiret er udarbejdet af Lars Gårn Hansen og Niels Nannerup, og vi takker AFK, SDU og SSF, som har finansieret den medgåede tid. Endvidere takker vi Christian Hjort-Andersen, Anders Larsen og Jørgen Birk Mortensen for kommentarer til tidligere versioner af papiret. Ansvar for fejl, mangler og misforståelser er naturligvis alene vores.

Lars Gårn Hansen
November 2004

Niels Nannerup

Indhold

Resume	5
1 Indledning	6
2 Regulering af globale miljøproblemer og lækagevirkninger	10
3 En analyse af CO₂-politik på oliemarkedet	13
4 Konklusioner og implikationer	23
Appendiks: Bevis af resultat 1 og 2	27
Referencer	31
English Summary	35
Noter	36

Resume

I dette papir foretages en indledende undersøgelse af mulighederne for at fremme billige CO₂-reduktioner i udlandet gennem en aktiv udbudspolitik på energimarkederne. Hovedresultatet peger på, at regulering, der sigter mod begrænsning af olieproduktionen i Nordsøen, kan være et mere omkostningseffektivt styringsmiddel end traditionelle efterspørgselsbegrænsende tiltag, hvis vurderingen anlægger et globalt perspektiv. Om end man skal være forsigtig med at drage håndfaste implikationer, bør resultatet i indeværende papir anspore til yderligere undersøgelse af udbudsbaserede styringsmidler i CO₂-politikken. Vi er ikke bekendte med andre analyser, der har nærværende fokus i klimadebatten. Ligeledes har det miljøargument, som artiklen påpeger, ikke været fremført i den danske debat om beskatning af Nordsøolien.

1 Indledning

Øget beskatning af olieproduktionen i Nordsøen er jævnligt på den politiske dagsorden, og argumenterne herfor er overvejende fordelingsmæssige og statsfinansielle. I regeringens nye aftale fra efteråret 2003 med A.P. Møller og oliepartnerne i DUC har målsætningen fra regeringens side klart været at øge de statslige *indtægter* fra Nordsøolien, hvilket ligeledes var baggrunden for det politiske ønske om en genforhandling fra oppositionen. Hovedpunktet i aftalen er, at statens del af overskuddet fra olie og gas forøges med ca. 20% frem mod 2012, og fra 2012 indtræder staten reelt som medejer af DUC, der som bekendt besidder retten til udvinding af Nordsøolien¹.

Der kan imidlertid også være et hidtil upåagtet miljøargument for at øge oliebeskatningen, som tillige kan have implikationer for, hvordan denne mere præcist bør indrettes. Formålet med dette papir er at foretage en (indledende) undersøgelse af dette arguments tyngde og implikationer.

Dette miljøargument udspringer af, at de miljøvirkninger, der søges begrænset gennem den danske miljøpolitik på CO₂-området, er globale. Det er således den samlede CO₂-udledning på verdensplan og ikke dens geografiske fordeling, der er afgørende for miljøvirkningerne. Dette indebærer, at såvel Danmarks CO₂-strategi som den CO₂-strategi, Danmark aftaler med andre lande, naturligt bør fokusere på den globale effekt. Når forskellige virkemidler til begrænsning af CO₂-udledningen skal vurderes, bliver det dermed relevant at inddrage reaktionerne i udlandet (eller de lande, der ikke har tilsluttet sig en international CO₂-aftale) samt at overveje mulighederne for målrettet at påvirke udledningerne i disse lande.

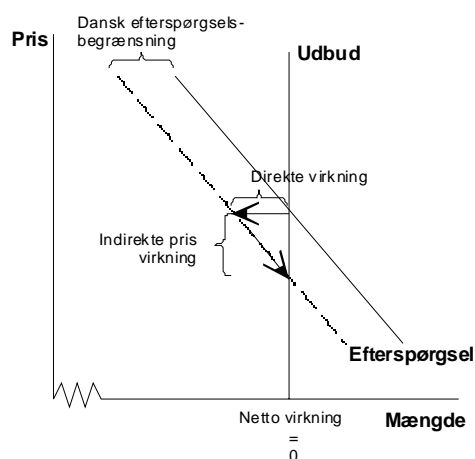
Både i den danske og den internationale CO₂-debat har muligheder for og fordelene ved at udnytte billige CO₂-reduktioner i udlandet været påpeget. I henhold til Kyoto-protokollen tillades det fx, at aftalelande kan påvirke udledningerne i lande uden for aftalen gennem internationale mekanismer som »joint implementation«. Således kan aftalelande, der finansierer CO₂-reduktioner i lande uden for aftalen (fx i den tredje verden), få godskrevet disse i forhold til deres egne reduktionsmål. Tankegangen er at udnytte potentialet for omkostningsbesparelser ved at gennemføre reduktioner i lande uden for aftalen, såfremt indsatsen er billigere her. Da klimavirkningen netop er uafhængig af CO₂-reduktionens geografiske placering, sker dette uden at svække miljøeffekten.

I modsætning hertil har der ikke været megen fokus på de *indirekte* påvirkninger, som CO₂-politikken kan have via prisændringer på de internationale brændselsmarkeder. I den danske CO₂-debat og i analyser af virkningerne af danske energibesparelserprojekter er det således normen at antage faste verdensmarkedspriser på brændsler som olie og kul og dermed forudsætte, at de indirekte prisseffekter er ubetydelige. Da danske energibesparelserprojekter kun medfører en beskedent relativ påvirkning af energiefterspørgslen på verdensmarkedet, kan antagelsen virke naturlig – men i netop denne sammenhæng er den problematisk.

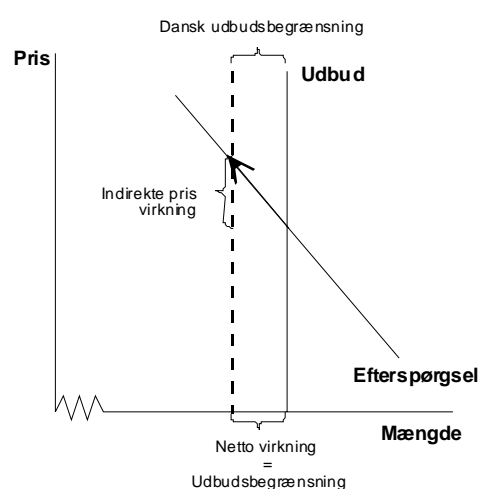
Prisvirkningen af et energibesparelserprojekt på verdensmarkedet for brændsel står altid i forhold til projektets initiale forbrugsændring. Som eksempel (illustreret i figur 1.1) kan man antage, at olieudbuddet på verdensmarkedet er prisuelastisk. Da vil et projekts initiale forbrugsreduktion (den »Direkte virkning« af efterspørgselskurvens forskydning mod venstre i figur 1.1) føre til, at olieprisen falder indtil det punkt, hvor efterspørgselsstigningen i omverden netop neutraliserer den initiale efterspørgselsreduktion (den »indirekte virkning« i figur 1.1). Selv om den danske CO₂-udledning falder, har projektet ingen virkning på den globale CO₂-udledning og derfor ingen miljøvirkning. I denne situation kunne man derfor overveje i stedet at reducere den danske olieproduktion fra Nordsøen (illustreret i figur 1.2). Med det forudsatte uelastiske olieudbud vil en Dansk udbuds begrænsning (som angivet i figur 1.2) få olieprisen på verdensmarkedet til at stige, indtil forbruget i omverden netop er faldet svarende til den danske produktionsbegrænsning (den »indirekte prisvirk-

ning« i figur 1.2). Selv om den danske CO₂-udledning ikke falder nævneværdigt, svarer virkningen på den globale CO₂-udledning til den initiale produktionsbegrænsning.

Figur 1.1
Verdensmarkedet for olie (efterspørgselsbegrænsning, når udbuddet er uelastisk)



Figur 1.2
Verdensmarkedet for olie (udbudsbegrænsning, når udbuddet er uelastisk)



Eksemplet illustrerer, at det er udbuds-/efterspørgselsforholdene på det relevante verdensmarked for energi, der er afgørende for et energibesparelsesprojekts globale CO₂-virkning, uanset om projektet er stort eller lille set i forhold til dette marked. Om end dette for så vidt er indlysende, er der meget lidt opmærksomhed på de indirekte prisvirkninger over brændselsmarkederne i såvel den danske som den internationale CO₂-debat og forskningsindsats. Navnlig er det påfaldende, hvor lidt opmærksomhed der er på mulighederne for at påvirke udenlandske CO₂-udledninger gennem aktivt at påvirke prisdannelse på de internationale brændselsmarkeder. For et olieproducerende land som Danmark (ligesom for en olieproducerende gruppe af lande, som aftaler en fælles CO₂-strategi – fx EU) er det nærliggende at overveje en begrænsning af olieproduktionen som alternativ til projekter, der nedsætter olieforbruget – og måske navnlig som alternativ til joint implementationprojekter, der netop sigter mod at nedsætte olieforbruget i udlandet².

Den pointe, vi gerne vil understrege, er, at mulighed for at fremme billige CO₂-reduktioner i udlandet gennem en aktiv udbudspolitik på energi-markederne bør undersøges forskningsmæssigt – på linje med det store ar-

bejde, der i dag udfoldes i forhold til forskellige direkte påvirkningsmuligheder herunder joint implementation. Vi har ikke kendskab til andre undersøgelser af udbudsbegrænsningens muligheder i CO₂-politikken, og formålet med denne artikel er at foretage en indledende analyse heraf. Mere konkret vil vi med en teoretisk model afklare, under hvilke betingelser en CO₂-politik, der begrænser udbudet på oliemarkedet, er mere omkostningseffektiv end traditionelle tiltag, der begrænser olieefterspørgslen. Modellen er forholdsvis enkel, men der skelnes mellem et indland og et udland, således at indirekte virkninger og såkaldte lækageeffekter ved ensidig CO₂-politik kan analyseres. Samtidig afspejler modellen det forhold, at oliemarkedet er præget af et oligopolistisk udbud, hvilket viser sig at være vigtigt i netop denne sammenhæng.

Den følgende analyse indikerer, at begrænsninger i forhold til olieproduktionen kan være et mere omkostningseffektivt styringsmiddel end begrænsninger af olieforbruget set ud fra en global betragtning. Men analysen demonstrerer også, at det er usandsynligt, at en gruppe af CO₂-aftalelande omkring EU vil foretrække et sådant styringsmiddel, hvis valget alene sker ud fra aftalekoalitionens egeninteresse. Om end man skal være forsigtig med at drage praktiske implikationer, er resultatet interessant og bør anspore til yderligere undersøgelse af udbudsbaserede styringsmidler i CO₂-politikken. I princippet kan udbudsbegrænsning være relevant i en dansk sammenhæng, og ligeledes principielt relevante for alle energiproducerende lande/grupper af lande, der aftaler at føre fælles CO₂-politik (fx EU).

I næste afsnit diskuteres nyere resultater og tilgange i den gren af litteraturen, der fokuserer på miljøreguleringens afledte effekter i omverdenen. I afsnit 3 præsenteres den teoretiske model, og vi udleder virkningerne af en CO₂-politik, der begrænser olieudbudet hhv. olieefterspørgslen. I afsnit 4 beregnes velfærdsbaserede mål for instrumenternes omkostningseffektivitet, ligesom analysens centrale resultater udledes. I afsnit 5 diskuteres vi resultaternes implikationer og mulige modeludvidelser.

2 Regulering af globale miljøproblemer og lækagevirkninger

Om end der udfoldes store bestræbelser på at etablere internationale aftaler om regulering af CO₂-udledningen, synes det at være et grundvilkår, at man kun opnår delvis dækning, idet der resterer en gruppe af lande, som ikke vil forpligtige sig over for verdenssamfundet. Denne gruppe af lande kaldes ofte »free rider«-lande, fordi de nyder godt af den aftalte CO₂-politik, der jo virker globalt, uden selv at bidrage hertil. I dette papir vil vi bruge betegnelsen »indland« om det land eller den gruppe af lande, der gennemfører CO₂-politik, mens betegnelsen »udland« bruges om de lande, der ikke gennemfører CO₂-politik (de såkaldte »free rider«-lande).

Grossman og Krueger (1991) opstiller en nyttig dekomponering af de *indenlandske* virkninger. Således vil for eksempel en CO₂-afgift øge prisen på energi i indlandet, og virkningen heraf på indenlandsk forbrug og produktion opdeles af Grossman og Krueger (1991) i:

- en *teknikeffekt*, der omfatter forbrugernes substitution *væk* fra energiintensive varer og industriens substitution *væk* fra energi-input (men betinget af hidtidigt produktionsniveau og output-sammensætning og den hidtidige realindkomst),
- en *kompositionseffekt*, der omfatter den ændring i industriens output-sammensætning, der følger af en *mindre* efterspørgsel efter energiintensiv produktion, fordi sådanne goders pris stiger relativt til andre, og
- en *skalaeffekt*, der omfatter den *lavere* samlede produktion som følge af indlandets realindkomsttab og forringede konkurrence i forhold til udlandet.

Det er imidlertid velkendt, at miljøregulering, der begrænser udledningen af globalt virkende forurening (som fx CO₂) i »indlandet«, kan have den bivirkning, at udledningen heraf øges i udlandet, hvis samhandlen er liberaliseret. Sådanne bivirkninger kaldes lækagevirkninger, og den dekomponering, som Grossman og Krueger (1991) foreslår, kan også bruges i forhold hertil. En CO₂-afgift, der øger prisen på energi og dermed produktionsomkostninger for energiintensive varer i indlandet, vil betyde, at den indenlandske efterspørgsel efter energi falder, og dermed at energiprisen på verdensmarkedet falder. Samtidig vil de udenlandske omkostninger ved produktion af energiintensive varer falde og deres udbud heraf stige. Virkningen i udlandet kan tilsvarende opdeles i en teknik-, kompositions- og skalaeffekt, men nu typisk med *modsat* fortegn af virkningerne i indlandet (og netop heraf navnet lækagevirkning). For eksempel vil teknikeffekten i udlandet nu omfatte industriens substitution *mod* energiinput og de udenlandske forbrugeres substitution i forhold til energiintensive varer³ (igen betinget af hidtidig produktionsniveau, output-sammensætning og realindkomst).

Med udgangspunkt i denne dekomponering har en række nyere studier estimeret de samlede lækagevirkninger af Kyoto-protokollens implementering i lande, der ikke har en CO₂-forpligtigelse under protokollen. Således har Barrett (1998) vurderet, at Kyoto-protokollens gennemførelse vil betyde et fald i olieprisen på 6% i forhold til uændret politik i de Kyoto-forpligtede lande. I Kuik og Gerlagh (2003) sammenholdes Kyoto-aftalens lækagevirkninger med den seneste aftale under WTO, Uruguay-runden. I studiet anvendes en multisektor og multiregion generel ligevægtsmodel til at simulere den øgede emission i lande, der står uden for Kyoto-aftalen. Lækagevirkningen ses i forhold til uændret politik i de Kyoto-forpligtede lande. Dette udgangspunkt sammenholdes med Kyoto-aftalens implementering både med og uden Uruguay-rundens liberaliseringer. Herved fås et estimat for, hvordan den øgede liberalisering af verdenshandlen vil påvirke globale lækagevirkninger. Kuik og Gerlagh (2003) estimerer, at Kyoto-aftalen alene vil skabe en global lækage på 11% af den aftalte reduktion. Tillægges Uruguay-rundens konsekvenser, fås herudover en lækage på 4%⁴, og dermed en samlet effekt på 15%⁵. Af denne effekt udgør førnævnte teknikeffekt alene de 13 procentpoint, altså mere end 85% af den samle-

de lækage. Kuik og Gerlagh finder dermed en ikke ubetydelig lækageeffekt, og at denne først og fremmest skyldes substitution i produktionsinput og forbrug afledt af faldende brændselspriser. På tilsvarende generelle ligevægtsmodeller med flere sektorer og regioner simulerer en række andre studier lækagevirkningen primært ved implementering af Kyoto-aftalen bl.a. Weyant (1999), Paltzev (2001), Burniaux og Oliveira-Martins (1999), Böhringer et al. (2000), Bollen et al. (2000). Der anvendes forskellige forudsætninger med hensyn til elasticiteter for udbud og efterspørgsel efter færdigvarer, halvfabrikata og brændsler, hvorfor graden af lækage også varierer mellem studierne – men *teknikeffekten* forårsaget af brændselsprisfald er i næsten alle papirer den dominerende årsag til lækage.⁶

Der findes endvidere en række studier af miljømæssige styringsmidler og brændselsforbrug, der tager højde for ufuldkommen konkurrence på markederne, bl.a. i form af et sælgerkartel (som OPEC) og/eller en monopsonstruktur hos aftagerlandene (fx repræsenterende en koordineret afgiftspolitik på energi i de vestlige aftagerlande)⁷. Omvendt findes kun få studier af styringsmidler, der inddrager lækageeffekter, og af disse fokuserer næsten alle på kompositionseffekten⁸ – kun et enkelt studie undersøger den teknikeffekt, der ifølge de empiriske undersøgelser er den dominerende. Anderson og McKibbin (2000) analyserer således konsekvenserne af at reducere subsidier til kulproduktion som alternativ til beskatning af energiefterspørgere. Analysen påpeger en global velfærdsforøgelse ved reduktion af subsidier. Pointen er, at sådanne tiltag ud over miljøvirkningen også vil mindske subsidiernes globale produktionsforvridning. Dette studies tilgang er dog væsentligt anderledes end det nærværende. I det følgende er ambitionen alene at foretage en indledende undersøgelse af udbuds- hhv. efterspørgselsbegrænsende styringsmidlers omkostningseffektivitet.

3 En analyse af CO₂-politik på oliemarkedet

I afsnittet opstilles en simpel teoretisk model af oliemarkedet. Der skelnes mellem et indland og et udland, der begge omfatter såvel olieproducenter som -forbrugere. Indlandet består af lande, der har forpligtet sig til at reducere udledning af CO₂ fra olieafbrænding. Udlandet består af »free rider«-lande, der ikke har påtaget sig en sådan forpligtelse. Regulator i indlandet antages at kunne vælge mellem to instrumenter til at nedsætte udledning af CO₂ fra olieafbrænding: en CO₂-afgift på indenlandsk olieforbrug og en CO₂-afgift på indenlandsk olieproduktion. I det følgende sammenligner vi virkningerne af disse to instrumenter.

Vi opstiller en een-periode-model, hvormed der ses bort fra den traditionelle ressourceøkonomiske problemstilling vedrørende den optimale tidsmæssige fordeling af udnyttelsen af den ikke-fornybar olieressource. En stor del af den teoretiske litteratur, der forholder sig til oliemarkedet, analyserer netop dette spørgsmål i dynamiske modeller.⁹ Udgangspunktet her er et andet, idet miljøpolitikens ambition netop er, at fossile brændsler på grund af drivhuseffekten skal udfases, inden de opbruges. Dermed forsvinder behovet for at optimere den tidsmæssige fordeling af olieforbruget naturligvis ikke, men det bliver sekundært i forhold til at fastlægge, hvor meget og med hvilke styringsmidler det samlede olieforbrug skal begrænses. Fraværet af dynamik forsimples vores model og gør, at analysen fokuseres på det primære miljøreguleringsproblem.¹⁰

Oliemarkedet i vores model er karakteriseret ved oligopolistisk Nash-Cournot-udbudsadfærd. Antagelsen muliggør analyse af et marked under imperfekt konkurrence med få aktører og tilhørende overprofitter på udbudssiden – hvilket afspejler centrale træk ved nutidens globale oliemar-

ked. Man kan imidlertid indvende, at en Stackelberg leder-følger struktur kunne udgøre en mere relevant analyseramme for netop dette marked. Empiriske studier peger således på, at oliemarkedet bedst beskrives med OPEC-landene eller alene Saudi Arabien som Stackelberg leder.¹¹ I vores analyse kan Cournot-adfærden opfange de basale kvalitative forskelle mellem de to beskatningsformer under imperfekt konkurrence, men en mere udpenslet Stackelberg-struktur fortjener opmærksomhed som en relevant udvidelse af analysen, da det ikke kan udelukkes, at en sekventiel trækstruktur i markedet vil kunne ændre på instrumenternes relative omkostningseffektivitet. Af denne grund bør den efterfølgende analyse opfattes som en indledende undersøgelse med en generel, men muligvis for simpel model. Egentlige policy-anbefalinger forudsætter analyser med mere komplekse modeller, der kan tage højde for den præcise trækstruktur på oliemarkedet.

Mere formelt antager vi et sekventielt spil mellem regulator og Cournot-producenterne. Først pålægger regulator en forbrugs- eller produktionsafgift. Dernæst vælger alle producenter samtidigt produktionsomfang givet denne afgift, og herefter realiseres oliepris og -forbrug. For i øvrigt at gøre analysen så simpel som mulig indeholder modellen ikke markeder for færdigvarer, halvfabrikata eller andre fossile brændsler.

Gennem oliemarkedet kan modellen afspejle det, der ovenfor betegnes som *teknislækage*. Da handel med halvfabrikata og færdigvarer omvendt ignoreres i analysen, inddrages *kompositionslækage* ikke. Som nævnt synes de empiriske analyser, der er foretaget på området, (jf. forrige afsnit), næsten entydigt at pege på teknislækage som den dominerende effekt. Denne forsimpning af modellen forekommer derfor ikke at være restriktiv.

Da der ikke modelleres andre fossile brændselsmarkeder, kan alene betragtes politikker, der sigter på at begrænse CO₂-udslip i forbindelse med olieforbrug. Et lands CO₂-politik (ligesom internationale CO₂-aftaler) vil imidlertid normalt omfatte alle fossile brændsler (ud over olie også kul og gas) samt udslip af andre drivhusgasser (lattergas mv.). Et reduktionsmål på olieområdet må derfor opfattes som et delmål i en samlet CO₂-strategi, og sammenligninger af omkostningseffektivitet bør derfor tage højde for afledte effekter på andre energimarkeder. Det er klart restriktivt, at disse

afløede effekter ikke opfanges i den formelle model, og det er derfor vigtigt, at de inddrages omhyggeligt ved fortolkningen af de udledte resultater.

Endelig antages konstante, marginale produktionsomkostninger i olieindustrien. Om end dette kan forsvares, så længe produktionen ikke nærmer sig kapacitetsgrænsen, bør denne forudsætnings realisme og implikationerne også inddrages ved resultaternes fortolkning.

Modellen

Efterspørgselssiden af oliemarkedet består af $n = n_a + n_f$ identiske forbrugere, hvor n_a betegner antallet af olieforbrugere i aftalelandene (indlandet) og n_f antal af olieforbrugere i free rider-landene (udlandet). Indlandet og udlandets andel af olieforbruget betegnes hhv. $\alpha_a = \frac{n_a}{n}$ og $\alpha_f = \frac{n_f}{n}$. De repræsentative indenlandske og udenlandske forbrugeres olieefterspørgsel (e_a og e_f) er givet som:

$$e_a = a - b(P + t) \text{ og } e_f = a - bP \quad (1)$$

hvor P er markedsprisen på olie, t er afgiften på indenlandsk olieforbrug (der kan være nul) og a og b er parametre. Bemærk, at udenlandske forbrugere ikke pålægges en forbrugsafgift. Idet $E = n_a e_a + n_f e_f$ er den samlede olieefterspørgsel på verdensmarkedet, bliver sammenhængen mellem markedspris og efterspørgslen:

$$P = \frac{a}{b} - \alpha_a t - \frac{1}{bn} E, \quad (2)$$

hvorved:
$$\frac{\partial P}{\partial E} = -\frac{1}{bn}. \quad (3)$$

Da CO₂-udledning fra olieforbrænding er proportional med forbruget, er E tillige et mål for den CO₂-udledning, der søges begrænset.

Udbudssiden af markedet består af $m = m_a + m_f$ identiske producenter, hvor m_a betegner antallet af olieproducenter i indlandet og m_f antal af olie-

producenter i udlandet. Den repræsentative indenlandske hhv. udenlandske producent maksimerer profitten (π_a hhv. π_f) givet som:

$$\pi_a = (P - \tau)e_a^p - ce_a^p \quad \text{og} \quad \pi_f = Pe_f^p - ce_f^p \quad (4)$$

hvor e_a^p hhv. e_f^p er producentens olieproduktion, τ er afgiften på indenlandsk olieproduktion (der kan være nul), og c er de marginale olieproduktionsomkostninger, der antages konstante. Bemærk igen, at udenlandske producenter ikke pålægges en produktionsafgift. Der hersker Cournot-konkurrence på oliemarkedet, hvorved førsteordensbetingelsen for producenternes profitmaksimering bliver:

$$(P - \tau) + \frac{\partial P}{\partial e_a^p} e_a^p = c \quad \text{hhv.} \quad P + \frac{\partial P}{\partial e_a^p} e_a^p = c. \quad (5)$$

Idet adfærden i Nash-Cournot-ligevægten betragtes, fås ved anvendelse af (3):

$$e_a^p = bn(P - c - \tau) \quad \text{hhv.} \quad e_f^p = bn(P - c). \quad (6)$$

Efter indsættelse af (1) og (6) og omrokering giver markedsligevægtsbetingelsen $m_a e_a^p + m_f e_f^p = n_a e_a + n_f e_f$ følgende centrale sammenhæng mellem markedsligevægtsprisen og politikvariablerne t og τ :

$$P = (a/b + mc - \alpha_a t + m_a \tau)/(m + 1) \quad (7)$$

Endelig kan den samlede indenlandske velfærd opgøres som den uvægtede sum af nettokonsumentoverskud, afgiftsprovener og profit:

$$\begin{aligned} W_a &= n_a \left[\int_0^{e_a} \left(\frac{a}{b} - \frac{e_a}{b} \right) d\tilde{e} - (P + t)e_a + \right] + n_a t e_a + m_a (P - c - \tau) e_a^p \\ &\Leftrightarrow \\ W_a &= n_a \left[\frac{a}{b} e_a - \frac{e_a^2}{2b} - P e_a \right] + m_a (P - c - \tau) e_a^p \end{aligned} \quad (8)$$

I første ligning er integralet den repræsentative forbrugers brutto-konsumentsoverskud (arealet under den individuelle efterspørgsel), hvorfra trækkes udgiften til olie. De næste led er det samlede skatteprovenu og de indenlandske olieproducenters samlede profit. På tilsvarende vis opgøres udlandets velfærd som:

$$W_f = n_f \left[\frac{a}{b} e_f - \frac{e_f^2}{2b} - P e_f \right] + m_f (P - c) e_f^p. \quad (9)$$

En forbrugsafgift

Lad den indenlandske regulator indføre en afgift på indenlandsk olieforbrug (d.v.s. $t > 0$ og $\tau = 0$). Fra (7) fås umiddelbart den marginale virkning heraf på ligevægtsprisen:

$$\frac{dP}{dt} = -\frac{\alpha_a}{m+1} \quad (10)$$

Ved differentiation af (1) og (6) og anvendelse af (10) fås afgiftens marginale virkning på olieforbrugere og -producenter, (idet $\tau = 0$):

$$\frac{de_a}{dt} = -\frac{b(m + \alpha_f)}{m+1}, \quad \frac{de_f}{dt} = \frac{b\alpha_a}{m+1}, \quad \frac{de_a^p}{dt} = \frac{de_f^p}{dt} = -\frac{n_a b}{m+1}, \quad (11)$$

og dermed afgiftens marginale virkning på det samlede olieforbrug:

$$\frac{dE}{dt} = n_a \frac{de_a}{dt} + n_f \frac{de_f}{dt} = -\frac{bn_a m}{m+1}. \quad (12)$$

Det ses af (10) og (12), at forbrugsafgiften medfører faldende pris (eksklusive afgiften) og faldende samlet olieforbrug. Af (11) ses, at forbruget falder i indlandet, men dette fald opvejes *delvist* af en lækageeffekt i udlandet, der som følge af prisfaldet øger forbruget. Vi ser endvidere, at prisfaldet øges med stigende indenlandsk andel af forbruget, hvilket afspejler, at efterspørgselsfaldet og dermed prisreaktionen er stærkere jo flere forbrugere, der udsættes for beskatningen. Tilsvarende stiger også den globale emissionsændring med stigende indenlandsk forbrugerandel. Endelig kan

antallet af olieproducenter m fortolkes som monopolgraden i markedet. Når m er stor, er prisvirkningen lille, idet denne situation nærmer sig fuldkommen konkurrence, hvor prisen er tæt på marginalomkostningerne c og udbudskurven tilnærmelsesvis vandret. Hermed bliver lækageeffekten, der opstår som følge af prisleddet, også lille. Det samme gælder for producenterens udbudsændring.

Velfærdsændringen i ind- og udland ved en marginal afgiftsændring findes nu ved totaldifferentiation af velfærdsudtrykkene (8) og (9), idet $\tau = 0$. Den indenlandske velfærdsændring bliver:

$$\frac{dW_a}{dt} = \frac{\partial W_a}{\partial e_a} \frac{de_a}{dt} + \frac{\partial W_a}{\partial e_a^p} \frac{de_a^p}{dt} + \frac{\partial W_a}{\partial P} \frac{dP}{dt} = n_a \left(\frac{a}{b} - \frac{e_a}{b} - P \right) \frac{-b(m + \alpha_f)}{m+1} - m_a (P - c) \frac{n_a b}{m+1} + (n_a e_a - m_a e_a^p) \frac{\alpha_a}{m+1}. \quad (13)$$

Da $t = a/b - e_a/b - P$ jf. (1) har vi at:

$$\frac{dW_a}{dt} = \frac{-tn_a b(m + \alpha_f) - m_a n_a b(P - c) + \alpha_a (n_a e_a - m_a e_a^p)}{m+1}. \quad (14)$$

Den tilsvarende udenlandske velfærdsændring bliver:

$$\frac{dW_f}{dt} = \frac{\partial W_f}{\partial e_f} \frac{de_f}{dt} + \frac{\partial W_f}{\partial e_f^p} \frac{de_f^p}{dt} + \frac{\partial W_f}{\partial P} \frac{dP}{dt} = \frac{-m_f n_a b(P - c) + \alpha_a (n_f e_f - m_f e_f^p)}{m+1} \quad (15)$$

Den indenlandske velfærd påvirkes negativt af det lavere forbrugeroverskud grundet lavere olieforbrug, men positivt af den faldende markedspris på olie (idet skatteprovenuet tilfalder indlandet), mens de indenlandske olieproducenteres profit falder. Hvorvidt den samlede velfærdseffekt er positiv eller negativ, afhænger af udbuds- og efterspørgselselasticiteterne samt indlandets andel af olieproduktionen. Det, der kan føre til en positiv velfærdsudvikling, er, at afgiften reducerer olieproducenterens monopolgevinst. Hvis denne reduktion er stor, samtidig med at produktionen primært er udenlandsk, kan nettovelfærdsvirkningen være positiv. De uden-

landske forbrugere vinder tilsvarende på de lavere priser, mens de udenlandske producenters profit entydigt falder, og den samlede effekt igen er uafklaret.

En produktionsafgift

Vi lader nu regulator i indlandet indføre en afgift på indenlandsk olieproduktion (d.v.s. $t = 0$ og $\tau = 0$). Ligesom ovenfor fås umiddelbart fra (7) den marginale virkning på ligevægtsprisen:

$$\frac{dP}{d\tau} = \frac{m_a}{m+1}. \quad (16)$$

Ved at differentiere (1) og (6), idet $t = 0$, og indsætte (16), fås de marginale virkninger på olieforbrugere og -producenter:

$$\frac{de_a}{d\tau} = \frac{de_f}{d\tau} = -\frac{bm_a}{m+1}, \quad \frac{de_a^p}{d\tau} = -\frac{nb(m_f+1)}{m+1}, \quad \frac{de_f^p}{d\tau} = \frac{nbm_a}{m+1} \quad (17)$$

og på det samlede olieforbrug (der er lig den samlede olieproduktion):

$$\frac{dE}{d\tau} = m_a \frac{de_a^p}{d\tau} + m_f \frac{de_f^p}{d\tau} = -\frac{nbm_a}{m+1}. \quad (18)$$

Den samlede marginale effekt på produktionen af en produktionskat (18) er således negativ. Reduktionen bliver, i overensstemmelse med intuitionen, større, jo større en andel af producenterne der underlægges beskatning. Af (16) fremgår, at en produktionskat medfører en stigende markedspris – modsat tilfældet med forbrugsbeskatning. Herved vil »lækageeffekt« i udlandet understøtte i stedet for at modvirke den indenlandske miljøpolitik (idet $\frac{de_f}{dt} < 0$).

Velfærdsændringer ved en marginal ændring i skattesatsen τ beregnes ligesom ovenfor ved at totaldifferentiere (8) og (9):

$$\frac{dW_a}{d\tau} = -m_a(P-c) \frac{nb(m_f+1)}{m+1} + (m_a e_a^p - n_a e_a) \frac{m_a}{m+1} \quad (19)$$

og

$$\frac{dW_f}{d\tau} = m_f(P-c) \frac{nbm_a}{m+1} + (m_f e_f^p - n_f e_f) \frac{m_a}{m+1} \quad (20)$$

I begge ligninger udtrykker det første led producenterne profitændring. Denne er negativ i indlandet, men positiv i udlandet svarende til politikens påvirkning af den oliepris, producenterne oplever (pris eksklusive afgift). Andet led repræsenterer forbrugernes velfærdstab som følge af prisstigningen.

Resultater

Det er klart fra en sammenligning af (11) og (17), at de to afgiftsinstrumenter er afgørende forskellige med hensyn til deres lækagevirkning. Benyttes en forbrugsafgift, vil markedsprisen på olie falde, og som følge heraf vil udlandet øge sit olieforbrug og dermed sin CO₂-emission, hvorved der opstår en lækageeffekt, der modvirker politikens formål. Pålægges derimod en produktionsafgift, vil markedsprisen på olie stige, og som følge heraf vil forbrug og emission i udlandet falde. Med en produktionsafgift opstår altså en »negativ« lækageeffekt, der forstærker den direkte virkning i indlandet.

Det centrale spørgsmål er imidlertid, hvilket af de to instrumenter der er mest omkostningseffektivt. Da vi betragter et globalt miljøproblem, kunne et naturligt mål for omkostningseffektivitet være de globale velfærdsmkostninger per enhed global emissionsreduktion. Dette mål, som vi vil kalde *global omkostningseffektivitet*, kan betragtes som et idealmål i den forstand, at en »global« regulator vil opfatte det som relevant. Endvidere er det altid interessant at vurdere, hvordan den samlede globale velfærd påvirkes af den politik, der gennemføres. Det er imidlertid kun de lande, der deltager i en CO₂-aftale (indlandet), der beslutter, hvilket styringsmiddel der skal anvendes i CO₂-politikken, og for denne gruppe af lande vil et mere relevant mål for omkostningseffektivitet være indlandets velfærdsmkostninger per enhed global emissionsreduktion (som vi vil kalde *indenlandsk omkostningseffektivitet*). Vi vil derfor foretage sammenligningen for begge disse mål.¹²

Idet global velfærd defineres som $W_{glo} = W_a + W_f$, bliver de relevante marginale mål for global omkostningseffektivitet $\frac{dW_{glo}}{dt} / \frac{dE}{dt}$ hhv. $\frac{dW_{glo}}{d\tau} / \frac{dE}{d\tau}$. I forhold hertil kan vises følgende klare resultat:

Resultat 1: *I forhold til et globalt mål for omkostningseffektivitet er en produktionsafgift mere omkostningseffektiv end en forbrugsafgift (dvs. at $\frac{dW_{glo}}{dt} / \frac{dE}{dt} > \frac{dW_{glo}}{d\tau} / \frac{dE}{d\tau}$), når $\alpha_a < 1$. For $\alpha_a = 1$ er de to afgifter lige omkostningseffektive.*

Bevis: se appendiks

Resultatet betyder, at det i forhold til at maksimere den samlede globale velfærd altid er bedst at benytte en *produktionsafgift*, ($\alpha_a < 1$). Baggrunden er, at produktionsafgiften i modsætning til forbrugsafgiften sikrer samme forhøjede oliepris for alle forbrugere over verdensmarkedet, hvorved alle forbrugere reducerer deres olie køb til samme marginale omkostningsniveau, hvilket netop er den efficiente fordeling af en given forbrugsbegrænsning. Produktionsafgiftens skæve fordeling af produktionsbegrænsningen (der ellers kunne modvirke produktionsafgiften efficiens) har ikke nogen negativ velfærdsvirkning i modellen, da alle producenter har samme – konstante marginale produktionsomkostninger. (Denne centrale antagelse diskuteres i næste afsnit).

I forhold til et mål om at maksimere indenlandsk velfærd bliver de relevante marginale mål for indenlandsk omkostningseffektivitet $\frac{dW_a}{dt} / \frac{dE}{dt}$ hhv. $\frac{dW_a}{d\tau} / \frac{dE}{d\tau}$, hvor følgende resultat kan vises:

Resultat 2: *I forhold til et indenlandsk omkostningseffektivitetsmål er en forbrugsafgift mere omkostningseffektiv end en produktionsafgift (dvs. at $\frac{dW_a}{dt} / \frac{dE}{dt} < \frac{dW_a}{d\tau} / \frac{dE}{d\tau}$), når $\alpha_a > 2m_a / m - 1$, og afgiftssatserne er små. Hvis markedet er præget af monopolistisk adfærd, gælder dette resultat også for store afgiftssatser. Hvis markedet ligner et fuldkommen konkurrence-*

marked, kan produktionsafgiften blive mere omkostningseffektiv ved højere afgiftssatser.

Bevis: se appendiks

Det ses, at aftalekoalitionen (indlandet) skal producere mindst halvdelen af olieudbudet, før end en produktionsafgift bliver fordelagtig for koalitionen ved små afgiftssatser. Betænker man, at CO₂-aftale-koalitioner i praksis består af vestlige industrilande med begrænset olieproduktion, vil forbrugsafgiften i praksis altid være den foretrukne ved små afgiftssatser. Resultatet betyder, at det i forhold til at maksimere den indenlandske velfærd er bedst at benytte en forbrugsafgift, i hvert fald så længe CO₂-politikken har et mere begrænset ambitionsniveau. Da oliemarkedet er præget af monopolistisk adfærd, er det sandsynligt, at dette også vil gælde ved høje CO₂-ambitionsniveauer.

4 Konklusioner og implikationer

De centrale modelresultater er relativt klare: I forhold til en målsætning om at maksimere global velfærd er produktionsafgiften det bedste styringsmiddel, mens det for Danmark eller for en gruppe af vestlige lande, fx EU-lande, der gennem CO₂-politikken ønsker at maksimere deres egen velfærd, er bedst at bruge forbrugsafgiften.

Selv om modellen afspejler opdelingen i ind- og udland og den centrale oligopolistiske struktur på oliemarkedet samt inddrager den dominerende lækagetype (*tekniklækage*), foretages der tre forsimplende antagelser, som kan være kritiske: 1) Modellen omfatter alene oliemarkedet (og altså ikke CO₂-belastende energisubstitutter som kul og gas), 2) der antages konstante (og ens) marginale produktionsomkostninger for alle olieproducenter og 3) det antages, at oliemarkedet er karakteriseret ved Nash-Cournot-ligevægt.

De manglende markeder for nære CO₂-belastende energisubstitutter er som sådan ganske restriktive. Imidlertid er den analyse, vi foretager, en sammenligning mellem forskellige måder hvorpå man kan nå den *samme* reduktion af det globale olieforbrug. Om end fordelingen af forbrugsreduktionen på indenlandske og udenlandske forbrugere varierer mellem styringsmidlerne, er det ikke urealistisk at forvente nogenlunde parallelle substitutionseffekter i forhold til andre energityper og dermed nogenlunde parallelle indirekte CO₂-virkninger. Rangordnen efter omkostningseffektivitet er derfor formodentlig robust over for indirekte CO₂-virkninger, men dette udgør et vigtigt forbehold i forhold til resultaterne.

Antagelsen om konstante marginale produktionsomkostninger i olieindustrien kan nok forsvares, så længe produktionen ikke nærmer sig kapa-

citetsgrænsen, men det er klart urealistisk at antage, at disse er ens for indenlandske og udenlandske producenter. Det er således velkendt, at olieproduktionens omkostninger i en sandsynlig aftalekoalition omkring EU (Nordsøolien) er væsentligt højere end omkostningerne i fx Mellemøsten. Imidlertid svækker dette forhold næppe resultatet væsentligt, da det i givet fald vil være efficient at reducere produktionen fra felter i Nordsøen som noget af det første – hvilket netop er, hvad der vil ske, hvis Nordsøfelterne blev pålagt en produktionsskat.

Antagelsen om, at oliemarkedet er karakteriseret ved Nash-Cournot-ligevægt, er givet den mest kritiske. Nogle empiriske studier peger således på, at oliemarkedet bedst kan beskrives med OPEC-landene eller Saudi Arabien som Stackelberg-leder. I vores analyse opfanger Cournot-adfærden de basale kvalitative forskelle mellem de to beskatningsformer under imperfekt konkurrence, men det kan ikke udelukkes, at en sekventiel trækstruktur i markedet vil kunne ændre på instrumenternes relative omkostningseffektivitet.

Om end de to første forudsætninger giver anledning til, at vores resultaterne skal tages med forbehold, er der ikke umiddelbart grund til at tro, at en analyse, der slækker på disse forudsætningerne, vil nå et væsentligt anderledes resultat. Derimod kan den antagne trækstruktur på oliemarkedet være kritisk. Egentlige policy-anbefalinger forudsætter derfor analyser med mere komplekse modeller, der kan tage højde for den præcise trækstruktur på oliemarkedet, samt at denne struktur bliver fastlagt empirisk med tilstrækkelig sikkerhed.

Med dette forbehold i mente peger vores analyse dog på, at produktionsbeskatning *kan* være det foretrukne styringsmiddel ud fra en global betragtning, samtidig med at dette instrumentvalg næppe er det fortrukne for industrilande, hvis de søger at maksimere egen velfærd (fordi produktionsskatten først bliver attraktiv, hvis et land eller en koalition af lande står for en betydelig del af olieproduktionen). I givet fald giver dette en ny vinkel på diskussionen om Nordsøoliebeskatningen, som indledte papiret. Hvis dansk CO₂-politik tilrettelægges ud fra et globalt velfærdskriterium, er der et hidtil overset *miljøargument* i forhold til beskatning af Nordsøolien (hvor argumenterne hidtil udelukkende har været fiskale og fordelingsmæssige). Dette argument kunne eventuelt begrunde en højere

beskatning end den, der gælder i dag – men nok mindst lige så vigtigt indikerer dette argument andre principper for, hvordan skatten skal udformes, end dem, der er retningsgivende i dag. Lidt firkantet sagt har et vigtigt hensyn ved udformning af den nuværende oliebeskatningen (jf. Statens aftalen fra efteråret 2003 med A.P. Møller og oliepartnerne i DUC, se fodnote 1) været at undgå at give (forvridende) incitament til at begrænse indvinding og efterforskning. Miljøargumentet vil imidlertid implicere, at afgiftens formål bør være at give netop sådanne incitament til at begrænse indvinding og efterforskning – af hensyn til miljøvirkningen. Et konkret eksempel herpå er det statslige medejerskab, der er aftalt fra 2012. Dette giver (formodentligt) en statslig indtægt, men uden at ændre de *marginale* økonomiske incitament med hensyn til produktionens størrelse. Dette er i tråd med det gældende ikke-forvridningshensyn. Miljøargumentet vil omvendt implicere, at en højere produktions- eller kulbrintebeskatning, der tilskynder til at begrænse indvindingen, er at foretrække pga. den deraf følgende positive globale miljøeffekt.

Hvis miljøargumentet i forhold til Nordsøolien holder, kan det tillige have videre implikationer for dansk CO₂-politik og Danmarks forhandlingsstrategi i forbindelse med internationale CO₂-aftaler. I dag udfoldes der ihærdige bestræbelser for at sikre, at lande som USA og Japan indtræder i de internationale CO₂-aftaler. Hvis man imidlertid fra dansk side ønsker at maksimere global velfærd, synes analysen at pege på, at store olieproducenter (som fx Saudi Arabien, Iran og Irak) er mere interessante som aftalepartnere end store olieforbrugere som USA og Japan. Under alle omstændigheder peger vores analyse på, at mulighederne for at fremme billige CO₂-reduktioner i udlandet gennem en aktiv udbudspolitik på energimarkederne kan udgøre et ganske attraktivt alternativ til den store og vanskelige indsats, der i dag udfoldes i forhold til forskellige direkte påvirkningsmuligheder i forbindelse med fx joint implementation.

Selv om resultaterne skal tages med forbehold, illustrerer den simple modelramme, at der kan være et hidtil upåagtet potentiale for at føre CO₂-politik via produktionsbegrænsende tiltag frem for som hidtil gennem en forbrugsbegrænsende politik. Artiklens primære formål er således at anspore til yderligere undersøgelse af udbudsbaserede styringsmidler i CO₂-politikken. Det kunne for eksempel være relevant at analysere en model

med en mere nuanceret trækstruktur, der giver mulighed for modreaktioner fra omverdenen ved miljøpolitiske tiltag. Her kunne både olieproducenter og politiske beslutningstagere i free rider-regionen introduceres som spillere og betydningen af eventuelle asymmetriske udenlandske reaktioner på producent- og forbrugsbeskatning analyseres. Endvidere har vi i ovenstående model anlagt en enten-eller-betragtning på beskatning af produktion eller forbrug. Dette kunne raffineres ved at studere den optimale kombination af de to instrumenter i en mere generel model med ikke-liniære funktionsformer.

Appendiks

Bevis af resultat 1:

Fra (12), (14), og (15) hhv. (18), (19) og (20) samt fra virksomhedernes førsteordensbetingelse kan forholdet mellem global velfærdsændring og global emissionsændring udtrykkes:

$$\frac{dW_{glo}}{dE_t} = \frac{dW_{glo}}{dt} / \frac{dE}{dt} = \frac{a}{b} - P - \frac{(m+1)e_a}{bm} + \frac{2e^p}{nb} \text{ og}$$

$$\frac{dW_{glo}}{dE_\tau} = \frac{dW_{glo}}{d\tau} / \frac{dE}{d\tau} = \frac{a}{b} - P - \frac{(m+1)e_a^p}{nb} + (m_2+1)\tau - 2[m_2e_f^p - (m_2+1)e_a^p]$$

Udtrykkene er ens i ligevægtene uden intervention med $t = 0$, henholdsvis $\tau = 0$, hvor vi har:

$$\frac{dW_{glo}}{dE_t} \Big|_{t=0} = \frac{dW_{glo}}{dE_\tau} \Big|_{\tau=0} = \frac{e^c}{bm}$$

Betragt nu udviklingen i forholdet mellem velfærdsændring og emissionsændring for stigende reduktion i udslip afledt af stigende skattesatser. Vi ønsker at sammenligne de to instrumenter for ens emissionsændring. Ved differentiation af de to udtryk med de respektive skattesatser fås

$$\frac{d\left(\frac{dW_{glo}}{dE_t}\right)}{dt} = \frac{d\left(\frac{dW_{glo}}{dE_t}\right)}{dE} \frac{dE}{dt} = \frac{m+\alpha_f}{m} - \frac{\alpha_a}{m+1} \quad \text{og}$$

$$\frac{d\left(\frac{dW_{glo}}{dE_\tau}\right)}{d\tau} = \frac{d\left(\frac{dW_{glo}}{dE_\tau}\right)}{dE} \frac{dE}{d\tau} = \frac{m_a}{m+1}.$$

Emissionsændringen er da globalt dyrest, når den implementeres via forbrugsafgiften, hvis forholdet mellem $\frac{d\left(\frac{dW_{glo}}{dE_t}\right)}{dE}$ og $\frac{d\left(\frac{dW_{glo}}{dE_\tau}\right)}{dE}$ er større end 1.

Idet at $\frac{dE/d\tau}{dE/dt} = \frac{m_a}{\alpha_a m}$ har vi da:

$$\frac{\frac{m+\alpha_f}{m} - \frac{\alpha_a}{m+1}}{\frac{m_a}{m+1}} \frac{m_a}{\alpha_a m} > 1 \quad \text{eller} \quad \left(\frac{m+\alpha_f}{m} - \frac{\alpha_a}{m+1}\right) \frac{m_a}{\alpha_a m} > \frac{m_a}{m+1}, \text{ som er ensbetydende}$$

med $\frac{m+\alpha_f}{m} > \alpha_a$, hvilket er sandt for $\alpha_1 < 1$, mens lighed er gældende for $\alpha_1 = 1$. Desuden følger, at forskellen mellem venstreside og højreside i uligheden og dermed forskellen i global velfærdsmkostning mellem de to instrumenter er faldende i α_1 . Hermed er resultat 1 bevist.

Bevis af resultat 2:

Den marginale velfærd ændring i aftalelandene i forhold til en marginal ændring i global emission giver under de to instrumenter:

$$\frac{dW_a}{dE_t} = -\frac{(m+1)e_a}{bm} + \frac{m+\alpha_f}{bm}[a-bP] + \frac{2\alpha_a m_a}{n_a bm} e^p \quad \text{og}$$

$$\frac{dW_a}{dE_\tau} = \frac{\alpha_a e_a}{b} - \frac{(m+1)e_a^p}{nb} + (m_f+1)\tau + 2\frac{(m_f+1)e_a^p}{nb}$$

I ligevægt uden intervention med $t = 0$, henholdsvis $\tau = 0$, fås:

$$\frac{dW_a}{dE_t}|_{t=0} = \frac{e}{bm} \left(\frac{2m_a}{m} - \alpha_a \right) \quad \text{og} \quad \frac{dW_a}{dE_\tau}|_{\tau=0} = \frac{e}{bm} (2m_f + 1 - m\alpha_f),$$

Heraf følger, at hvis $\frac{2m_a}{m} - \alpha_a < 2m_f + 1 - m\alpha_f$, som er ensbetydende med $\alpha_a > 2m_a/m - 1$, vil en *initial* marginal reduktion være billigst, når den implementeres via en forbrugsafgift. Det ses, at aftalekoalitionen skal producere mindst halvdelen af olieudbudet, før end en produktionsafgift kan blive fordelagtig for koalitionen. Betænker man, at CO₂-aftale-koalitioner i praksis består af vestlige industrilande med begrænset olieproduktion, vil forbrugsafgiften altid være den foretrukne ved små afgiftssatser. Hvorvidt fordelene for forbrugsafgiften består ved højere afgiftssatser, kan undersøges ved differentiation af de to udtryk med hensyn til E . Hvis

$$\frac{d\left(\frac{dW_{glo}}{dE_t}\right)}{dE_t} < \frac{d\left(\frac{dW_{glo}}{dE_\tau}\right)}{dE_\tau},$$

vil velfærdstabet ved yderligere CO₂-reduktioner vokse langsommere ved forbrugsafgiften end ved produktionsafgiften, hvorfor forbrugsafgiften beholder sit forspring med hensyn til omkostningseffektivitet.

Ved anvendelse af samme procedure som ovenfor fås, at

$$\frac{d\left(\frac{dW_a}{dE_t}\right)}{dE_t} = - \left[\frac{m + \alpha_f}{m} + \frac{\alpha_a (m + \alpha_f - 2m_a)}{m(m+1)} \right] \frac{m+1}{bn_a m} \quad \text{og}$$

$$\frac{d\left(\frac{dW_a}{dE_\tau}\right)}{dE_\tau} = - \left[\frac{2m_a (m - m_a + 1)}{m+1} - \frac{\alpha_a m_a}{m+1} \right] \frac{m+1}{bnm_a}$$

hvorved ovennævnte betingelse bliver:

$$\begin{aligned}
& - \left[\frac{m + \alpha_f}{m} + \frac{\alpha_a (m + \alpha_f - 2m_a)}{m(m+1)} \right] \frac{m+1}{bn_a m} < - \left[\frac{2m_a (m - m_a + 1)}{m+1} - \frac{\alpha_a m_a}{m+1} \right] \frac{m+1}{bnm_a} \\
& \Leftrightarrow \\
& \left[(m + \alpha_f)(m+1) + \alpha_a (m + \alpha_f - 2m_a) \right] m_a > \left[2m_a (m - m_a + 1) - \alpha_a m_a \right] \alpha_a m^2 \\
& \Leftrightarrow \\
& \left[m^2 + 2m + \alpha_f + \alpha_a \alpha_f - 2\alpha_a m_a \right] m_a > \left[2(m - m_a + 1) - \alpha_a \right] \alpha_a m_a m^2 \\
& \Leftrightarrow \\
& \left[m^2 + 2m + (1 - \alpha_a) + \alpha_a (1 - \alpha_a) - 2\alpha_a m_a \right] > \left[2m - 2m_a + 2 - \alpha_a \right] \alpha_a m^2 \\
& \Leftrightarrow \\
& \left[m^2 + 2m + 1 - \alpha_a^2 - 2\alpha_a m_a \right] > \left[2m - 2m_a + 2 - \alpha_a \right] \alpha_a m^2 \\
& \Leftrightarrow \\
& \frac{(m^2 + 1 + 2m) / \alpha_a}{m^2} - \frac{\alpha_a + 2m_a}{m^2} > (1 + 1 + 2m) - (\alpha_a + 2m_a)
\end{aligned}$$

Vi ser, at for store m (dvs. $m \rightarrow \infty$) er betingelsen ikke opfyldt, og forbrugsafgiften er derfor ikke nødvendigvis den mest omkostningseffektive for store afgiftssatser. Hvis m og α_a derimod er små (fx hvis $m=1$ og $\alpha_a < 1$ eller hvis $m=2$ og $\alpha_a < 1$), ser vi, at betingelsen er opfyldt, hvorfor forbrugsafgiften er mere omkostningseffektiv også for store afgiftssatser.

Referencer

Alhajji og D. Heutner (2000): OPEC and World Crude Oil Markets 1973-1994: Cartel, Oligopoly or Competitive?, *The Energy Journal* 21 (3).

Anderson, K. og McKibbin, W.J. (2000): Reducing Coal Subsidies and Trade Barriers: Their Contribution to Greenhouse Gas Abatement. *Environment and Development Economics* 5, 457-481.

Barrett, S. (1998): Political Economy of the Kyoto Protocol, *Oxford Review of Economic Policy*, Volume 14, No. 4.

Bollen, J.; T. Manders og H. Timmer (2000): *Decomposing Carbon Leakage*, Third Annual Conference on Global Economic Analysis, June 27-30, Melbourne.

Burniaux, J.-M. og J. Oliviera-Martins (1999): *Carbon Emission Leakage: A General Equilibrium View ECO/WKP (2000)15*, Economics Department Working Paper No 242, Paris, OECD.

Böhringer C. og T.F. Rutherford (2000): *Decomposing the Costs of Kyoto: A Global CGE Analysis of Multilateral Policy Impacts*, Paper presented to the Tenth Annual Conference of the EAERE, Crete.

Copeland, B.R. og M.S. Taylor (1997): *A Simple Model of Trade, Capital Mobility, and the Environment*, NBER Working Paper 5898. Cambridge.

Fisher, A.C. (1981): *Resource and Environmental Economics*, Cambridge: Cambridge University Press.

Grossman, G.M og A.B. Krueger (1991): *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*, Cambridge NBER Working Paper.

Hoel, Michael (1996): Should a carbon tax be differentiated across sectors? *Journal of Public Economics* 59, pp. 17-32.

IEA, International Energy Agency (2001): *Monthly Oil Market Report* (Juni 2001).

Karp, L. (1984): Optimality and Consistency in a Differential Game With Nonrenewable Resources, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 8, side 73-98.

Karp, L. og D. Newberry (1993): Intertemporal Consistency Issues in Depletable Resources, i: A.V: Kneese, J.L. Sweeney (eds.), *Handbook of Natural Resource and Energy Economics Vol III*, North Holland, Amsterdam.

Kuik, O. og R. Gerlagh (2003): Trade liberalization and Carbon Leakage, *The Energy Journal*, Vol. 24, No. 3.

Liski, M og O. Tahvonen (2004): Can Carbon Tax Eat OPEC's rents?, *Journal of Environmental Economics and Management* 47, side 1-12.

Munksgaard, J. og K.A. Pedersen (2001): CO₂ accounts for open economies: producer or consumer responsibility? *Energy Policy* 29, pp. 327-334.

Newberry, D.M.G. (1981): Oil Prices, Cartels, and the Problem of Dynamic Inconsistency, *The Economic Journal*, 91, pp. 617-46.

Paltzev, S.V. (2001): The Kyoto Protocol: Regional and Sectoral Contributions to the Carbon Leakage, *The Energy Journal* 22(4), pp. 53-79.

Pindyck, R.S. (1978): The Optimal Exploration and Production of Nonrenewable Resources, *Journal of Political Economy*, 86, pp. 841-61.

Salant, S.W. (1976): Exhaustible Resources and Industrial Structure: A Nash-Cournot Approach to the World Oil Market, *Journal of Political Economy*, 84, pp. 1079-93.

Stiglitz, J.E. (1976): Monopoly and The Rate of Extraction of Exhaustible Resources, *American Economic Review*, 66. pp. 655-61.

Stiglitz, J.E. og P. Dasgupta (1982): Market Structure and Resource Depletion: A Contribution to the Theory of Intertemporal Monopolistic Competition, *Journal of Economic theory*, 28, pp. 128-64.

Tahvonen, O. (1995): International CO₂ Taxation and the Dynamics of Fossil Fuel Markets, *International Tax and Public Finance* 2, side 261-278.

Tahvonen, O. (1996): Trade with Polluting Nonrenewable Resources, *Journal of Environmental Economics and Management* 30, side 1-17.

Wirl, F. (1995): The Exploitation of Fossil Fuels under the Threat of Global Warming and Carbon Taxes; a Dynamic Game Approach, *Environment and Resource Economics* 5, side 333-352.

Wirl, F. og E. Dockner (1995): Leviathan Governments and Carbon Taxes: Costs and Potential Benefits, *European Economic Review* 39, side 1215-1236.

Weyant, J.P. (ed.) (1999): The Costs of the Kyoto Protocol: A Multi Model Evaluation, *The Energy Journal*, special issue.

Summary

CO₂ Policy and Energy Production Taxes – a preliminary study

Issued November 2004

by Lars Gårn Hansen og Niels Nannerup

This paper presents a preliminary study of the scope for promoting low-cost CO₂ reductions in other countries through an active supply-side policy in the energy markets. The principal finding of the study indicates that, from a global perspective, regulation that aims at limiting oil production may be a more cost-effective means of control than traditional demand-limiting initiatives. It is however improbable that a group of countries centred on the EU that had entered into a CO₂ agreement would prefer this means of control, if the choice were to be based on that coalition's own interests alone. Although one should be cautious about drawing hard and fast inferences, the findings of the present paper should encourage further examination of supply-side means of control in the area of CO₂ policy-making. We do not know of other studies in the climate debate that have the same focus. Nor has the environmental argument put forward in the paper been discussed in the Danish debate about higher taxation of North Sea oil.

Noter

1. En beskrivelse af aftalen kan findes på energistyrelsens hjemmeside: www.ens.dk under punktet »olie og gas«.
2. Da Nordsøolieproduktionen udgør en ikke ubetydelig andel af den samlede verdensproduktion (for tiden 12-13% ifølge IEA (2001)), er udbudsbegrænsning en reel politikmulighed for EU i forbindelse med internationale CO₂-aftaler.
3. Nettovirkningen af det faldende indenlandske og stigende udenlandske udbud af energiintensive varer er dog ikke entydig.
4. En række lande vil som følge af Uruguay-rundens liberalisering opleve faldende energipriser på grund af reduktion af importtariffer på energi.
5. Hertil kommer en forøgelse af CO₂-mission på 5,3% hos lande, der er med i Kyoto-aftalen uden at have en bindende forpligtigelse, de såkaldte Annex-Ib-lande, som primært er østeuropæiske nationer og de tidligere sovjetstater. Samlet fås således ifølge Kuik og Gerlagh (1993) en lækage på over 20% af Kyoto-aftalens reduktionsforpligtigelse.
6. En undtagelse er Burniaux og Oliveira-Martins (1999), der finder, at økonomisk inefficiens i miljøpolitikken i de reducerende lande i høj grad påvirker lækagen i free rider-lande. Således vil fx indførelse af et omsætteligt kvoteprogram blandt Kyoto-aftalens stater kunne bidrage til en væsentligt lavere lækage. Dette indikerer, at kompositionseffekten dominerer i dette studie.
7. Denne litteratur udspringer fra bl.a. Salant (1976) og Newberry (1981). Karp (1984) og Karp og Newberry (1993), viser at aftagerlande via afgifter kan påvirke købskartellets »ressourcerente« (overprofit) fra energiudvindingen. Senere artikler (fx Tahvonen (1995, 1996), Wirl (1995), Wirl og Dockner (1995) og Liski og Tahvonen (2004)) har med baggrund i dette resultat (og under forskellige forudsætninger med hensyn til udvindingsomkostninger, beskatning og politisk »commitment«) analyseret, hvordan OPEC-landene med det formål at øge ressourcerenten med fordel kan reagere strategisk på en international CO₂-beskatning af energi. Afledt heraf beskrives det for aftagerlandene optimale design af beskatningen over tiden. Ud over selve ressourceproblemet tager disse artikler således, som nærværende artikel, højde for markedsreaktioner i analysen af optimal energibeskatning. Denne litteratur ignorerer dog helt vort fokus: velfærds- og miljøimplikationerne af eksistensen af free rider-lande uden påtaget CO₂-begrænsning.
8. Der findes et par teoretiske studier af kompositionseffekten. Copeland og Taylor (1997) viser, at hvis energi og kapital er komplementære, vil øget frihandel kunne mindske forureningen i »free rider«-regionen – idet frihandel i deres model fører til øget produktion af forurenende kapitalintensive goder i de regulerede landene, mens free rider-landene øger produktionen af rene arbejdskraftintensive goder. Hoel (1996) opererer

med varierende energiintensivitet i industrisektorer og viser, at det kan være globalt velfærdsforøgende, at aftalelande differentierer en CO₂-skat mellem sektorer for derved at reducerer kompositions-lækage. Endelig har de afledte CO₂-virkninger af importeret vareforbrug (fx elimport) været analyseret i flere empiriske danske bidrag (se bl.a. Munksgaard og Pedersen, 2001). Der peges på, at CO₂-virkningen af en politik, der reducerer dansk produktion af energiintensive varer, vil være begrænset, hvis den danske efterspørgsel efter de pågældende varer opretholdes og tilfredsstilles gennem øget udenlandsk produktion. I stedet for regulering af produktionen foreslås regulering af forbruget for derved at undgå kompositions-lækage.

9. Den optimale udnyttelse af ikke-fornybare ressourcer er oprindeligt analyseret i dynamiske modeller med mere simple markedsstrukturer som fuldkommen konkurrence og monopol og under diverse komplikationer, hvad angår teknologi, udvindingsomkostninger og forskellige former for usikkerhed mv. Her kan nævnes Stiglitz (1976), Pindyck (1978), Fisher (1981) og Stiglitz og Dasgupta (1982). Se fodnote 7 for dynamiske modeller med ufuldkommen konkurrencestruktur.
10. Implicit antages således i analyserammen, at en såkaldt backstop-teknologi (der under den givne regulering introducerer en perfekt substitut for olie til dennes markedspris) forventes at være tilgængelig på markedet, inden selve kapacitetsproblemet for ressourcen for alvor vil påvirke markedsprisen.
11. Bl.a. bidrager Alhajji og Heutner (2000) med empirisk evidens herfor. Stackelberg strukturen indgår også i mange teoretiske analyser af energimarkedet
12. Velfærdsændring i forhold til emissionsændring svarer til en omkostnings-effekt-analyse som prioriteringsmetode. Det antages, at en beslutningstager maksimerer global/indenlandsk velfærd under en bindende bibetingelse, der angiver et maksimum for globalt CO₂-udslip, dvs.: $\text{Max } W \text{ u.b.b. } E \leq \bar{E}$. Fra førsteordensbetingelsen for dette problem ses, at lagrange-multiplikatoren $\lambda = dW/dt / dE/dt$. Denne kan fortolkes som skyggeprisen på velfærd ved en marginal stramning af restriktionen, og det mest omkostningseffektive instrument bliver da den afgiftsform, der har lavest omkostning (velfærdsskyggepris) til et givet \bar{E} .