



International handel og CO₂-udledning

af

Jesper Munksgaard, akf
Lise-Lotte Pade, akf
Manfred Lenzen, The University of Sydney

akf forlaget
april 2005

Forord

Denne slutrapport sammenfatter på dansk resultaterne af projektet: »International handel, energieffektivitet og CO₂-udledning«, finansieret af Statens Energiforskningsprogram EFP via Energistyrelsen. Projektet er blevet gennemført over perioden fra april 2001 til december 2003 af en arbejdsgruppe med deltagelse af senior researcher, ph.d. Manfred Lenzen, University of Sydney, forskningsassistent, Lise-Lotte Pade og docent, ph.d. Jesper Munksgaard – begge akf. Rapporten er forfattet af Jesper Munksgaard.

EFP stiller krav om, at såfremt publiceringen af projektets resultater er sket i form af publicering i internationale og engelsksprogede tidsskrifter, så skal der udarbejdes en dansk sammenfatning på 5-10 sider af projektets resultater. Da vi i publiceringen af projektets resultater har lagt vægt på både en hurtig og løbende offentliggørelse samt på en høj kvalitetssikring, har vi valgt denne fremgangsmåde frem for at udarbejde en traditionel forskningsrapport.

Bagest i rapporten er en oversigt over projektets publikationer, herunder de tre engelsksprogede artikler udarbejdet inden for projektets emne og tidsramme. Alle artikler er blevet optaget i internationale fagtidsskrifter (Economic Systems Research, Journal of Industrial Ecology og International Journal of Global Energy Issues) med den obligatoriske anonyme review kvalitetskontrol.

Jesper Munksgaard
April 2005

Indhold

	Sammenfatning og konklusion.....	7
1	Formål	10
2	Problemstilling	12
3	Baggrund	13
4	Modeller.....	16
5	Resultater	20
5.1	CO ₂ -multiplikatorer	20
5.2	CO ₂ -regnskaber for Danmark	25
6	Datagrundlag	28
	Referencer	31
	English Summary.....	35
	Noter	38

Sammenfatning og konklusion

Det er velkendt, at Danmarks ambitiøse mål om at reducere CO₂-udledningen med 21% tager udgangspunkt i et år (1990), hvor Danmarks CO₂-udledning var ekstraordinær lav på grund af en stor import af elektricitet fra Norge. El-importen betød, at danske kraftværker kunne reducere forbruget af kul, og dermed også udledningen af CO₂, som var væsentligt lavere end i et år med »normal« elhandel. Det er også velkendt, at danske embedsmænd har forsøgt at overbevise EU om, at der ved fastlæggelse af det danske CO₂-mål burde tages hensyn til ubalance i elhandelen med udlandet – men uden held.

Handelen med elektricitet mellem Danmark og Norge er det bedste eksempel på, at sammenhængen mellem CO₂-udledning og international handel tages meget alvorligt. Eksemplet understreger behovet for at diskutere, hvordan man bør tage hensyn til handel i opgørelsen af den nationale CO₂-udledning. Og eksemplet rejser det principielle spørgsmål, om det er forbrugeren eller producenten, der er ansvarlig for CO₂-udledningen – ikke blot fra produktionen af el, men fra alle varer.

Vi har i et tidligere studie peget på to generelle principper til opgørelse af national CO₂-udledning: Forbrugeransvar og producentansvar, Munksgaard og Pedersen (2001). Det er i behandlingen af udenrigshandelen, de to principper adskiller sig fra hinanden. Princippet om forbrugeransvar leder frem til, at CO₂-udledningen fra produktionen af de importerede varer bliver regnet med i det danske CO₂-regnskab, hvorimod udledningen fra eksporten bliver trukket fra. Og omvendt for producentansvar: Her ses der bort fra CO₂-udledningen fra importen, hvorimod udledningen fra eksporten regnes med i det nationale CO₂-regnskab.

Ud fra den grundlæggende sondring mellem forbrugeransvar og producentansvar for CO₂-udledningen har vi i dette studie sammenlignet tre forskellige input-output-modeller, som kan beregne CO₂-udledning af hele den nationale vareimport.

Vores modelanalyser viser, at der er stor forskel på produktionens CO₂-belastning i de lande, Danmark handler med. I Norge og Sverige er produktionen generelt mindre CO₂-intensiv end i Danmark, hvorimod den i Tyskland og resten af verden (Australien) er mere CO₂-intensiv. Da Danmark handler mest med Tyskland og resten af verden, fører det til en forøgelse af CO₂-multiplikatorerne med 10-30%, når man anvender en fler-region-model i stedet for en en-region model.

Modelanalyserne viser også, at betydningen af at inddrage de indirekte handelseffekter, som det er gjort i model 3, er langt mindre end betydningen af at anvende en fler-region-model i stedet for en-region-modellen. Dette kunne indikere, at det er vigtigere at indsamle realistiske data om produktionsforholdene i andre lande end at anvende et forfinet analyseværktøj, som tager hensyn til de afledte handelseffekter.

Endelig viser analyserne, at den danske CO₂-udledning i 1997 reduceres med 20%, når man gør de danske forbrugere og ikke producenter ansvarlige for CO₂-udledningen, og at den danske CO₂-handelsbalance næsten er i balance, når man lægger model 3 til grund for beregningen, hvorimod model 1 leder frem til et overskud (CO₂-nettoeksport) på omkring 11 mio. ton CO₂.

Begrebet »en national CO₂-handelsbalance« kunne få praktisk betydning for fremtidige forhandlinger om reduktion af den globale CO₂-udledning og i den sammenhæng, hvilket ansvar de enkelte lande skal pålægges. Lande med meget åbne økonomier – som den danske – vil være interesseret i, at der ved fastlæggelsen af deres CO₂-mål tages hensyn til deres nettoeksport af CO₂ til omverdenen, med andre ord om de har over- eller underskud på CO₂-handelsbalancen. De samme lande vil også være interesseret i, at der bliver udviklet konsistente og pålidelige modeller til beregning af CO₂-udledningen i forbindelse med den internationale handel. Dette behov er også blevet understreget i et nyere OECD-studie, hvor både begreberne om forbruger- og producentansvar og national CO₂-

handelsbalance er blevet anvendt til at sammenligne landes CO₂-udledning, Ahmad og Wyckoff (2003).

Ikke mindst lande med en nettoimport af CO₂ fra udlandet vil være interesseret i at få en »CO₂-rabat«, når deres basisår for CO₂-målet skal fastlægges. Det kan være vanskeligt for disse lande at se det rimelige i, at tilfældige svingninger i handelsbalancen over for udlandet skal have afgørende indflydelse på deres langsigtede forpligtelse til at reducere CO₂-udledningen. Modvilligheden i at indgå internationale klimaaftaler kunne givetvis mindskes, hvis der blev taget højde for ubalancer i handelen mellem lande.

I en mere snæver sammenhæng kan projektets resultater bidrage til at styrke Danmarks forhandlingsposition i de internationale klimaforhandlinger.

En svaghed ved de modelanalyser, vi har gennemført i projektet, er den meget aggregerede landeopdeling, vi har anvendt, hvor »Resten af verden« repræsenterer mere en halvdelen af den danske import. Også antagelsen om, at produktionen fra denne store restgruppe af lande kan beskrives ved hjælp af australske data, kan diskuteres. Denne svaghed ved data-materialet har dog ikke haft nogen væsentlig indflydelse på projektets konklusion: At det er muligt at opstille konsistente modeller for nationale CO₂-regnskaber baseret på henholdsvis forbrugeransvar og producentansvar, og at det har stor betydning for opgørelsen, om man vælger en en-region- eller fler-region-model.

Bedre CO₂-forbrugsregnskaber vil selvfølgelig kunne opnås, hvis produktionen i flere lande modelleres på baggrund af relevante nationale data. Opgaven i forbindelse hermed er dog omfattende og bør forankres i et internationalt regi som fx EU. En mulighed er at tage udgangspunkt i GTAP-E-modellen (Burniaux m.fl. 2002), som efter den nye opdatering vil komme til at indeholde input-output-data og energidata for 87 lande. GTAP-E-modellen er en generel ligevægtsmodel til analyse af handel mellem lande. Udvikles GTAP-E til brug for nationale CO₂-opgørelser, er der mulighed for, at princippet om, at det skal være forbruget og ikke produktionen, der bestemmer et lands CO₂-mål, kan vinde udbredelse.

1 Formål

Formålet med projektet har været at skabe et bedre metodisk grundlag for at kunne fastlægge nationale klimamål, som tager hensyn til den internationale handels forskellige påvirkning af landes CO₂-udledning. Med baggrund i begreberne »en national CO₂-handelsbalance«, »producentansvar« og »forbrugeransvar«, som blev introduceret i Munksgaard og Pedersen 2001, videreudvikles en-region-modellen, som blev benyttet i dette studie. Modellen var baseret udelukkende på danske data. I denne rapport sammenlignes en-region-modellen med to fler-region-modeller, som begge inkluderer en realistisk og detaljeret beskrivelse af produktionsforholdene i de lande, Danmarks import stammer fra, herunder også af energiforbruget i de erhverv, som producerer de danske importvarer. Den ene fler-region-model inkluderer kun de direkte handelseffekter, hvorimod den anden model også tager højde for indirekte handelseffekter – det forhold, at import fra fx Tyskland skaber afledt handel mellem andre lande, som leverer råvarer og produktionsinput til tysk produktion.

Med fokus på Danmark estimeres de tre modeller på baggrund af 1997-input-output-data for fem lande: Danmark, Tyskland, Sverige, Norge og Australien, idet vi for de to fler-region-modeller antager, at produktionsforholdene i resten af verden kan modelleres ved hjælp af australske data. Fælles for de tre modeller er, at de er input-output-modeller, som inkluderer en detaljeret belysning af energiforbruget opdelt på brancher. Modellerne kan beregne miljøeffekter (energi og CO₂) i andre lande, som er forårsaget af dansk forbrug af varer og tjenester. Modellerne er dermed i stand til at analysere den påvirkning af CO₂-udledningen i lande, som sker, når lande handler med hinanden.

Så vidt vi ved, har man ikke tidligere benyttet en fler-region-model med indirekte handelseffekter til at beregne miljøeffekter, og i det hele taget er det få studier, som har anvendt en fler-region input-output-model til beregning af miljøeffekter. Der er derfor heller ikke stor viden om, hvor store estimationsfejl man begår ved at bruge en-region-modeller i stedet for fler-region-modeller. For at bidrage med ny viden på dette felt har vi derfor anvendt de tre modeltilgange til estimation af et dansk CO₂-regnskab for 1997.

2 Problemstilling

International handel med varer og tjenester har indflydelse på et lands CO₂-udledning og derigennem også på mulighederne for, at landet kan opfylde sit CO₂-mål. Produktion af varer og tjenester kræver energi, som er en kilde til CO₂-udledning, og da mange varer eksporteres til udlandet, betyder det, at udenlandske forbrugeres efterspørgsel får stor indflydelse på et lands CO₂-udledning og dermed også på landets muligheder for at nå et fastlagt CO₂-mål. Dette taler for, at man ved fastlæggelse af nationale klimamål og referenceudledning i de internationale klimaaftaler tager hensyn til den internationale handels indflydelse på den nationale CO₂-udledning. Dette hensyn er ikke mindst relevant for Danmark, som er en meget »åben økonomi« med en stor handel med udlandet.

Bidraget fra dette forskningsprojekt er at skabe et forbedret metodisk og empirisk grundlag for denne diskussion.

3 Baggrund

I de internationale klimaaftaler for reduktion af drivhusgasser er man blevet enige om at holde lande ansvarlige for den CO₂-udledning, der finder sted inden for landets grænser (IEA 2001). I litteraturen definerer man dette ansvar som producentansvar – i nogle sammenhænge bruges også begrebet områdeansvar (på engelsk: territorial responsibility). Ud fra den tankegang er et land ansvarlig for al udledning af CO₂, der sker inden for landets grænser. Udledning af CO₂ bliver dermed tilskrevet de fysiske processer, som faktisk frigør CO₂ til atmosfæren, fx industriel produktion, energiproduktion på kraftværker og brug af brændsler i husholdningen. En væsentlig del af CO₂-udledningen er dog forbundet med produktion af varer, som sælges til kunder i udlandet. Der er blevet sat spørgsmålstejn ved, om det i internationale klimaaftaler er rimeligt at anvende princippet om producentansvar (Brazilian Proposal 1997, Ahmad og Wyckhoff 2003, Rosa m.fl. forthcoming), fordi princippet indebærer, at lande holdes ansvarlige for CO₂-udledning, som skyldes eksport af varer til forbrug i andre lande. Som alternativ til at opstille et nationalt CO₂-regnskab baseret på producentansvar er princippet om forbrugeransvar blevet opstillet (Munksgaard og Pedersen 2001). Andre forfattere har tidligere introduceret tankegangen med anvendelse af andre begreber, bl.a. Kondo m.fl. (1998) og Proops m.fl. (1993). Ud fra tanken om at forbrugeren er ansvarlig for den globale CO₂-udledning, er det ikke afgørende, hvilke lande der udleder CO₂, men derimod, hvilke lande der forbruger de varer og tjenester, der gennem produktion skaber CO₂-udledning. I overensstemmelse med princippet om forbrugeransvar opgøres CO₂-udledningen derfor i det land, hvor forbruget af varer og tjenester finder sted. Betydningen i for-

hold til importen bliver, at CO₂-indholdet i importerede varer opgøres i det land, hvor forbruget af varen finder sted, hvorimod CO₂-udledningen i forbindelse med produktionen af eksportvarer trækkes fra det nationale CO₂-regnskab opgjort med baggrund i producentansvar.

Et godt eksempel på, at sondringen mellem producent og forbrugeransvar også har haft praktisk betydning ved opgørelsen af det nationale CO₂-regnskab, er handelen med elektricitet mellem Danmark og Norge. I Norge produceres praktisk taget al elektricitet ved hjælp af vandkraft, hvorimod elektriciteten i Danmark i stort omfang bliver produceret ved anvendelse af fossile brændsler som kul og naturgas. Derved producerer Norge elektricitet, som nærmest er fri for CO₂, hvorimod Danmark producerer el, som generelt har en stor udledning af CO₂. Konsekvensen er, at når Danmark eksporterer elektricitet, forøger det CO₂-udledningen i Danmark betydeligt, hvorimod eksport af elektricitet fra Norge til Danmark ikke vil have nogen særlig indflydelse på CO₂-udledningen i Norge. Dette rejser spørgsmålet, om det er den norske forbruger eller den danske producent af elektricitet, som er ansvarlig for CO₂-udledningen.¹

I 1990 importerede Danmark en stor mængde elektricitet fra Norge, fordi det regnede usædvanligt meget i Norge det år. Og stor nedbør betyder, at der er overskud af billig elektricitet på det norske elmarked. Derfor importerede Danmark i 1990 billig strøm fra Norge og sparede på de dyre fossile brændsler på de danske kraftværker. Det kom til at betyde, at CO₂-udledningen fra den danske elproduktion blev ekstraordinær lav i 1990, hvilket ud fra et globalt synspunkt var godt, men uheldigvis blev netop året 1990 udvalgt til referenceår i Kyotoaftalen og EU's interne byrdefordelingsaftale. Det indebar, at det danske mål om at nedsætte udledningen af CO₂ med 21% blev fastlagt med basis i et år, hvor den danske CO₂-udledning var ekstraordinær lav – ikke noget let udgangspunkt for en dansk CO₂-reduktionspolitik. Da det gik op for de danske embedsmænd, at forhandlingerne var endt med et dårligt resultat for Danmark, blev der iværksat en strategi med sigte på at få forhøjet 1990-udledningen, så den kunne tage højde for den ekstraordinært lave danske elproduktion i 1990. Strategien var at forsøge at overbevise EU om, at der i det nationale CO₂-regnskab burde korrigeres for både elhandel med udlandet og for vejrets indflydelse på elforbruget (Energistyrelsen 2003)². Strategien mislykkedes.

EU fastholdt princippet om, at producentansvarsprincippet skulle gælde for alle lande – også Danmark. Energistyrelsen har dog, siden problemet blev erkendt, opgjort den danske CO₂-udledning ud fra såvel et generelt producentansvarsprincip, som krævet af EU, som princippet om, at elforbrugeren er ansvarlig for elsektorens CO₂-udledning, hvorimod producenten er ansvarlig for al anden CO₂-udledning i Danmark.

En ulempe ved det danske forslag til CO₂-regnskab er, at det ikke er lykkedes at overbevise nordmændene om, at princippet er godt. Hverken Danmark eller Norge er interesseret i at tage ansvaret for CO₂-udledningen i den el, der eksporteres til Norge. Dette understreger behovet for, at der anvendes ensartede principper for opgørelsen af CO₂-udledningen, og at principperne bliver anvendt i alle lande. En anden ulempe ved det danske forslag er, at det alene har fokus på handel med el og ikke på handel med andre (energiintensive) varer. Dermed er forslaget en hybrid mellem anvendelsen af producent- eller et forbrugeransvar som nationalt opgørelsesprincip. En konsekvent anvendelse af princippet om forbrugeransvar indebærer, at CO₂-udledningen skal korrigeres for alle varer og tjenester, som handles mellem lande. Denne mangel på konsistens understreger behovet for, at der udarbejdes internationale standarder for CO₂-regnskaber og dermed også for udviklingen af modeller, som kan anvendes til at korrigere den nationale CO₂-udledning for indflydelsen af import og eksport.

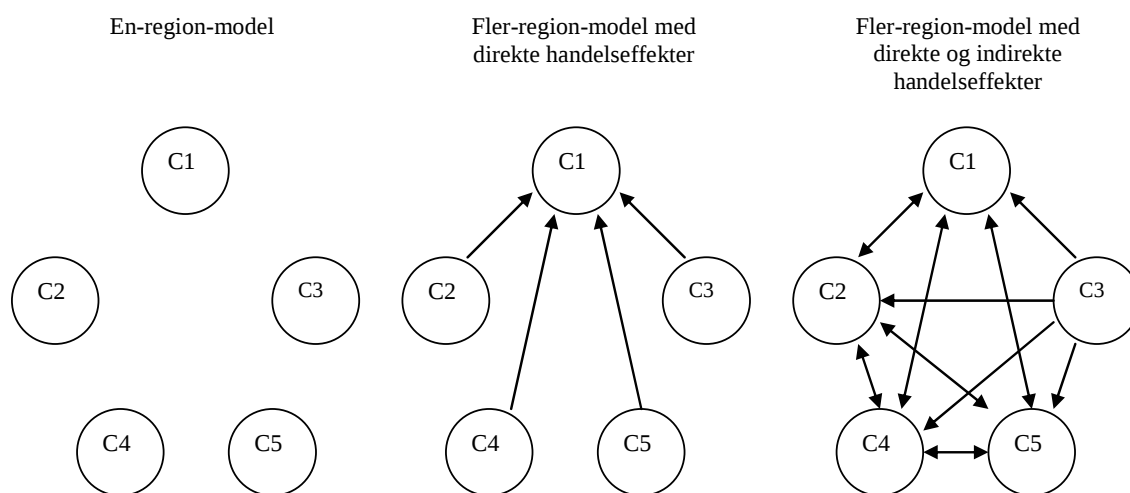
4 Modeller

Input-output-modeller er et relevant modelværktøj til at lave CO₂-regnskaber. Modellerne bygger på data fra det detaljerede nationalregnskab og de dertil hørende satellitregnskaber for energi, ressourcer og emissioner. Sondringen mellem producent- og forbrugeransvar rejser dog nogle interessante spørgsmål omkring data og metode, som ikke har fået særlig opmærksomhed tidligere i input-output-litteraturen. Begge regnskabsprincipper har traditionelt været anvendt i en-region-modeller til at beregne et lands CO₂-handelsbalance (Common and Salma 1992; Proops m.fl. 1993; Kondo m.fl. 1998; Lenzen 1998; Munksgaard and Pedersen 2001; Ferng, 2003, Sánchez-Chóliz and Duarte 2004). En en-region input-output-model er karakteriseret ved udelukkende at være baseret på nationale data, hvilket indebærer den restriktive antagelse, at importerede varer bliver produceret på samme måde som indenlandsk producerede varer. I input-output-terminologi siger man, at inputsammensætningen er den samme for importerede varer som for indenlandsk producerede varer inden for samme varegruppe. Antagelsen får den konsekvens, at energiforbruget og miljøbelastningen er den samme i alle lande, hvilket selvfølgelig ikke er særlig realistisk.

En-region-modellen har derimod de relevante datamæssige egenskaber til at kunne estimere et nationalt CO₂-regnskab baseret på producentansvar – CO₂-producentregnskab – fordi producentansvar netop kun vedrører den CO₂-udledning, der finder sted inden for landets grænser. Baseres det nationale CO₂-regnskab derimod på forbrugeransvar, så er en-region-modellen utilstrækkelig, fordi CO₂-udledningen for den samme type vare varierer meget fra land til land, afhængig af forskelle i den anvendte pro-

duktionsteknologi, herunder også hvilken slags energi der anvendes i produktionen, og hvor effektiv produktionen er. Et forbrugsbaseret CO₂-regnskab bør derfor basere sig på en fler-region input-output-model – som ideelt set bygger på input-output-, energi- og miljødata for alle relevante importlande. Man kan skelne mellem to typer af fler-region input-output-modeller: Modeller med direkte importeffekter (unidirectional trade models) og modeller med både direkte og indirekte importeffekter (multidirectional trade models). Forskellene mellem modellerne er illustreret i figur 4.1.

Figur 4.1 Sammenligning af importens behandling i tre typer input-output-modeller



Figur 4.1 illustrerer tre forskellige måder at behandle importen på i en situation, hvor fem lande (C1, ..., C5) handler med hinanden:

Model 1: En-region-model

I denne model betragtes importerede varer, som om de bliver produceret af indenlandske producenter. Det indebærer, at beregningen af CO₂-udledningen fra importerede produkter bliver foretaget alene på grundlag af importlandets (fx Danmarks) data om brug af energi, råvarer og andre produktionsinput. Modellen er en input-output-model og tager derfor hensyn til både direkte og indirekte CO₂-effekter i produktionen, men modellen tager ikke hensyn til de indirekte handelseffekter, dvs. at import fra

udlandet skaber import fra tredjelande i produktionen af importvarerne. Disse indirekte importeffekter svarer i princippet til de indirekte, indenlandske produktionseffekter i en »klassisk« input-output-model. En-region-modellen er anvendt i studier af fx Sánchez-Chóliz and Duarte (2004), Munksgaard and Pedersen (2001), Lenzen (1998b), Pedersen (1996) og Schaeffer and Leal de Sá (1996). Også Danmarks Statistik anvender en-region-modellen til beregning af den »globale« CO₂-udledning af Danmarks forbrug, Statistics Denmark 2004. Det betyder i praksis, at danske nationalregnskabsdata og energi- og miljødata anvendes til beregning af CO₂-udledningen fra produktionen af de importerede varer. Dermed anvender Danmarks Statistik i denne CO₂-opgørelse princippet om, at forbrugeren er ansvarlig for CO₂-udledningen.

Model 2: Fler-region-model med direkte handelseffekter

Modellen beregner CO₂-udledningen fra importen på basis af nationale data for de lande, importen stammer fra. Udledningen af CO₂ fra produktionen af fx biler importeret fra Tyskland bliver i denne model beregnet vha. tyske produktions-, energi- og miljødata og ikke danske data, som det er tilfældet i model 1. Modellen er blevet anvendt i studier for OECD af fx Ahmad and Wyckhoff (2003) og Wyckhoff and Roop (1994). Modellen har dog den svaghed, at den ikke tager hensyn til de indirekte handelseffekter, fx i form af, at de tyske bilfabrikanter importerer halvfabrikata produceret i andre lande.

Model 3: Fler-region-model med direkte og indirekte handelseffekter

Modellen er karakteriseret ved både at inkludere data fra flere lande og at kunne estimere direkte og indirekte handelseffekter. I faglitteraturen kaldes de indirekte handelseffekter undertiden for »feedback trade loops«, Sonis m.fl. (1995). I figur 4.1 kan disse effekter fx illustreres ved import fra land 2 til land 4 forårsaget af eksport fra land 4 til land 1. Model 3 er i modsætning til model 2 en »compound multi-region input-output-model«, se Lenzen m.fl. (2004). Dette indebærer, at input-output-matricer for alle lande kombineres med energi- og emissionsmatricer i en fælles input-output-matrix, som derefter inverteres med henblik på at beregne CO₂-

multiplikatorer. Mange fler-region input-output-modeller omfatter kun en del af verden, og hvis hele verden modelleres, så indgår som oftest en restkategori af lande, som datamæssigt behandles som et land for at gøre dataindsamlingen overkommelig.

Os bekendt er model 3 ikke tidligere blevet anvendt til at beregne miljøeffekter, og i det hele taget er der et begrænset antal studier, som har anvendt en fler-region input-output-model til beregning af miljøeffekter. Der er derfor heller ikke stor viden om, hvor store estimationsfejl man begår ved at bruge en-region-modeller i stedet for fler-region-modeller. For at bidrage med ny viden på dette felt har vi derfor anvendt de tre modeltilgange til estimation af et dansk CO₂-regnskab for 1997. De tre modeller er nærmere dokumenteret i Lenzen m.fl. (2004).

5 Resultater

På baggrund af indsamlede data for fem lande er de tre input-output-modeller blevet estimeret. Der er to typer resultater af modelberegningerne:

- CO₂-multiplikatorer, som angiver CO₂-intensiteten i produktionen fra en virksomhed – opgjort i fx enheden kg pr. kr. CO₂-multiplikatoren er en kvantificering af en virksomheds direkte og indirekte CO₂-udledning. Multiplikatorerne er beregnet på regionalt (lande) niveau.
- Et CO₂-regnskab for Danmark baseret på henholdsvis forbruger- og producentansvar og med synliggørelse af importens og eksportens indflydelse.

5.1 CO₂-multiplikatorer

Betydelige forskelle mellem CO₂-multiplikatorer beregnet på baggrund af de tre modeller må forventes at kunne tilskrives påvirkningen fra nogle nøgleindustrier, som

- er meget CO₂-intensive
- har meget forskellig CO₂-intensitet mellem landene
- er placeret langt tilbage i produktionsfødekæden, således at de ved at levere store produktionsinput til andre virksomheder har en stor indirekte indflydelse på andre branchers CO₂-multiplikatorer. Eksempler på sådanne nøgleindustrier er: Elproduktion, kemisk virksomhed og jern- og metalværker. Det er ikke sandsynligt, at industrier som fiskeri og fremstillings- og servicevirksomhed vil være årsag til væsentlige forskelle, når man sammenligner resultaterne fra model 2 og 3, selv

om der er stor forskel i CO₂-intensiteten mellem landene. Dette skyldes, at CO₂-intensiteten er lavere end i andre industrier, og at disse erhverv primært producerer varer og tjenester til endelig anvendelse (fx forbrug) og ikke til input i andre erhvervs produktion.

I tabel 5.1 er vist de direkte CO₂-multiplikatorer for nogle udvalgte nøgleindustrier. Ved udvælgelsen er der blevet lagt vægt på, om industrien bidrager med en høj produktionsværdi. Med »direkte« menes, at kun industriens eget energiforbrug er taget i betragtning.

Tabel 5.1 Direkte CO₂-multiplikatorer for udvalgte industrier

Industri	Direkte CO ₂ -intensitet (kg/DKK)				
	DK	D	SV	NO	W
Fiskeri	0.157	0.029	0.216	0.176	0.081
El-, gas-, varme- og vandforsyning	0.851	0.720	0.240	0.000	0.918
Jern- og metalindustri	0.044	0.181	0.087	0.302	0.299
Basis ikke-jernholdige metaller	0.008			0.005	0.096
Kemisk industri	0.026	0.120	0.009	0.243	0.228
Fremstilling af biler	0.006	0.005	0.003	0.006	0.005
Elektronikindustri	0.003	0.002	0.003	0.000	0.003
Bygge- og anlægsvirksomhed	0.014	0.026	0.012	0.005	0.009
Post- og telekommunikation	0.003	0.005	0.002	0.003	0.006
Finansiell service	0.002	0.002	0.001	0.002	0.000

Kilde: Lenzen m.fl. (2004)

Note: Omregnet fra kg/US\$ til kg/DKK ved valutakurs = 0.152 DKK/US\$

Forskelle i de direkte CO₂-intensiteter er mest iøjnefaldende i primære industrier og i nogle fremstillingserhverv og skyldes bl.a. de store forskelle i landenes elproduktion (kernekræft og vandkræft i Sverige, vandkræft i Norge, kul og naturgas i Danmark og kul og kernekræft i Tyskland, se Wenzel m.fl. 1999, og i landenes jern- og stålproduktion (både recycling af scrap og brændsels anvendelse har betydning, se Worrell m.fl. 1997). Med fed skrift er i tabellen fremhævet de CO₂-intensiteter, som er højest inden for hver industri. Det fremgår af tabellen, at der er en stor spredning på landene med hensyn til, hvilken industri der har den højeste direkte CO₂-intensitet. For Danmark ligger industrierne »Fremstilling af biler«, »Elektronikindustri« og »Finansiell service« i toppen med hensyn til CO₂-

intensitet. Forskellene for disse industrier er dog ikke så store mellem landene, og sammenlignet med andre industrier er der tale om produktion med relativ lav CO₂-udledning.

Model 1: En-region-model

CO₂-multiplikatoren øges, når der tages højde for de indirekte CO₂-effekter, jf. tabel 5.2 og 5.3. Den øges mindst for de industrier, som er lavest placeret i den industrielle fødekæde, og mest for de industrier, som har deres produktion rettet mod endelig anvendelse, og som er afhængige af mange produktionsinput fra underleverandører.

Tabel 5.2 Totale CO₂-multiplikatorer for udvalgte industrier

Industri	Total CO ₂ -multiplikator (kg/DKK)				
	DK	D	SV	NO	W
Fiskeri	0.202	0.138	0.251	0.188	0.187
El-, gas-, varme- og vandforsyning	0.880	0.831	0.280	0.006	1.415
Jern- og metalindustri	0.196	0.458	0.170	0.354	0.541
Basis ikke-jernholdige metaller	0.061			0.014	0.348
Kemisk industri	0.132	0.301	0.046	0.340	0.458
Fremstilling af biler	0.053	0.093	0.033	0.043	0.149
Elektronikindustri	0.032	0.055	0.032	0.005	0.129
Bygge- og anlægsvirksomhed	0.044	0.084	0.044	0.029	0.116
Post- og telekommunikation	0.021	0.026	0.017	0.014	0.058
Finansielle service	0.011	0.067	0.009	0.014	0.023

Kilde: Lenzen m.fl. (2004)

Note: Omregnet fra kg/US\$ til kg/DKK ved valutakurs = 0.152 DKK/US\$

Det generelle billede, tabel 5.2 tegner, er, at produktionen i Norge og Sverige er mindre CO₂-belastende end i Danmark, hvorimod den i Tyskland og ikke mindst Australien (resten af verden) er mere CO₂-belastende. De mest CO₂-intensive lande for hver industri er i tabellen fremhævet med fed skrift. I ingen af tilfældene hører de danske industrier til de mest forurenende.

Sammenligner man tabel 5.2 med tabel 5.1, er det interessant, at spredningen af de mest CO₂-belastende industrier er mindre, når man også inkluderer den indirekte CO₂-udledning fra produktionssystemet. Dette kommer til udtryk ved, at »resten af verden« repræsenterer langt de fleste

industrier med den højeste CO₂-udledning. Danmark har ingen industrier i den højeste ende af CO₂-skalaen.

Model 2: Fler-region-model med direkte handelseffekter

Forlader man antagelsen om, at udenlandske varer bliver produceret med samme produktionsteknologi som danske varer (model 1), får det synlig indflydelse på de danske CO₂-multiplikatorer, jf. tabel 5.3, hvor model 1 er estimeret for Danmark, men ikke for de andre lande. Dette skyldes, at vi har gennemført modelanalysen med Danmark som det importerende land, jf. figur 4.1. Da hovedparten af dansk import i de to fler-nation-modeller stammer fra Tyskland og Australien, hvor produktionen generelt er mere CO₂-belastende end i Danmark, leder de frem til højere danske CO₂-multiplikatorer end, når man anvender model 1. Hovedparten af multiplikatorerne beregnet ved hjælp af model 2 bliver forøget med 10-30% i forhold til model 1.

Model 3: Fler-region-model med direkte og indirekte handelseffekter

Når man forfiner beregningen af CO₂-multiplikatorerne ved yderligere at tage højde for de indirekte handelseffekter af import til Danmark, må man i almindelighed forvente en udjævning af nationale forskelle i CO₂-intensitet mellem de enkelte industrier. Sammenligner man resultaterne af model 3 med 2, ser man en gennemsnitlig forøgelse af de danske CO₂-multiplikatorer på 1,5%, som indikerer, at de indirekte handelseffekter først og fremmest involverer tredjelande, hvor produktionen er mere CO₂-intensiv end i de lande, importen direkte stammer fra. Tabel 5.3 viser også, at når der ses bort fra industrien »Basis ikke-jernholdige metaller«, så er der kun små forskelle mellem de danske CO₂-multiplikatorer beregnet ved hjælp af model 2 og 3. Det er bemærkelsesværdigt, at betydningen af at inddrage de indirekte handelseffekter (model 3 sammenlignet med 2) er langt mindre end betydningen af at anvende en fler-region-model i stedet for en en-region-model (model 2 sammenlignet med 1).

Tabel 5.3 Totale CO₂-multiplikatorer for udvalgte industrier

Industri	Total CO ₂ -multiplikator (kg/DKK)				
	Model 2	Model 3			
	DK	DK	D	SV	NO
Fiskeri	0.211	0.214	0.120	0.286	0.226
El-, gas-, varme- og vandforsyning	0.894	0.894	0.813	0.321	0.023
Jern- og metalindustri	0.245	0.248	0.433	0.223	0.445
Basis ikke-jernholdige metaller	0.120	0.132			0.038
Kemisk industri	0.161	0.164	0.272	0.096	0.420
Fremstilling af biler	0.088	0.091	0.096	0.067	0.128
Elektronikindustri	0.050	0.052	0.067	0.058	0.061
Bygge- og anlægsvirksomhed	0.056	0.058	0.082	0.062	0.061
Post- og telekommunikation	0.026	0.027	0.026	0.024	0.027
Finansielle service	0.012	0.012	0.059	0.012	0.033

Kilde: Lenzen m.fl. (2004)

Note: Omregnet fra kg/US\$ til kg/DKK ved valutakurs = 0.152 DKK/US\$

Med baggrund i de beregnede CO₂-multiplikatorer ved hjælp af model 3 kan man analysere, om der potentielt kan opnås en global reduktion af CO₂-udledningen ved at producere varer i de lande, hvor produktionen af de pågældende varer er mindst CO₂-intensiv. Dette spørgsmål er blevet undersøgt i Pade Hansen 2005, hvor nogle strukturelle årsager til forskellen i CO₂-udledning mellem Danmark, Tyskland og Sverige er blevet undersøgt ved hjælp af en strukturel dekomponeringsanalyse.

Analysen viser, at sammensætningen af det svenske energiforbrug er mere gunstig for landets CO₂-udslip end sammensætningen af energiforbruget i Danmark og Tyskland. Sveriges energiforbrug er i høj grad baseret på kernekraft og vandkraft i modsætning til i Danmark og Tyskland, hvor kul spiller en stor rolle. Derudover viser analysen, at dansk energiintensitet er lavere end både svensk og tysk. Det vil sige, at forbruget af energi per produceret enhed er lavere i Danmark end i både Sverige og Tyskland. Dette peger på, at der er muligheder for at opnå både energibesparelser og CO₂-reduktioner ved at kopiere brugen af dansk energiteknologi. Sidst, men ikke mindst, viser analysen, at tyskernes forbrugsmønster har en gunstig effekt på landets CO₂-udslip. Sammensætningen af varer, som forbruges i Tyskland, forårsager et mindre CO₂-udslip end forbruget i Sverige og Danmark. Ved at kopiere tysk forbrugsmønster kunne CO₂-udslippet i Sverige og Danmark derfor reduceres. At få forbrugerne til at gøre det, er selv-

følgelig en udfordring, der bliver konfronteret med forbrugernes ønske om at maksimere nytten af forbruget gennem et frit forbrugsvalg.

5.2 CO₂-regnskaber for Danmark

Ved at kombinere de beregnede CO₂-multiplikatorer med endelig dansk efterspørgsel er det muligt at opstille et konsistent, dansk CO₂-regnskab baseret på forbrugeransvar for alle typer af varer, der efterspørges. I modsætning til CO₂-regnskabet baseret på producentansvar, som opgør CO₂-udledningen hos producenten, så er forbrugsregnskabet baseret på CO₂-indholdet i de varer, som forbruges i økonomien, herunder også de importerede varer.

I tabel 5.4 er det danske CO₂-forbrugsregnskab vist for hver af de tre modeller. Til sammenligning er vist det danske CO₂-produktionsregnskab, som er den regnskabsform, som i dag anvendes i rapporteringen til IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Ifølge vores beregning udgjorde CO₂-udledningen fra den danske produktion 58,3 mio. ton i 1997. I opgørelsen er der set bort fra 12,2 mio. ton CO₂ udledt direkte i husholdningerne, Danmarks Statistik 1999.

Tabel 5.4 CO₂-regnskaber for Danmark, 1997, mio. ton

	Endelig dansk efterspg.	+ Eksport	- Import	= Dansk produktion
<i>Model 1: En-region-model</i>				
Danske producenter	40,4	30,1	12,1	58,3
Udenlandske producenter	6,8		6,8	0,0
Total	47,2	30,1	18,9	58,3
CO ₂ -handelsbalance			-11,1	
<i>Model 2: Fler-region-model med direkte handelseffekter</i>				
Danske producenter	46,1	37,6	25,3	58,3
Udenlandske producenter	11,5		11,5	0,0
Total	57,5	37,6	36,8	58,3
CO ₂ -handelsbalance			-0,8	
<i>Model 3: Fler-region-model med direkte og indirekte handelseffekter</i>				
Danske producenter	46,6	38,1	26,4	58,3
Udenlandske producenter	12,0		12,0	0,0
Total	58,6	38,1	38,4	58,3
CO ₂ -handelsbalance			0,3	

Kilde: Lenzen m.fl. (2004).

Model 1: En-region-model

Danmarks CO₂-udledning reduceres med omkring 20%, når man gør forbrugeren og ikke producenten ansvarlig for CO₂-udledningen i Danmark. Dette svarer til en reduktion på 11,1 mio. ton – fra 58,3 til 47,2 mio. ton. Af de 47,2 mio. ton kan 18,9 mio. ton henføres til importerede varer. Heraf kan 12,1 mio. tons relateres til danske producenter, som anvender udenlandske underleverandører, og 6,8 mio. ton stammer fra importvarer, som direkte anvendes i danske husholdninger mv. Danmarks eksport af varer og tjenester var årsag til, at der i 1997 blev udledt 30,1 mio. ton CO₂. Sammenholdes importen med eksporten, får man en dansk CO₂-handelsbalance, som i 1997 viste et underskud på 11,1 mio. ton CO₂.

Model 2: Fler-region-model med direkte handelseffekter

Når man tager i betragtning, at de danske CO₂-multiplikatorer er større, når de bliver beregnet ved hjælp af fler-nation-modellerne, er det ikke så overraskende, at også CO₂-udledningen fra danskernes forbrug forøges, når man sammenligner model 2 med 1. Forøgelsen udgør 10,3 mio. ton – fra 47,2 til 57,5 mio. ton. Årsagen er, at produktionen i Tyskland og resten af verden er mere CO₂-intensiv end dansk produktion, jf. tabel 5.2 og 5.3. Da disse to regioner tegner sig for næsten 80% af den danske import (se tabel 6.2), er vægten af importen fra Norge og Sverige, hvor produktionen er mindre CO₂-belastende, ikke tilstrækkelig til at kompensere for den CO₂-intensive danske import fra Tyskland og resten af verden. Dette kan ses på importens CO₂-indhold, som i denne modelberegning næsten fordobles i forhold til model 1. Opskrivningen af importens CO₂-indhold får stor indflydelse på Danmarks CO₂-handelsbalance, som beregnet med model 2 nærmer sig balance med en nettoeksport på 0,8 mio. ton CO₂. Til sammenligning udgjorde nettoeksporten 11,1 mio. ton beregnet ved anvendelse af model 1.

Model 3: Fler-region-model med direkte og indirekte handelseffekter

Som det var tilfældet med CO₂-multiplikatorerne, er ændringen i CO₂-forbrugsregnskabet ikke så stor, når man sammenligner model 3 med 2, som når man sammenligner model 2 med 1. Den samlede CO₂-udledning fra danskernes forbrug stiger med 1,1 mio. ton – fra 57,5 til 58,6 mio. ton.

Også CO₂-udledningen fra importen øges – fra 36,8 til 38,4 mio. ton. Denne modelberegning giver et lille overskud på CO₂-handelsbalancen med udlandet, svarende til en nettoimport på 0,3 mio. ton CO₂.

Tabel 5.4 viser, at valg af beregningsmodel har stor indflydelse på størrelsen af CO₂-handelsbalancen over for udlandet. Antager man, at importerede varer produceres på samme måde som i Danmark (som man oftest gør i denne form for beregninger, som bl.a. laves af Danmarks Statistik), når man frem til, at Danmark har en nettoeksport af CO₂ til udlandet på godt 11 mio. ton om året. Tager man derimod højde for, at produktionsteknologien er anderledes i de lande, Danmark handler med, viser vores beregninger, at der næsten er balance på Danmarks CO₂-handelsbalance over for udlandet.

Det benyttede aggregeringsniveau har indflydelse på resultatet af beregningerne. Gennemfører man beregningen af det danske CO₂-forbrugsregnskab med en opdeling af produktionen på 10 erhvervssektorer i stedet for 133, når man frem til et overskud på den danske CO₂-handelsbalance på 3,3 mio. ton, hvilket er en forøgelse på 3 mio. ton sammenlignet med det detaljeringsniveau, vi har benyttet i analysen. Dette peger på betydningen af også at inddrage dette aspekt, når man beslutter sig for, hvilken model der bør anvendes til beregning af nationale CO₂-forbrugsregnskaber. Aggregeringsaspektet er nærmere belyst i Lenzen m.fl. (2004).

Det er værd at nævne, at også OECD har lavet beregninger af CO₂-handelsbalancen, og at beregningerne er lavet for alle OECD-lande (Ahmad og Wyckoff 2003). Beregningerne viser, at CO₂-udledningen fra forbruget i alle OECD-lande i 1995 var 5% højere end udledningen fra produktionen. Men der er store variationer mellem landene, med Tjekkiet og Japan som yderpunkter. Således producerer Tjekkiet 20% mere CO₂, end de »forbruger«. Omvendt forbruger Japan 17% mere CO₂, end de producerer. OECD-analysen er baseret på model 2 og tager derfor ikke højde for de afledte handelseffekter mellem tredjelande, som er inkluderet i model 3.

6 Datagrundlag

De tre input-output-modeller er estimeret på grundlag af nationale input-output-tabeller, energibalancer og CO₂-emissionsdata for 1997. Data stammer fra fem lande: Danmark, Tyskland, Sverige, Norge og Australien. Dertil kommer handelsdata fra OECD.

I forhold til den oprindelige projektbeskrivelse har gennemførelsen af projektet afvejet på et par punkter. Vi har indsamlet data for fem lande i stedet for tre, som det oprindeligt var planen. Ud over Danmark, Tyskland og Australien valgte vi også at inddrage Sverige og Norge for at få et mere dækkende billede af den danske udenrigshandel.

Tabel 6.1 viser en oversigt over datakilder og detaljeringsgrad i de nationale input-output-tabeller, energibalancer og CO₂-emissionsdata. For hvert land kan man se antallet af produktionssektorer, varegrupper og energityper, som indgår i datamaterialet.

Tabel 6.1 Datakilder

Region	Input-output-data			f_r	Energi og CO ₂ -data
	n_r	m_r	Kilde		Kilde
Denmark	133	128	Danmarks Statistik, 1999	40	Danmarks Statistik, 1999
Tyskland	59	59	Statistisches Bundesamt, 2002b	37	Statistisches Bundesamt, 2002a
Sverige	39	39	Statistiska Centralbyrån, 2002	27	Statistiska Centralbyrån, 2002
Norge	118	229	Statistisk Sentralbyrå, 2002	24	Statistisk Sentralbyrå, 2002
Resten af verden	106	134	Australian Bureau of Statistics, 2001	29	Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics, 2000, Australian Greenhouse Office, 1999

Kilde: Lenzen m.fl. (2004).

Note: n_r angiver antal industrier, m_r angiver antal varer og f_r angiver antal energityper

»Resten af verden« er i de to fler-region-modeller (model 2 og 3) modeleret på baggrund af australske data. Denne pragmatiske beslutning er foretaget under hensyntagen til dels datatilgængelighed og -kvalitet, og beslutningen kan selvfølgelig diskuteres. For fremgangsmåden taler, at Australien er en økonomi, som producerer mange råvarer som fx kul, råolie, jern, aluminium, nikkel, hvede, kød, uld, bomuld og vin. Vi antager, at de australske produktionsteknologier på sektorniveau er repræsentative for »Resten af verden« – eller rettere for de lande, Danmark importerer restimporten fra.

Dimensionerne af de forskellige datatyper, som indgår i beregningerne, fremgår af tabel 5.1. Dimensionen af den matrix (compound matrix), som ligger til grund for inverteringen i fler-region-modellen, og dermed for CO₂-multiplikatorerne, har dimensionen 1199 x 1199.

Importen i de nationale input-output-tabeller er fordelt på produktionssektorer og varegrupper, men ikke på lande. For at kunne etablere en sammenhæng mellem importvarer, produktionssektorer og lande er data-materialet blevet suppleret med handelsdata fra OECD på lande- og vare-niveau. I tabel 6.2 er vist aggregerede handelsstrømme mellem Danmark, Tyskland, Sverige, Norge og resten af verden, som i denne sammenhæng ikke kun er Australien, men alle andre lande end de nævnte.

Tabel 6.2 Import og eksport i 1997 mellem fire lande/regioner

Mio.kr.	Danmark	Tyskland	Sverige	Norge
Danmark		74.084	40.146	22.714
Tyskland	65.959		84.220	31.673
Sverige	37.503	67.631		50.975
Norge	23.749	34.802	37.957	
Resten af verden	147.388	2.818.370	257.868	183.258
Total import	274.597	2.994.888	420.191	288.619
Andel				
Danmark		2,5%	9,6%	7,9%
Tyskland	24,0%		20,0%	11,0%
Sverige	13,7%	2,3%		17,7%
Norge	8,6%	1,2%	9,0%	
Resten af verden	53,7%	94,1%	61,4%	63,5%

Kilde: Lenzen m.fl. (2004).

Note: ('000.000 1997DKK f.o.b.) Omregnet fra 1997US\$ ved valutakurs = 0.152 DKK/US\$. Afledt fra »Organisation for Economic Co-operation and Development«, 2001.

I Lenzen m.fl. (2004) er givet en noget grundigere beskrivelse af data-grundlaget for beregningerne.

Referencer

Ahmad, N. and Wyckhoff, A. (2003): Carbon Dioxide Emissions Embodied in International Trade of Goods, STI Working Paper Series DSTI/DOC(2003)15, OECD, Paris, <http://www.oecd.org/sti/working-papers>.

Bastianoni, S., Pulselli, F.M. and Tiezzi, E. (2004): The Problem of Assigning Responsibility for Greenhouse Gas Emissions, *Ecological Economics* 49, pp. 253-257

Brazilian Proposal (1997): Proposed Elements of a Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, Presented by Brazil in Response to the Berlin Mandate, Document FCCC/AGBM/1997/MISC1/ADD.3

Burniaux, J.M. and T.P. Truong (2002): GTAP-E – An Energy-Environmental Version of the GTAP Model, GTAP Technical Papers 16, <http://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/1203.pdf>

Common, M.S. and U. Salma (1992): Accounting for Changes in Australian Carbon Dioxide Emissions, *Energy Economics* 14(3), pp. 217-225.

Danmarks Statistik (1999): Input-output-tabeller, Electronic file (unpublished) (Danmarks Statistik).

Danmarks Statistik (2003): Input-output-tabeller og analyser 2001, (Danmarks Statistik).

Energistyrelsen (2003): Energy Statistics 2002, Section of Statistics, (Danish Energy Agency, Copenhagen).

Ferng, J.J. (2003): Allocating the Responsibility of CO₂ Over-Emission from the Perspectives of Benefit Principle and Ecological Deficit, *Ecological Economics* 46, 121-141.

Kondo, Y. m.fl. (1998): CO₂ Emissions in Japan. Influences of Imports and Exports, *Applied Energy* 59(2-3), pp. 163-174.

Lenzen, M. (1998): Primary Energy and Greenhouse Gases Embodied in Australian Final Consumption. An Input-Output Analysis, *Energy Policy* 26(6), pp. 495-506.

Munksgaard, J. og K.A. Pedersen (2001): CO₂ Accounts for Open Economies: Producer or Consumer Responsibility? *Energy Policy*, Vol. 29, No. 4: 327-335.

Pedersen, O.G. (1996): Input-Output Analysis and Emissions of CO₂, SO₂ and NO_x. Linking Physical and Monetary Data, in: Madsen, C. m.fl. (eds), *Modelling the Economy and the Environment*, Springer Verlag, Berlin.

Proops, J.L.R. m.fl. (1993): Reducing CO₂ Emissions. A Comparative Input-Output Study for Germany and the UK, Springer Verlag, Berlin.

Rosa, L.P. m.fl. (2004): Comments on the Brazilian Proposal and Contributions to Global Temperature Increase with Different Climate Responses – CO₂ Emissions due to Fossil Fuels, CO₂ Emissions due to Land Use Change, *Energy Policy*, forthcoming, article in press.

Sanchez-Chóliz, J. and Duarte, R. (2004): CO₂ Emissions in International Trade. Evidence for Spain, *Energy Policy* 32(18), pp.1999-2005.

Schaeffer, R. and A.L. De Sá (1996): The Embodiement of Carbon Associated with Brazilian Imports and Exports, *Energy Conversation Management* 37(6-8), pp. 955-960.

Sonis, M.; J.J.M. Guilhoto, G.J.D. Hewings and E.B. Martins (1995): Linkages, key sectors, and structural change: some new perspectives, *Developing Economies* 33 (3), 233-270.

Statistics Denmark (2004): Danish Input-Output Tables and Analysis 2002 – Imports, Employment and Environment. Statistics Denmark, Copenhagen.

Wenzel, P.; B. Wenzel & H.-J. Wagner (1999): Länderspezifische Strombereitstellungs- und CO₂-Emissionsfaktoren, *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, 49(7), pp. 432-437.

Worrell, E.; L. Price, N. Martin, J. Farla & R. Schaeffer (1997): Energy intensity in the iron and steel industry: a comparison of physical and economic indicators, *Energy Policy*, 25(7-9), pp. 727-744.

Wyckhoff, A.W. and J.M. Roop (1994): The Embodiment of Carbon in Imports of Manufactured Products. Implications for International Agreements on Greenhouse Gas Emissions, *Energy Policy* 22(3), pp.187-184.

Projektets publikationer

Munksgaard, J.; M. Wier, M. Lenzen and C. Dey (2005): Using Structural Economics to Measure the Environmental Pressure of Consumption at Different Spatial Levels. *Journal of Industrial Ecology* 9:1-2 2005 (in press).

Lenzen M, L.-L. Pade and J Munksgaard (2004): CO₂ multipliers in multi-region input-output models. *Economic Systems Research* 16(4): 391-412.

Munksgaard, J.; L.-L. Pade Hansen; J. Minx and M. Lenzen (2005): Influence of Trade on National CO₂ Emissions. *International Journal of Global Energy Issues (IJGEI)* (in press).

Pade Hansen, L.-L. (2004): *Restructuring international trade regarding CO₂ reductions – Is there anything to learn from best practice?* IAEE International Conference, 25-27 maj 2004, Teheran, Iran.

Munksgaard, J.; L.-L. Pade Hansen, J. Minx og M. Lenzen (2004): *Influence of Trade on National CO₂ Emissions*. Nationaløkonomisk Forenings Årsmøde, 9.-10. januar 2004, Kolding.

Munksgaard, J.; M. Wier, M. Lenzen og C. Dey (2002): *Indicators for the environmental pressure of consumption*. IIASA-workshop on: Life-cycle Approaches to Sustainable Consumption. Laxenburg, Austria, November 22, 2002.

Lenzen, M.; L.-L. Pade Hansen og J. Munksgaard (2002): *CO₂ multipliers in multi-region input-output models*. Fourteenth International Conference on Input-Output Techniques, Montreal, October 10-15, 2002.

Summary

International trade and CO₂ emissions

Issued April 2005

by Jesper Munksgaard and Lise-Lotte Pade, akf, and Manfred Lenzen, The University of Sydney

International trade has an impact on national CO₂ emissions and consequently on the ability to fulfil national CO₂ reduction targets. Through goods and services traded in a globally interdependent world, the consumption in each country is linked to greenhouse gas emissions in other countries. It has been argued that in order to achieve equitable reduction targets, international trade has to be taken into account when assessing nations' responsibility for abating climate change. Especially for open economies such as Denmark, greenhouse gases embodied in internationally traded commodities can have a considerable influence on the national »greenhouse gas responsibility«.

Founded in the concepts of »producer CO₂ responsibility«, »consumer CO₂ responsibility« and »CO₂ trade balance« as introduced in Munksgaard and Pedersen 2001, the aim of the present study has been to develop the single-region input-output model as used in our previous study into a multi-region input-output model in order to get a more realistic description of the production technologies actually used in the countries of imports. A single-region model assumes the production technolo-

gies of the countries of imports origin to be similar to domestic production technologies. In the present study we develop the multi-region approach in two steps: First, imports are split up on the countries of imports origin without taking into account further feedback trade loops (unidirectional trade model). Second, we develop the model so as to take into account all feedback trade loops initiated by domestic use (multidirectional trade model), see Lenzen et al. 2004.

To our knowledge nobody so far has used a multidirectional trade approach to analyse environmental impacts of consumption. Further, very few input-output studies have even used a multi-region approach in environmental analysis.

The present study sets up a five-region input-output model including Denmark, Germany, Sweden, Norway and Rest of the world in order to calculate multipliers, national accounts and trade balances for CO₂. A 1997-dataset including Australian data to represent Rest of the world technologies has been collected for the model estimations.

Results show that CO₂ multipliers differ much between the five regions considered. Danish multipliers are in general higher than the multipliers of Sweden and Norway, i.e. production in these countries is less CO₂ intensive. We found, however, production in Germany and Rest of the world (Australia) to be more CO₂ intensive compared to Denmark. As Danish imports from the last mentioned regions exceed imports from Norway and Sweden, this leads to an increase in Danish CO₂ multipliers by 10-30% when a multidirectional model is used as compared to a single-region model.

Results also show that the effects on CO₂ emissions from developing the single-region model into the unidirectional trade model are much more important than including feedback trade loops in a the multi-region approach.

Finally, results from the multidirectional trade model show the Danish CO₂ emissions in 1997 to be reduced by 20% when consumers are considered to be responsible for the emissions as compared to the producers. Danish CO₂ trade balance turns into balance from a deficit (net export) of 11 million tonnes when applying the multidirectional model as compared to the single region model.

The study concludes that trade is the key to define CO₂ responsibility on macroeconomic level and that imports should be founded in a multi-region model approach. The study also points at the need to consider the impact from foreign trade when negotiating national reduction targets and base line scenarios within the context of international climate agreements.

Noter

- 1 Brugen af begrebet »ansvar« kan naturligvis diskuteres, og det vil givetvis kunne provokere nogle læsere. Og det har sådan set også været hensigten. Ud fra en juridisk betragtning kan man næppe drages til ansvar for andres handlinger, men ud fra en etisk betragtning kan man godt. Hvis man som virksomhed har aftaler med underleverandører, kan man fx stille krav om, at de opfylder nogle miljøstandarder og etiske spilleregler, som man selv ønsker bliver fremmet. Vores brug af begrebet »ansvar« er inspireret af tankegangen om at skabe grundlag for et bæredygtigt forbrug. Men også virksomheders lyst til at lave grønne regnskaber (på engelsk: Triple Bottomline Accounting, eller blot TBA), der viser miljømæssige og etiske sider af en virksomheds aktiviteter, har inspireret os til at tale om ansvar. En metode til beregning af grønne regnskaber er livscyklusanalyse. Metoden inddrager alle miljøeffekter af produktionen eller forbruget af en vare, herunder også de indirekte miljøeffekter hos underleverandører, deres underleverandører osv. Begrebet »CO₂-ansvar« er introduceret i Munksgaard og Pedersen 2001, er blevet anvendt af OECD (Ahmad, N. and Wyckhoff, A. 2003) og er blevet refereret i senere artikler, fx Ferng 2003 og Bastianoni et al. 2004.
2. Forslaget om at korrigere den danske CO₂-udledning går ud på at nedskrive den danske udledning i år, hvor der er nettoeksport af el til udlandet og omvendt opskrive udledningen i år med nettoimport af elektricitet, som det var tilfældet i 1990. Korrektionen baseres på en gennemsnitlig CO₂-udledning fra den danske elproduktion, dvs. man forsøger ikke at skelne mellem, om elektricitet stammer fra en dansk vindmølle eller et kulfyret kraftværk. Derudover indebærer forslaget også en korrektion for variationer mellem de årlige gennemsnitstemperaturer, således at den faktiske CO₂-udledning nedjusteres i kolde år, hvorimod den opjusteres i år med højere gennemsnitstemperaturer end normalt.