

# Økologisk økonomi og grøn økonomi En introduktion

Af Anders Chr. Hansen  
Institut for Miljø, Samfund og Rumlig Forandring (ENSPAC)



ENSPAC Research Papers on Transitions to a Green Economy document and disseminate green economy research from the METRIK and ENVIRONMENTAL DYNAMICS research groups, the GREECO team and other green economy research at ENSPAC.

The work published in this series include working papers, documentation of empirical datasets, technical reports, literature reviews, discussion papers, lecture notes and other material that can be useful for a wider audience, but not necessarily ready for publication in peer reviewed journals.

*Please note, that much of the material published in this research paper series is work in progress. Thus, comments are warmly welcomed, cf. the corresponding author coordinates below.*

© Anders Chr. Hansen 2015

All rights reserved. Extracts of this paper may be reproduced in other media provided that permission in writing is obtained from the corresponding Author (see below).

ISBN 978-87-7349-901-6

**Nøgleord:**

Økologisk økonomi, grøn økonomi, grøn omstilling

**Forfatterens kontaktoplysninger:**

Anders Chr. Hansen, Lektor

Institut for Miljø, Samfund og Rumlig Forandring (ENSPAC)

Roskilde Universitet, Universitetsvej 1, DK-4000 Roskilde, DENMARK

Email: anders@ruc.dk

Phone: +45 4674 2157 Mobile +45 6167 0592

## Indhold

<b>Forord</b> .....	<b>4</b>
<b>Vækst og miljø-dilemmaet</b> .....	<b>5</b>
Skalaproblemet.....	5
Fra Den Store Debat til grøn økonomi.....	7
<b>Økologisk økonomi</b> .....	<b>10</b>
Tværfaglig analyse af forholdet mellem økonomi og natur.....	10
Rumskibsøkonomien.....	11
BNP-vækst og samfundsmæssigt fremskridt.....	12
Fysiske strømme gennem økonomien.....	17
Økonosfæren.....	19
Fra ressourcer til afløb.....	21
<b>Økosystemtjenester</b> .....	<b>22</b>
Et økosystem-regnskab.....	22
Forsyning med fornybare ressourcer.....	22
Regulerings-tjenester: Afløb og anden regulering.....	22
Kulturelle økosystemtjenester.....	24
Livsunderstøttende funktioner og biodiversitet.....	24
Integration af fysiske og værdistrømme.....	24
Værdien af økosystemydelser.....	25
<b>Omstilling til en grøn økonomi</b> .....	<b>28</b>
Grøn økonomi.....	28
Afkobling af fossil energi fra væksten.....	30
Afkobling i Europa.....	32
Automatisk afkobling?.....	33
Analyse af afkobling.....	34
Byrde eller grønt vækstpotentiale?.....	36
Omstilling af hele systemer.....	37
Institutionelle rammer for udvikling af grønne løsninger.....	38
Rammebetingelser for udbredelse af grønne løsninger.....	39
<b>Referencer</b> .....	<b>41</b>
Bilag.....	45

## Tabeller

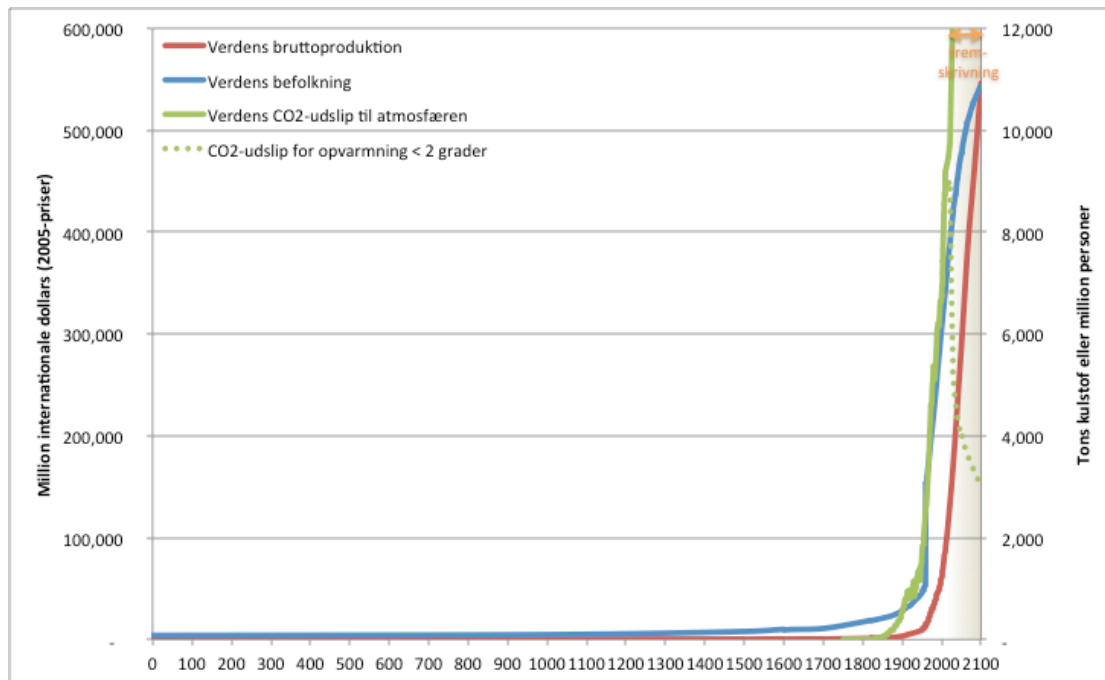
<i>Tabel 1. Materialestrømmene igennem den danske økonomi i 2013. Kg pr indbygger.</i>	18
--	----

## Figurer

<i>Figur 1. Udvikling i Verdens befolkning, produktion og CO<sub>2</sub>-udslip fra år 0 til år 2100 (tonet i fremskrivningsperioden).</i>	5
<i>Figur 2. Det realøkonomiske og det finansielle kredsløb. Y = BNP, C = Forbrug, I = investering.</i>	14
<i>Figur 3. Blyforurening af luften</i>	15
<i>Figur 5. Hovedtyper af økosystemydelse</i>	22
<i>Figur 6. Status for kontrolvariable for brug af syv af planetens økosystem-ydelser.</i>	23
<i>Figur 7. Det realøkonomiske kredsløb koblet sammen med gennemløb af ressourcestrømme til og fra de naturlige økosystemer.</i>	25
<i>Figur 8. Danmarks udledning af CO<sub>2</sub> og andre drivhusgasser 1840-2050 samt bruttoværditilvækst (BVT).</i>	29
<i>Figur 9. BNP per indbygger og udslip af drivhusgasser per indbygger i EU27, EU15, Tyskland, Danmark, Belgien og Holland, 1990-2011 (1000 €(2005) og tCO<sub>2</sub>-ækvivalenter).</i>	32
<i>Figur 10. Ændringer i drivhusgasudslip i Europa 2000-2011. Årlig vækstrate.</i>	35
<i>Figur 11. BNP per indbygger og udslip af drivhusgasser per indbygger i udvalgte EU15-lande, 1990-2011 (1000 €(2005) og tCO<sub>2</sub>-ækvivalenter).</i>	45
<i>Figur 12. BNP per indbygger og udslip af drivhusgasser per indbygger i udvalgte NMS-lande, 1990-2011 (1000 €(2005) og tCO<sub>2</sub>-ækvivalenter).</i>	46

## Forord

Denne note er en udvidet version af en forelæsningsnote om emnet til grundkurset i samfundsøkonomi, der er en del af den samfundsvidenskabelige bacheloruddannelse ved Roskilde Universitet.



Figur 1. Udvikling i Verdens befolkning, produktion og CO<sub>2</sub>-udslip fra år 0 til år 2100 (tonet i fremskrivningsperioden).

Kilder: Egen bearbejdning af data fra diverse kilder (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2014; International Energy Agency (IEA), 2014; Maddison, 2010; OECD, 2014; United Nations (UN), 2015; World Bank, 2015).

## Vækst og miljø-dilemmaet

### Skalaproblemet

Industrialiseringen og urbaniseringen, der tog fart i dele af verden i 1800-tallet og udfoldede sig med fuld styrke i det 20. århundrede, gav en fremgang i levevilkår, som ikke er set før i historien.

Når man ser på levevilkår med økonomiske briller, måler man med BNP. Når alle verdens omkring 200 landes BNP lægges sammen, får man verdens totale produktion, ofte kaldt bruttoverdensproduktet (BVP). Det er vist i figur 1. Den eksplosive vækst i BNP er både et resultat af og en forudsætning for befolkningsvæksten. Det samme gælder det forbrug af fossil energi, som væksten i CO<sub>2</sub>-udslip viser. Uden disse vældige strømme af fossil

energi havde befolknings- og BNP-væksten næppe været muligt.

BNP viser således tre fundamentale sider af vores levevilkår. Det viser for det første den samlede produktion, for det andet den samlede indkomst og for det tredje den samlede efterspørgsel efter produktionen (forbrug og investeringer). Det bygger i princippet på data om, hvad der er købt og solgt på markederne<sup>1</sup>.

Når man ser på levevilkårene med naturvidenskabelige briller, ser man noget andet. De naturvidenskabelige

<sup>1</sup> For den offentlige sektor, boligsektoren og den finansielle sektor benyttes særlige metoder.

<sup>2</sup> "Sustainable development requires meeting the basic needs of all and extending to all the opportunity to fulfil their aspirations for a better life" og "meets the needs of the present without compromising

briller kan ikke se markedsværdier. De kan kun se tons, kWh, kvadratkilometer og den slags fysiske størrelser. Til gengæld kan man så ikke se skalaproblemet med sine økonomiske briller. Hvis man betragter menneskearten i sit økosystem ligesom man observerer fisk i et akvarium, er det interessante populationens udveksling af stof og energi med sit økosystem og den plads, den optager i konkurrence med andre arter. Figur 1 viser at CO<sub>2</sub>-udledningen fra menneskets økonomier er vokset i nogenlunde samme forhold som økonomierne og populationerne. CO<sub>2</sub>-udledningen kommer fra forbrænding af fossil energi, dvs. kul, olie og gas. Der er mange andre stoffer, der optages af økonomierne og udstødes igen i et omfang, som også er vokset i takt med befolkningen og BNP.

Set fra det perspektiv, giver industrialiseringens og urbaniseringens triumfer anledning til bekymring. Vi taler i dag om udveksling af stof og energi med det naturlige miljø på en helt anden skala end på noget tidligere tidspunkt i historien. Hertil kommer, at vi kun er halvvejs i processen. Det er stadig kun en del af verdens befolkning, der har haft fornøjelsen af den velstand, som industrialiseringen og urbaniseringen giver. I takt med at resten af verden overgår fra en traditionel og lavproduktiv til en moderne og højproduktiv økonomi, vil BNP og befolkningen vokse. Dog må man forvente, at vækstraterne bliver mindre, så kurverne i figur 1 flader lidt ud hen ad slutningen på dette århundrede.

Den moderne økonomis ressourcegennemstrømning og arealanvendelse overstiger på

mange punkter, hvad økosystemerne kan bære. Det stiller os overfor problemer, vi kun kan forstå gennem både naturvidenskabelige og samfundsvidenskabelige analyser. Den videnskabelige analyse er uundværlig. Mennesket kan ikke med sine sanser og umiddelbare opfattelsesevne forstå dette. Vi kan kun forstå, forklare, analysere og vurdere det ved hjælp af videnskabelige modeller og vi har brug for modeller fra mange forskellige videnskabelige discipliner.

Der er også spørgsmål som videnskaben næppe kan svare på. Selvfølgelig, hvis det lykkes os ved videnskabens hjælp at forstå og forklare vores situation i vores økosystemer, kan vi så handle tilstrækkeligt beslutsomt samlet som menneskehed? Vi har jo nogle grimme erfaringer fra det 20. århundrede, hvor fælles udfordringer endte med først to verdenskrige og så en kold krig. På den anden side har vi også nogle positive erfaringer med at beslutte os og handle som verdenssamfund eller som europæisk samfund. Fred i Europa (med enkelte undtagelser) siden anden verdenskrig. Store globale projekter, som afskaffelsen af ozonlagnedbrydende stoffer. En arkitektur for verdenssamfundets klimapolitik (UNFCCC, COPer og protokoller, IPCC), som langsomt (meget langsomt) men alligevel fremadskridende har skabt en fælles forståelse af spørgsmål som "Er der overhovedet en global opvarmning?", "Er den overhovedet menneskeskabt?", "Har vi overhovedet alternativer til kul, olie og gas?", "Vil det ikke være for dyrt?", "Er det nu egentlig ikke de andres problem?", "Vil det ikke være



nytteløst så længe de andre lande ikke gør noget?"

### ***Fra Den Store Debat til grøn økonomi***

Væksten i figur 1 indtil slutningen af det 20. århundrede fandt hovedsagelig sted i Europa (inkl. Rusland), Nordamerika, Japan og Australien. Udviklingslandene blev selvstændige fra deres tidligere kolonimagter i årtierne efter 2. Verdenskrig. Fordelingen af rigdom og produktionskapacitet i verden kunne dog stadig bedst lignedes med en  $\emptyset$  af umådelig rigdom midt i et hav fattigdom. Dengang som nu, var der konsensus i verdenssamfundet om, at udviklingslandene nu skulle opbygge moderne økonomier, der kunne udrydde fattigdommen.

Allerede i 60erne kunne forskere dog se, at eksplosionen i de industrialiserede lande af befolkning, produktion, forbrug, ressourceforbrug og forurening allerede var mere end naturen kunne klare. Flere gange så meget af det samme ville overstige planetens grænser.

Det satte vækst-miljø-dilemmaet på dagsordenen i 60erne og 70erne. Hvis udviklingslandene skulle have anstændige levevilkår med den vækstmodel, som vi havde brugt i Europa og Nordamerika, ville det være på bekostning af miljøet og dermed på fremtidige generationers miljømæssige levevilkår. Hvis miljøværdierne på den anden side skulle bevares, ville det dømmes Verdens fattige flertal til fortsat fattigdom.

FN afholdt i 1972 sin første store miljøkonference i Stockholm. På det tidspunkt havde der bredt sig en erkendelse i Europa og Nordamerika

af, at man måtte gøre noget ved de lokale miljøproblemer som vand- og luftforurening. Igennem 70erne fik land efter land miljølove og miljøministerier til at administrere dem.

Samtidigt foregik en debat om de globale miljøproblemer, som ikke mindst Rom-klubbens rapporter bidrog til. Den blev siden kaldt *Den Store Debat om Vækst og Miljø* (Freeman, 1978) og den handlede om vækst-miljø-dilemmaet.

Meadows m.fl. (1972) bidrog til debatten med en rapport, hvori man så mennesket som en population i et større økosystem. Måske er mennesket inde i samme slags "overshoot-and-collapse" som biologer observerer i naturlige økosystemer, når populationers vækst overskrider økosystemets bæreevne.

Ideen om *nulvækst* som en løsning på problemet blev lanceret af andre i debatten. Man kunne som eksperiment forestille sig at alle kurver i figur 1 blev vandrette fra fx 1980 og frem. Det ville imidlertid ikke have løst problemet med overbelastning af miljøet. Allerede på daværende tidspunkt oversteg miljøbelastningerne på mange punkter økosystemernes evne til at bære dem. I 1980 og de følgende par år var det meste af verdensøkonomien faktisk også plaget af nulvækst eller direkte recession. Det viste sig ikke at løse miljøproblemerne, men havde ulykkelige konsekvenser for de millioner, der blev arbejdsløse.

En fortsat global vækst efter samme model ville på den anden side undergrave både BNP og andre levevilkår for fremtidige

generationer og derved undergrave sit eget formål.

Den syntese, der voksede ud af debatten var, at det er nødvendigt globalt at omstille økonomien til en anden model, der kunne producere mere, men gøre det med langt færre ressourcer. På den måde kan verden komme ud af enten-eller dilemmaet. Det var konklusionen i den rapport, der i 1987 blev afgivet af Brundtland-kommissionen (World Commission on Environment and Development (WCED), 1987), som FN havde nedsat til at behandle spørgsmålet nogle år tidligere.

Den byggede på to grundlæggende etiske principper. For det første er det også de udviklede landes ansvar at fattigdommen i udviklingslandene udryddes. For det andet kan de nuværende generationer ikke tillade sig at tilgodese sine egne behov på bekostning af fremtidige generationers muligheder for at tilgodese deres behov<sup>2</sup>.

Brundtland-kommissionen lagde vægt på, at de to principper hænger sammen. Det ville være inkonsistent, at være meget bekymrede for fremtidige generationers miljømæssige levevilkår, men ikke for den del af verdens befolkning, der samtidigt lever i fattigdom.

Brundtland-kommissionens rapport var en slags oplæg til Rio-topmødet i 1992, som opnåede en bemærkelsesværdig konsensus blandt verdens næsten 200 lande om *principperne for bæredygtig*

*udvikling*. De kan findes i topmødets dokumenter som Rio-deklarationen og Agenda 21 (United Nations (UN), 1993).

De omfatter mere detaljerede mål om både udryddelse af fattigdom og bevarelse og genopretning af naturværdier for fremtidige generationer. Hvor der ofte havde været tendenser til at se økonomisk vækst, som den afgørende indikator for samfundsmæssigt fremskridt, blev der nu enighed om at det samfundsmæssige fremskridt også indebærer fremskridt i den *miljømæssige* eller *økologiske* og den *sociale* dimension.

Samfundsmæssigt fremskridt kan altså ikke reduceres til vækst i BNP. Dels er der brug for *udvikling* af økonomierne efter ovenstående opskrift – ikke blot *vækst*. Vækst i BNP er som regel en del af det samfundsmæssige fremskridt, men det er ikke lig med samfundsmæssigt fremskridt. Hvis det er på bekostning af udryddelse af fattigdommen eller på bekostning af fremtidige generationers miljøværdier, kan man ikke kalde det fremskridt.

Følgeslutningen må være, at samfundsmæssigt fremskridt betyder fremskridt i *alle* tre dimensioner, ikke blot i en enkelt dimension på bekostning af de øvrige. Det betyder også, at fremskridt i miljøbeskyttelsen eller fattigdomsbekæmpelsen ikke nødvendigvis må foretrækkes, hvis det i for høj grad er på bekostning af de øvrige dimensioner.

De etiske principper blev blandt andet formuleret i et juridisk princip for de globale aftaler om, hvordan verdenssamfundet møder globale udfordringer. Det er princippet om

---

<sup>2</sup> "Sustainable development requires meeting the basic needs of all and extending to all the opportunity to fulfil their aspirations for a better life" og "meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs" (paragraf 27).



*fælles men differentieret ansvar.* Det betyder, at de udviklede lande har et særligt ansvar for at udvikle teknologier og løsninger, der holder både miljømæssigt og økonomisk. Det har både en etisk motivation, da det er de udviklede lande, der har belastet det globale miljø, men det har også en praktisk økonomisk motivation. Det er de udviklede lande, ikke udviklingslandene, der har de teknologiske og finansielle ressourcer, der kræves for udvikling af disse teknologier og løsninger.

Der var bemærkelsesværdigt bred opbakning fra højre til venstre, øst til vest, nord til syd og fra stater repræsenterende alle kulturer og religioner til disse principper. I denne sag er det som ofte i politik lettere at opnå konsensus om abstrakte principper end om at bruge de nødvendige midler i praksis.

I Danmark og EU er der dog på mange områder udviklet nye institutioner, lovgivning og planer, vidensudvikling osv, der med større

eller mindre succes danner ramme for omstilling til en økonomi, der er bæredygtig.

FNs Rio+20 møde i 2012 havde en dagsorden om at udvikle institutioner på globalt niveau. Det lykkedes ikke, men de eksisterende institutioner blev styrket og slutdeklarationen fra mødet, *The Future We Want* (United Nations (UN), 2012), formulerer målsætningen om en *grøn økonomi*. Visionen deles af EU (European Commission, 2015a) og af de enkelte medlemsstater (Se fx Regeringen, 2011; UK Parliament, 2015) såvel som af regionsråds, storbyers og kommunalbestyrelses strategier for udvikling af deres lokale økonomi.

*Grøn økonomi* er således ikke opstået som et videnskabeligt begreb, men som en politisk vision om at virkeliggøre og *operationalisere* principperne om bæredygtig udvikling. Den type begreber kan man lægge meget forskelligt i, men der er dog en fælles kerne.

## Økologisk økonomi

### *Tværfaglig analyse af forholdet mellem økonomi og natur*

Økologisk økonomi handler om tværfaglig forståelse af disse forhold mellem menneskesamfundenes økonomi og deres økosystem. Miljø- og ressourceøkonomer har gennem generationer forsøgt at forstå dem med økonomiske metoder, fysikere med energianalyser og biologer med økosystem-analyser. Filosofer har forsøgt at beskrive etikken i at bruge økosystemer som egentlig også tilhører alle andre. Sociologer forholder sig til udviklingen i vores værdier med hensyn til miljøet og politologer til de formelle systemer vores statsdannelser og internationale organisationer har til at ændre på samfundets forhold til naturen.

Økologisk økonomi er et forskningsområde, hvor alle den slags perspektiver fra forskellige fagområder kan spille sammen multi-, inter- og transdisciplinært. Der findes en lang stribe anbefalelsesværdige introduktioner til den meget diverse litteratur i Ecological Economics (Costanza (Costanza iii) et al., 2015; Common and Stagl, 2005; Daly and Farley, 2011; Edwards-Jones et al., 2000; Røpke, 2005, 2004). Der er også en hel del mere politisk betonedede bud på, hvad økologisk økonomi er. Den korteste definition er, at økologisk økonomi er det tværvideenskabelige studium af bæredygtig udvikling.

Men det naturvidenskabelige og det økonomiske sprog er ikke det samme, og det er en udfordring i tværfaglig analyse. I en naturvidenskabelig optik betyder

”vækst” akkumulation af fysisk stof. Økonomisk vækst er så lig med flere tons, kWh og kubikmeter af materialer og energi. I en økonomisk optik betyder ”vækst” imidlertid, at arbejdsstyrken kan skabe mere af økonomisk værdi. Mens væksten målt i tons og væksten målt i værdier var sammenfaldende i det 20. århundredes vækstmodel, behøver de ikke at være det i det 21. århundrede.

Det, der er af økonomisk værdi, er i sidste ende tilfredsstillende af vore behov for eksempelvis bolig, mobilitet, måltider og beklædning. De konkrete materialer og det energiforbrug, der er involverede i løsningerne på disse problemer er ikke vigtige for os. For eksempel er det vigtigt for vores trivsel, at vi har en god, sund og rummelig bolig med god tilgængelighed til arbejdspladser, institutioner, service og natur. Men det er ikke vigtigt for værdien af boligen om den opvarmes med fyringsolie eller det er et nul-energihus, som leverer de samme kvadratmeter uden strømme af olie.

Naturvidenskabsfolk og økonomer mener således ikke det samme med begrebet ”vækst”, men det er helt afgørende for den tværfaglige forståelse af problemerne, at de fælles begreber defineres ens. Ellers taler man blot forbi hinanden. Daly (1987) starter fx med at præcisere, at med ”vækst” mener han ”den kvantitative stigning i skalaen af økonomiens fysiske dimensioner”.

Vi har derfor brug for at skelne begrebsmæssigt mellem vækst i værdier og vækst i tons. Vækst i værdier er i høj grad en samfundsinteresse, men vækst i tons er det ikke nødvendigvis. Vi har som

regel gavn af mere værdi med færre tons. Til dette formål introduceres nedenfor begrebet *økonosfære*.

Med den model, vore økonomier fulgte i det meste af det 20. århundrede fulgte, var økonomisk vækst tæt bundet til fysisk vækst. Flere boligkvadratmeter betød automatisk tilsvarende flere kubikmeter fyringsolie igennem bygningernes levetid. Det er imidlertid ikke en naturlov. I dag findes der tekniske løsninger, der kan levere de samme funktioner, dvs tilfredsstillelse af vores boligbehov helt uden fyringsolie. Det giver i princippet samme bidrag til BNP, men uden den ikke-bæredygtige miljøbelastning.

### **Rumskibsøkonomien**

Fremsynede forskere kunne allerede i 60'erne se, at de hastigt voksende økonomier ville kræve økosystemydelse af en størrelsesorden, som naturen ikke kan levere. Kenneth E. Boulding, dengang præsident for the American Economic Association skrev således i sit essay "The Coming of the Spaceship Earth".

*"The closed earth of the future requires economic principles which are somewhat different from those of the open earth of the past. For the sake of picturesqueness, I am tempted to call the open economy the "cowboy economy," the cowboy being symbolic of the illimitable plains and also associated with reckless, exploitative, romantic, and violent behaviour, which is characteristic of open societies. The closed economy of the future might similarly be called the "spaceship" economy, in which the earth has become a single spaceship, without unlimited reservoirs of anything, either for extraction or for*

*pollution, and in which, therefore, man must find his place in a cyclical ecological system which is capable of continuous reproduction of material form even though it cannot escape having inputs of energy.*

*The difference between the two types of economy becomes most apparent in the attitude towards consumption. In the cowboy economy, consumption is regarded as a good thing and production likewise; and the success of the economy is measured by the amount of tile throughput from the "factors of production," a part of which, at any rate, is extracted from the reservoirs of raw materials and noneconomic objects, and another part of which is output into the reservoirs of pollution. If there are infinite reservoirs from which material can be obtained and into which effluvia can be deposited, then the throughput is at least a plausible measure of the success of the economy. The gross national product is a rough measure of this total throughput. It should be possible, however, to distinguish that part of the GNP which is derived from exhaustible and that which is derived from reproducible resources, as well as that part of consumption which represents effluvia and that which represents input into the productive system again." (Boulding, 1966).*

En anden måde at behandle den samme problematik på, er at stille spørgsmålet om, hvordan man kan maksimere vores velbefindende eller livskvalitet samtidigt med at vi minimerer gennemstrømningen af materialer og energi. Daly (1977) refererede til det begreb om *steady state* – altså en stabil tilstand – som mere end et århundrede tidligere var blevet brugt af den klassiske økonom John Stuart Mill. Ifølge hans

synspunkt er der ikke noget, der kan vokse for evigt. På et tidspunkt må væksten tage af og overgå til en tilstand, hvor økonomien reproducerer sig selv i de samme proportioner, altså en *steady state*. Selv i denne tilstand kan kvaliteten af det, økonomien frembringer dog forøges og dermed forøge dens borgeres livskvalitet. En økonomi kan vokse i kvalitet, ikke nødvendigvis i tons.

### ***BNP-vækst og samfundsmæssigt fremskridt***

Boulding pegede ikke kun på skalaproblemet, men også på at BNP-vækst ikke kan være indikator på samfundsmæssigt fremskridt i en "rumskibsøkonomi".

For at forstå, hvad der er galt med BNP, er det vigtigt at gøre sig klart, at BNP strengt taget blot er en regnskabsmæssig balance, der bruges som indikator. BNP er ikke værdiskabelsen selv, men den afspejler værdiskabelsen. Det er den underliggende værdiskabelse, samfundet er interesseret i – ikke dens indikator.

BNP sammenfatter det realøkonomiske kredsløb, som er vist i *figur 2*. Værditilvæksten i produktionen er forskellen mellem værdien af de varer og tjenester, der går ud af virksomheden og de varer og tjenester, der går ind i virksomheden. Populært sagt er BNP værditilvæksten inkl. moms (og andre afgifter).

Værditilvæksten deles af den arbejdskraft og kapital, der medvirker til produktionen. Når man ser bort fra import og eksport, går de producerede varer og tjenester enten ind i produktionen igen eller bliver brugt til enten forbrug eller

investeringer (den endelige anvendelse).

BNP er således et udtryk for både den totale produktion, efterspørgsel og indkomst i økonomien. BNP måler skabelse af markedsværdi i økonomien. Værdiskabelsen kan i princippet vokse uden at den strøm af materialer og energi, som værdien er hæftet til, vokser. En kurvfuld af råvarer kan blive til meget større markedsværdi i de internationalt berømte michelin-restauranter end i en mere ydmyg restaurant, selv hvis råvarerne er de samme. En liter økologisk mælk er mere værd end en liter konventionel mælk. En smartphone med bedre udviklet skærm og software bidrager mere til BNP end en standard-smartphone, selv om den indeholder samme mængde af metaller osv.

Formålet med det realøkonomiske kredsløb er at bidrage til samfundets samlede velfærd, men BNP er ikke i sig selv velfærd. Den velfærd, der følger af forbruget af et gode er ifølge klassisk økonomi egentlig *brugsværdien*, men den udtrykkes med bytteværdi, markedspriser. Det er kun markedspriser, der kan observeres, men neoklassisk teori konstruerer herudfra et hypotetisk *forbrugeroverskud*, som sammen med *producentoverskuddet (kapitalafkast)* udgør den nytte samfunds samlet set har af at producere og forbruge et gode.

Begrebet "forbrugeroverskud" henviser til det forhold, at nogle forbrugere kan antages at være villige til at betale en højere pris end den markedspris, alle betaler. Det er et spejlbillede af det forhold, at nogle producenter egentlig ville være villige til at sælge til en lavere pris, hvis de fik mere konkurrence.

BNP opfanger kun værdien af de varer og tjenester, der er købt og solgt på markedet. Husholdningernes produktion til eget forbrug registreres i udgangspunktet ikke. Det samme gælder egentligt sort arbejde, kriminell virksomhed og den i mange lande betydelige undergrundsøkonomi baseret på illegale indvandring. Den nye internationale standard for nationalregnskaber - ESA 2010 - forsøger at tage højde for nogle af disse forhold, men man bør stadig være forsigtig ved sammenligninger af lande.

Som mål for markedsværdien af det, en økonomis producenter laver, er BNP altså et ret godt instrument, omend med visse svagheder. Problemet opstår, hvis man sætter lighedstegn mellem BNP og samfundsmæssigt fremskridt og gør det til det altoverskyggende hensyn i alle politiske afgørelser.

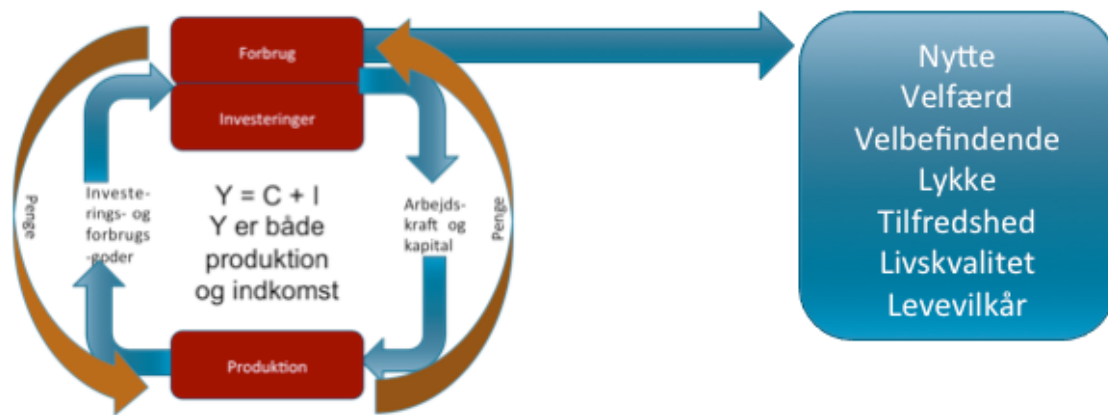
Selve væksten i BNP giver mulighed for at den typiske husholdning kan købe mere af de varer og tjenester, der er vigtige for velfærden, men er ikke en garanti herfor og er ikke i sig selv velfærd.

Debatten om BNP som indikator for samfundsmæssigt fremskridt er langt fra ny. Den var en del af Den Store Debat (se fx Nordhaus and

Tobin, 1972) og de politiske institutioner i EU efterspørger i dag alternativer (Stiglitz et al., 2009). Temaerne var egentlig de samme dengang som nu: Er BNP-vækst en egnet indikator for samfundsmæssigt fremskridt? Er BNP-vækst i det hele taget egnet som indikator for økonomisk fremskridt?

Som beskrevet ovenfor, må orienteringen af den politiske konsensus mod bæredygtighed i 90'erne ses som et svar på det første spørgsmål. BNP-vækst er ikke et dækkende mål for samfundsmæssigt fremskridt. Fremskridt i udryddelsen af fattigdommen og bevarelse af miljøværdierne er lige så vigtigt. Fremfor alt er disse mål ikke nødvendigvis hinandens modsætninger. Økonomisk, socialt og økologisk fremskridt er lige nødvendige dele af det samfundsmæssige fremskridt.

Økologisk fremskridt indgår jo ikke direkte i BNP. Det kan ikke lade sig gøre, fordi BNP i princippet opgøres som det, virksomhederne har solgt på markederne minus det, virksomhederne har købt på markederne (Bruttoværditilvæksten). Men effekter på miljøet er jo netop eksterne - de går uden om markedet.



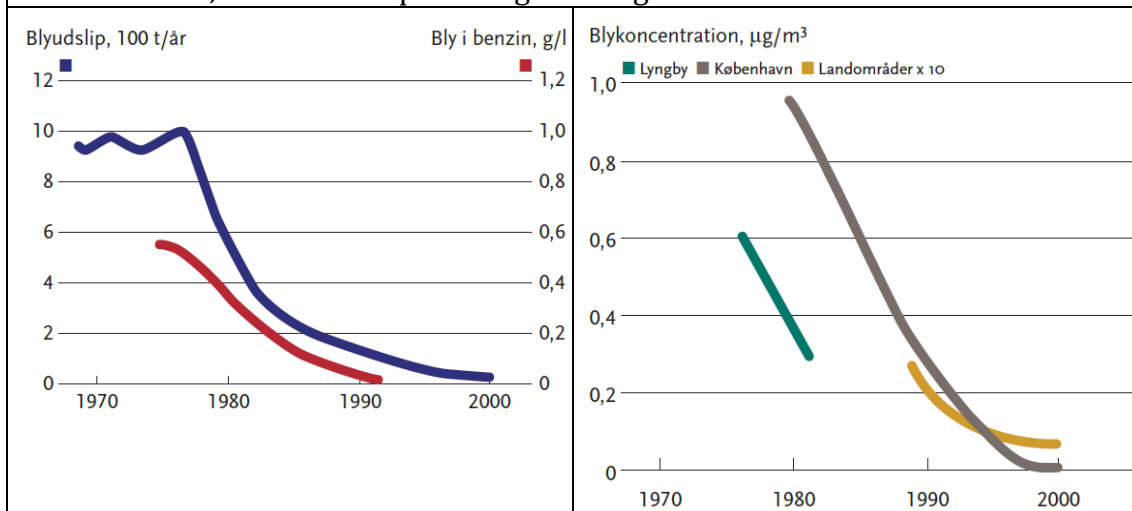
Figur 2. Det realøkonomiske og det finansielle kredsløb.  $Y = \text{BNP}$ ,  $C = \text{Forbrug}$ ,  $I = \text{investering}$ .

For eksempel afskaffede vi i perioden fra 70'erne til 90'erne bly i benzin (se figur 3). Der kan ikke være tvivl om, at det er et stort økologisk fremskridt, at være fri for blyforureningen. Det afspejles imidlertid ikke i BNP, for det er fremskridt i en anden dimension end BNP. Omvendt påvirkedes BNP kun af bilkørslens økonomiske fordele og ikke af blyforureningen, som flere generationer var udsat for.

BNP afspejler heller ikke fordelingen. Der findes eksempler på økonomier, hvor fx olie eller diamanter har givet et stort løft i BNP, men hvor dette ikke er blevet brugt til at løfte befolkningen ud af fattigdom, men snarere på en

økonomisk-politisk elites forbrug. Vækst i BNP *per capita* – altså gennemsnitsindkomsten – siger ikke nødvendigvis så meget om den typiske husholdnings levevilkår. For eksempel havde den typiske amerikanske husholdning, repræsenteret ved den reale medianindkomst, ikke mere købekraft i 2011-13 end i 1987 på trods af en betydelig BNP-vækst i perioden (Stiglitz, 2012; DeNavas-Walt and Proctor, 2014). Væksten i indkomst er gået til de øverste ti procent og navnlig den øverste procent. Medianindkomsten er således en bedre indikator for den typiske husholdnings levevilkår end *per capita* BNP.

Indtil 1980erne var luften forurenset af bly, især fra bilernes udstødningsgasser. Der var bly i benzinen for at få motoren til at gå jævnt. Der var især høje koncentrationer i storbyernes luft. Bly påvirker centralnervesystemets udvikling hos børn, som ved længere tids påvirkning risikerer at få nedsat reaktionsevne, hukommelse mm. Nogle forbinder endda kriminell adfærd med udsættelse af centralnervesystemet for denne slags påvirkninger. Bly indebærer også andre helbredsrisici, herunder forplantningsevne og kræft.



Figur 3. Blyforurening af luften

Kilde: (Miljøstyrelsen, 2002)

Der er altså vigtige fremskridt på de økologiske og sociale områder, som BNP simpelthen ikke kan opfange. Den logiske følgeslutning heraf er ikke at ophøre med at bruge BNP, men at BNP suppleres med og justeres i forhold til fremskridt i de økologiske og sociale dimensioner. Der har på mange områder været en bevægelse i den retning siden 90'erne, men det er en meget langvarig proces, som ikke sker på alle områder samtidigt.

Det fører til det andet spørgsmål om BNP egentlig er en god indikator for det økonomiske fremskridt, altså for det, vi maksimalt kan forbruge – uden at tære på kapitalen eller låne.

BNP afspejler den løbende produktion og den løbende anvendelse af produktionen til forbrug og investeringer. Men et evt tab af de aktiver, det kapitalapparat eller den produktionskapacitet, der

anvendes til at frembringe den løbende produktion tælles ikke med.

Det betyder, at BNP kan vokse ret meget efter en naturkatastrofe eller en krig, der har ødelagt meget af dette kapitalapparat. Ser man kun på BNP, kan det se ud som om det går rigtig godt for økonomien og folk har fået det bedre. Men besøger man området, vil man nok sige at folk har fået det værre. Det er økonomisk vækst uden samfundsmæssigt fremskridt.

Det er der egentlig taget højde for i nationalregnskabet ved at skelne mellem *brutto* og *netto*. *Brutto* betyder jo netop at en del af det omsatte egentlig er "forbrug af fast realkapital". Det svarer til afskrivninger i virksomheders regnskab. Det er slid og forældelse af bygninger, anlæg, maskiner og transportmidler. Det kan selvfølgelig ikke bruges igen når det allerede er



brugt. Hvis vi forstår indkomst som det, vi kan forbruge og investere uden at gældsætte os, vil det være økonomisk korrekt, at bruge *netto* i stedet for brutto. Endvidere bør vi også medregne netto-indtægter fra aktiviteter i udlandet. Det er således et andet begreb fra nationalregnskabet, *nettonationalindkomsten (NNI)*, der bedst afspejler vores *økonomiske muligheder* for løfte livskvaliteten.

Men en økonomis beholdning af naturressourcer kan med lige så god ret som dens beholdning af bygninger og maskiner opfattes som kapital. Bruger man for eksempel af oliereserverne, afskærer man sig fra i fremtiden at producere den samme olie. Skal man i fremtiden have samme muligheder for at producere, må man altså investere – og dermed afstå fra at forbruge - et tilsvarende beløb i realkapital eller human kapital. Det bringer forbrugsmulighederne yderligere ned til det "*grønne NNI*", som mål for, hvad man maksimalt kan forbruge uden at tære på kapitalen.

Hvis økonomiens samlede forbrug overstiger det grønne NNI, vil der være tale om *overforbrug* i økonomisk forstand. Man vil ikke med den samme produktivitet kunne finansiere det samme forbrug i fremtiden og det vil således ikke være bæredygtigt. Det kaldes også *negativ justeret opsparing*.

Et grønt NNI, som korrigerer for de nævnte forhold, kan således give et alternativt bud på, hvor meget vi egentlig har at forbruge, netto regnet, og om vi holder os inden for det budget eller vi overforbruger og dermed sparer for lidt op. Det har der været en del forsøg på (Se fx De Økonomiske Råd, 2012; Hansen, 2002, 1995).

Det skal dog understreges, at der her er tale om bæredygtighed i den *økonomiske* dimension. Finansielle indikatorer som et opsparingsunderskud i forhold til NNI kan naturligvis ikke sige noget om *økoslogisk* bæredygtighed. Det er et naturvidenskabeligt spørgsmål.

I tilknytning til problemet med økonomisk bæredygtighed – altså om vi investerer nok - er der et problem med hvad vi *definerer som investering*.

En af de vigtigste motorer for den økonomiske vækst i det 20. århundrede har været de massive investeringer i menneskelige ressourcer. Uddannelse, offentlig sundhed og social sikring har udvidet arbejdsstyrken betydeligt og gjort den meget mere produktiv.

Både husholdningernes og den offentlige sektors udgifter til uddannelse, sundhed osv. bliver imidlertid bogført som *forbrug* selvom de i virkeligheden er nogle af samfundets vigtigste *investeringer*. De Økonomiske Råd (2012) giver et bud på en justering heraf.

Noget tilsvarende gælder i øvrigt husholdningernes investeringer i biler, hårde hvidevarer, fladskærme mm. De bliver også bogført som forbrug omend af *varige* forbrugsgoder.

Til gengæld er der en del udgifter, der bliver bogført som investeringer, men som ikke ligesom egentlige investeringer udvider fremtidens produktive kapacitet. Det gælder eksempelvis investeringer i militært udstyr og militære anlæg. Det gælder også investeringer, der er nødvendige som følge af tidligere tiders miljøpåvirkninger.

Men kan man udvikle et bedre bud på en *overordnet indikator*, som

samlere alle facetter af samfundsudviklingen for at afgøre om der er tale om fremskridt?

Der arbejdes som nævnt i FN, OECD, og EU på at udvikle indeks for alle væsentlige livsvilkår, også de økologiske og sociale. Spørgsmålet er, hvordan man på baggrund af disse indikatorer kan afgøre om samfundsudviklingen gør fremskridt.

Man kan håndtere disse indeks på to forskellige måder. Den ene metode tildeler hvert indeks en vægt og beregner et gennemsnit af dem. I et simpelt eksempel kan man have et indeks for grønt NNI og et for middellevetiden. Så kan man tildele hvert indeks en vægt. Hvis det er 0,5/0,5 bliver det et simpelt gennemsnit. Et eksempel herpå er Human Development Index, som er et endimensionalt indeks for økonomisk og socialt fremskridt.

Matematisk set er disse vægte per definition bytteforhold og de må ifølge sagens natur være politisk fastsat. Fx kan et points kortere middellevetid opvejes af et points højere BNP og vice versa. Derved sættes en pengeværdi på ønskeligheden af en længere levetid og det findes der næppe noget solidt videnskabeligt grundlag for. Det er også forskelligt fra land til land og over tid, hvilke problemer, det er samfundsmæssigt vigtigst at gøre noget ved.

Alternativet er at anvende et princip om, at ingen af indeksene, må gå tilbage. I så fald er der kun tale om fremskridt, hvis mindst et indeks går frem og ingen går tilbage. En flerdimensional målestok for samfundsmæssigt fremskridt er ganske vist vanskeligere at tage

stilling til og tage bestik af, end en endimensionale målestok som BNP. Ikke desto mindre er det en nødvendighed for at få et retvisende billede af, hvor samfundet er på hen, som ikke er påvirket af tilfældige vægte.

### ***Fysiske strømme gennem økonomien***

I den traditionelle model af økonomien, som er vist i *figur 2* spiller de fysiske strømme af materialer og energi kun en rolle som råvare- og energiomkostninger. Økologisk-økonomiske modeller prøver at integrere de fysiske og de værdimæssige dimensioner. De fysiske dimensioner har jo også, på grund af deres mægtige skalaer, stor betydning for vores velfærd når de vender tilbage til naturen bl.a. som CO<sub>2</sub> og andre forurenende stoffer.

Således er der også brug for at se dem med naturvidenskabelige briller. Ser man rent fysisk på ressourcerne, er det en kendsgerning, at de ressourcer, der drages ind i økonomifæren, ikke forsvinder, men før eller siden bliver udstødt igen som affaldsstoffer.

Her får vi så igen brug for det økonomiske perspektiv, fordi vi har brug for systemer, der kan håndtere affaldsstofferne. Naturens håndtering af affaldsstofferne er et offentligt gode og knapheden på sådan et kan markeder per definition ikke håndtere. Det kaldes *markedssvigt*. Man kan imidlertid regulere markederne, så de understøtter håndteringen af problemerne.

Tabel 1. Materialestrømmene igennem den danske økonomi i 2013. Kg pr indbygger.

	Dansk ressource indvinding	Import	Direkte materialeinput	Eksport	Indenlandsk materialeanvendelse	Eksport minus import
<b>I alt</b>	<b>17.108</b>	<b>10.421</b>	<b>27.529</b>	<b>6.749</b>	<b>20.780</b>	<b>-3.672</b>
<b>1 Biomasse</b>	<b>4.625</b>	<b>2.520</b>	<b>7.146</b>	<b>2.005</b>	<b>5.141</b>	<b>-515</b>
1.1 Primære afgrøder og produkter heraf	2.462	471	2.934	553	2.381	81
1.2 Græs, grønfoder og halm mv.	1.738	1	1.739	1	1.738	0
1.3 Træ og produkter heraf	306	813	1.119	164	955	-649
1.4 Fisk og vildt mv.	119	60	179	79	99	19
1.5 Levende dyr og produkter heraf bortset fra fisk og vildt mv.	0	261	261	556	-295	295
1.6 Andre produkter hovedsagelig af biomasse	0	914	914	651	262	-262
<b>2 Metalliske mineraler og produkter heraf</b>	<b>0</b>	<b>1.044</b>	<b>1.044</b>	<b>991</b>	<b>53</b>	<b>-53</b>
2.1 Jern	0	531	531	488	43	-43
2.2 Ikke-jernholdige metaller	0	71	71	49	22	-22
2.3 Andre produkter af metalliske mineraler	0	443	443	454	-12	12
<b>3 Ikke-metalliske mineraler og produkter heraf</b>	<b>10.252</b>	<b>1.619</b>	<b>11.871</b>	<b>776</b>	<b>11.095</b>	<b>-843</b>
<b>4 Fossil energi og produkter heraf</b>	<b>2.231</b>	<b>4.723</b>	<b>6.954</b>	<b>2.574</b>	<b>4.380</b>	<b>-2.149</b>
4.1 Kul og andre faste brændsler	17	867	884	41	843	-826
4.2 Flydende og gasholdige brændsler	2.214	3.566	5.780	2.414	3.366	-1.152
4.3 Øvrige produkter hovedsagelig fra fossil energi	0	290	290	119	170	-170
<b>5 Andre produkter</b>	<b>0</b>	<b>515</b>	<b>515</b>	<b>403</b>	<b>111</b>	<b>-111</b>

Kilde: Egen bearbejdning af data fra Danmarks Statistik (2015).

Tabel 1 viser hovedtal fra Danmarks Statistiks materialestrømsregnskab for 2013 omregnet til kg pr indbygger. I 2013 krævede det altså materialestrømme på 27,5 tons materialer at holde en gennemsnitsdanskers forbrug,

investering og produktion i gang. Byggematerialer ("Ikke-metalliske mineraler og produkter heraf", dvs sand, grus mm) alene stod for næsten 12 tons. Af biomasse og fossil energi stod hver for omkring 7 tons. Herudover havde vi brug for et

ton metaller og et halvt ton andre ting.

Materialestrømsregnskabet viser ikke nødvendigvis, hvor omstillingen er mest nødvendig eller opbyder de største udfordringer. Et ton fødevarer udgør ikke samme problem som et ton kul eller kemikalier. Det viser dog noget om, hvor store mængder, der skal transporteres og forarbejdes og hvor store mængder affaldsstoffer, der kan forventes. Rent fysisk kræver hvert eneste ton også energi til at blive flyttet og til at blive forarbejdet.

### **Økonosfæren**

Formålet med hele det økonomiske kredsløb er, som vist i *figur 2* at skabe gode levevilkår og trivsel, ofte betegnet samfundsmæssig nytte, velfærd eller velbefindende. Man kan opdele levevilkårene i forskellige komponenter, som hver især er uundværlige, herunder boligforhold, mobilitet, miljøkvaliteter og andre forhold, der har betydning for, hvordan vi har det.

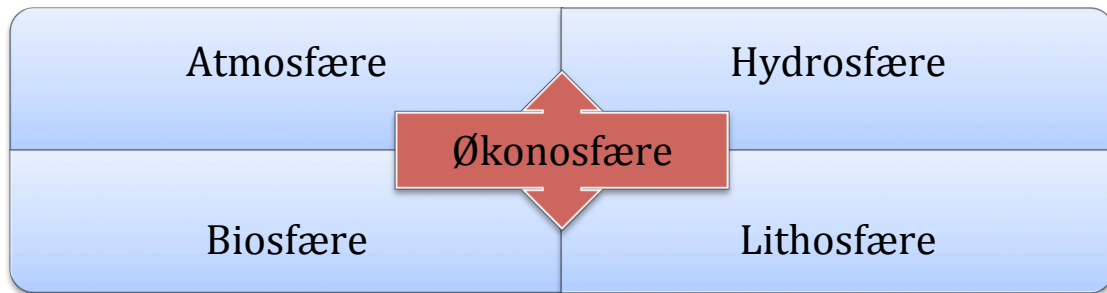
De materialestrømme, der medgår til produktion af disse forhold, har imidlertid kun værdi i det omfang, de er nødvendige og konkurrencedygtige. En bolig på fx 140 kvadratmeter kan være isoleret efter 1965 standard og således kræve store strømme af fyringsolie. Eller den kan være isoleret efter 2020-standard og således ikke kræve nævneværdig mængder energi tilført udefra. Den nye bygning på 140 kvadratmeter har samme værdi for os som den gamle, men leverer den uden de strømme af ressourcer gennem den, som tidligere bygninger. Selv om vi således er gået ned i og faktisk har elimineret vores forbrug af

fyringsolie, er den økonomiske værdi af vore boligforhold ikke forringet.

For at skelne mellem den økonomisk værdi og de kombinationer af materiale- og energistrømme, der ligger bag dem, foreslog Boulding (1966) at skelne mellem økonomiens *økonosfære* og dens værdikredsløb. Det er økonomiens kapitalapparat – bygninger, infrastruktur, maskiner, transportmidler, besætninger - der kobler de værdifulde tjenester sammen med energi- og materialestrømme. Økonosfæren omfatter både virksomhedernes produktionssystemer, der leverer til et marked og husholdningers of den offentlige sektors produktionssystemer, der leverer til husholdningen eller institutionen selv.

Økonosfæren er således det samlede kompleks af produktions-, energi- og transportsystemer mm, som leverer de funktioner, vi har brug for, og som kobler det sammen med naturen. Økonomisk teori bruger en *generaliseret* produktionsfunktion, som model for transformationen af inputs af kapital, arbejdskraft, energi og materialer til outputs af forbrugs- og investeringsgoder. Alt dette måles typisk i generaliserede mængdeindeks og værdier.

For at forstå problemerne med sammenkoblingen af goder med økonomisk værdi og naturen, må man imidlertid være lidt mere konkret. Sammenkoblingen sker igennem *materiale- og energistrømme* og er meget *geografisk* bestemt. Man kan således se økonosfæren som en produktionsfunktion udvidet med de fysiske dimensioner materiale- og



Figur 4. Økonosfæren og naturens fire sfærer.

energikæder samt den rumlige dimension.

Geels (2002) bruger begrebet *sociotekniske systemer* til at betegne de systemer, der udvikles omkring materiale- og energistrømmene.

I det 20. århundredes økonomiske model er økonosfæren designet til at maksimere gennemstrømningen. Det var gjort muligt af de store mængder billig fossil energi – især olie. Dette design er imidlertid ikke en naturlov, og det er ikke nødvendigt at designe det 21. århundredes økonosfære på samme måde.

Det er ved at haste. De strømme af materialer og energi, som økonomien driver ud af naturen og tilbage til den igen har i dag nået et sådant omfang, at atmosfærekemikeren og nobelpristageren Paul Crutzen (Crutzen, 2005) finder, at der er tale om en selvstændig geologisk epoke "antropocæn". Det er fordi det er mennesket, der påvirker de generelle betingelser for liv på kloden.

Man kan sige, at menneskets økonomi fra at være en del af biosfæren nu har en økonosfære, som markant påvirker strømmene mellem naturens fire sfærer (atmosfæren, biosfæren, lithosfæren (den faste del af jordskorpen) og hydrosfæren. For eksempel flytter den økonosfære, der beror på fossil

energi, store mængder kulstof fra lithosfæren til atmosfæren og oceanerne. Forholdet er illustreret i figur 4.

Hver enkelt grøn løsnings værdi afhænger således af det system, den er en del af. De mange løsninger på problemet med lagring af elektricitet, der udvikles i disse år, ville kun have beskeden værdi i det 20. århundredes elsystemer, hvor elproduktionen tilpassedes til behovet henover døgnet. De er imidlertid en helt afgørende for at fremtidens elsystemer baseret på vedvarende energi er mulige.

Generelt er en ressourceeffektiv økonosfære i modsætning til det 20. århundredes ressourceintensive økonosfære karakteriseret af

- *Ressourceeffektivitet*: Et minimalt spild af materialer, energi og plads
- *Substitution*: Erstatning af problematiske materialer med materiale, der kan recirkuleres i industri og natur,
- *Recirkulation*: Genindvinding af og recirkulation af materialer energi.

Økonomisk set kræver hver tjeneste – fx målt i boligkvadratmeter eller personkilometer – mere kapital, men mindre gennemstrømning.

Omkostningerne ved en ressourceeffektiv økonosfære indebærer derfor typisk *lavere energi- og materialeudgifter til gengæld for højere kapitaludgifter.*

Derfor er det så væsentligt, ikke blot hvor dyre energi- og materialestrømmene er, men også hvor dyr kapitalen er.

Figur 4 illustrerer økonomien i et naturvidenskabeligt perspektiv. Den er ikke længere blot en del af biosfæren, men en aktiv motor, der transporterer stoffer fra den ene sfære til den anden og ændrer livsbetingelserne på jorden i en grad som overgår de naturlige processer.

Kernen i omstillingen til en grøn eller bæredygtig økonomi er omstilling af økonosfæren. For at det kan ske, må en række institutionelle rammebetingelser være til stede. Ellers kan husholdningerne og virksomhederne ikke investere de fornødne ressourcer i innovation af de nye løsninger. Mere herom nedenfor.

### ***Fra ressourcer til afløb***

Ressourcestrømmene omfatter både fornybare og ikke-fornybare ressourcer. De fornybare omfatter især dyrkbar jord, vandressourcer, vind- og solenergipotentialer, skovens tømmerressourcer og fiskebestande. De ikke-fornybare ressourcer er fx metalmalm, kul, olie og gas.

De ikke-fornybare ressourcer som olie eller metaller kan ifølge deres natur ikke både forbruges af nutlevende og fremtidige generationer. Som beskrevet ovenfor forudsætter en økonomisk bæredygtig brug af dem, at man investerer overskuddet fra dem. Men

det er kun økologisk bæredygtigt i idet omfang de investeres i en omstilling, som gør det muligt for økonomien at vokse i værdi uden at overforbruge naturen.

Forbrænding af kul, olie og gas indebærer på den ene side, at naturen leverer ressourcer og på den anden side, at den fungerer som afløb for de affaldsstoffer, der kommer ud af forbrændingen. På den måde flyttes mange millioner af tons kulstof årligt fra lithosfæren til atmosfæren og oceanerne.

Plastik eller kunstige polymerer, der også i vid udstrækning fremstilles af olie, er typisk uforgængeligt eller nedbrydes uendelig langsomt til mikroplast, der ophobes i fødekæden og i slutrecipienter. Det samme gælder mange andre stoffer, som tungmetaller, der først er ressourcer for produktionen, men siden bliver til problematiske affaldsstoffer, som økosystemerne ikke kan nedbryde og som derfor hober sig op.

Alternativet til dette er ikke at opgive materialeforbrug overhovedet, men så vidt muligt at skifte til materialer, der er biologisk nedbrydelige og helst komposterbare og lette at recirkulere og til energi fra vedvarende kilder. Det er et centralt perspektiv for udvikling af *bioøkonomien, kredsløbsøkonomien og lav-emissionsøkonomien*, der er sat på dagsordenen i EU og Danmark.

Bio-, kredsløbs- og lavemissionsøkonomi er vigtige bestanddele af en grøn økonomi, som får mest muligt ud af naturens tjenester uden at overforbruge dem.

<i>Forsyning med ressourcestrømme (materialer, energi, vand, areal)</i>	<i>Regulerings af naturens kredsløb og omsætning af affaldsstoffer</i>	<i>Kulturelle tjenester, naturoplevelser, identitet</i>
Livsunderstøttende funktioner, biodiversitet		

Figur 5. Hovedtyper af økosystemydelse

## Økosystemtjenester

### Et økosystem-regnskab

Naturens økosystemer og de tjenester, vi høster fra dem, er utallige og meget forskellige. Vi har brug at sammenfatte dem på en måde, så det bliver mere håndterligt og overskueligt. Til det formål har man udviklet en slags økologisk regnskabssystem, som opdeler vores brug af naturen i fire kategorier af *økosystemydelse* eller *økosystemtjenester*. Figur 5 viser hovedtyperne af økosystemydelse, som de naturlige økosystemer yder til økonomien. Ligesom mineralforekomsterne yder økosystemerne *naturressourcer*, som efter brug bliver til affaldsstoffer. Økosystemernes naturlige kredsløb fungerer herefter som *afløb* for disse affaldsstoffer. Herudover leverer økosystemerne kulturelle tjenester som naturoplevelser og de grundlæggende livsunderstøttende funktioner som primærproduktion, sundt miljø, og biodiversitet. Det klassiske forureningsproblem er, at *overforbrug* af afløbstjenester går ud over økosystemernes øvrige tjenester, fx et sundt miljø og kulturelle tjenester som naturoplevelser.

### Forsyning med fornybare ressourcer

De biologiske fornybare ressourcer har en naturlig tilvækst. Derfor kan

man næste år fange lige så mange fisk som i år – hvis man altså ikke har overfisket i år. En bæredygtig høst af fornybare ressourcer er en høst eller fangst, der kan opretholdes på samme niveau over år efter år. *Overforbrug* af de fornybare ressourcers forsyningstjenester fører derimod til at der ikke er så meget at høste eller fange i fremtiden.

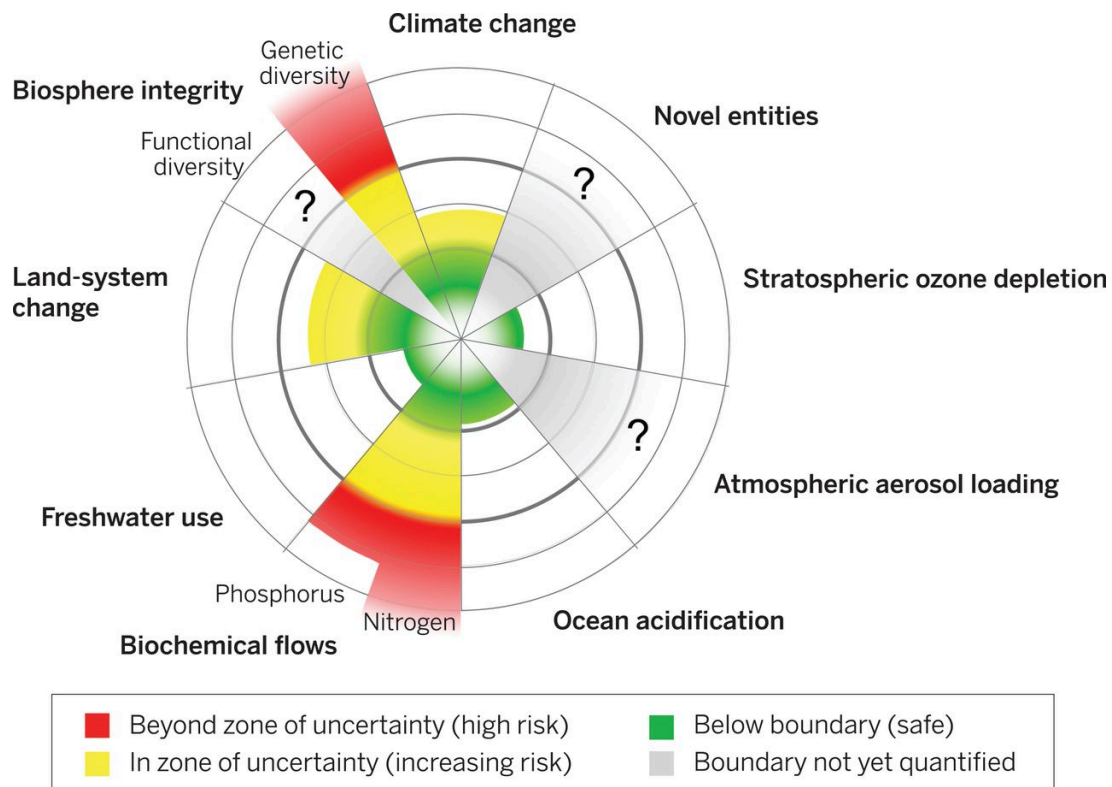
En stadig tilgang af vand, sollys og næringsstoffer er en forudsætning for naturens primære produktion af biomasse og dermed for de biologiske ressourcer. En anden type fornybare ressourcer er vedvarende ressourcer som sol- og vindenergipotentialer.

### Regulerings-tjenester: Afløb og anden regulering

Naturlige vådområder, søer og åer fungerer som stødpuder for store vandmængder fx i forbindelse med skybrud eller tørtbrud. Derved nyder vores økonomi godt af den tjeneste, at de afværger oversvømmelser længere ned i vandafstrømningsområdet.

Skovenes økosystemer leverer rensning af nedbøren på dens vej til at blive grundvand. Nogle steder opretter man ligefrem nye sprøjtefri skove for at have rent grundvand i fremtiden.





Figur 6. Status for kontrolvariable for brug af syv af planetens økosystem-ydelser.  
 Kilde: Steffen m.fl. (2015).

Alle ressourcer, som økonomien henter ud af økosystemerne, kommer også på et eller andet tidspunkt ud af økonomien igen og vender tilbage til økosystemerne som affaldsstoffer. De naturlige økosystemer kan så nedbryde de organiske materialer for igen at bruge dem til opbygning af nye organismer. Hvis denne tjeneste overforbruges fx ved at systemet overbelastes med næringsstoffer, bryder økosystemet sammen og går over til en helt anden tilstand. Vi kender det fx som algeopblomstring og iltsvind i vandmiljøet.

Der forskes kloden rundt i at identificere de områder, hvor vi globalt set overforbruger

økosystemernes tjenester - eller er ved at gøre det.

Figur 6 viser tre forskellige grader af risiko for at overforbruge økosystemydelser i en sådan grad, at fremtidige generationer mister miljøkvaliteter, som de nulevende generationer har nydt godt af. Som det fremgår af figuren er der tale om work-in-progress. På nogle områder er der allerede tale om et globalt overforbrug af økosystem-ydelser, der gør fremtidige generationer fattigere på naturværdier.

Det gælder især biodiversiteten, de naturlige økosystemers artsrigdom, som i det meste af verden har været på hastig tilbagegang. Konventionen om biodiversitet (United Nations Environment Programme (UNEP),

1993) forpligter landene til at bremse tilbagegangen. I EU er det vedtaget, at stoppe tilbagegangen i biodiversitet inden 2020 og genoprette den tabte natur inden 2050 (European Commission, 2011a).

Når risikoen for klimaforandringer kun er på gul, er det fordi klodens gennemsnitstemperatur endnu ikke er steget med de 2 grader, der anses for at være grænsen for, hvad klimasystemet kan holde til. Men det er også fordi, man ikke er helt sikker på, hvor grænsen går. Der er ikke plads til her at gennemgå samtlige miljøudfordringer, så der henvises til artiklen (Steffen et al., 2015).

### ***Kulturelle økosystemtjenester***

Naturlige økosystemer yder os også tjenester i form af naturoplevelser. Kvaliteten af friluftsliv og ferier såvel som daglige ture til arbejde afhænger stærkt af naturens mangfoldighed og skønhed. Værdien af en fisketur afhænger typisk mere af naturoplevelsen end af, hvor mange kilo fisk, man får med sig hjem.

En egns natur kan også give identitet til dens beboere og særlige naturområder kan være af betydning for national identitet på grund af deres historie eller religiøs identitet. Oldtidsminder, historiske slagmarker og herregårdslandskaber er eksempler på naturens identitetsbærende tjenester og de er da også i vidt omfang fredede.

### ***Livsunderstøttende funktioner og biodiversitet***

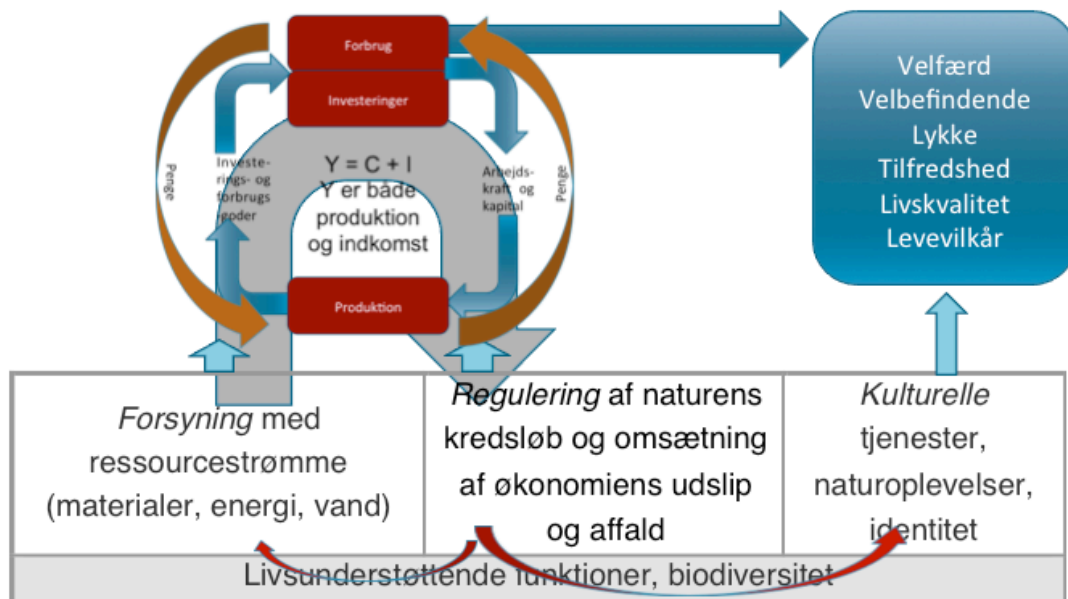
De vigtigste økosystemtjenester er de livsunderstøttende funktioner, som står for den primærproduktion,

som efterfølgende led i fødekæderne lever af, den biodiversitet, som økosystemerne er bygget af og den sundhed, som mennesker og andre arter har brug for. Disse funktioner kan ikke rigtig erstattes af noget andet og de fungerer som grundlag for både forsyning, regulering og kulturelle tjenester.

### ***Integration af fysiske og værdistrømme***

Når man forsøger at integrere økologiske og økonomiske perspektiver på forholdet mellem økonomi og natur, kommer man let til at reducere det økologiske perspektiv til et spørgsmål om euro eller det økonomiske perspektiv til et spørgsmål om hektarer eller kWh. Boulding prøver med sit billedsprog at undgå denne reduktionisme, men er til gengæld meget abstrakt.

Det, man kan sige med videnskabelig sikkerhed, er at en verdensbefolkning på over 10 milliarder mennesker må have en radikalt mere ressourceeffektiv økonosfære end en verdensbefolkning på 1 milliard. Den må være meget mere baseret på biologiske og vedvarende ressourcer og dens fysiske strømme må være mere cirkulære. Økonosfæren må endvidere være mindre ressourceintensiv og derfor også mere kapitalintensiv. For eksempel er en vindmøllepark eller et solkraftanlæg dyrere i investering end et kulkraftværk, men de har til gengæld ingen udgifter til brændsel. Et nul-energi-hus koster mere per kvadratmeter på grund af tykkere mure mm, men har til gengæld ikke udgifter til brændsel. En elbil er – i hvert fald indtil videre – dyrere, men kræver ikke så meget energi pr kilometer



Figur 7. Det realøkonomiske kredsløb koblet sammen med gennemløb af ressourcestrømme til og fra de naturlige økosystemer.

I figur 7 er materialestrømmene gennem økonomien vist som en grå pil, der sammen med kapitalapparatet udgør økonosfæren. Omstillingen af denne til færre tons med mere værdifulde funktioner, til biologisk nedbrydelige og genanvendelige materialer osv er for længst gået i gang, men vi har brug for at analysere, hvilken værdi omstillingen har for samfundet.

### Værdien af økosystemydelse

Vurdering af økosystemydelse i pengeværdier er ofte en kilde til skarpe debatter i miljøforskningen (Se fx Ackerman and Ackerman, 2004).

Varers værdi for brugeren – brugsværdi – og deres bytteværdi eller markedspris har været et grundtema i økonomisk litteratur siden Aristoteles. Klassikerne opfattede primært værdi som noget omkostningsbestemt mens neoklassikerne kobled den til et begreb om marginal nytte. Forholdet mellem forbrugerens marginale

nytte af to varer antages at være afspejlet i de relative markedspriser, altså i bytteforholdet.

Sociologen Max Weber (2012) og andre har peget på, at der også er andre værdikategorier end bytteværdi, hvis man med værdi forstår rationaler, der styrer vores handlinger, altså at vi finder noget bedre end noget andet. Nogle af disse er særdeles relevante for samspillet mellem økonomi og økologi.

Etiske værdier handler ikke om, hvorvidt noget bedre kan betale sig at gøre, men om det er *rigtigt eller forkert* at gøre. I nogle forhold kan andre forvolde skader for mennesker, der hverken har retlig beskyttelse eller magtmidler til at stille noget op imod det. Her er der behov for etiske værdier til at regulere forholdet.

Økosystemtjenester repræsenterer både markedsværdier eller bytteværdier og iboende værdier eller etiske værdier. Der er for eksempel en udbredt konsensus om

det etiske princip, at fremtidige generationer har "ret til" blåhvalen, pandaen og alle de andre truede dyrearter. Derfor beskytter vi dem og prøver også at undgå at andre arter bliver truede. Etiske værdier og bytteværdier er inkommensurable og kan således ikke lægges sammen. De tilhører forskellige kategorier.

*Subjektive* værdier er religiøse, politiske, æstetiske og andre værdier, som kan være store for den ene, men nul for den anden. De handler om vores individuelle og gruppeidentitet og det er selvsagt ikke noget, der kan gøres til genstand for køb og salg. Ikke desto mindre er de i høj grad styrende for vores handlinger. Værdien af at have et job er fx for de fleste større end lønnen i sig selv. Det er det øvrige samfunds anerkendelse af, at der er brug for en. Borgere kan også vurdere det som en berigelse, at være en del af et bæredygtigt system, som fx affaldssortering, selv om det faktisk kræver arbejde.

Når man skal analysere værdien af økonomiens brug af en økosystemtjeneste, er det derfor en god ide at se på to separate virkninger. Den ene virkning er et spørgsmål om *eksistensen* af økosystemtjenester fremover. Den anden er et spørgsmål om *substitution* af økosystemtjenester med menneskeskabte goder.

Eksistensen af økosystemtjenester er et *etisk* spørgsmål. Et spørgsmål om hvilket Danmark, vi vil give videre til og dele med vore efterkommere. Substitution er et spørgsmål om at bytte nogle naturgoder ud med nogle menneskeskabte goder. Det involverer bytteværdier.

I praksis spiller både de etiske værdier og bytteværdier ind når vi regulerer udnyttelsen af økosystemtjenesterne. Vores beskyttelse af arter og økosystemer, så de ikke bliver udryddelsestruede, er etisk begrundede men har også markeds-mæssige virkninger, fx for turisterhvervet. Grænseværdier for helbredstruende stoffer i miljøet beskytter den enkelte fra andres påvirkninger, som man ellers ikke kan stille noget op imod. Den målsætning om højst 2 graders global opvarmning i dette århundrede, som man blev enige om på klimamødet i København i 2009 er et etisk princip om, hvad man kan være bekendt at byde fremtidige generationer.

Institutionalisering af etiske principper i miljølove ligger imidlertid udenfor det, de økonomiske modeller kan forklare. Her kan man drage fordel af tværvideenskabelige analyser, som inddrager politologiske og sociologiske metoder til at forstå dannelsen af etiske principper på samfundsniveau og deres institutionalisering i love.

De etiske principper afgrænser den acceptable brug af økosystemydelse, men kan ikke sige noget om, hvilken af de mange forskellige anvendelser af dem indenfor disse rammer, der er samfundsmæssigt ønskværdige. Det kan den økonomiske analyse imidlertid.

Omstilling til en høj grad af substitution, kredsløb og eliminering af spild giver nogle ressourcebesparelser, men koster også investeringer. Det kan gøre et dybt indhug i virksomheders overskud. Samtidigt giver en mindre miljø- og ressourcebelastning nogle

mere værdifulde økosystemtjenester til resten af samfundet. Økonomiske analyser kan kvantificere værdien af disse og hjælpe til at identificere den samfundsmæssigt bedste brug af økosystem ydelserne indenfor det bæredygtige spillerum.

På den baggrund kan vi definere to typer af overforbrug af økosystemtjenester. For det først er forbrug af økosystemtjenester, der ikke er *økologisk bæredygtigt*. For det andet et forbrug af økosystemtjenester, som ganske vist er bæredygtigt, men som ikke den *mest økonomiske brug* blandt de bæredygtige alternativer, der er at vælge imellem. Man kunne måske kalde det u-økologisk og u-økonomisk overforbrug.

Et par eksempler kan måske give en ide om, hvordan man kan gøre dette.

I forbindelse med fiskeri, kan man for eksempel overfiske bestanden, så den kommer under den mindste bæredygtige bestand, kollapse og man mister den for altid. Hvis man holder den årlige fangst indenfor den årlige naturlige tilvækst, er fiskeriet derimod bæredygtigt. Den økonomiske gevinst af det samlede fiskeri kan indenfor det bæredygtige fiskeri imidlertid variere meget fordi både omkostningerne ved fiskeriet, bestanden og den årlige tilvækst varierer på forskellig måde med fiskeriindsatsen. Uden regulering af fiskeriet er der risiko for overfiskning af bestanden. Men selv hvis der ikke overfiskes, er der risiko for at der fiskes mere end det, der giver den største økonomiske værdi.

Et andet eksempel er beskyttelsen af økosystemerne i vandmiljøet, som i den nye EU-loven skal være af enten "god" eller "høj" kvalitet. Vandmiljø af "moderat", "ringe" eller "dårlig"

kvalitet skal ikke overleveres til fremtidige generationer. Så længe miljøkvaliteten er god, giver man miljøet videre i en tilstand, hvor arter og økosystemer ikke blot overlever på udvalgte lokaliteter, men også trives generelt. Det er primært et etisk spørgsmål.

Om miljøkvaliteten skal være "høj" eller "god" er derimod i højere grad – om end ikke udelukkende – et spørgsmål om økonomisk optimering. Det er fx nærliggende at gå efter høj kvalitet for vandløb i områder som i forvejen er naturbeskyttede, fx nationalparker. Derimod vil det nok være meget omkostningsfuldt at gå efter "høj" miljøkvalitet i byområder eller områder med intensiv landbrugsdrift.

Der findes også utallige veje til en god eller høj kvalitet af vandmiljøet. Det er vigtigt for omstillingens succes, at man ikke vælger veje, der gør det sværere og dyrere end nødvendigt for de involverede produktionsenheder at omstille sig. Her er økonomisk optimering og cots-benefit-tænkning også værdifuldt, men indenfor de givne forudsætninger om bæredygtig udvikling.

Et tredje eksempel er atmosfærens og oceanerne økosystemtjenester i form af deres absorption af det globale udslip af CO<sub>2</sub>. Der er grænser for, hvor meget CO<sub>2</sub>, der kan absorberes, uden at vi mister den klimastabilitet, vi er afhængige af. Det er institutionaliseret med 2 graders målsætningen. Der er imidlertid utallige måder, man kan omstille den danske økonomi, EU's økonomi og verdensøkonomien på for at nå disse mål, og der er ingen grund til at gøre omstillingerne mere byrdefulde end nødvendigt.

## Omstilling til en grøn økonomi

### *Grøn økonomi*

Begrebet *grøn økonomi* er altså ikke født som et videnskabeligt begreb, men som en politisk vision. En konkretisering og operationalisering af principperne for bæredygtig udvikling. I EU og de enkelte EU-landes teknologisk-økonomiske strategier er begrebet konkretiseret i planer for udvikling af en *lavemissionsøkonomi* (*low carbon economy* (European Commission, 2011b)), en *kredsløbsøkonomi* (*circular economy* (European Commission, 2014)), en *bioøkonomi* (European Commission, 2012) osv.

En grøn økonomi kan således defineres som en økonomi, der kan *have økonomisk fremgang uden at overforbruge* i hverken økonomisk, økologisk eller social henseende.

Overforbrug er den ene side af den samme mønt, som underinvestering er den anden side af. Knaphed på økonomiske goder, betyder i sig selv, at det vi forbruger, kan vi ikke investere og *vice versa*.

*Overforbrug i økonomisk henseende* har vi i frisk erindring fra "de glade 00ere". Der er udviklet mange indikatorer på økonomisk overforbrug, bl.a. forbrug i forhold til det grønne NNI, betalingsbalancen, den offentlige budgetsaldo og inflationære tendenser.

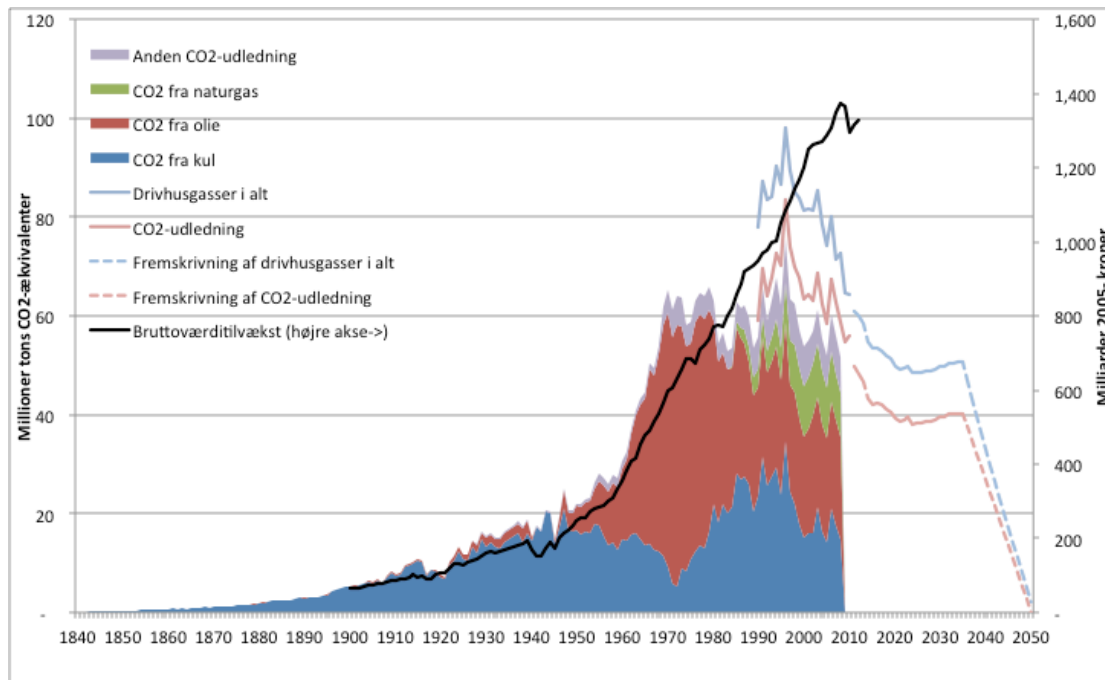
*Overforbrug i økologisk henseende* minder om dette. Økosystemernes tjenester kan sammenlignes med kapitalens afkast. Overforbrug af

økosystemtjenester betyder, at man tærer på naturkapitalen. Det går ud over fremtidige tjenester ligesom tæring på økonomisk kapital vil gå ud over fremtidigt afkast.

*Overforbrug i social henseende* har både en fordelings- og en produktionsdimension. Fattigdom og massearbejdsløshed ekskluderer hele befolkningsgrupper fra den produktion, der kan give et eksistensgrundlag for en husholdning. Alternativet er en *inkluderende økonomi*, som bl.a. ved investeringer i menneskelige ressourcer – uddannelse, sundhed mm - lukker marginaliserede grupper ind i den moderne arbejdsdeling.

*Grøn omstilling* er, at gennemføre de grundlæggende forandringer af økonosfæren, at investere i de grønne løsninger. Det gør både husholdninger, virksomheder og den offentlige sektor.

*Grøn vækst* er virksomhedernes udnyttelse af disse nye forretningsmuligheder. De udvikler grønne løsninger og tager dem i brug. Vindmøller, solenergi og nulenergi-huse. Varer, der er fri for farlige kemikalier. Transportløsninger, der involverer kollektiv transport og elektrificeret transport. Bæredygtigt producerede fødevarer. Energibesparende pumper, ventilationsanlæg, køleanlæg mm.



Figur 8. Danmarks udledning af CO<sub>2</sub> og andre drivhusgasser 1840-2050 samt bruttoværditilvækst (BVT).

Kilder: Egne beregninger baseret på (Boden et al., 2010; Danmarks Statistik, 2014; Hansen, 1972).

Hvis de grønne omstillinger sker i rask tempo, kan det næsten ikke undgå at skabe voksende markeder for innovative virksomheder og dermed vækst i BNP. Således medfører økonomisk udvikling et højere BNP, men et højere BNP er ikke nødvendigvis altid tegn på udvikling.

En økonomi, der kan trives uden at overforbruge naturen, må have en økonomsfære, der er helt anderledes end den gennemstrømnings-økonomsfære, der kendetegnede det 20. århundredes økonomier og som ofte betegnes den lineære økonomi. Dens økonomsfære må være en ressourceeffektiv lavemissions-økonomsfære, der leverer sine ydelser med minimalt ressourcestræk i den ene ende og minimal miljøbelastning i den anden ende. Det kan lade sig gøre, hvis den i højere grad anvender ressourcerne i et kredsløb, og, hvis den i højere grad baserer sig

på biomasse-ressourcer og vedvarende ressourcer.

Der er ikke noget i denne omstilling af økonomsfæren, der forhindrer en god vækst i BNP, men omstillingen kan forhindre, at væksten bliver på bekostning af miljøet. Vi er også godt på vej i disse omstillinger i Danmark. to ud af tre boliger er opvarmet med fjernvarme fra bl.a. overskudsvarme fra elproduktion. Vi bruger i stigende grad biomasse til energi og 40% af Danmarks elforsyning kommer nu fra vindmøller. Det er grønne omstillinger af økonomsfæren, der er gået hånd i hånd med et højere BNP, men har mindsket gennemstrømningen af fossil energi gennem økonomsfæren.

Den fælles politiske vision om en grøn økonomi indeholder også visioner om økonomiske forhold, der ikke har så meget at gøre med økonomsfæren, men som sætter grænser for prioriteringen af nutid



over fremtid og af elitær over bred økonomisk fremgang. Den grønne økonomi er således en *inkluderende økonomi*, der ikke marginaliserer store dele af samfundet. Det er en *holdbar økonomi*, der investerer en passende del af sit overskud i udvikling af de nye løsninger. Og det er en *læringsøkonomi*, der kan udvikle nye grønne løsninger og få dem udbredt hurtigt.

I det følgende vil vi se på *lavemissions-økonosfæren* som eksempel.

### ***Afkobling af fossil energi fra væksten***

Erfaringerne fra de seneste årtier har vist, at teknologiske løsninger, der kobler vækst i miljøbelastning sammen med økonomisk vækst kan udskiftes med grønne løsninger. Den snævre sammenkobling, der var gældende i det 20. århundrede er ingen naturlov. Det gælder både omstillingen til vedvarende energi, til energieffektivitet og til den mindre CO<sub>2</sub>-intensive gas i stedet for kul. Sidstnævnte selvsagt kun som en midlertidig omstilling, der kun er relevant så længe vi overhovedet har fossil energi.

Det 20. århundredes rivende økonomiske udvikling hvilede i høj grad på adgangen til store mængder billig fossil energi, og Danmark var ingen undtagelse. Det samme kan ikke gentages i det 21. århundrede, så det bliver en anden økonomi, men hvilken?

*Figur 8* viser Danmarks økonomiske vækst igennem det 20. århundrede og den samtidige vækst i udledningen af CO<sub>2</sub>. Den fuldt optrukne sorte kurve viser udviklingen i bruttoværditilvæksten fra begyndelsen af det 20.

århundrede til i dag. De stablede arealer viser CO<sub>2</sub>-udledningerne fra de forskellige fossile brændsler.

Før den fossile energi blev energien primært tilvejebragt som muskelkraft fra dyr og mennesker (Smil, 1994). Vindmøller, vandmøller og sejlskibe var også vigtige energileverandører, men det meste energi i et område blev tilvejebragt af primærproduktionen og afgrøderne, som igen dannede grundlag for populationer af mennesker, husdyr og vilde dyr. Industrialisering og billig fossil energi var to sider af samme omstilling til den moderne økonomi.

Der var naturligvis mange andre forhold end fossil energi, der dannede grundlag og ramme for den økonomiske vækst. Andre teknologiske fremskridt, udvidet verdenshandel, stabile institutionelle rammer for økonomien, et højt investeringsniveau fra 1950erne indtil omkring 1980, den systematiske anvendelse af naturvidenskab i teknologien, de massive investeringer i befolkningens uddannelse, sundhed og sociale velfærd, en voksende del af økonomien organiseret i den meget effektive selskabssektor og kolossale fremskridt i informations- og kommunikationsmulighederne.

Den lette tilgængelighed af store mængder billig fossil energi må dog antages at have været helt afgørende for at flytte og omdanne de meget store mængder af materialer som økonomien håndterer, for at drive den enorme bygningsbestand og for at transportere milliarder af mennesker.

Derfor ville en analyse af fremtidens økonomiske vækst også være

mangelfuld, hvis den negligerer det grundlæggende skift i de europæiske energiøkonomier, der er i gang nu. EU og de enkelte medlemsstater planlægger over et halvt århundrede at skifte til en helt anden energiøkonomi. Europas statsledere (European Council, 2011) kaldte det en *energirevolution* ligesom overgangen fra muskelkraft til fossil energi og overgangen til olieøkonomien.

Når Europas statsledere således bliver "energirevolutionære" er det fordi den fossile energiøkonomi ikke er bæredygtig.

Der er fire grunde til, at det 20. århundredes snævre sammenkobling af økonomisk vækst og fossil energi ikke er bæredygtig, og altså ikke holder endnu et århundrede.

For det første er atmosfæren så mættet med CO<sub>2</sub>, at det globale klima ikke kan bære mere. Klimaforandringerne er allerede i gang. FNs klimapanel har opgjort, at for at komme ned på et niveau af CO<sub>2</sub>-udledning, som klimasystemet kan bære uden at bryde helt sammen skal de udviklede økonomier inden 2050 skal være omstillede i en sådan grad, at de kun udleder mellem 5 og 20% af udledningen i 1990. I Danmark har det ført til den slutning, at vi så lige så godt kan blive helt uafhængige af fossil energi i 2050.

For det andet bidrager forbrænding af fossil energi også til de nære miljøproblemer som sundhedsskadelig byluft, forurening af nedbør, overbelastning med næringsstoffer osv. Der er i mange byer og regioner tale om et

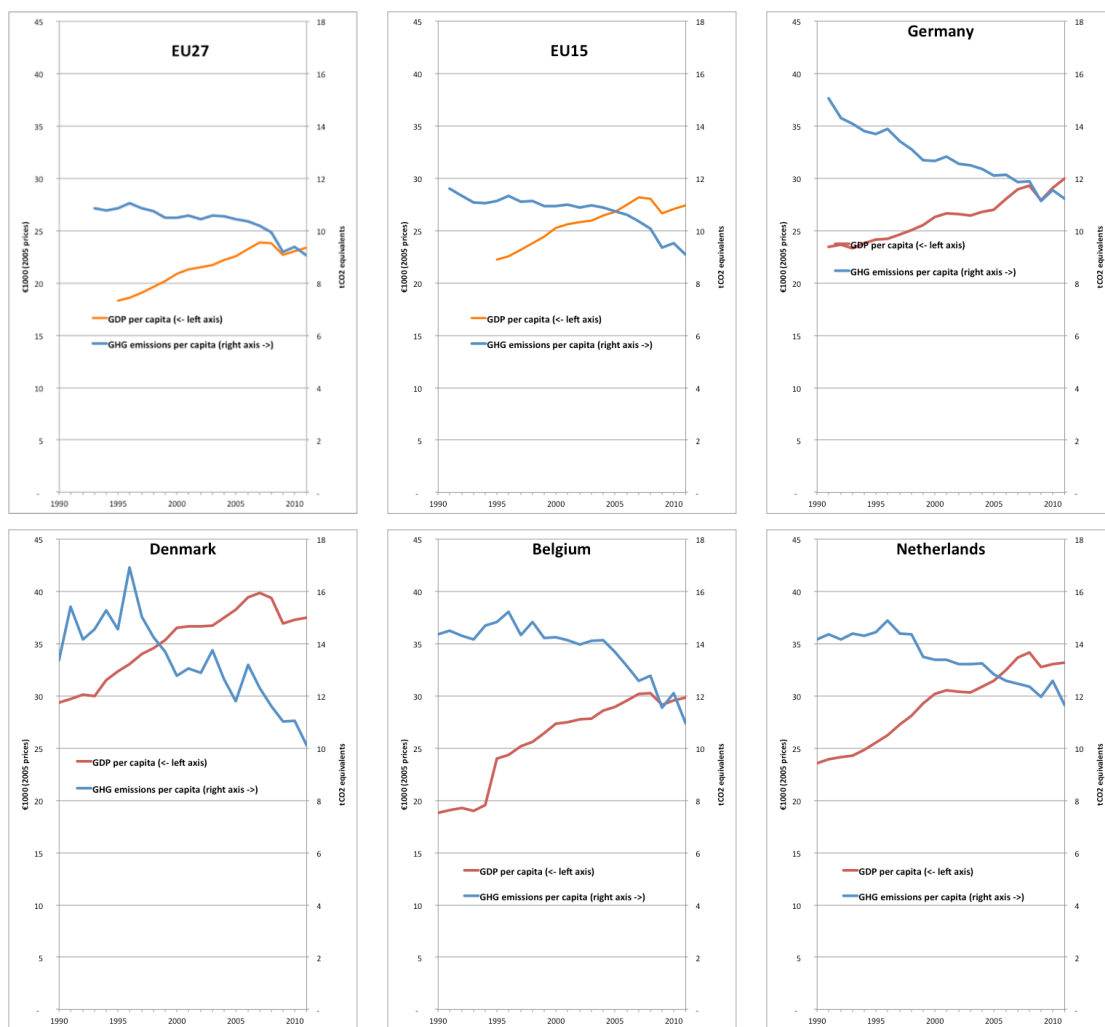
overforbrug af luftmiljøets evne til at aftage forurening, som i stedet hober sig op og forårsager alvorlige livs- og sundhedsrisici. EU's og medlemsstaternes politik på området har til formål helt at eliminere disse.

For det tredje er fossil energi ikke billig længere, hvis verdensøkonomiens udvikling følger den samme model som de udviklede økonomier fulgte i det forrige århundrede.

I det omfang den globale efterspørgsel efter fossil energi fortsat stiger, vil den blive dyrere. Prisen vil dog formentlig fortsætte med at svinge omkring en langsigtet trend, så der også vil komme perioder med lave priser. Hvis det lykkes at vende stigningen i den globale efterspørgsel til et fald, vil prisen formentlig også blive lav, og det vil være nødvendigt at tage andre instrumenter i brug for at få efterspørgslen efter fossil energi til at falde fortsat.

For det fjerde er de resterende reserver koncentreret i et fåtal af lande, som man bliver meget afhængige af, hvis økonomien fortsat baseres på fossil energi. Dette geopolitiske aspekt tillægges stigende betydning i Europa – og ikke mindst i Danmark.

Gennemstrømningen af fossil energi er skaber knaphed både på ressourcensiden og på afløbssiden og den er forbundet med geopolitiske ubalancer. Men disse problemer er ikke helt synkroniserede. Derfor reduceres brugen af fossil energi mens der stadig er store reserver af fossil energi tilbage.



Figur 9. BNP per indbygger og udslip af drivhusgasser per indbygger i EU27, EU15, Tyskland, Danmark, Belgien og Holland, 1990-2011 (1000 €(2005) og tCO<sub>2</sub>-ækvivalenter).

Anm.: CO<sub>2</sub>-udledning fra international luft- og maritim transport indgår ikke ((Danske tal omtalt i Hansen and Olsen, 2008).

Kilde: Egne beregninger baseret på EUROSTATs statistiske database (nama\_gdp\_k, env\_air\_gge, nama\_aux\_pem (resident population, domestic concept), tilgået 05.01.14.

### Afkobling i Europa

Det er ikke noget særligt dansk, at udslip af CO<sub>2</sub> og andre drivhusgasser falder selv om BNP stiger. Det har faktisk vist sig at være reglen i de øvrige EU-lande siden 1990.

Figur 9 viser at det har været muligt igennem 90'erne og 00'erne både i EU som helhed og i de enkelte medlemsstater (der er diagrammer

for flere medlemsstater i bilaget). Når alle EU-landene lægges sammen (EU27) giver det et faldende udslip samtidigt med et stigende BNP. EU15 er de "gamle" EU-lande til forskel fra NMS12, som er de nye medlemsstater, hvoraf de 10 tidligere var med i den såkaldte "østblok" (se bilag).

Erfaringerne fra 90'erne og 00'erne viser altså, at det er *muligt* at afkoble udslip af drivhusgasser fra den

økonomiske vækst på *langt sigt*. De viser dog også en snæver sammenkobling på *kort sigt*. Den store recession i 2008-09 kom til udtryk i et kraftigt fald i BNP og medførte et ligeså stort fald i udslippet af drivhusgasser.

Denne nedgang i udslippet af drivhusgasser, kan dog ikke kaldes *bæredygtig udvikling*. Dels medførte den store recession en massiv arbejdsløshed i Europa, som vi stadig kæmper for at komme ud af. Dels medfører selve sammenkoblingen, at udslippet stiger igen, når BNP begynder at vokse igen. Recessionen fører ikke til grøn omstilling, men investering i grøn omstilling er en vej ud af recessionen.

Om udviklingen er bæredygtig er også et spørgsmål om, hvor meget og hvor hurtigt, vi omstiller os fra fossil energi. Der er et begrænset budget for, hvor store mængder CO<sub>2</sub>, atmosfæren kan tage igennem den første halvdel af dette århundrede uden at føre til mere end 2 graders opvarmning. Her spiller det ingen rolle om CO<sub>2</sub>-udslippet kommer fra Europa og Kina. Man skal derfor også tage i betragtning, at meget af Europas energiintensive industriproduktion er blevet overtaget af BRIKS-landene og dermed også produktionens CO<sub>2</sub>-udledning. Tager man højde herfor og for udslippet fra international transport, er EUs samlede udslip af drivhusgasser ikke faldet så kraftigt, som figur 9 antyder og måske været på et tilnærmelsesvist uændret niveau (Se fx Peters et al., 2012). Det afhænger lidt af definitioner, metoder og periodeafgrænsning. Men det ser ud til at konklusionen holder: Det er muligt at producere på en anden måde, hvor det fossile

energiforbrug og dets CO<sub>2</sub>-udslip er afkoblet fra den økonomiske vækst.

### ***Automatisk afkobling?***

Vi så ovenfor, at væksten i det fossile energiforbrug kan afkobles ved at bruge mindre energi per funktion, ved at erstatte fossil med vedvarende energi og ved at erstatte kul med gas, som har mindre CO<sub>2</sub>-udslip. Selv om det er sket i alle lande, er der ingen grund til at tro, at det sker automatisk.

Det har været genstand for heftig debat indenfor økologisk økonomi og miljø- og ressourceøkonomi under overskriften *miljømæssige Kuznets-kurver*. Debatten udspringer af, at man har kunnet iagttage at visse typer af miljøbelastning stiger med BNP efterhånden som landet nærmer sig et højt indkomst-niveau. Når man har nået dette begynder miljøbelastningen at falde.

Spørgsmålet er, om der er tale om en lovmæssighed, så man kan regne med at det vil overflødiggøre bekymringerne om den miljøbelastning, der vil følge af at udviklingslandene får lige så gode levevilkår som europæerne.

Forskningen på området har vist, at det kun er udvalgte typer af miljøbelastninger, der følger disse mønstre. Desuden er nedgangen i miljøbelastning, hvor den har fundet sted også i høj grad et resultat af den politik, staten har ført på området.

Der har dog også været ikke-politiske mekanismer, der i sig selv har bidraget til den begyndende afkobling af drivhusgas emissioner fra den økonomiske vækst. Hertil hører fx udtømningen af de europæiske kulreserver og olieprisstigningerne i 70erne og i 00erne. Der er dog ingen grund til at

tro, at disse mekanismer skulle være nøjagtigt så kraftige som krævet for at vi holder os under et CO<sub>2</sub>-udslip, der begrænser den globale opvarmning til 2 grader. Og der er også markedsmekanismer, der i de senere år har trukket i den modsatte retning, som da USA i vid udstrækning gik fra kul til gas og kullet så blev solgt billigt på det europæiske marked.

### **Analyse af afkobling**

Ressourceeffektiviteten er et mål for hvor meget økonomisk aktivitet, der kan gennemføres med en bestemt miljøbelastning eller et bestemt ressourceforbrug. Hvis eksempelvis forbruget af transportydelser omlægges til mere energibesparende transportformer og køretøjsbestanden omlægges i retning af mere brændstoføkonomiske køretøjer, vil antallet af personkilometer per liter benzin vokse. Det samme vil CO<sub>2</sub>-effektiviteten. Den vil også være større, jo flere af køretøjerne, der anvender for eksempel biogas som brændstof.

Den simple matematik er, at hvis miljøbelastningen eller ressourceforbruget ikke skal forøges, må ressourceeffektiviteten vokse i *mindst samme tempo* som de økonomiske aktiviteter.

Hvis ressourceeffektiviteten vokser, men kun i et lavere tempo end den økonomiske vækst, vil der være tale om en *relativ afkobling*.

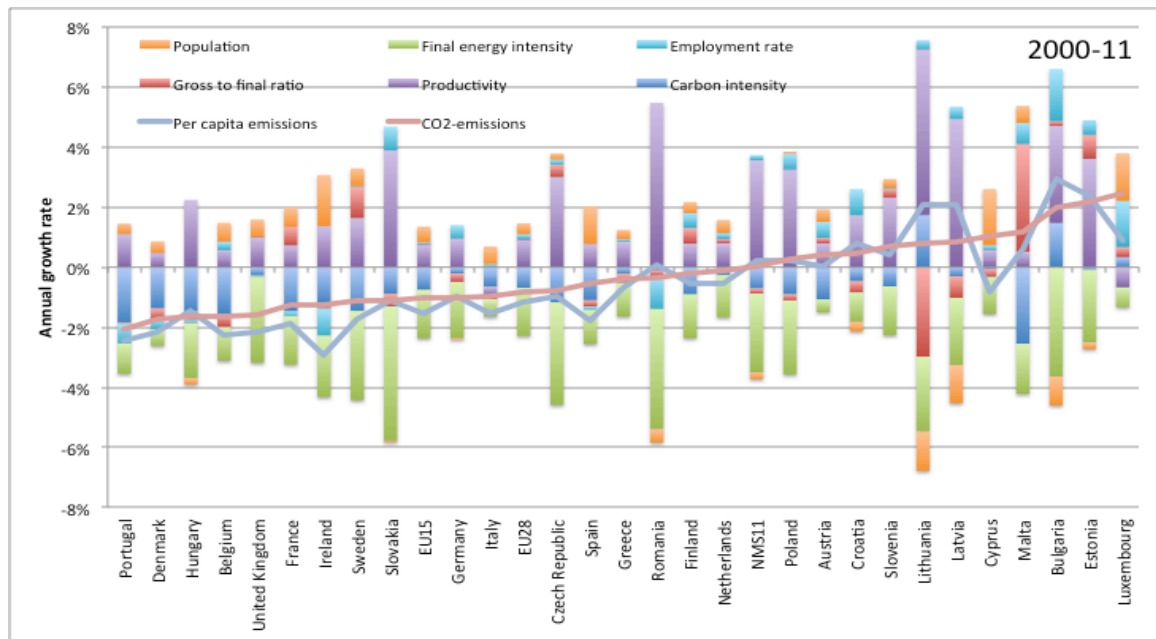
På mange områder er der imidlertid allerede for stor en miljøbelastning til at denne målsætning er tilstrækkelig til at sikre det

fremtidige miljø. På disse områder kræves altså en *højere* vækst i ressourceeffektiviteten end den økonomiske vækst. Der vil så være tale om en *absolut afkobling*.

Brundtland kommissionen (World Commission on Environment and Development (WCED), 1987) diskuterede, hvordan man kan "producere mere med mindre" og Weizsäcker (1997) foreslog som en standardmålsætning at vi i løbet af en generation skal kunne producere dobbelt så meget med halvt så meget forbrug af natur og benævnte målsætningen *faktor 4* fordi den indebærer en firedobling af ressourceeffektiviteten.

En firedobling over 35 år svarer til en gennemsnitlig årlig vækst på 4% i ressourceeffektiviteten. Det kan forekomme at være en ambitiøs målsætning, og (D. L. Meadows et al., 1972) anså det for aldeles urealistisk. Ikke desto mindre var det kendsgerningen for en række stoffers ressourceeffektivitet i Danmark i perioden 1994-2001. Det gjaldt især emissioner af kuldioxid, kvælstofoxider, ammoniak og svovldioxid i forhold til den samlede produktion (Hansen, 2000).

Afkobling er blevet et centralt fokuspunkt for analyser af bæredygtig udvikling og i EU's og i EU-landenes langsigtede strategier indtager begrebet en central plads. EU's fælles målsætninger for den økonomiske udvikling frem til 2020 indeholder ikke målsætninger for væksten i BNP, men derimod for ressourceeffektiviteten (Europa-Kommissionen, 2014).



Figur 10. Ændringer i drivhusgasudslip i Europa 2000-2011. Årlig vækstrate.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af Eurostat databasen (European Commission, 2015b).

Man kan analysere afkobling på makroøkonomisk niveau ved hjælp af den såkaldte *Kaya-identitet*. Den anvender sammenhængene imellem vækst og emissioner igennem energikæden. Økonomiske aktiviteter kræver et vist energiforbrug. Energiforbruget leveres i større eller mindre grad af fossil primærenergi. Helt grundlæggende kan man derfor dekomponere væksten i CO<sub>2</sub>-udledninger i påvirkningen fra væksten i produktionen og påvirkningen fra væksten i CO<sub>2</sub>-udslip per produktion.

I sin mest simple form kan den skrives op således:

CO<sub>2</sub>-emissioner (Z)

= Produktion (BNP)

\* CO<sub>2</sub>-udslip per produktion (Z/BNP)

Både produktionen og emissionsintensiteten kan dekomponeres yderligere. Den samlede produktion kan splittes op således:

Produktion (BNP)

= Produktion/Beskæftigelse (BNP/L)

\* Beskæftigelse/befolkning (L/N)

\* Befolkning (N)

Emissionsintensiteten kan også splittes op på

CO<sub>2</sub>-udslip per produktion (Z/BNP)

= CO<sub>2</sub>-udslip/bruttoenergiforb. (Z/B)

\* brutto/endeligt energiforb. (B/F)

\* endeligt energiforb./prod. (F/BNP)

Ligesom CO<sub>2</sub>-udslippet er produktet af alle de ovennævnte faktorer, svarer vækstraten i CO<sub>2</sub>-udslippet til summen af faktorernes vækstrater. Det kan vi udnytte til at analysere, hvilke faktorer, der har bidraget mest til faldet i CO<sub>2</sub>-emissioner.

Figur 10 viser hvordan drivhusgasserne i Europa har udviklet sig gennem 00'erne og til den anden side af finanskrisen. Den gennemsnitlige årlige vækstrate i emissionerne er negativ for de fleste lande, men ikke for alle. De nye

medlemsstater (NMS11) har fået "CO<sub>2</sub>-budgetter", der giver plads til udvidelse fordi de er i en proces, hvor de opbygger industrier, transport og infrastruktur som i de gamle EU-lande (EU15) og det er ret energikrævende. Det er dog det samlede EU-udslip (EU28), der tæller, og det er blevet mindre i perioden.

Det samlede EU-udslip er først og fremmest faldet på grund af en mere energieffektiv produktion. Både befolkningen, den beskæftigede del af den og de beskæftigedes produktivitet er steget i perioden og det kunne have medført tilsvarende højere udslip af drivhusgasser. Imidlertid er produktionen blevet meget mere energieffektiv og den energi, der bruges er blevet mindre kulstof-intensiv.

Det gælder både for de gamle og de nye medlemslande, men især for de nye. Her er indbyggertallet dog faldet, men det er opvejet af en stigning i beskæftigelsesraten.

### ***Byrde eller grønt vækstpotentiale?***

Det er ikke gratis at omstille økonomifæren til at levere sine tjenester ressourceeffektivt. Energistyrelsen har gennemregnet fire forskellige scenarier, der kan gøre Danmark helt fri for olie, gas og kul i 2050. Omkostningerne herved vil være stigende efterhånden som omstillingen skrider fremad og vil i det billigste scenarium ende på 6 mia. kr. (2012-kr) i 2050. Det svarer meget rundt regnet til 1000 kr. per indbygger. Om det er en høj eller lav pris at betale for en økonomi, der er helt uafhængig af fossil energi, er et politisk spørgsmål. Man skal se denne udgift i forhold til en gennemsnitlig disponibel indkomst

på omkring 160.000 kr. per indbygger, som formentlig vil være vokset til 230.000-320.000 kr. per indbygger i 2050. Det skal også ses i lyset af princippet om et fælles, men differentieret ansvar, jf. ovenfor.

Der er dog også fordele ved at være dem, der udvikler nye løsninger, som andre siden skal tage i brug. De virksomheder, der udvikler nye løsninger får et viden-forspring i forhold til konkurrenterne, og det betyder at de kan få en større *markedsandel* og en *innovations-profit* - i hvert fald indtil konkurrenterne får lært at mestre de nye løsninger.

En mere effektiv brug af energi og andre ressourcer giver også lavere omkostninger for virksomhederne. Det har givet danske virksomheder en konkurrencefordel over for udenlandske, især under stigende energipriser (Haller Pedersen et al., 2014).

Robotisering betyder, at produktionen kan gennemføres med færre arbejdstimer. Til gengæld kan der bruges flere arbejdstimer på kvalitet eller blot produceres større mængder. I så fald vil omkostninger til råvarer og energi fylde mere i forhold til lønomkostninger og ressourceeffektivitet blive vigtigere for konkurrenceevnen i forhold til arbejdsproduktivitet.

Vindmølleindustrien er et eksempel på, at vedvarende energi ikke blot betyder omkostninger, men også beskæftigelse og eksport. I visse tilfælde kan en særlig miljøskånsom produktion også være en konkurrenceparameter.

Dette perspektiv benævnes jf. ovenfor *grøn vækst*. Omstilling til grønne løsninger rummer ikke blot begrænsninger og omkostninger for



virksomhederne, men også forretningsmuligheder og vækstpotentialer. Det spiller, ikke mindst på baggrund af erfaringerne med vindmølleindustrien, en stor rolle for omstillingsstrategierne. Således var regeringens ambition i slutningen af 00'erne at bruge omstillingen til en "fossilfri" økonomi til at gøre Danmark til en "grøn vindnation".

Det dækker over en strategisk satsning på *first mover* fordele. Den, der omstiller sig først, udvikler grønne løsninger. Hvis man er sikker på, at de andre lande vil gå igennem lignende omstillinger, blot senere, kan man regne med at der vil være et marked for de grønne løsninger, man udvikler.

Nogle af Danmarks førende virksomheder, som Grundfos, Danfoss, Rockwool og Vestas er blevet førende i kraft af at de har specialiseret sig *produktion* af grønne energiteknologier. Energieffektive pumper, energistyring, isolering og vindmøller er i *produkter*, der hører til en grøn økonomifære. Andre har investeret i *brugen* af disse teknologier og er derved blevet mere konkurrencedygtige i forhold til udenlandske konkurrenter, der ikke har investeret i energieffektive metoder (Pedersen and Riishøj, 2009).

Disse eksempler vedrører mest *produktion* og *brug* af energieffektive teknologier. Andre ressource- og miljøproblemer giver tilsvarende muligheder for innovation og arbejdspladser i forbindelse med grønne teknologier.

Omkostninger, som bæres af lande med relativt god innovationskapacitet og finansiell

styrke, består i at udvikle de nye tekniske løsninger. De første vindmøller og solpaneler var håbløst dyre i forhold til hvor meget elektricitet, de kunne producere. Enhedsomkostningerne (per kWh) falder imidlertid efterhånden som man gør sig erfaringer med at producere, installere og bruge dem.

### ***Omstilling af hele systemer***

Som nævnt ovenfor, er det nødvendigt at se omstillingen til grønne løsninger, som omstillinger af hele systemer. Det er ikke blot den enkelte, der skal omstille sig. Transportens socio-tekniske system er et godt eksempel. 94% af verdens transport er drevet af olieprodukter fordi en tilsvarende andel af verdens transportmidler er udstyret med forbrændingsmotorer og ikke elektromotorer. Hver passagerkilometer, der leveres af systemet trækker på en lang forsyningskæde omfattende distributionsnet af tankstationer og tankbiler, raffinaderier, transport- og lagerenheder, boreplatforme, efterforskningsrigge osv. Hertil kommer selve køreøjerne og det netværk af virksomheder, der servicere dem samt veje, broer og færger og alt, hvad der i øvrigt hører til biltransport.

De tjenester, som transportmidler og -infrastruktur leverer, måles i vognkilometer, personkilometer og tonkilometer. Mere overordnet leverer de en mobilitet, altså en aktionsradius for eksempel for transport af os selv. De transporttjenester og den mobilitet, der er behov for, er imidlertid bestemt af hvordan vi fysisk har placeret boliger, arbejdspladser, institutioner og fritidstilbud. Det kan man ikke ændre på kort sigt, for det

er bogstavelig talt støbt i beton. Det kan dog ændres i en meget langsigtet planlægning.

Individuel mobilitet vil være en vigtig del af vores livskvalitet også i fremtiden. Skal dette forbrug være økologisk bæredygtigt, og altså uafhængigt af fossilt brændstof, må transporten elektrificeres og hele det socio-tekniske system dermed orienteres imod elektricitet, el-motorer, batterier, brint, brændselsceller osv.

Overgangen fra oliebaseret transportenergi til el-baseret transportenergi involverer en opbygning af et parallelt socio-teknisk system baseret på bæredygtig elektricitet. I Tyskland har man for eksempel udvalgt 8 storbyregioner, der fungerer som modelregioner for overgangen til elektromobilitet (Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), 2014; Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVBS), 2014). Her planlægges ladestationer og brintstationer i takt med at elbiler afløser biler med forbrændingsmotor i disse regioner. Parallelt med denne omstilling, omstilles elsektoren, der leverer transportenergien til vedvarende energi.

Det er ikke kun nødvendigt for den statslige og industrielle planlægning at se de enkelte aktiviteter i systemsammenhæng. For den enkelte virksomhed er det meget vigtigt at kunne forstå omstillingen af hele det system, den er en del af. Der opstår hele tiden nye forretningsmuligheder, men det er ikke dem alle, der har et langsigtet vækstpotentiale. Eksempelvis er der udviklet meget produktion af biobrændstof i EU, som ikke er

bæredygtig, når man tager hele værdikæden i betragtning. Medlemslandene kan ifølge direktivet om vedvarende energi ikke give tilskud eller afgiftslettelser til den slags biobrændstof efter 2018.

Hvis man skal udnytte forretningsmuligheder i grønne løsninger, må man også kende forskel på forretningsmuligheder, der alene eksisterer på grund af tilskud og forretningsmuligheder, der kan fortsætte efter at offentlige tilskud har været med til at "løbe dem i gang".

### ***Institutionelle rammer for udvikling af grønne løsninger***

Omstillingen sker ikke af sig selv. Der er mange trends i den teknologiske udvikling, der trækker i samme retning og som letter den grønne omstilling, men der er også tendenser, der trækker den anden vej. Fremskridt i batteriteknologien er for eksempel i høj grad fremkaldt af behovet for batterier til laptops, mobiltelefoner og smartphones. Men det betyder også, at det nu er indenfor rækkevidde, at omstille en stor del af benzin- og dieselbilparken til en el-bilpark.

Andre teknologier, som solcelle-teknologien var i begyndelsen så dyr, at den kun kunne bruges på rumrejser og lignende. Efterhånden som man alligevel har anvendt teknologien på ganske almindelige husholdninger i stadigt større omfang har solcelle-industrien kunnet høste de stordriftsfordele, der skal til for at gøre produktet billigt. I dag er vi der, hvor teknologien står overfor, at udkonkurrere en hel del fossil energi i Europa, selv uden tilskud.

Økonomisk taler man om *styret teknologisk udvikling* (eng. *directed technological change*). Det er et spørgsmål om dels at styre efterspørgslen efter de nye teknologier (*demand-pull*). Hvis man vil have virksomhederne til at investere i innovation, altså i udviklingen af grønne løsninger, må virksomhederne have en begrundet forventning om, at der vil være et marked for løsningen, når den er færdigudviklet. Ellers kan en privat virksomhed jo ikke engagere sig i innovationen. Det kan staterne sikre ved at etablere *institutioner*, der gør det muligt og fordelagtigt for virksomheder og husholdninger at vælge de grønne løsninger.

Innovationen sker på grundlag af en videnskæssig infrastruktur. Offentligt finansieret forskning og en arbejdsstyrke af højtuddannede og PhDere, som både kan forstå den internationale udvikling af viden på området og bidrage til den. Det kaldes *technology-push*.

Herudover kræver innovation både *konkurrence* og *koordinering*, som den offentlige sektor står for eller understøtter. Konkurrence, fx licitationsregler når staten køber ind eller når el-distributionsnet køber vedvarende energi. Koordinering er der behov for eksempelvis i form af internationale tekniske standarder, så specialiserede produkter fra forskellige producenter passer sammen.

### **Rammebetingelser for udbredelse af grønne løsninger**

En grundlæggende indsigt fra neoklassisk økonomisk teori er, at markeder kun kan håndtere nogle bestemte goder. Det er ikke alle

værdier, der egner sig for køb og salg. Så svigter markedet. Således kan markederne kun tage hensyn til vore fælles miljøværdier, hvis myndighederne regulerer markedsadfærden. Myndighederne kan i princippet bruge tre typer af virkemidler:

1) *Teknisk regulering*. Forbud og påbud om mængden af affaldsstoffer, der kommer ud af skorstene, udstødningsrør, kloakrør osv. Eller nye huses isoleringsstandard. Eller brugen af farlige kemikalier i industri, byggeri og landbrug. Teknisk regulering er bedst, når der kun er en måde at beskytte miljøet på eller når aktørerne ikke selv kan overskue konsekvenserne af valget.

2) *Økonomisk regulering* decentraliserer beslutningerne til husholdninger og virksomheder. Det er en bedre måde at regulere på, når den ene løsning er bedst for nogle og den anden løsning er bedst for andre. Det er fx afgifter på det, vi vil have mindre af og tilskud eller skattefradrag til det, vi vil have mere af.

Grønne afgifter fungerer på den måde, at de, der omstiller sig og således ikke bruger så meget fx fossil energi, betaler lidt mindre til de offentlige budgetter. De, der venter med at omstille sig, betaler til gengæld lidt mere. De bidrager således finansielt til omstillingen, ved at betale noget af skatten for de, der omstiller sig, som så får bedre råd til deres omstilling. Med tiden bliver det mere attraktivt for alle at omstille sig.

Markeder for handel med ovennævnte tekniske tilladelser (kvotemarked) fungerer på samme måde. Den, der omstiller sig får udslips-tilladelser tilovers, der kan

sælges til den, der ikke omstiller sig endnu. Pantordninger og andre institutioner har en lignende funktion.

3) *Information*. For at tage en grøn løsning i brug i husholdninger og virksomheder skal det være teknisk og økonomisk muligt. Men før beslutningen kan træffes må husholdningerne og virksomhederne have indsigt i hvilke valg-alternativer de faktisk har og disses konsekvenser.

Disse instrumenter udfylder hver deres funktion i omstillingen til grønne løsninger og de anvendes derfor samtidigt. Omstillingen til en energieffektiv bilpark støttes for eksempel af lovgivningens tekniske

krav til bilers brændstofeffektivitet (herunder frivillige aftaler med bilproducenterne), afgifter på brændstof, biler, veje og broer (bilister, der bruger meget brændstof, betaler derved noget af skatten for bilister, der bruger mindre brændstof) og lovpligtig information om bilers brændstofforbrug.

Tilsammen har anvendelsen af disse instrumenter i Europa og Japan, som især har brugt afgiftsinstrumentet intensivt, gjort bilparken meget mere brændstofeffektiv end i USA (The International Council on Clean Transportation (ICCT), 2015).

## Referencer

- Ackerman, F., Ackerman, F., 2004. Priceless. New Press, New York.
- Boden, T.A., Marland, G., Andres, R.J., 2010. Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO<sub>2</sub> Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A.
- Boulding, K.E., 1966. The economics of the coming spaceship earth, in: H, J. (Ed.), Environmental Quality in a Growing Economy. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), 2014. Elektromobilität: Das Auto neu denken [WWW Document]. URL <http://www.bmbf.de/de/14706.php> (accessed 1.5.14).
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVBS), 2014. Elektromobilität [WWW Document]. URL [http://www.bmvbs.de/DE/VerkehrUndMobilitaet/Zukunftstechnologien/Elektromobilitaet/elektromobilitaet\\_node.html](http://www.bmvbs.de/DE/VerkehrUndMobilitaet/Zukunftstechnologien/Elektromobilitaet/elektromobilitaet_node.html) (accessed 1.5.14).
- Common, M., Stagl, S., 2005. Ecological economics. Cambridge University Press, Cambridge.
- Costanza (Costanza iii), R., Cumberland, J.H., Daly, H., Goodland, R., Norgaard, R.B., Kubiszewski, I., Franco, C., 2015. An Introduction to Ecological Economics, 2nd ed. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL, USA.
- Crutzen, P.J., 2005. Human Impact On Climate Has Made This the “Anthropocene Age.” New Perspect. Q. 22, 14–16. doi:10.1111/j.1540-5842.2005.00739.x
- Daly, H.E., 1987. The economic growth debate: What some economists have learned but many have not. J. Environ. Econ. Manag. 14, 323–336.
- Daly, H.E., 1977. Steady-state economics. Island Press, Washington, DC.
- Daly, H.E., Farley, J.C. (Eds.), 2011. Ecological economics. Island Press, Washington.
- Danmarks Statistik, 2015. Statistikbanken [WWW Document]. URL <http://www.statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1440> (accessed 2.15.15).
- Danmarks Statistik, 2014. Statistikbanken [WWW Document]. URL <http://www.statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1920> (accessed 1.26.14).
- DeNavas-Walt, C., Proctor, B.D., 2014. Income and Poverty in the United States: 2013 (No. P60-249), Current Population Reports. U.S. Census Bureau.
- De Økonomiske Råd, 2012. Økonomi og miljø 2012.
- Edwards-Jones, G., Davies, B., Hussain, S., 2000. Ecological economics. Blackwell Science, Oxford.

- Europa-Kommissionen, 2014. Europa 2020 – Overordnede EU-mål for økonomisk vækst [WWW Document]. URL [http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index\\_da.htm](http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index_da.htm) (accessed 2.19.14).
- European Commission, 2015a. European Commission - Basics - The Green Economy [WWW Document]. URL [http://ec.europa.eu/environment/basics/green-economy/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/basics/green-economy/index_en.htm) (accessed 3.27.15).
- European Commission, 2015b. EUROSTAT online database [WWW Document]. URL <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (accessed 2.15.15).
- European Commission, 2014. Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.
- European Commission, 2012. Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe (Communication from the Commission No. COM(2012) 60 final).
- European Commission, 2011a. Our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020 (No. COM(2011) 244 final). European Commission.
- European Commission, 2011b. A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050 (No. COM(2011) 112 final). European Commission.
- European Council, 2011. Conclusions of the European Council (4 February 2011).
- Freeman, C.J.M., 1978. World Futures. The Great Debate.
- Geels, F.W., 2002. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case study. Res. Policy.
- Haller Pedersen, E., Nellemann, P.B., Adolfsen, J., 2014. Energieffektivitet og konkurrenceevne. Kvartalsoversigt Dan. Natl. Online 2014.
- Hansen, A.C., 2002. What Happened to Sustainable Savings?
- Hansen, A.C., 2000. Økonomisk analyse af bæredygtig udvikling.
- Hansen, A.C., 1995. Bæredygtig opsparing og dansk økonomi, in: Lübcke, P. (Ed.), Miljøet, Markedet Og Velfærdsstaten.
- Hansen, A.C., Olsen, O.J., 2008. Kursskifte i dansk energi- og klimapolitik? Samfundsøkonomen 31–36.
- Hansen, S.A., 1972. Økonomisk vækst i Danmark, Publikation. G. E. C. Gads forlag, København.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.

- International Energy Agency (IEA), 2014. World Energy Outlook 2014.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1787/weo-2014-en>
- Maddison, A., 2010. Statistics on World Population, GDP and Per Capita GDP, 1-2008 AD.
- Max Weber, 1864-1920, Bruun, H.H., Sam Whimster, 1947-, 2012. Max Weber : collected methodological writings.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., III, W.W.B., 1972. Grænser for vækst. Gyldendal.
- Meadows, D.L., Meadows, Randers, J.B.I., 1972. The limits to growth: a report for The Club of Rome's project on the predicament of mankind. Earth Island, London.
- Miljøstyrelsen, 2002. Renere luft – den danske indsats.
- Nordhaus, W.D., Tobin, J., 1972. Is Growth Obsolete?, in: Economic Research Retrospect and Prospect: Economic Growth. General Series 96. NBER, National Bureau of Economic Research:
- OECD, 2014. Long-term baseline projections, No. 95.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1787/data-00690-en>
- Pedersen, E.H., Riishøj, J.D., 2009. Energieffektivitet og konkurrenceevne. Kvartalsoversigt 93–107.
- Peters, G.P., Davis, S.J., Andrew, R., 2012. A synthesis of carbon in international trade. Biogeosciences 9, 3247–3276. doi:10.5194/bg-9-3247-2012
- Regeringen, 2011. Et Danmark, der står sammen. Regeringen, [Kbh.].
- Røpke, I., 2005. Trends in the development of ecological economics from the late 1980s to the early 2000s. Ecol. Econ. 55, 262–290.  
doi:10.1016/j.ecolecon.2004.10.010
- Røpke, I., 2004. The early history of modern ecological economics. Ecol. Econ. 50, 293–314. doi:10.1016/j.ecolecon.2004.02.012
- Smil, V., 1994. Energy in world history.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., de Vries, W., de Wit, C.A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B., Sörlin, S., 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science 347. doi:10.1126/science.1259855
- Stiglitz, J.E., 2012. The price of inequality. W.W. Norton & Co., New York.
- Stiglitz, J.E., Sen, A., Fitoussi, J.-P., 2009. Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress.
- The International Council on Clean Transportation (ICCT), 2015. Global passenger vehicle standards [WWW Document]. URL <http://www.theicct.org/info-tools/global-passenger-vehicle-standards> (accessed 4.7.15).

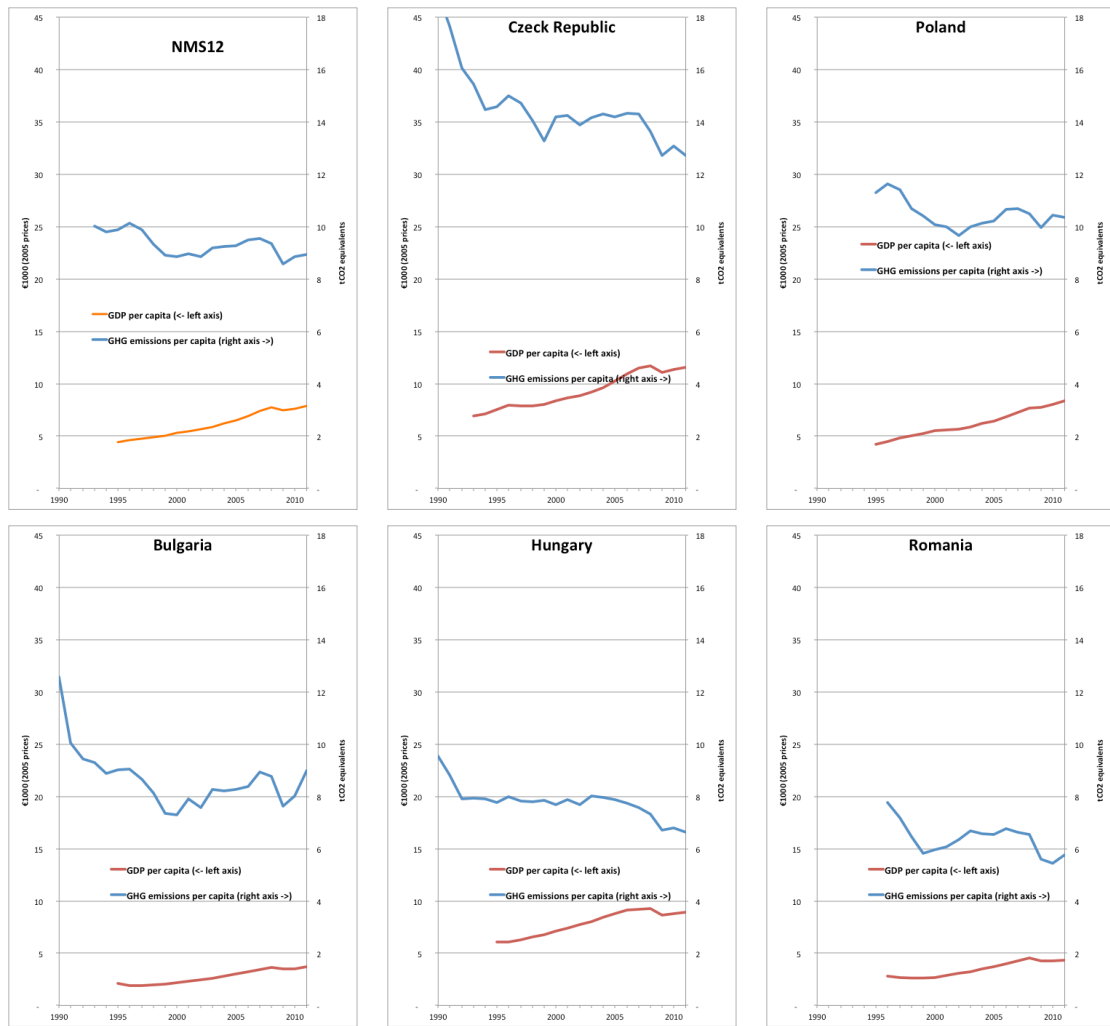
- UK Parliament, 2015. Green economy inquiry - UK Parliament [WWW Document]. URL <http://www.parliament.uk/business/committees/committees-a-z/commons-select/environmental-audit-committee/inquiries/parliament-2010/green-economy/> (accessed 3.27.15).
- United Nations Environment Programme (UNEP), 1993. Convention on Biological Diversity.
- United Nations (UN), 2015. World Population Prospects, the 2012 Revision [WWW Document]. Dep. Econ. Soc. Aff. Popul. Div. URL [http://esa.un.org/unpd/wpp/unpp/panel\\_population.htm](http://esa.un.org/unpd/wpp/unpp/panel_population.htm) (accessed 2.21.15).
- United Nations (UN), 2012. The Future We Want.
- United Nations (UN), 1993. Agenda 21 : programme of action for sustainable development ; Rio Declaration on Environment and Development ; Statement of Forest Principles : the final text of agreements negotiated by governments at the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), 3-14 June 1992, Rio de Janeiro, Brazil. United Nations Dept. of Public Information, New York, NY.
- Weizsäcker, E. v A.B.L. o L.H.L., 1997. Factor four : doubling wealth - halving resource use : the new report to the Club of Rome. London : Earthscan.
- World Bank, 2015. World Development Indicators [WWW Document]. World Bank DataBank. URL <http://databank.worldbank.org/data/views/variableSelection/selectvariables.aspx?source=world-development-indicators> (accessed 2.23.15).
- World Commission on Environment and Development (WCED), 1987. Our Common Future. Oxford University Press, Oxford.



## Bilag



Figur 11. BNP per indbygger og udslip af drivhusgasser per indbygger i udvalgte EU15-lande, 1990-2011 (1000 €(2005) og tCO<sub>2</sub>-ækvivalenter).



Figur 12. BNP per indbygger og udslip af drivhusgasser per indbygger i udvalgte NMS-lande, 1990-2011 (1000 €(2005) og tCO<sub>2</sub>-ækvivalenter).