



Grunnleggende utfordringer i bærekraftvurdering av teknologier

Edgar G. Hertwich

Program for industriell økologi

Institutt for energi og prosessteknikk

CENSES Årskonferanse

14-15 Desember 2011, Oslo



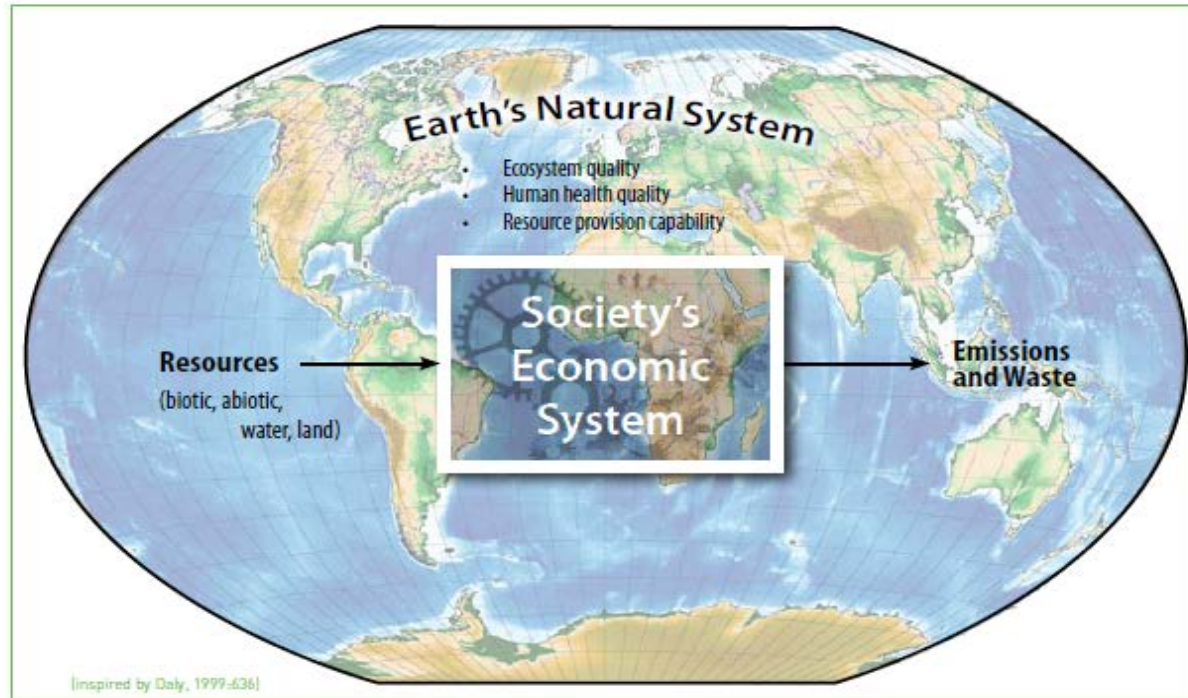


Oversikt

- Teknologi og bærekraft
- Tilnærminger til teknologivurdering
 - Samfunnsstudier av teknologi
 - Energiscenarioer
 - Livssyklusanalyse
- Samfunnets metabolisme som studieobjekt
- Tilnærming til modellering av en mulig, bærekraftig framtid



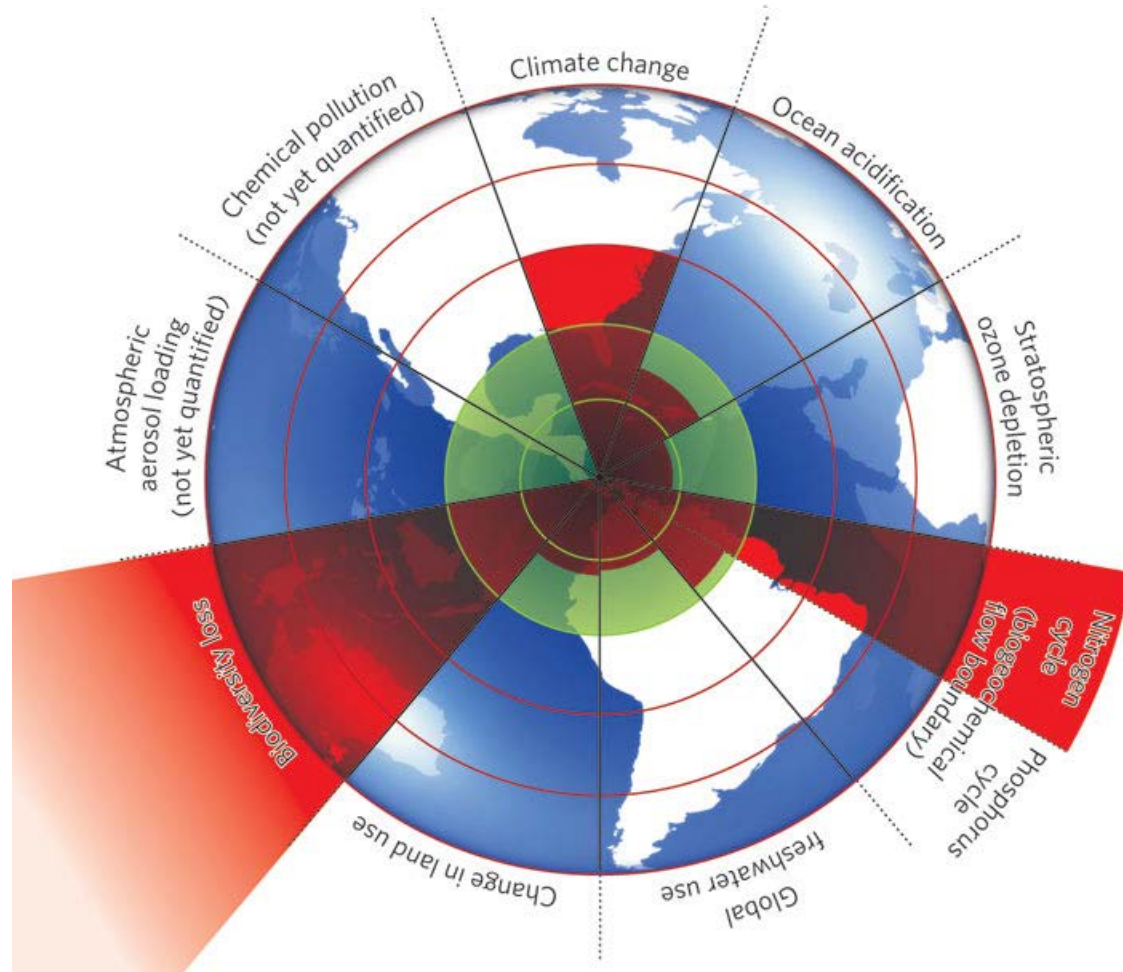
Bærekraft – ressurser og miljø



Vi må sikre stabilitet i økosystemer og klima og tilgang til ressurser vi er avneking av. Det er en forutsetning for alt annet.

Jordklodens grenser

Arter utryttelses
Biomangfold tapes
Farlig
klimaforandring



Innovation and Creativity



Teknologi: Årsak til forurensning

- På 1970 tallet ble teknologi sett på som årsak til overforbruk av ressurser og til forurensning.
- Dette synspunkt har blitt bekreftet av ny forskning på Jevons Paradox



Eksposjon i Fukushima
kraftverk
Løsning: enkelt liv
økolandsbyer



Teknologi: Løsning på forurensing

- I dag ser vi på teknologi som løsning på miljøproblemer
- Vi må erstatte forurensende teknologi med ren teknologi
- **Men hva er det?**





Bærekraftvurdering av energiteknologi

- Teknologistudier: vurdering av samfunnsmessige virkninger av teknologi
- Scenarioanalyse: Vurdering av mulig bidrag av teknologi i energiscenarioer basert på kostnadsminimering
- Livssyklusvurdering: kvantifisering av ressursbehov og miljøbelastning knyttet til ressursutvinning, infrastruktur, drift og avfallhandtering fra energisystemer



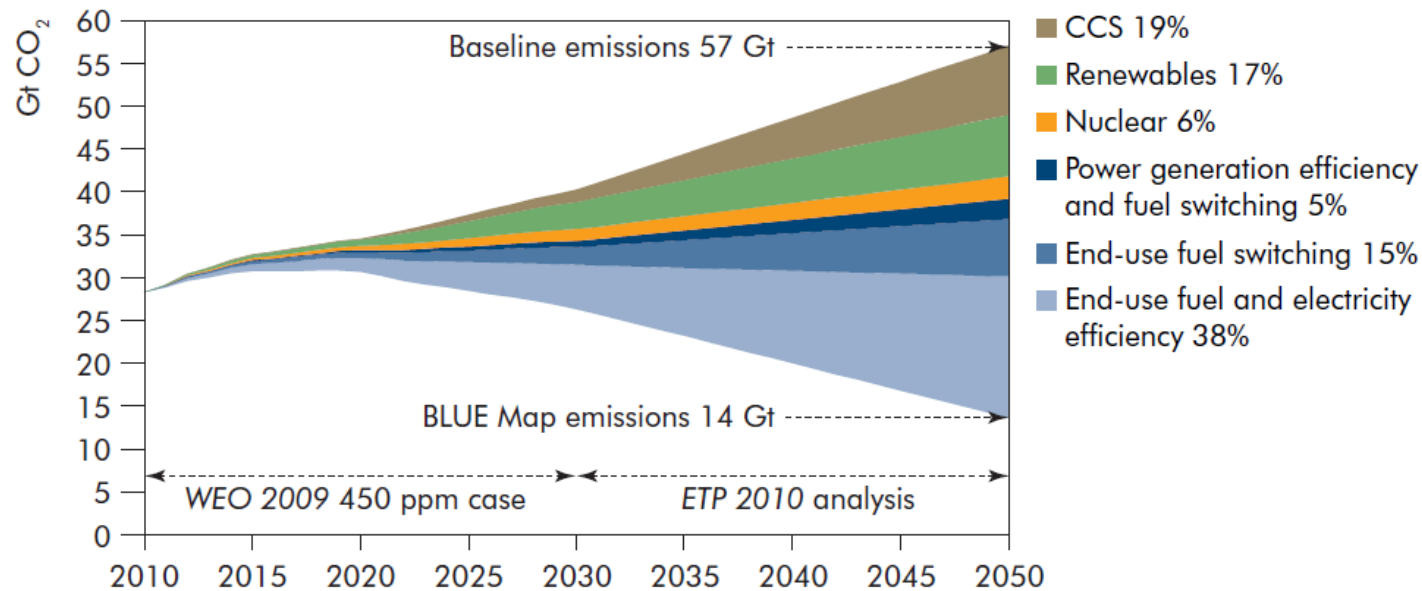
Energiscenarioer

- Utvelging av energiteknologier med grunnlag i teknologibeskrivelser og antagelser om teknologisk læring
- Utvelgelsesprinsipp: kostnadseffektivitet
- 'Vintage kapital' modellering gir viktig innsikt i kapasitetsutvikling og forandringstregghet
- Antar velfungerende markeder, basert på konsistente politiske signaler, representerer ikke risiko i investeringsbeslutninger (perfekt framsynet).



IEA Energiscenarioer

Figure ES.1 ► Key technologies for reducing CO₂ emissions under the BLUE Map scenario



Key point

A wide range of technologies will be necessary to reduce energy-related CO₂ emissions substantially.

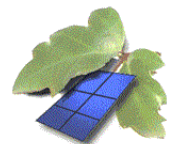
International Energy Agency (2010). Energy Technology Perspectives 2010: Scenarios & Strategies to 2050.



Teknologioptimisme i energiscenarioer (1)

1. Miljøkonsekvenser av å bygge opp et klimavennlig energisystem er ikke tilstrekkelig vurdert (livssyklusaspekter)
2. Begrenset ressurstilgang og økte energikostnader ved utvinning av f.eks. metaller er ikke tatt med i betraktninger
3. Lock-ins er ikke tilstrekkelig representert, spesielt i forhold til institusjonell kapasitet og interesser.

Arvesen, A.; Bright, R. M.; Hertwich, E. G., Considering only first-order effects? How simplifications lead to unrealistic technology optimism in climate change mitigation. *Energy Policy* **2011**, *39*, (11), 7448-7454.



Teknologioptimisme i energiscenarier (2)

4. Grad av historisk og mulig framtidig frakobling av energibehov og utslipp fra økonomisk vekst er sannsynlig overvurdert
 - Betydelig utflytting av energiintensiv produksjon til u-land
 - Ny type etterspørsels som fører til nye utslippskilder (for eksempel romtourisme)
5. Mulig bidrag av energieffektivisering er sannsynlig overvurdert fordi
 - Tilbakesprell effekt (rebound) er ikke inkludert
 - Barrierer er antatt overkommet



Livssyklusanalyse

- Kvantifisere ressursinnsats og miljøbelastning gjennom et produkts livsløp, f.eks. knyttet til produksjon og installasjon av et vindkraftverk
- Kvantifisere utslippsreduksjon
- Identifiserer flere typer ressursbehov og forurensning for å unngå nye problemer
- God sammenligningsbasis
- Anvendelig på nye teknologier



Nærsynthet i livssyklusanalyse (1)

1. Livssyklusanalyse anvendes på en 'funksjonell enhet', f.eks. 1 kWh produsert kraft. Gir ikke noen innsikt i størrelsesorden av problemer. Kan ikke brukes for å definere bærekraftig skala av aktivitet.
2. Tar ikke med seg systemeffekter knyttet til teknologiens anvendelse, f.eks. økt anvendelse pga reduserte kostnader (tilbakesprelleffekt)



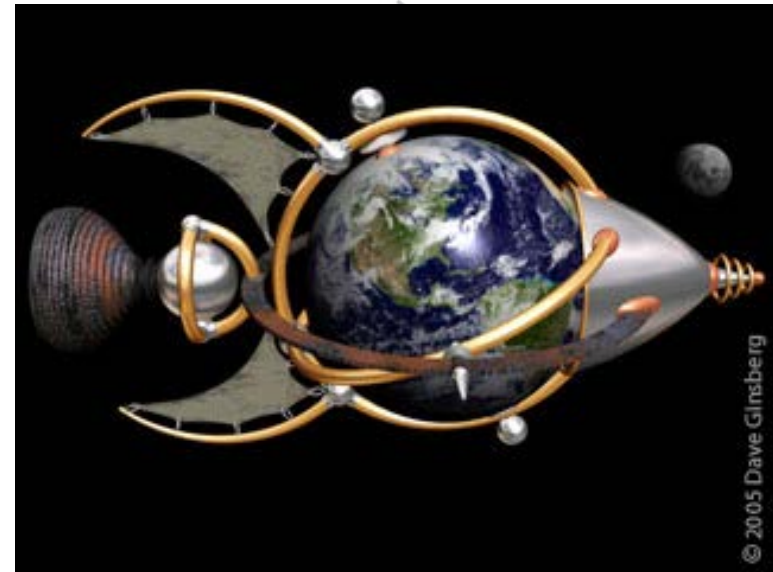
Nærsynthet i livssyklusanalyse (2)

3. Usystematisk setting av systemgrenser og ulike allokeringsmekanismer fører til at ulike studier er vanskelig å sammenligne
4. Tilbakekoblinger i systemet, f.eks. skift i strømmiks, og forandringer over tid vanskelig å ta med



Nye bærekraftmodeller - Utgangspunkt

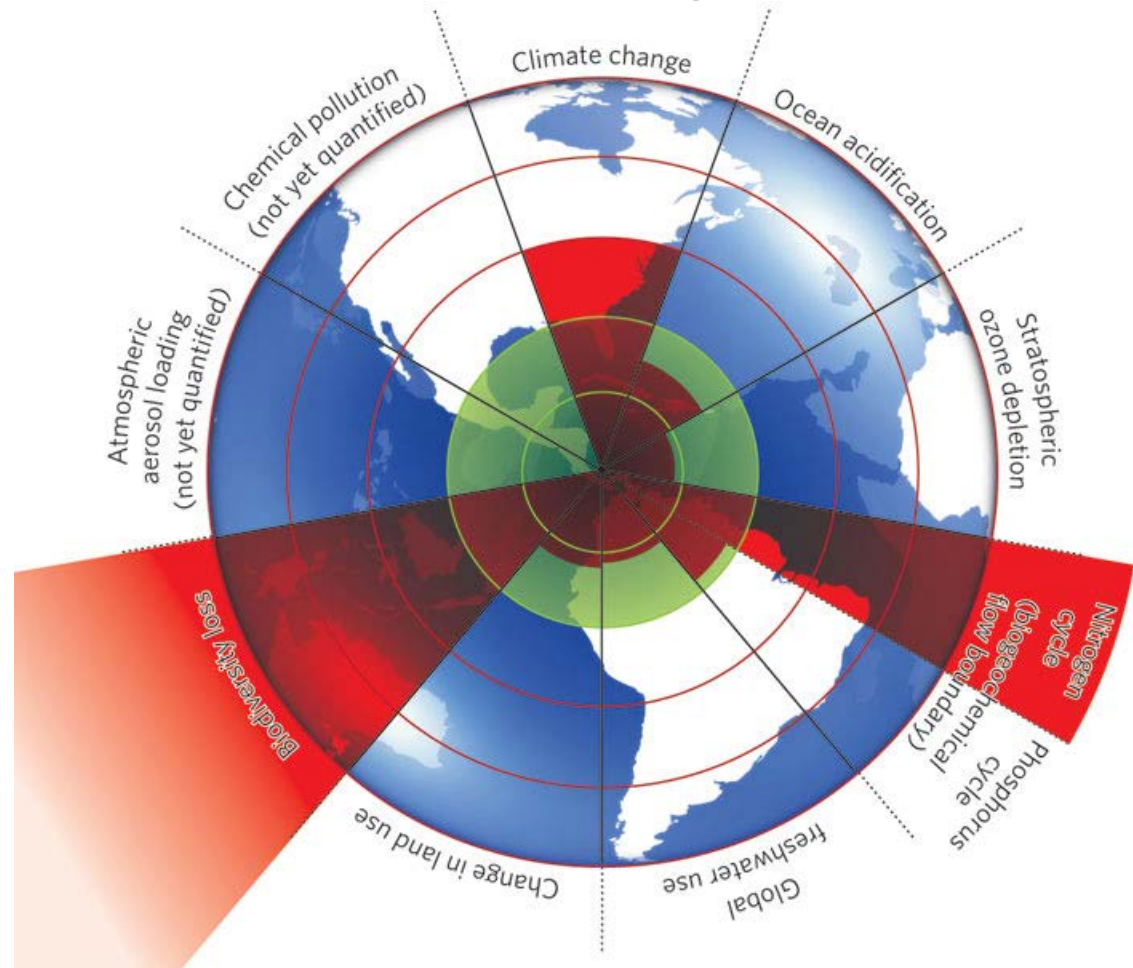
- Romskip Jord (Boulding 1963, Fuller 1969): utnytte muligheter vi har på denne fantastiske planeten men ivaretar økosystemer og ressurser for framtiden
- Anerkjenne begrensninger til mengder av ressurser vi kan ta i bruk.





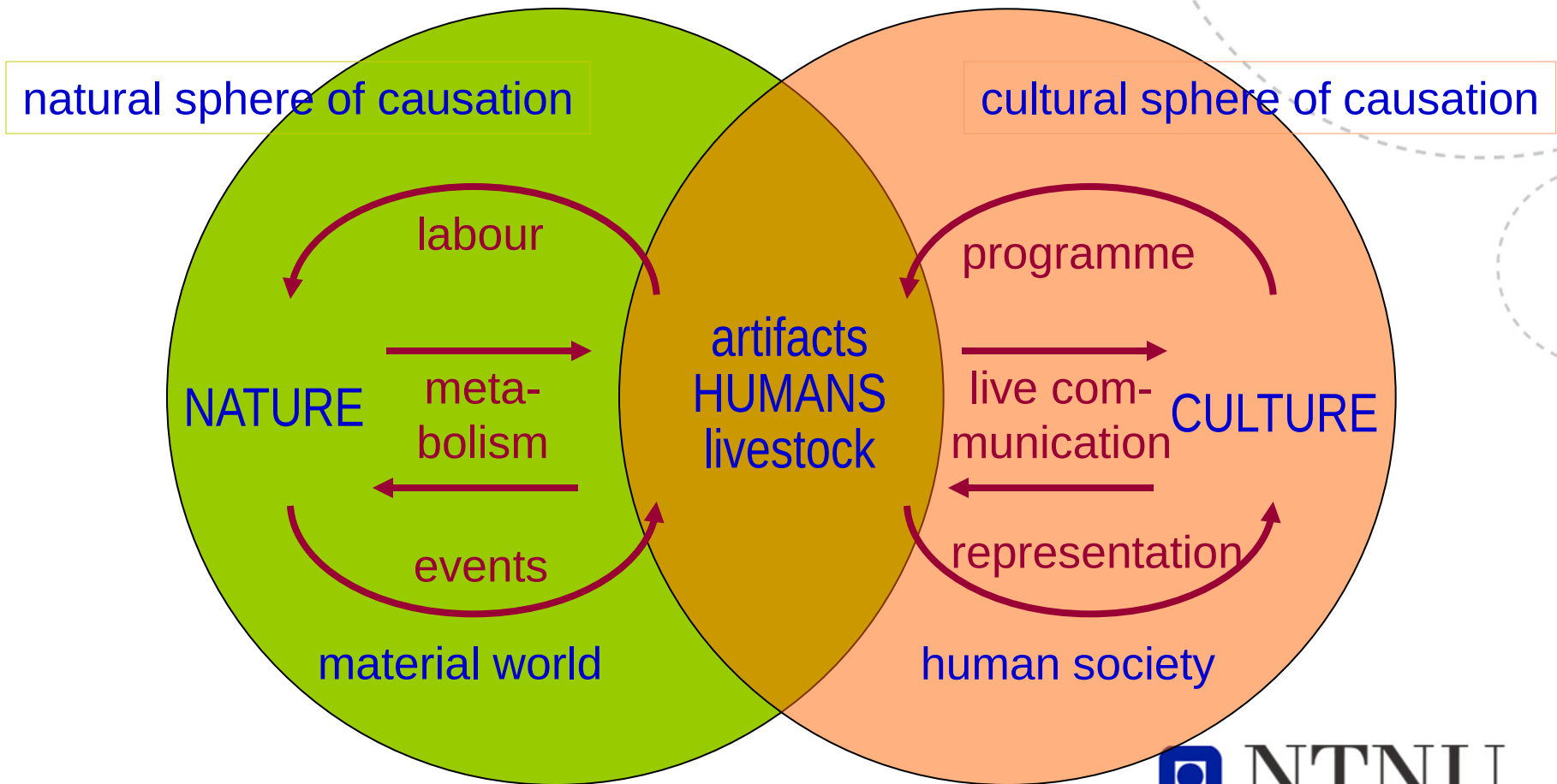
Jordklodens grenser

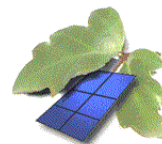
Vi er i en situasjon og på en utviklingsbane som er ikke bærekraftig. En kraftig forandring må till, ikke bare marginale forbedringer.





Sosioøkologisk system





Elementer

- Forstå *samfunnets metabolisme*:
Menneskene tar i bruk og forandrer ressurser. Vi må forstå hvordan dette skjer, hva skjer med materialer, hvordan oppstår utslipp? Og modellere alternativene
- Forstå effekt på naturen, naturens grenser
- Lære å styre metabolismen gjennom forandringer i samfunnet.

NATURE

HUMANS
livestock

CULTURE

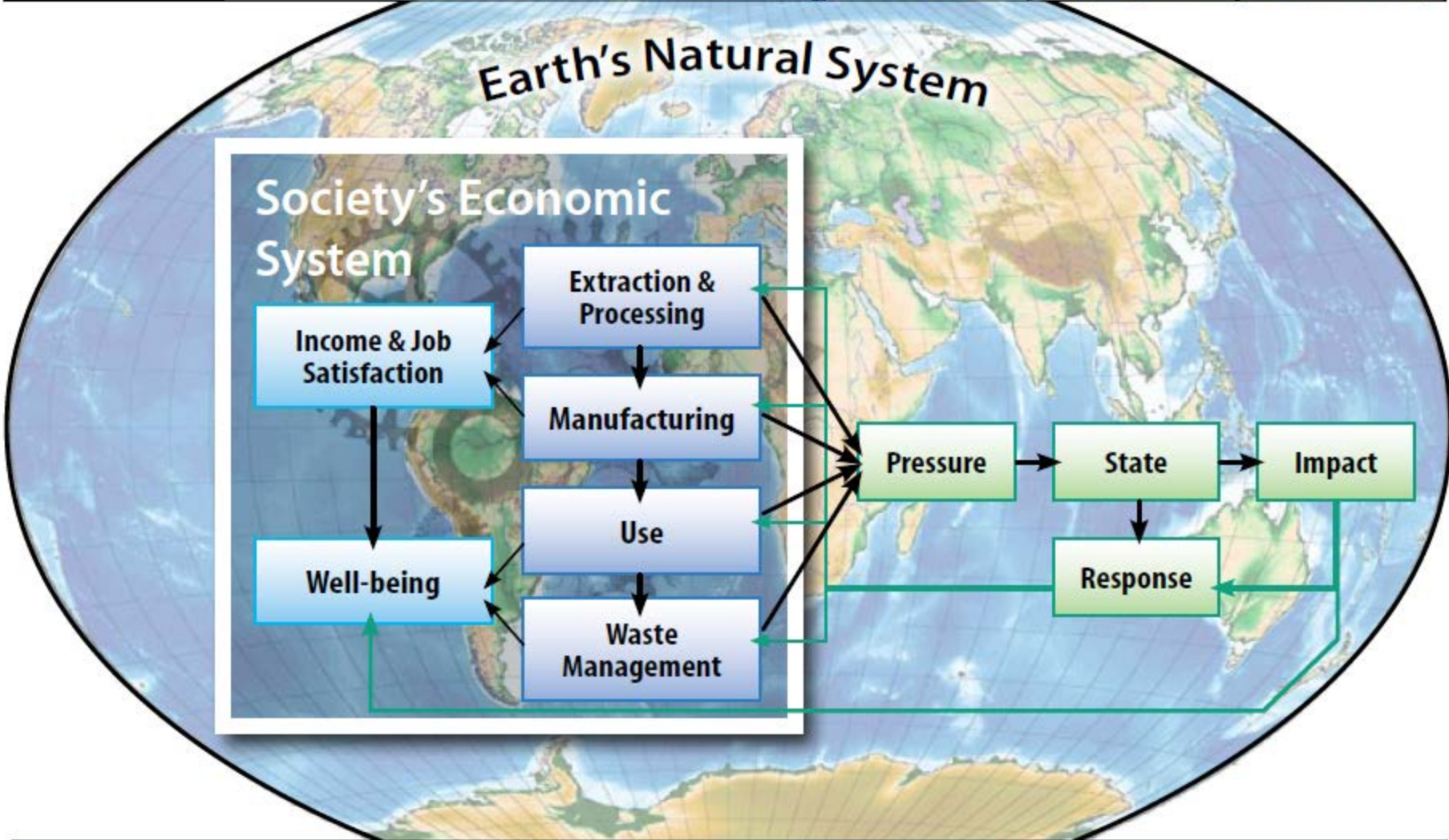
material world

human society

**NTNU**

Innovation and Creativity

The DPSIR Framework:	Driver Economic Activities	Pressure	State	Impact
		Emissions, Resource use, etc.	Air quality, Water quality, etc.	Ecosystem loss, Health loss, Resource scarcity



Response - Measures mitigating and adapting to pressures and impacts

Hertwich et al. 2010, UNEP

[elaborated from EEA, 1999; OECD, 1994, and UN, 1997]



Byggeklusser for modellering av samfunnets metabolisme

Materialstrømsanalyse: følger materialer og forteller oss hva dem er brukt til og hvor dem har havnet, over tid

Livssyklusanalyse og kryssløpsmodeller: skalerbar modellering av innsatsfaktorer, produksjon, forbruk og utslipp

Scenariometoder: teknologisk utvikling, teknologiutvalg osv

Kunnskap og metoder fra flere disipliner



Forskningsmuligheter

- Det er en stor mulighet å levere bedre innsikt i hvordan de materielle aspektene av samfunnet fungerer gjennom en systematisk analyse og modellering av ressursuttak, vareflyt, produksjonsmetoder, forbruksmønster og tilknyttet utslipp.
- Modellutvikling og storskala bruk av dataverktøy for innhøsting og bearbeiding av informasjon er nødvendig



Empirisk forskning

Hvordan bruker vi ressurser i dag for å produsere velferd?

Hva er rollen til ulike teknologier, produkter, teknologialternativer, produksjonssteder?

Hvor havner materialer? Gjenbruk?

Hvordan er ressursbehov avhengig av infrastruktur og byggeskikk?

Hva er ressursproduktiviteten?

Hvordan har vi utviklet oss og hvorfor?



Forskning på mulig framtid

- Tilpasse oss grensene: hva betyr det for den enkelte, en grend, en by?
- Hva skjer med miljøbelastning og ressursbehov hvis vi skifter ut enkelte elementer? Flere elementer i kombinasjon?
- Hvordan kan vi oppnå et bærekraftig samfunn, steg for steg? Backcasting
- **Kartlegge mulighetsrommet**



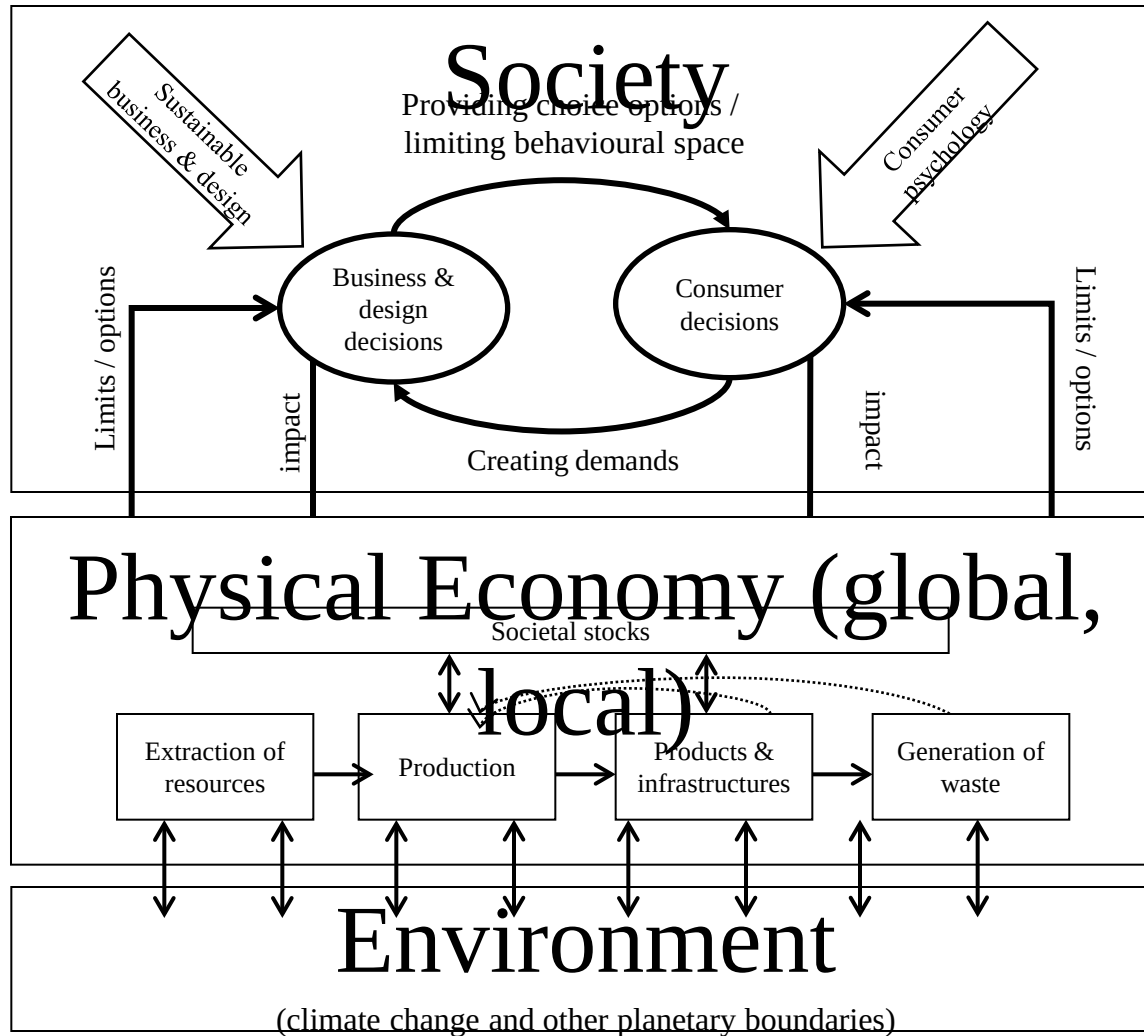
Oppsummering

Hva er en bærekraftig teknologi?

Dette er avhengig av både teknologi, skala og institusjoner.

Det er viktig å velge ut riktig teknologi, men det holder ikke. Hvordan skal vi sette sammen teknologier til systemer? Hvordan skal vi styre anvendelse av teknologiene?

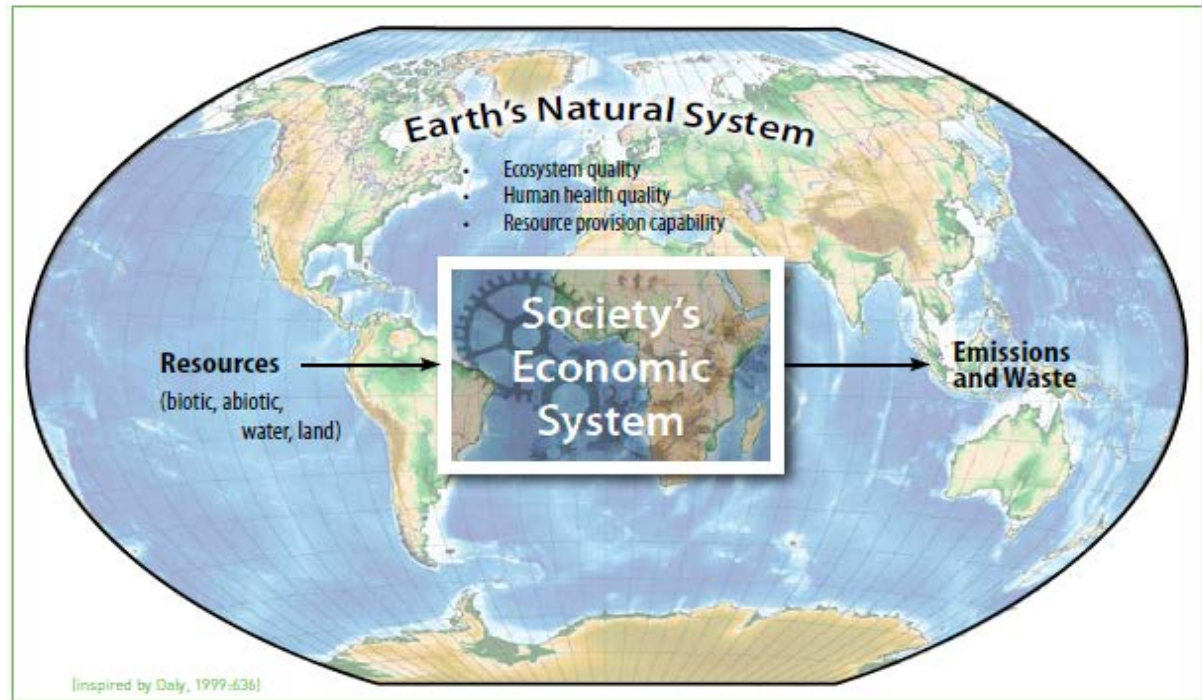






Ressursflyt, utnyttelse og transformasjon

Menneskene tar i bruk og forandrer ressurser. Vi må forstå hvordan dette skjer, hva skjer med materialer, hvordan oppstår utslipp?



Det er viktig å forstå utveksling med naturen.

