

Alternativ energi – hva skal vi satse på?

Ole Martin Løvvik

SINTEF Materialer og kjemi

Fysisk institutt, UiO



UNIVERSITY
OF OSLO



SINTEF



- >2000 ansatte og 7 institutter; Norges største forskningsinstitutt
- Materialer og kjemi: ~ 400 personer, 8 avdelinger
- Aktiviteter innen de fleste områder av moderne materialvitenskap, nanoteknologi og energiforskning
- Sterkt fokus på solenergi

Hva er energi?

- Gammeligresk $\acute{\epsilon}\nu\acute{\epsilon}\rho\gamma\epsilon\iota\alpha$ (energeia): aktivitet, operasjon
- Energi er evnen til å utføre arbeid
- Energi kan ikke forsvinne eller oppstå; mengden energi er konstant
- Arbeid utføres ved å overføre energi fra ett system til et annet
- Dvs: vi bruker ikke energi, vi omsetter/overfører energi

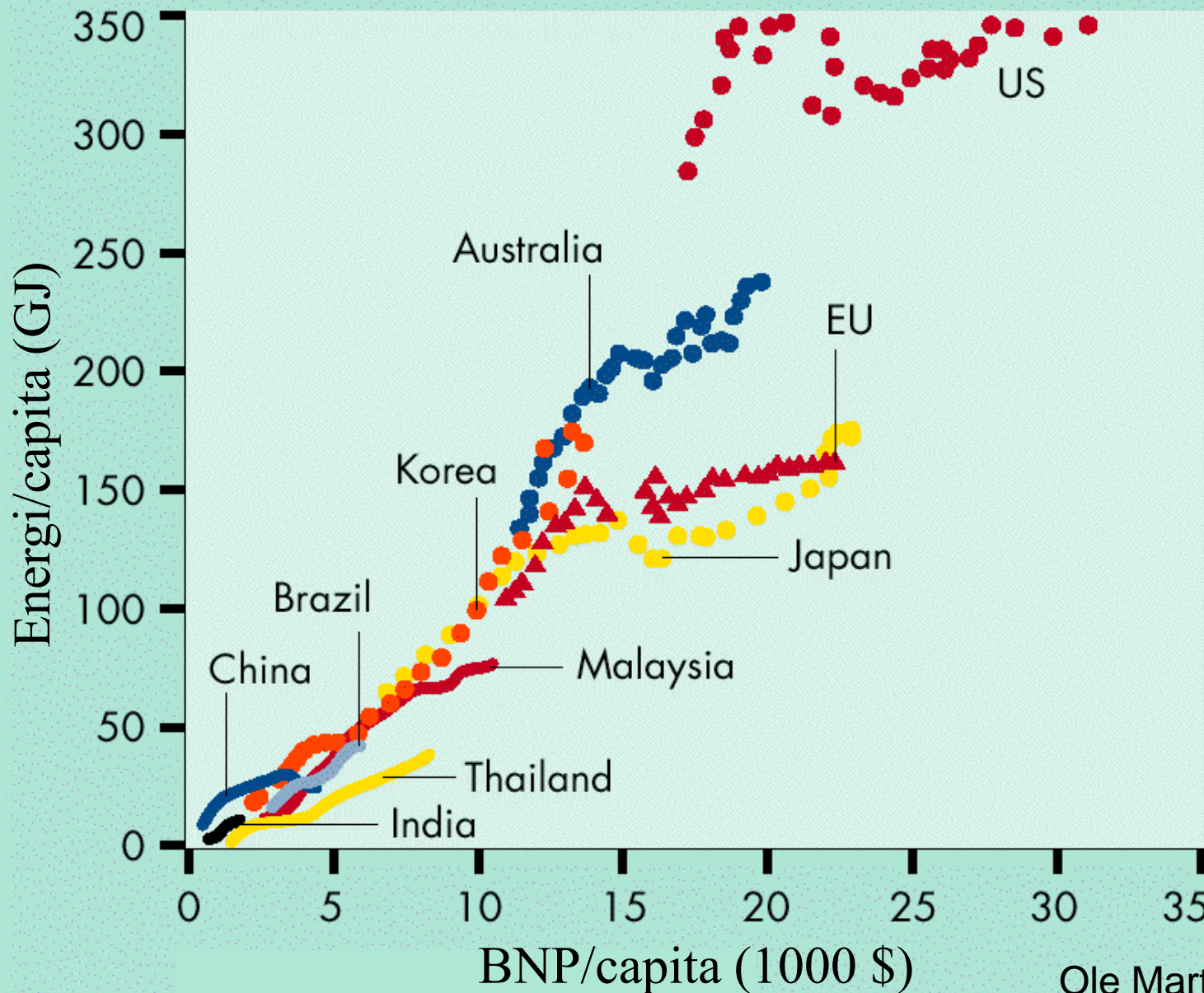
Hva trenger vi energikilder til?



Hva trenger vi *ikke* energikilder til?



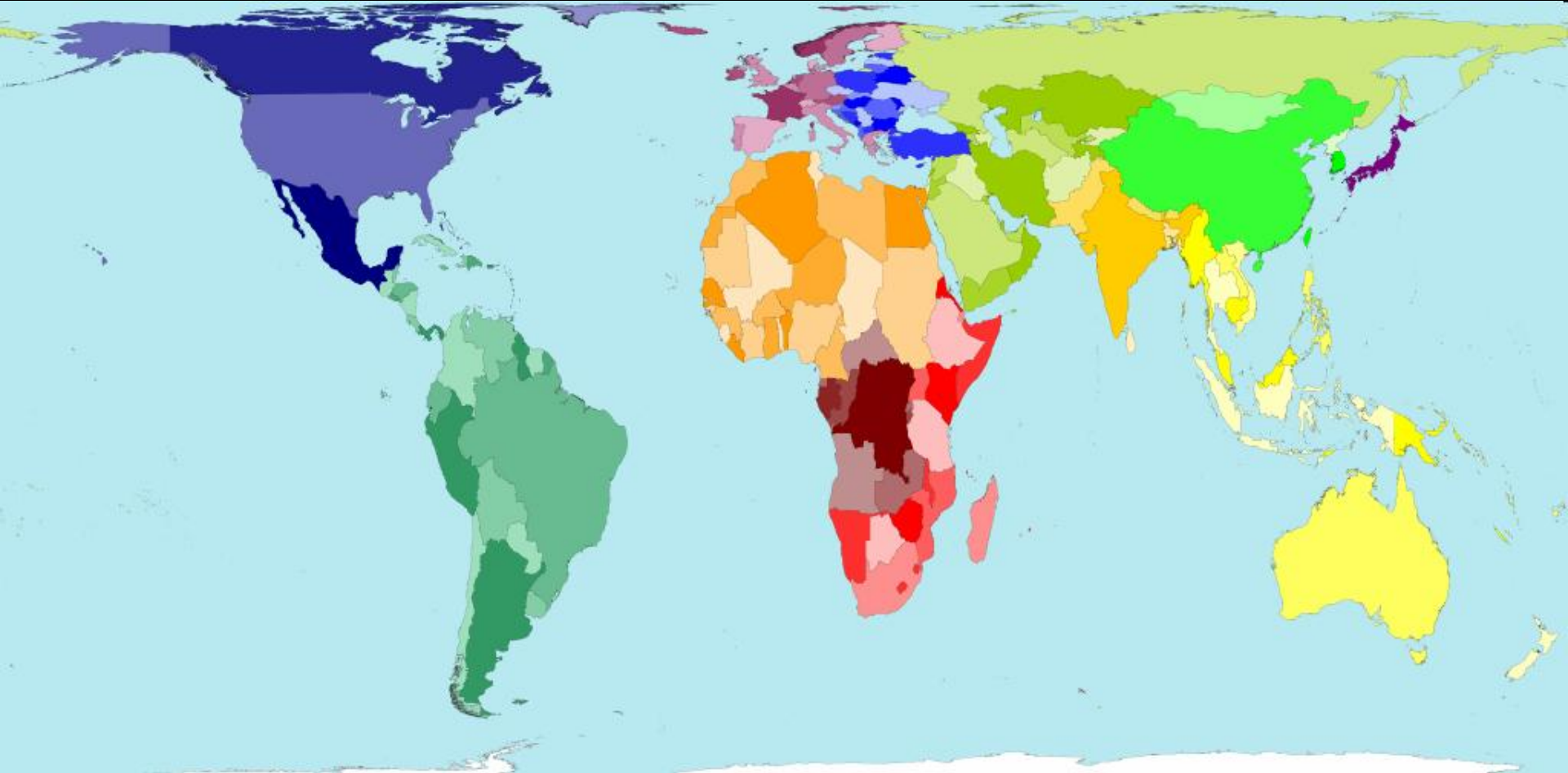
Energiforbruk – hva bringer fremtiden?



Ole Martin Løvvik

Kilder: IMF, BP, Shell

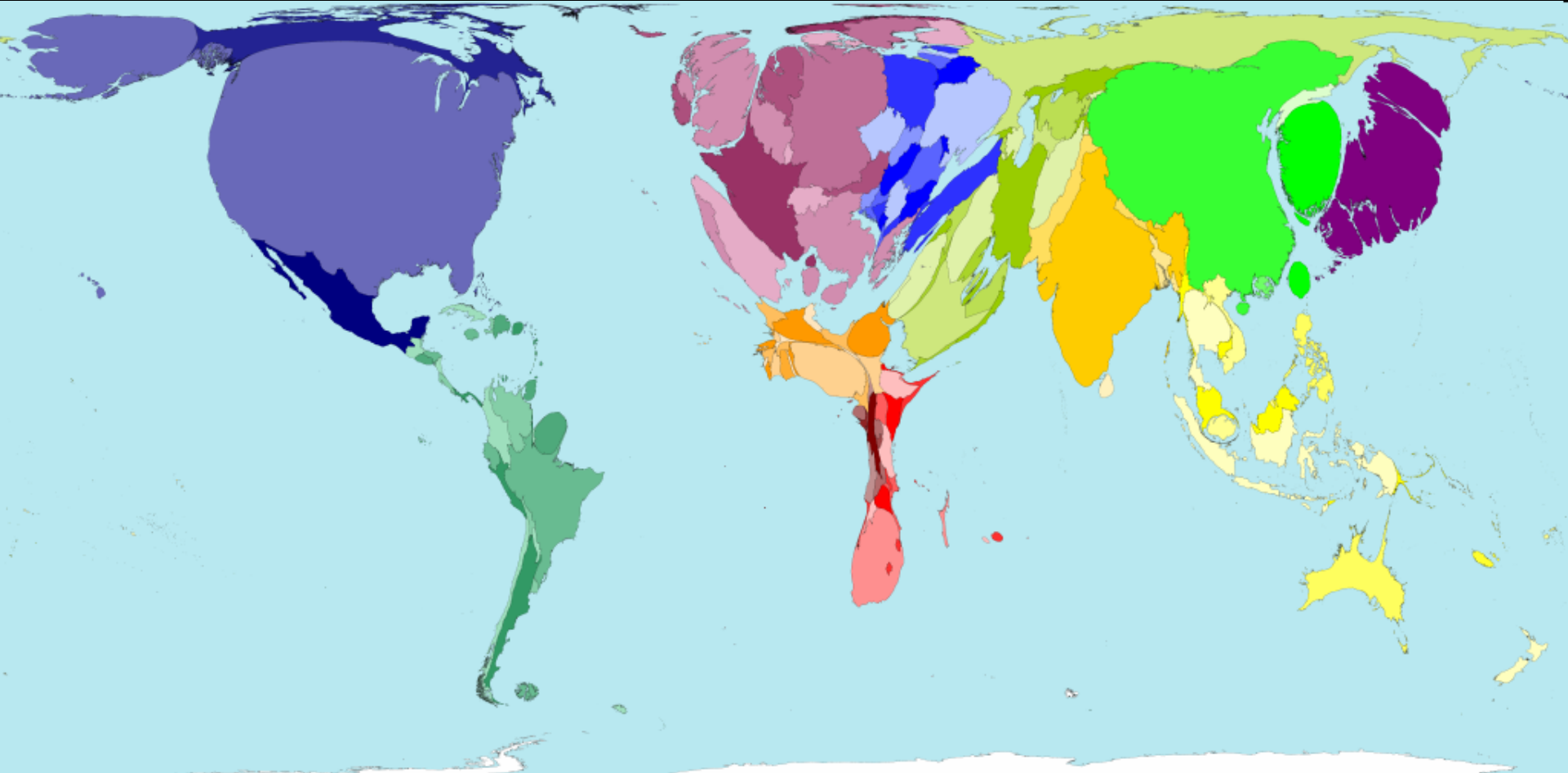
Landareal



Each territory's size on the map is drawn according to its land area. (www.worldmapper.org)

Ole Martin Løvvik

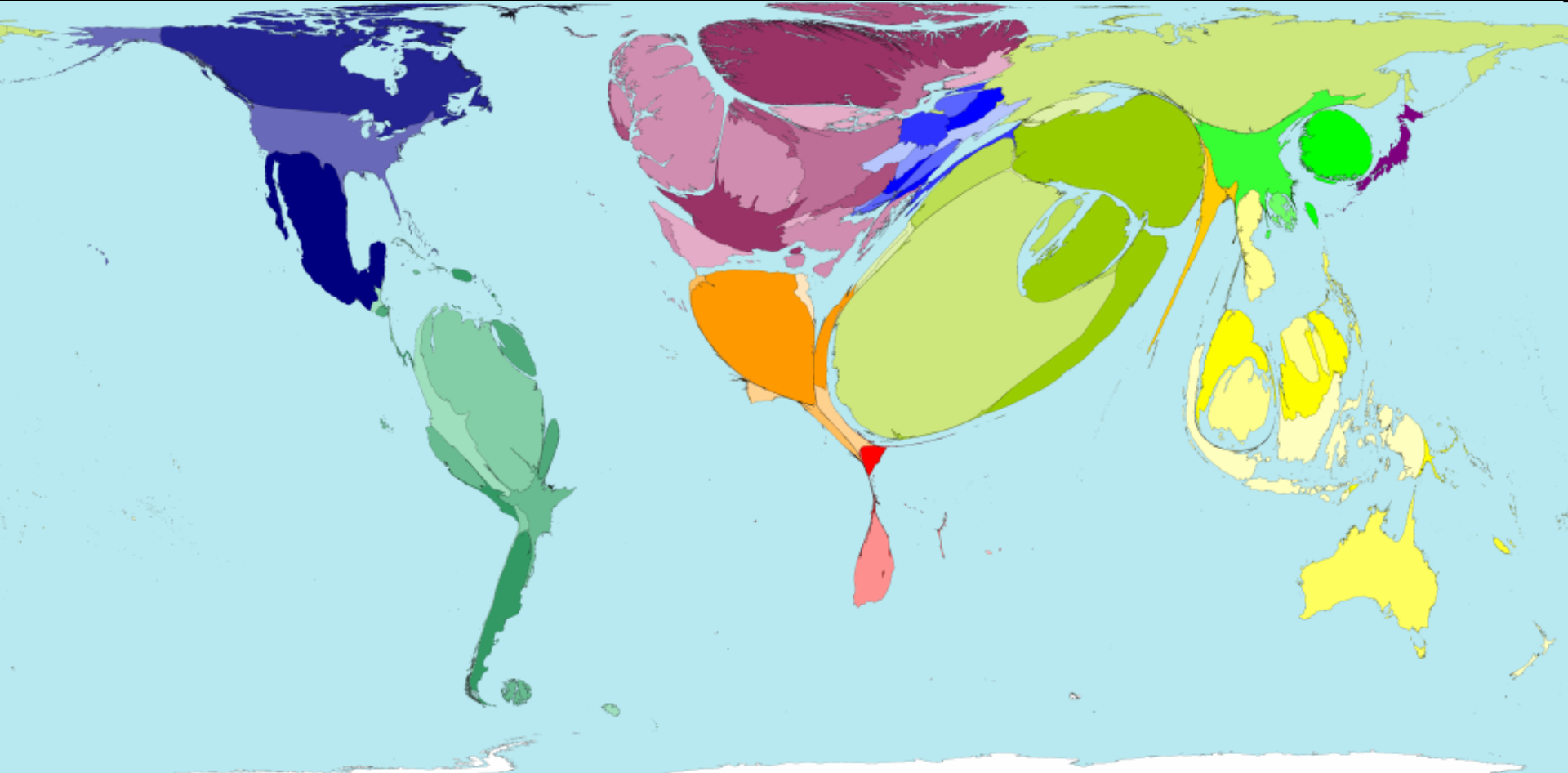
Forbruk av energi



Territory size is proportional to the percentage of world fuel usage that occurs there.

Ole Martin Løvvik

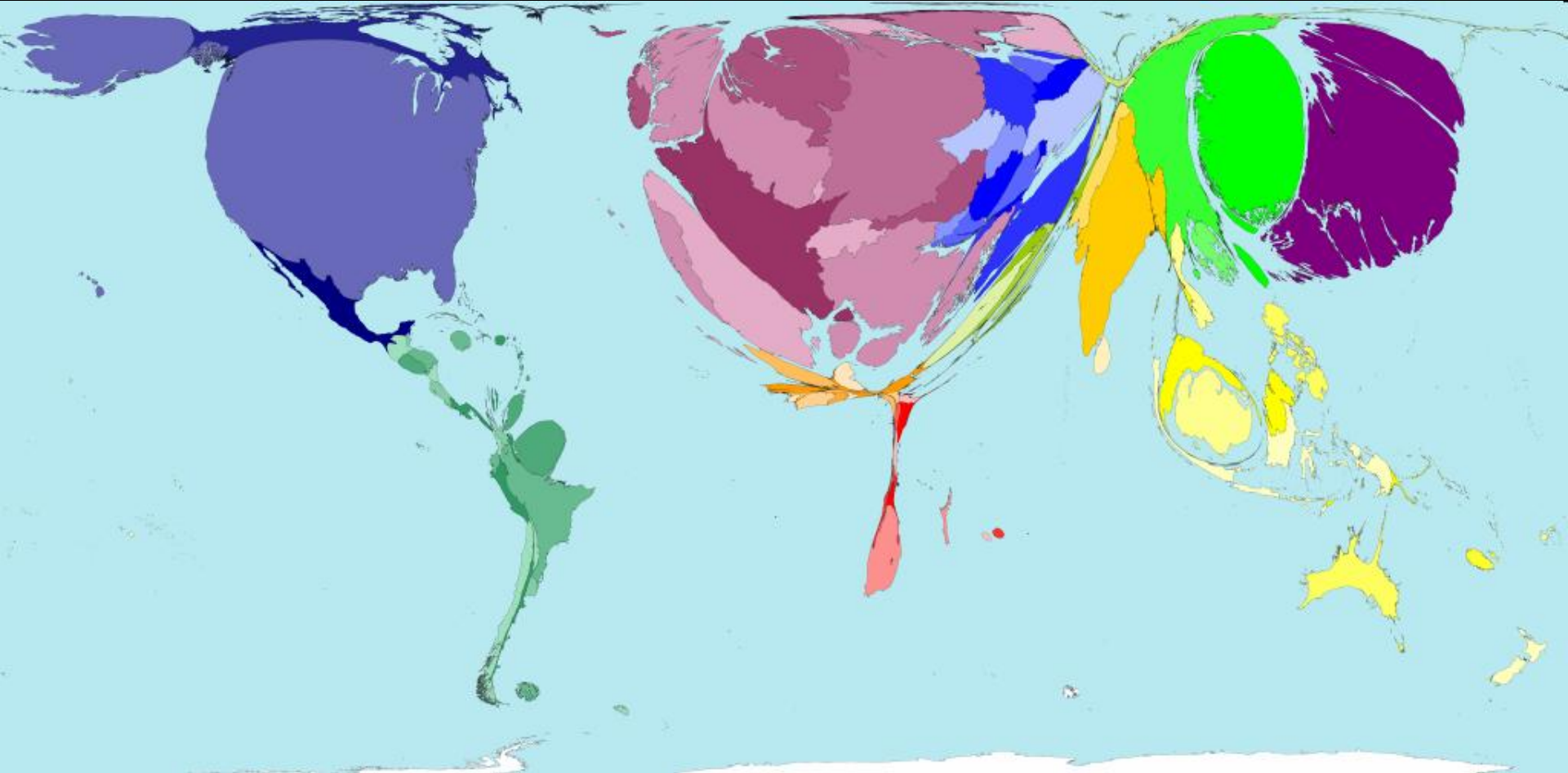
Energieksport



Territory size shows the proportion of worldwide gross fuel exports from there.

Ole Martin Løvvik

Energiimport

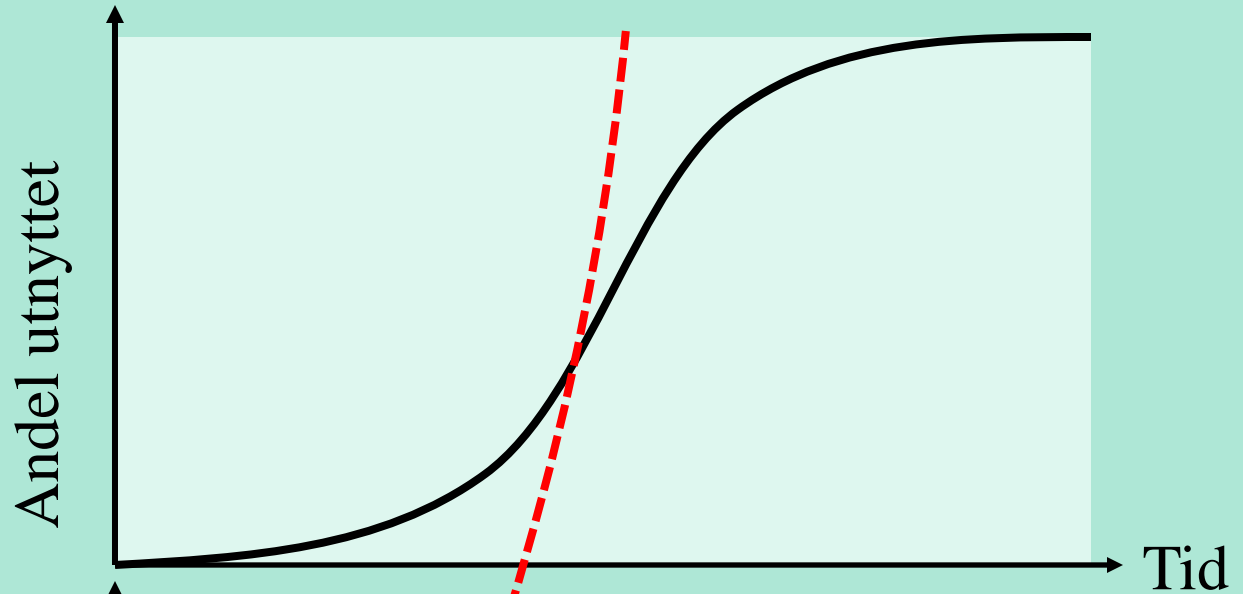


Territory size shows the proportion of worldwide fuel imports arriving there.

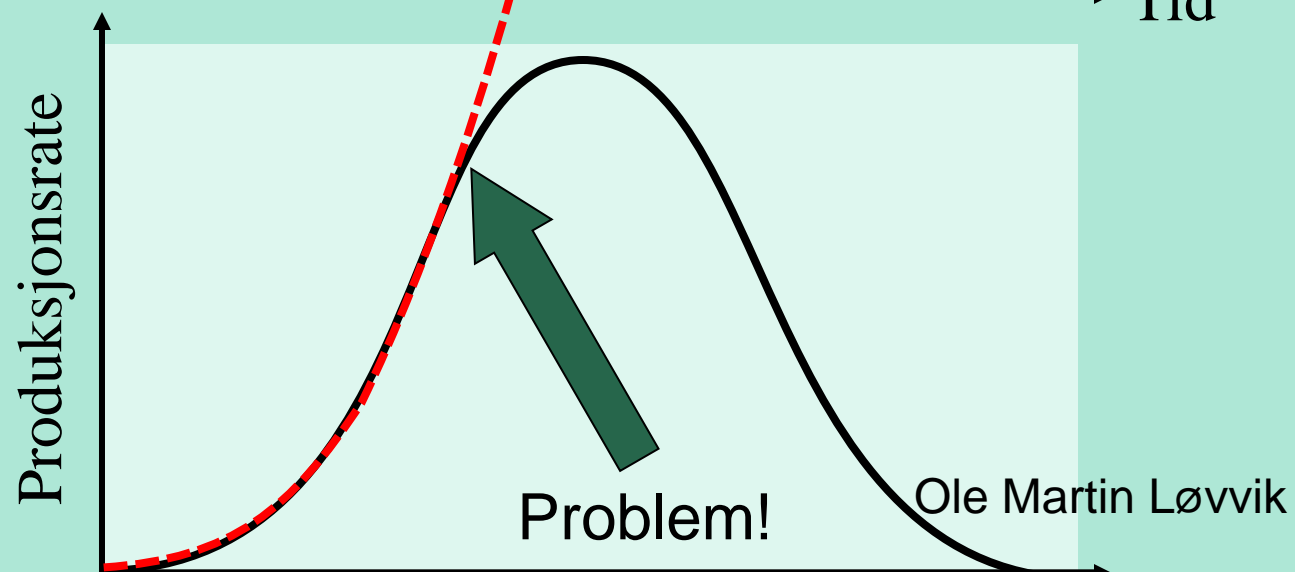
Ole Martin Løvvik

Begrensete ressurser: Hubbert-kurver

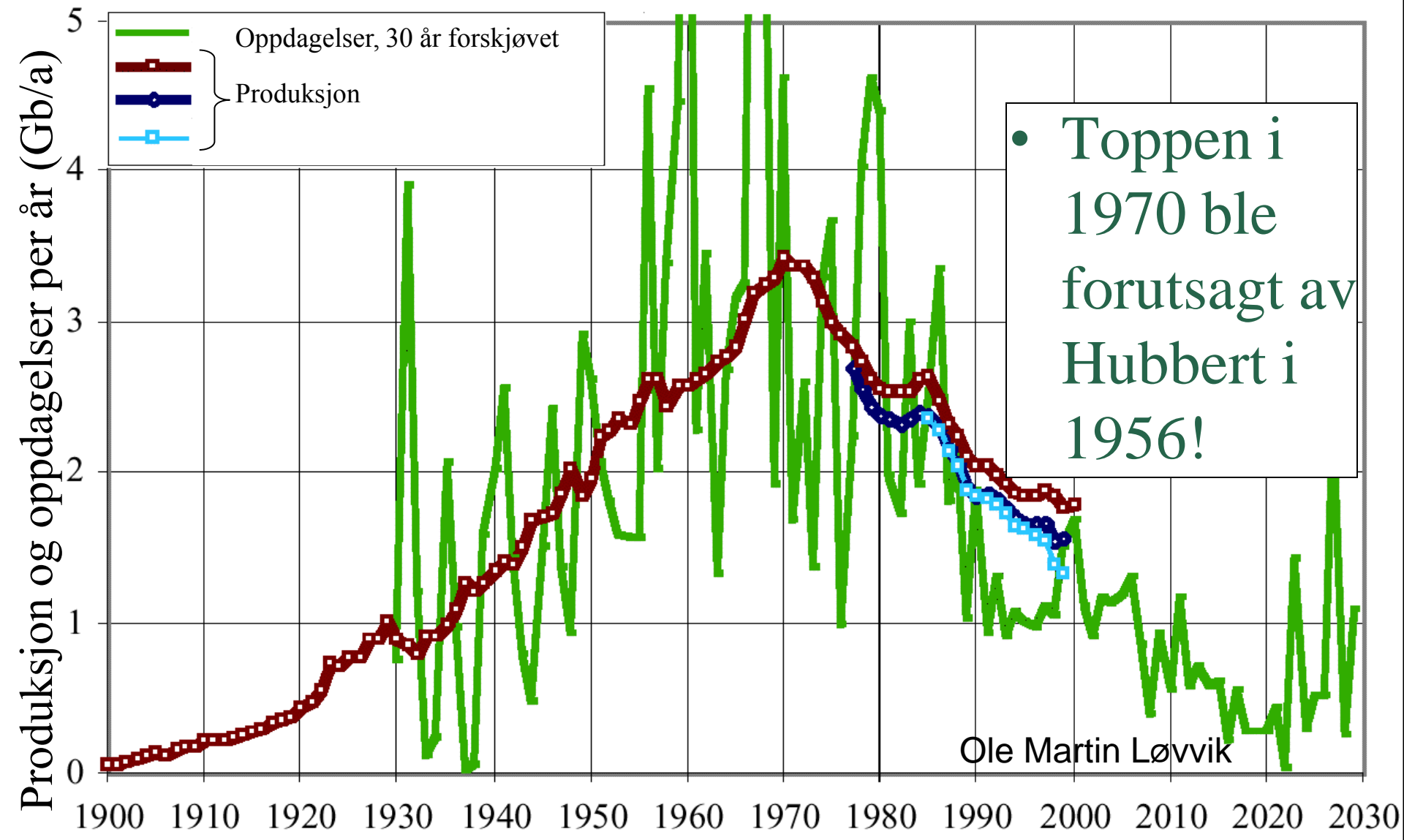
Kumulativ
produksjon som
funksjon av tid



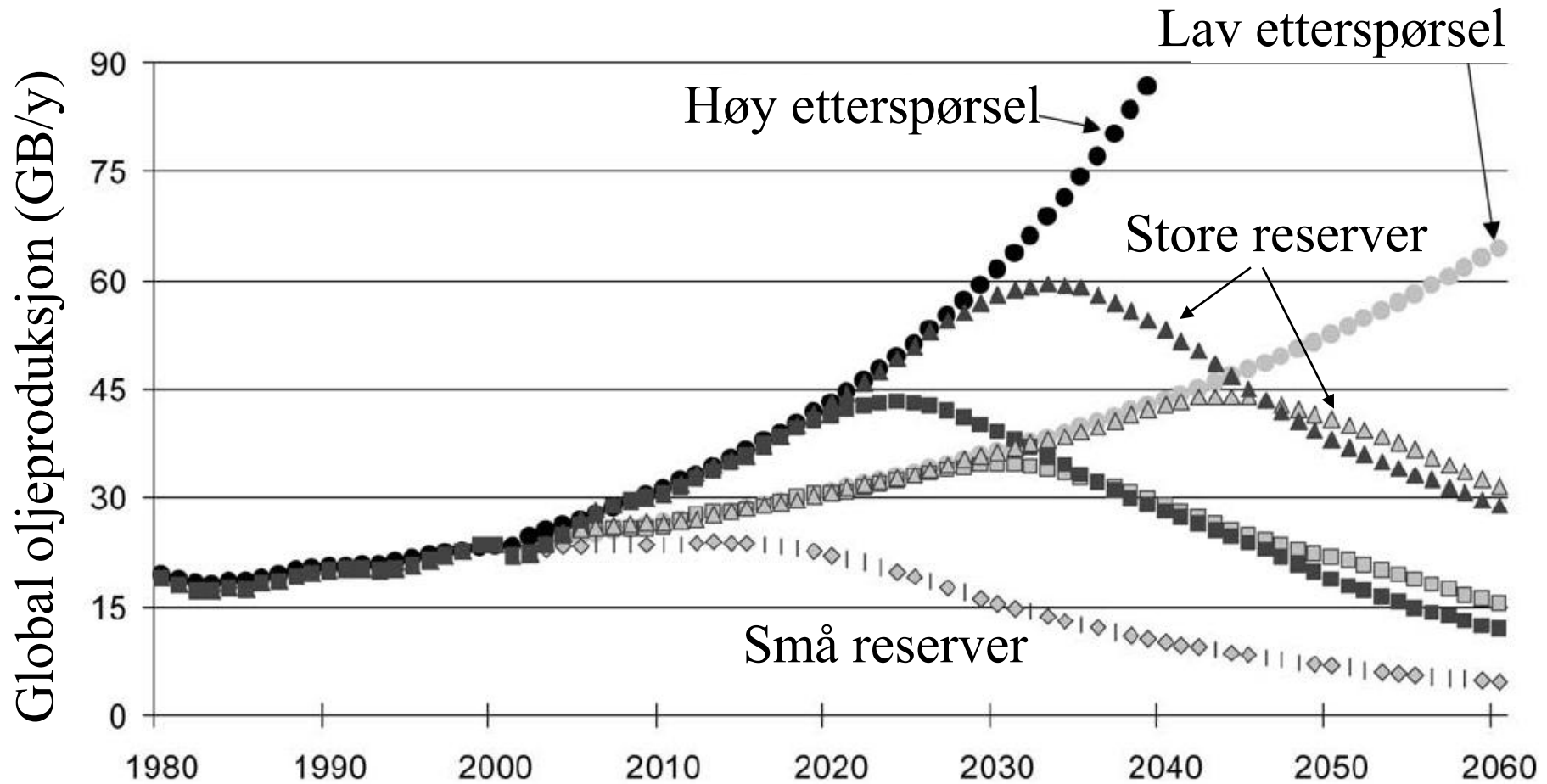
Produksjons-
hastighet som
funksjon av tid



Oljeproduksjonen i USA



Oljeproduksjon i verden



Hvor kan vi få energi fra?

■ Kontinuerlige

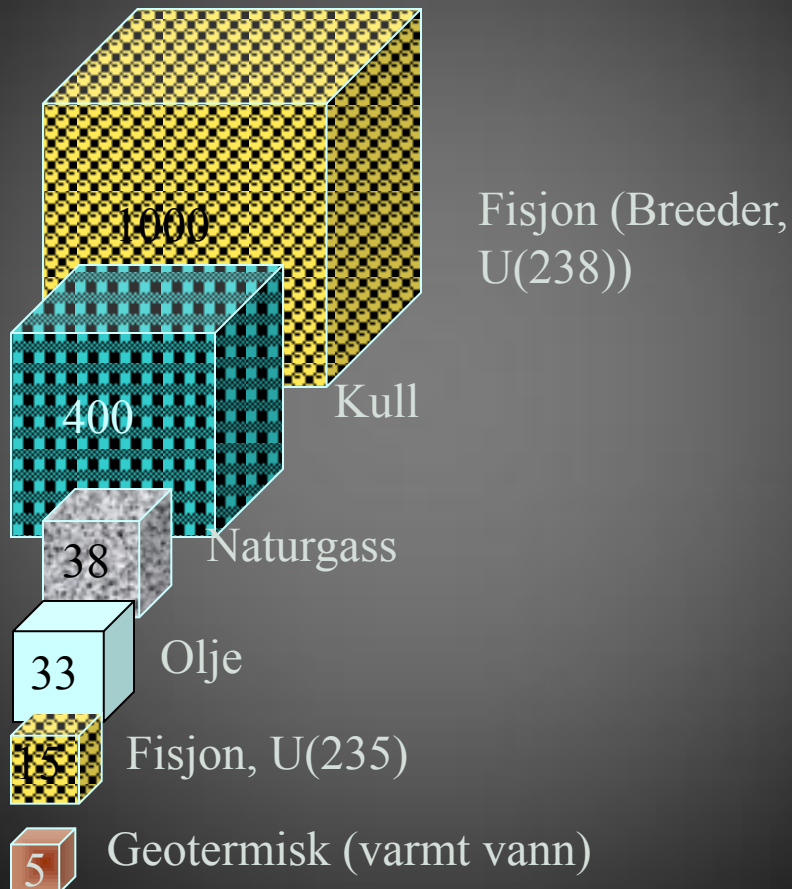
- ◆ Sol
- ◆ Vind
- ◆ Bølger
- ◆ Havstrømmer
- ◆ Biomasse
- ◆ Havtermisk
- ◆ Saltgradienter
- ◆ Vannkraft
- ◆ Atmosfærisk elektrisitet
- ◆ Geotermisk
- ◆ Tidevann

■ Begrensede

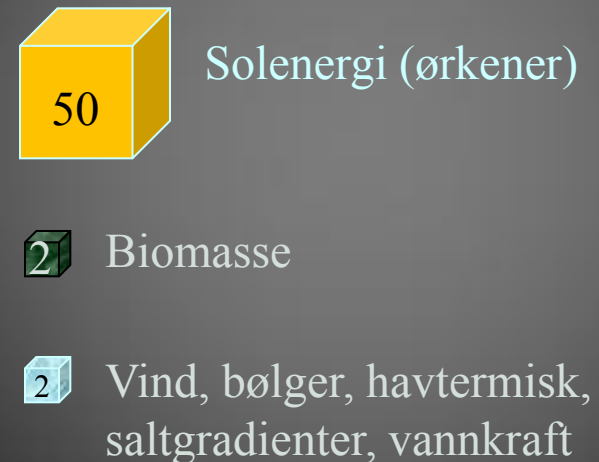
- ◆ Torv
- ◆ Olje
- ◆ Gass
- ◆ Kull
- ◆ Andre hydrokarboner
- ◆ Fisjon
- ◆ Fusjon

Hvor store er ressursene?

Kontinuerlige (totalt)



Fornybare (årlig)



Ole Martin Løvvik

Fusjon: 40 000 000 000

Fusjon: Sammensmelting av kjerner

Deuterium: feks.
fra vann



n

Tritium: fra
litium (Li)



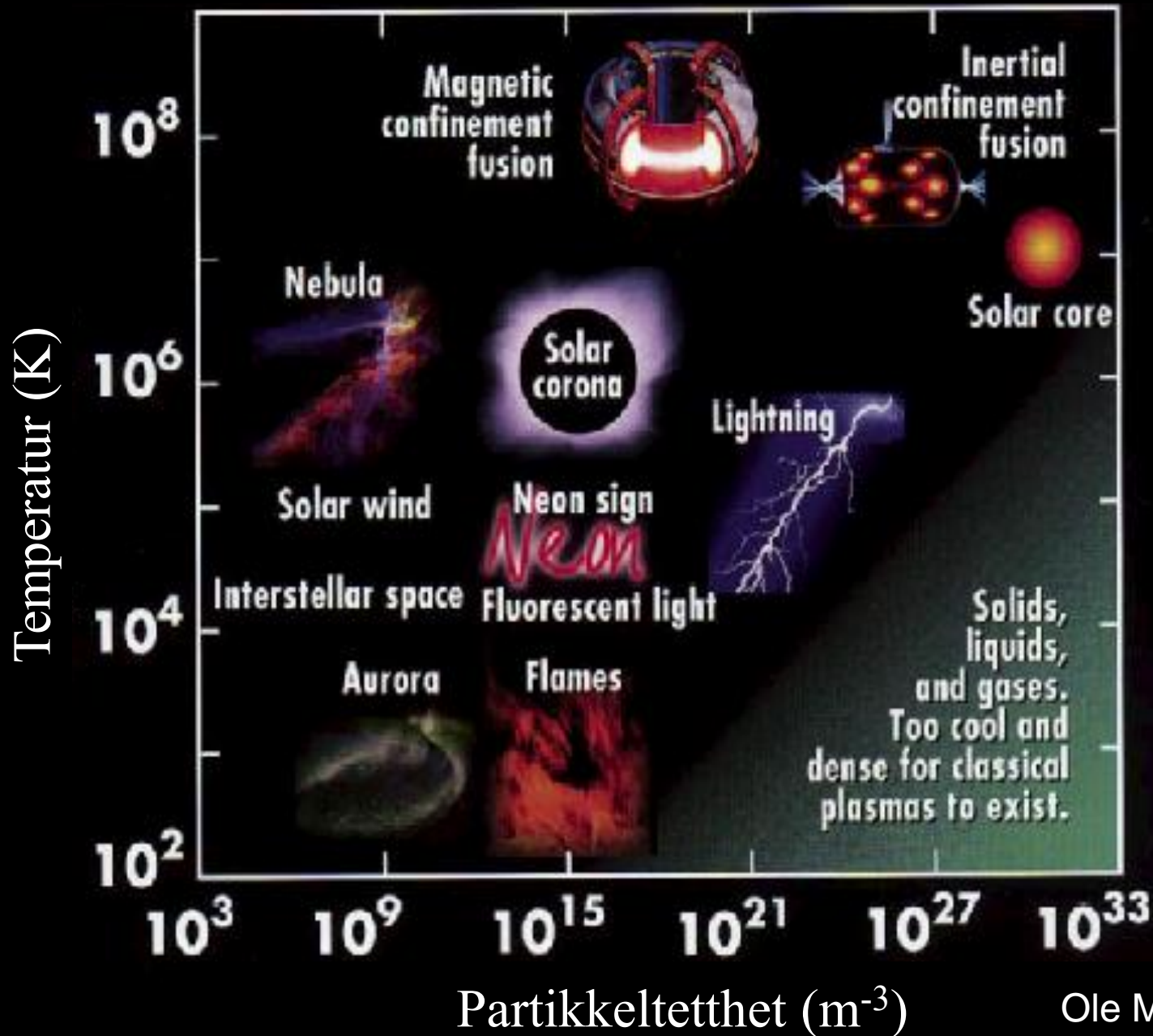
⁴He

+

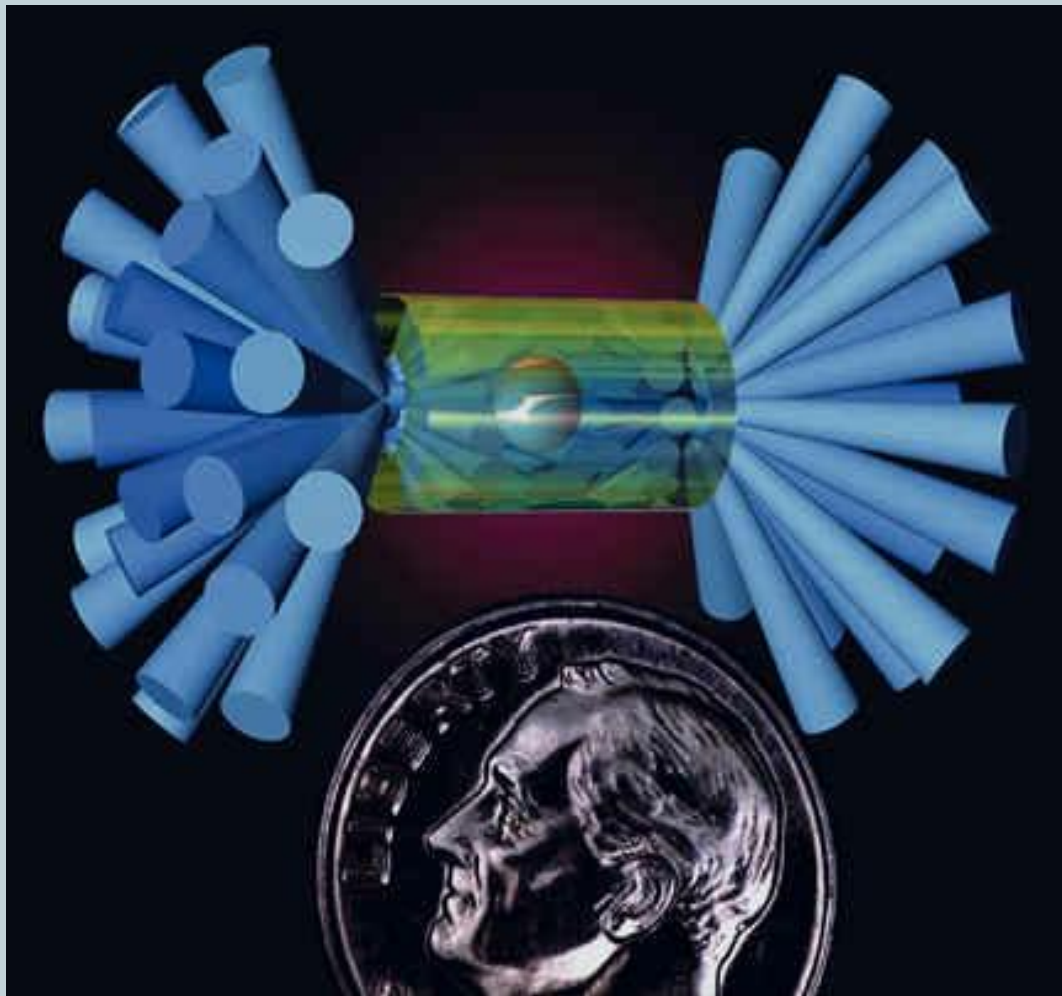
—

- Enorme ressurser
- Ingen avfallstoffer
- Innebygd sikkerhet
- Aktivisering av reaktormaterialet
- Ekstremt høye kapitalkostnader

Fusjon: Skjer i plasma

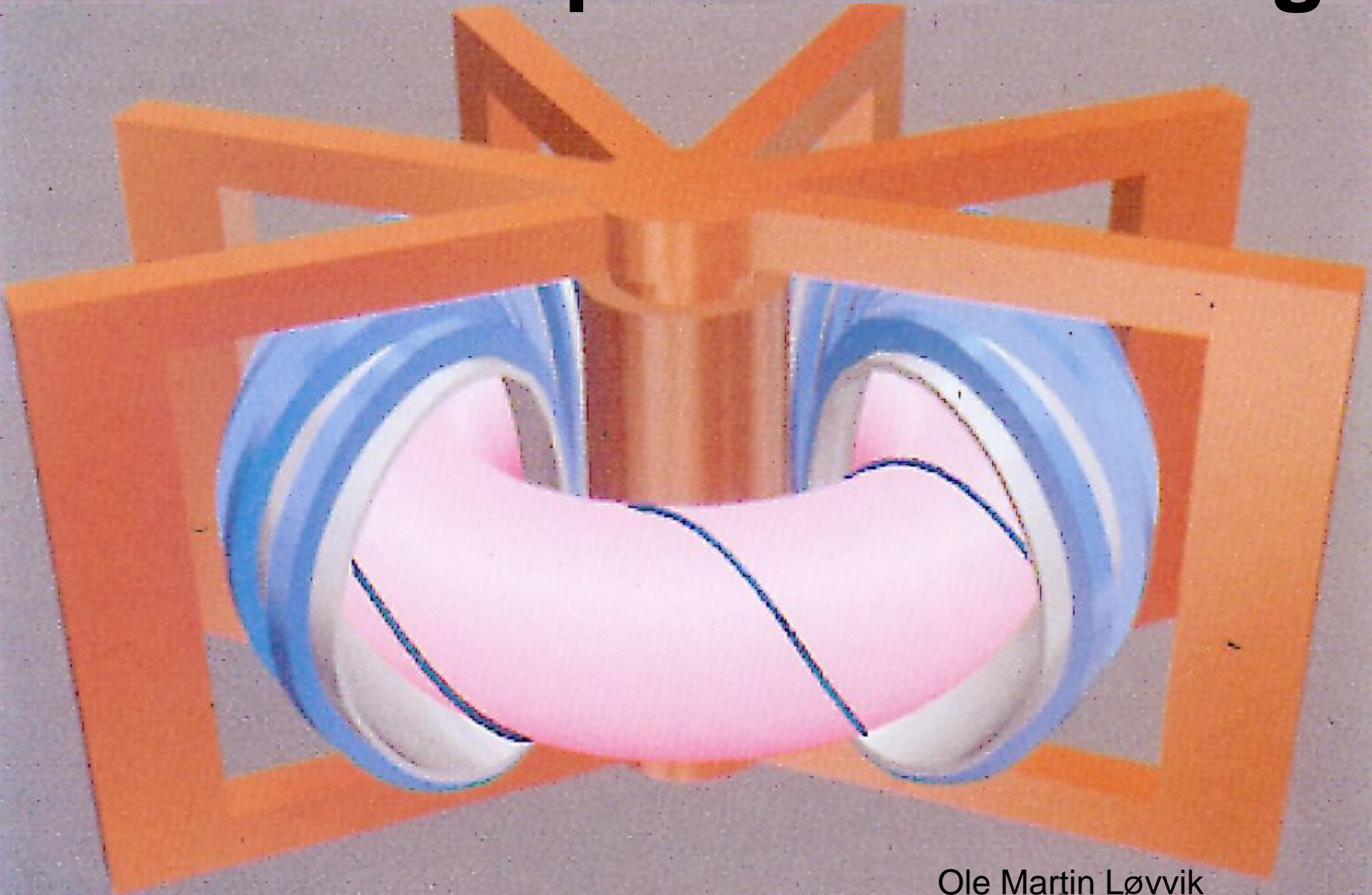


Fusjon: Antenning med laser



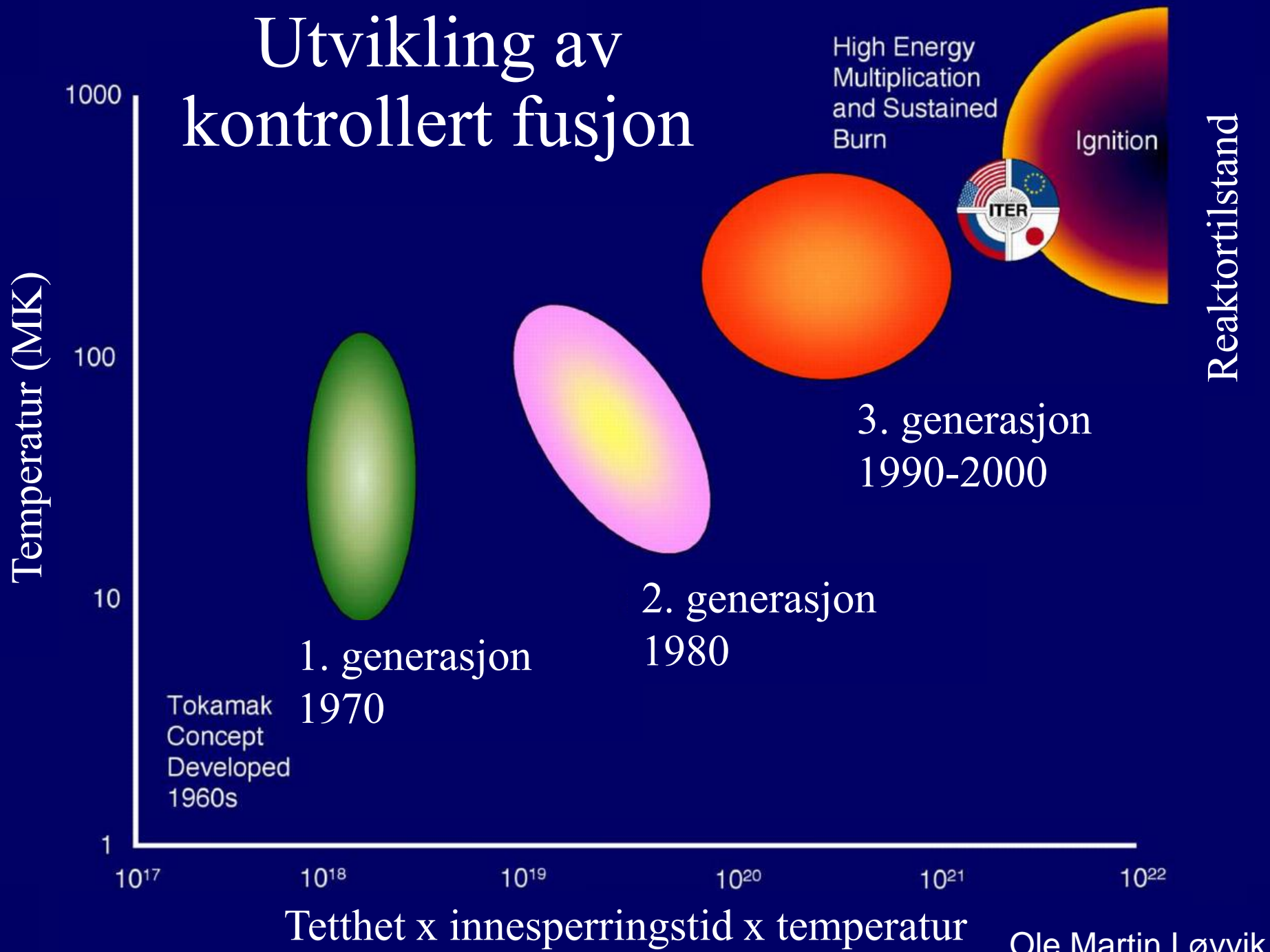
- Små kuler med D+T
- Bombarderes av laser eller partikkelstråle
- Trykk: 10^8 atm
- Temperatur: 50 000 000 K

Tokamak – plasmasmultring



Ole Martin Løvvik

Utvikling av kontrollert fusjon



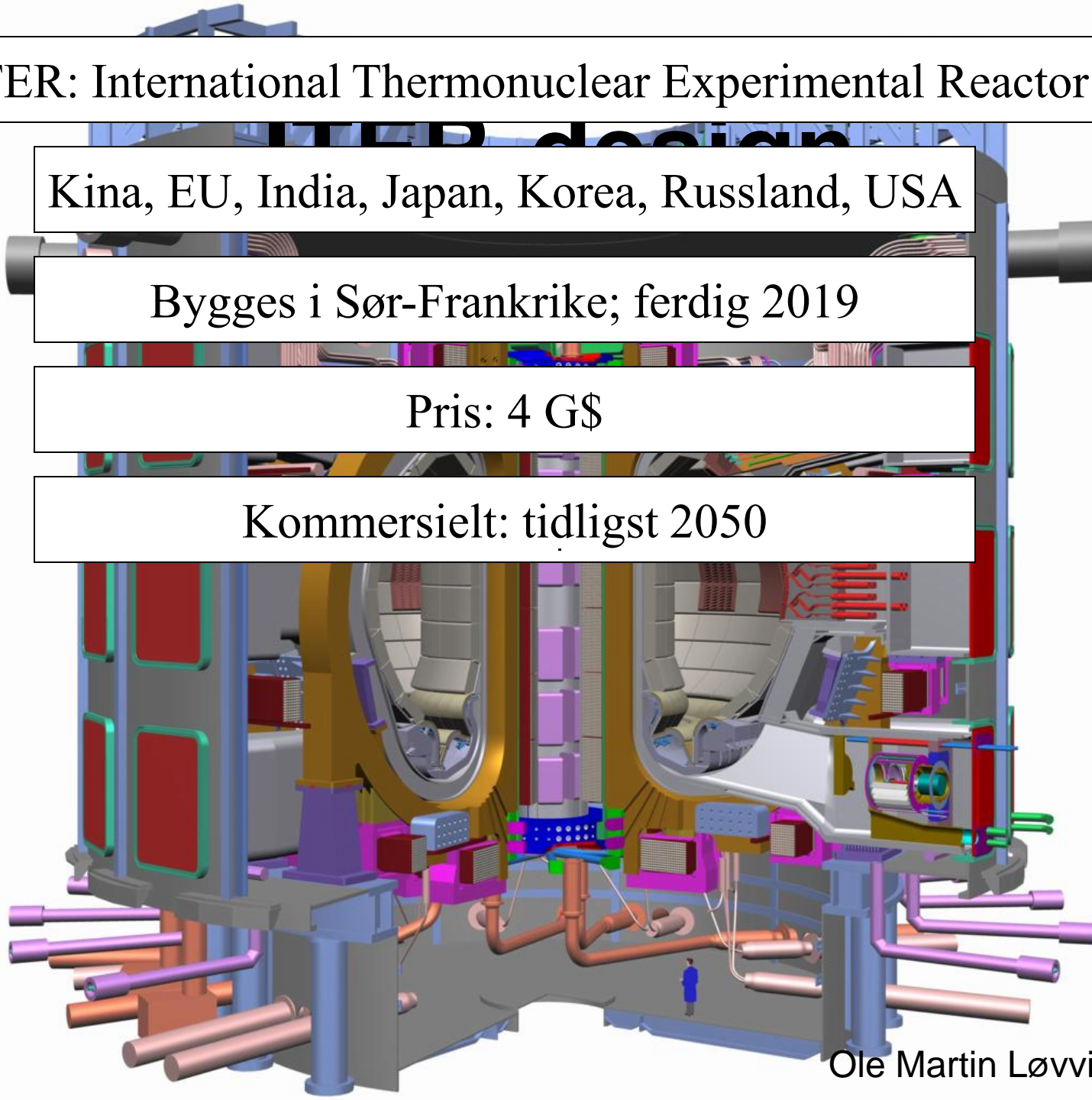
ITER: International Thermonuclear Experimental Reactor

Kina, EU, India, Japan, Korea, Russland, USA

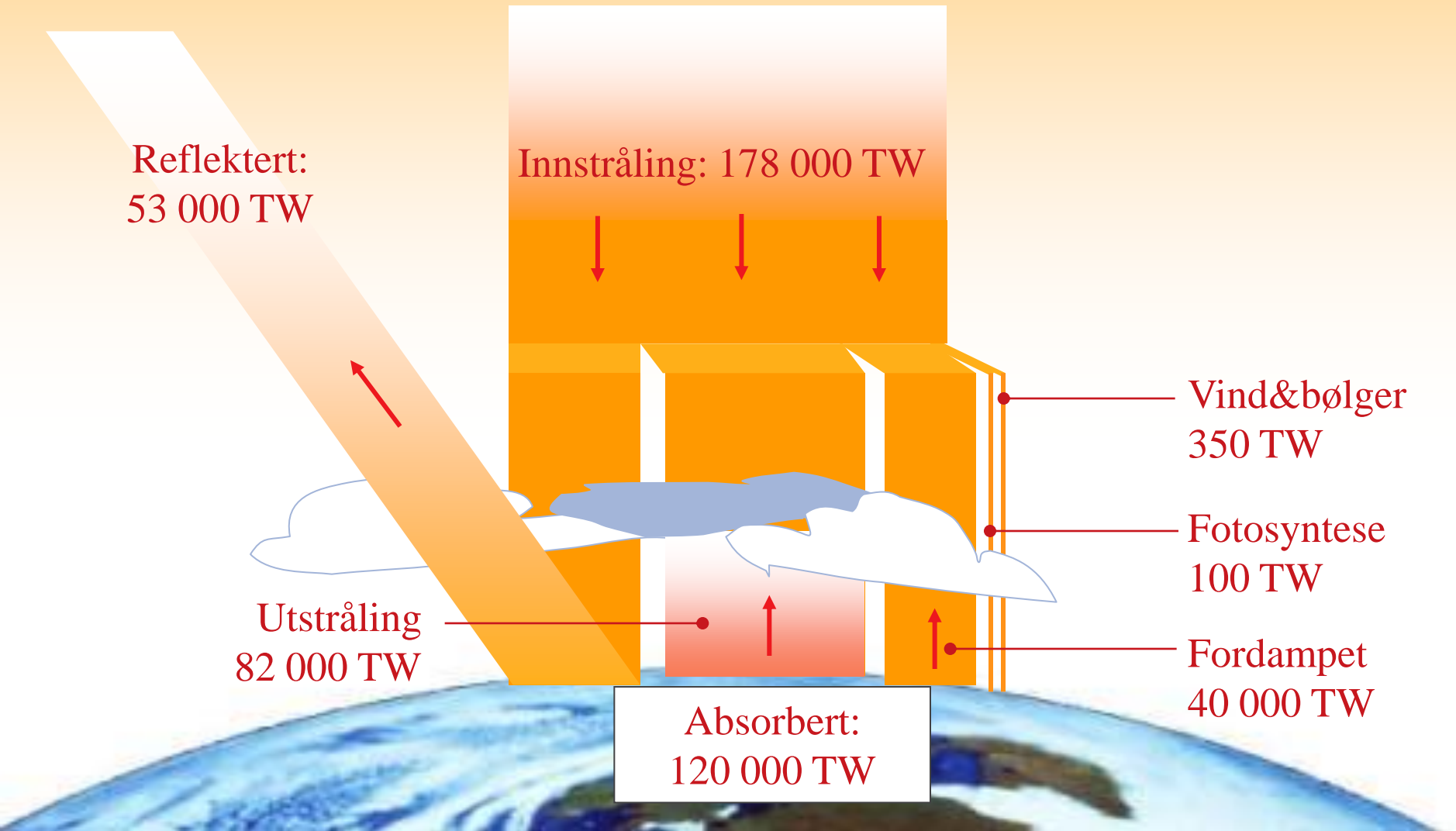
Bygges i Sør-Frankrike; ferdig 2019

Pris: 4 G\$

Kommersielt: tidligst 2050



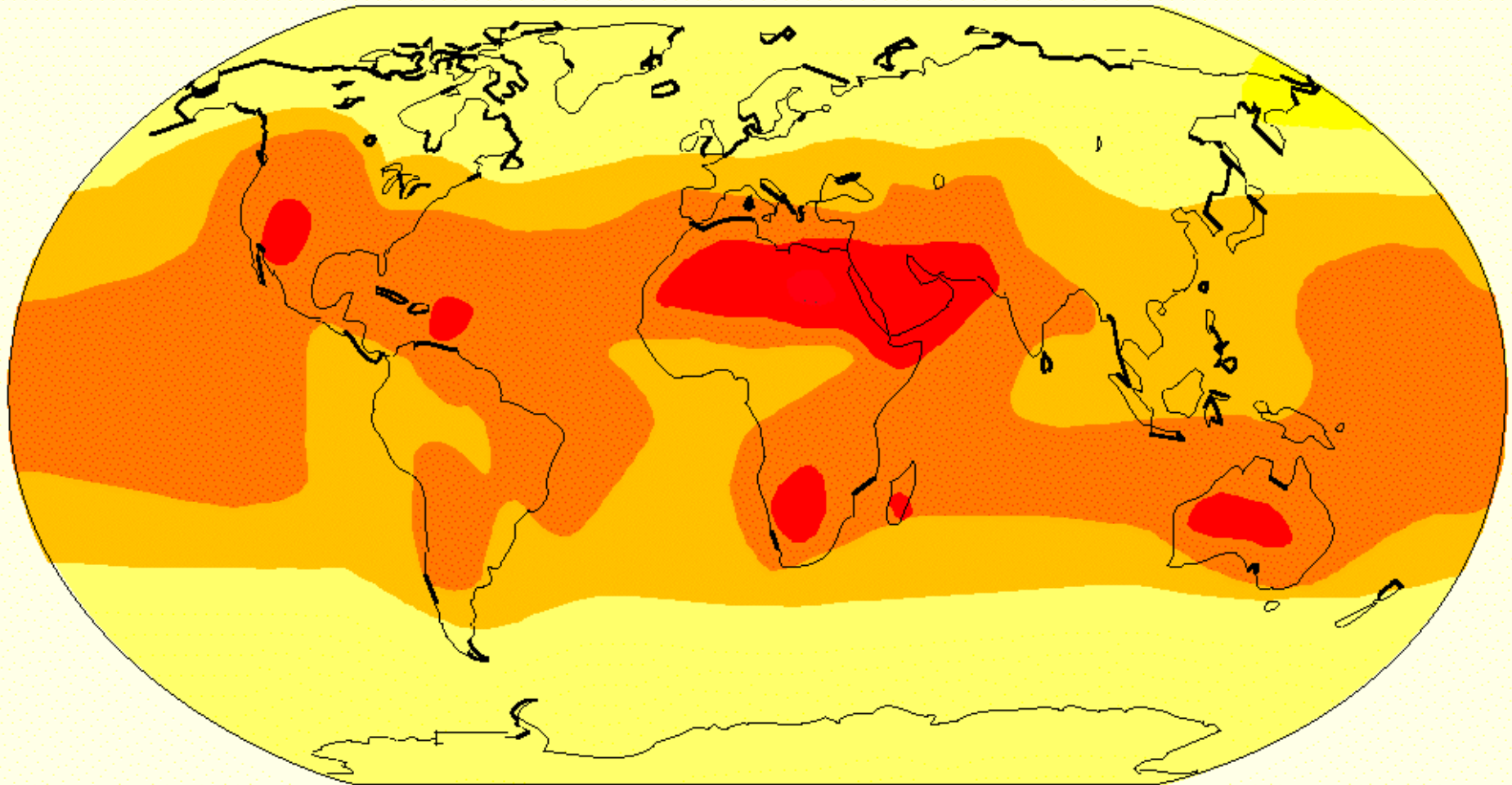
Solenergi: Vår største ressurs

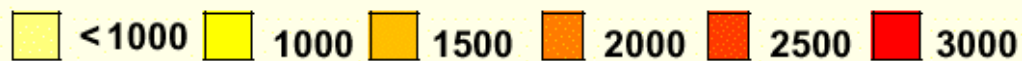


1 TW = 10^{12} W

Ole Martin Løvvik

Årlig solinnstråling



 <1000 1000 1500 2000 2500 3000

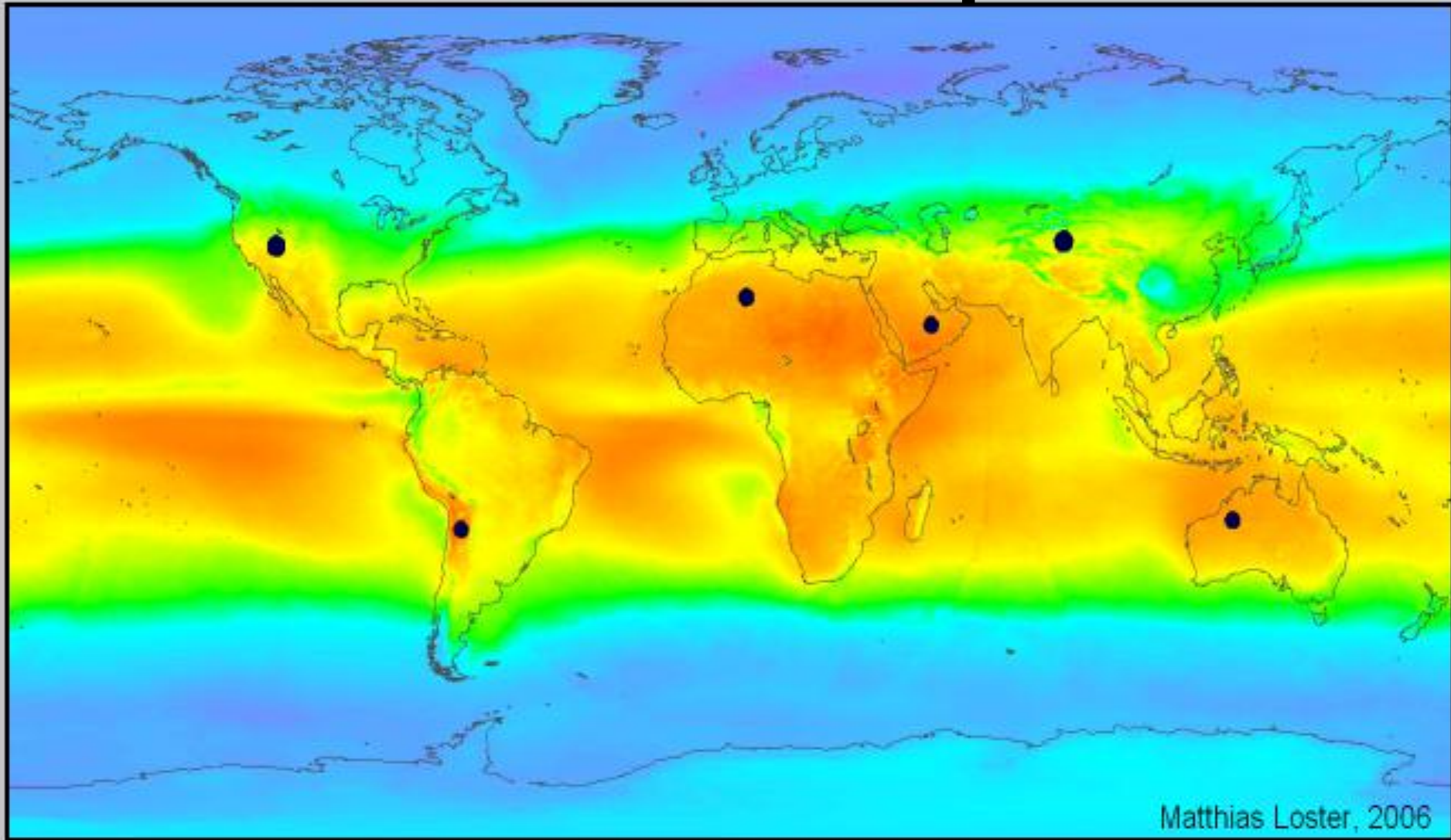
Årlig solinnstråling (kWh/m² år)

Ole Martin Løvvik

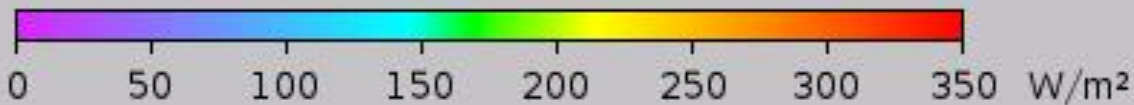
Areal som trengs for hele verdens energibehov:



... eller litt mer spredt:



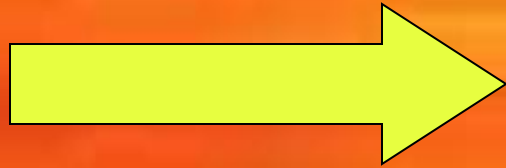
Matthias Loster, 2006



$\Sigma \bullet = 18 \text{ TWe}$

Ole Martin Løvvik

Solenergi



Lav kvalitet

- Termisk
 - ◆ Passiv (arkitektur)
 - ◆ Aktiv (solfangere)



Høy kvalitet

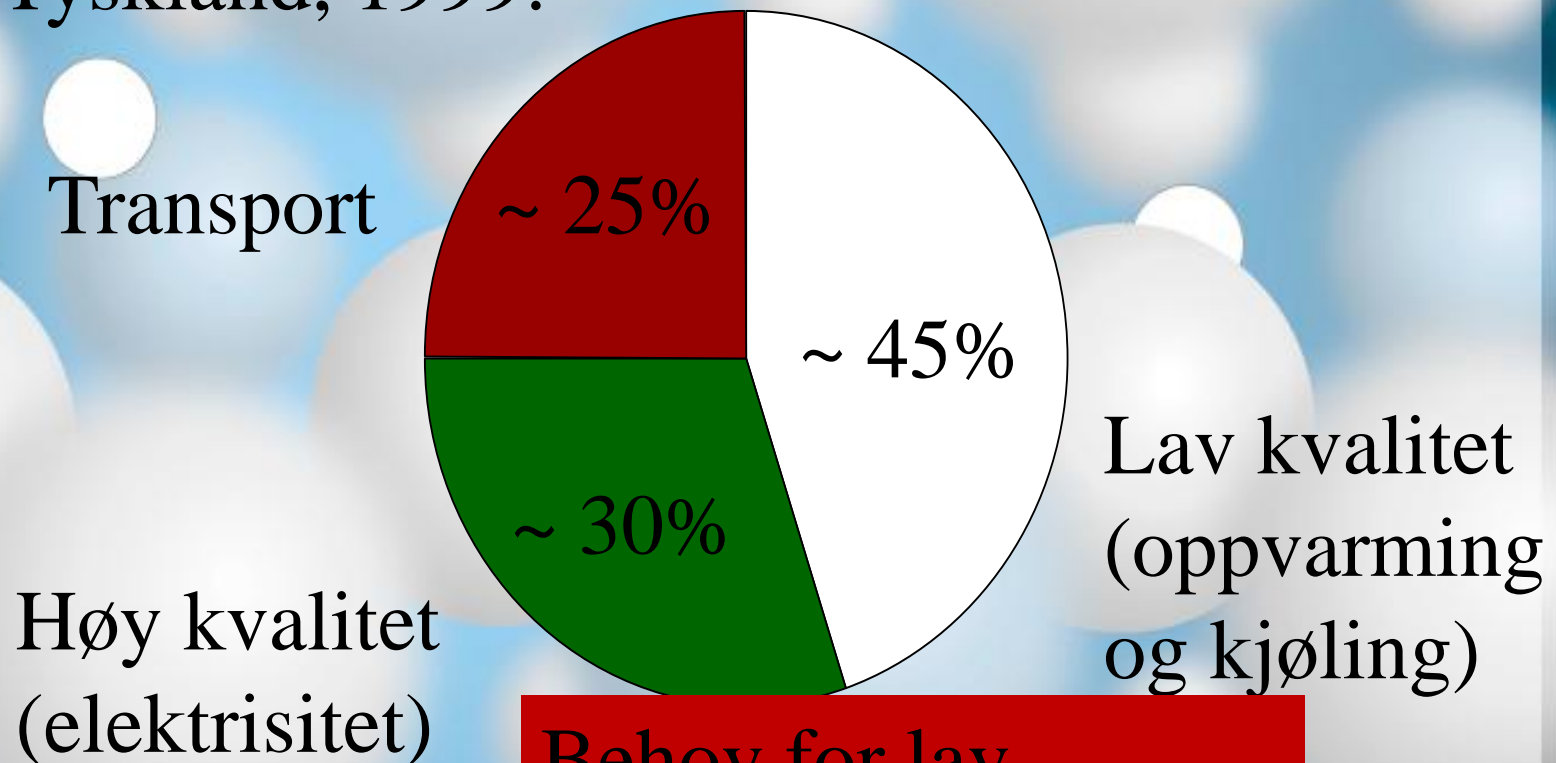
- Kvantisk
 - ◆ Fotovoltaisk (solceller)
 - ◆ Fotoelektrokjemisk
 - ◆ Direkte spalting av vann



- Biologisk
 - ◆ Biofotolyse (spalting av vann)

Hva slags energi trengs?

Tyskland, 1999:



Kilde: BMW, 2001

Behov for lav kvalitet: bruk lav kvalitet!

Ole Martin Løvvik

Grunnleggende termodynamikk

- 1. lov: energi (og masse) er bevart
- 2. lov: Energi går alltid fra en brukbar til en mindre brukbar form
- Mål på nytten av energi: eksergi.
- 2. lov: Eksergien er konstant eller minker
- Energi med høy kvalitet: høyt eksergiinnhold

Termosyfon – varmt vann er lettere enn kaldt vann

Kaldt vann fra en tank erstatter varmt vann i solpanelet.

Varmt vann fra panelet blir brukt som varmtvann.



Soloppvarmet vann i en bygård i Oslo (Klosterenga)



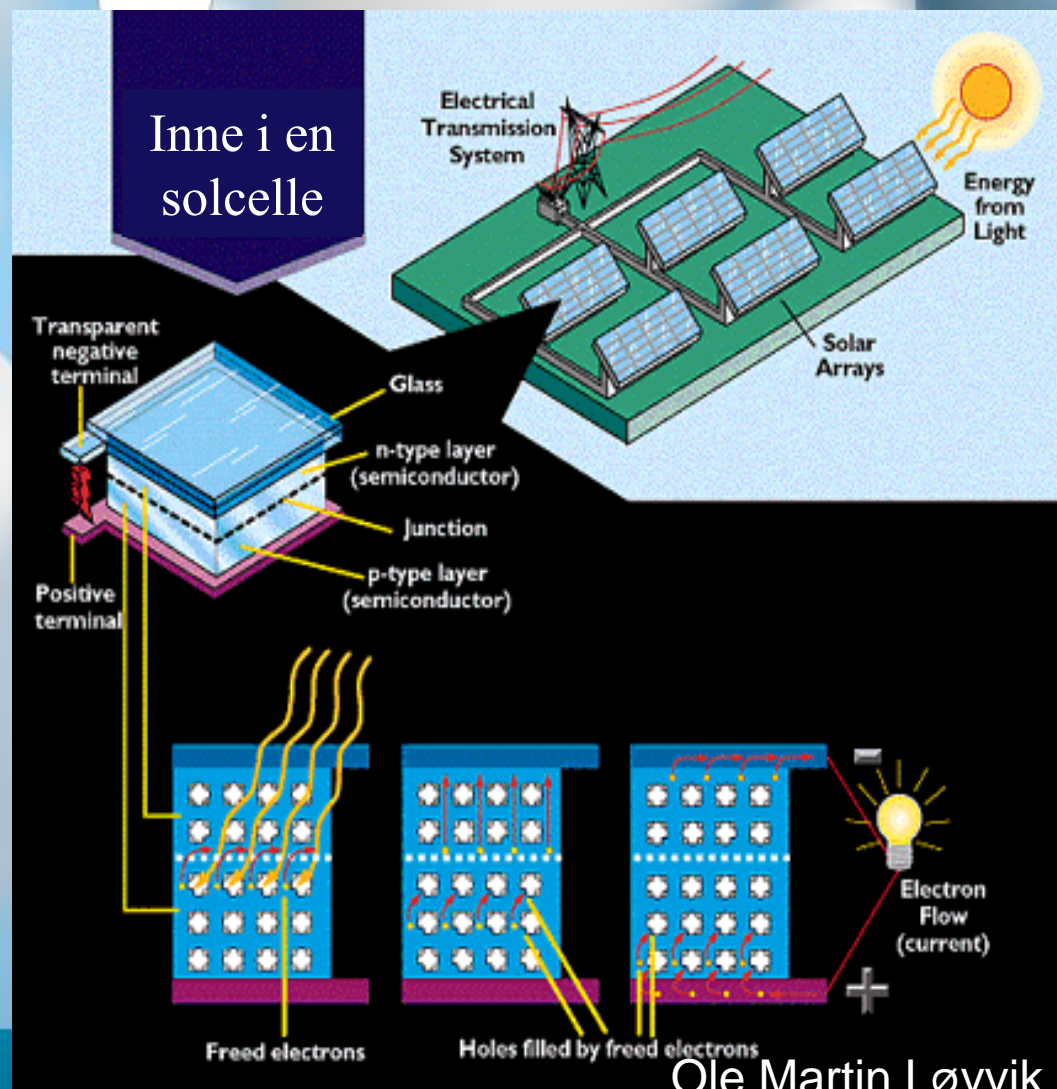
Vanlig hus i Norge med solfraksjon på 30%



Ole Martin Løvvik

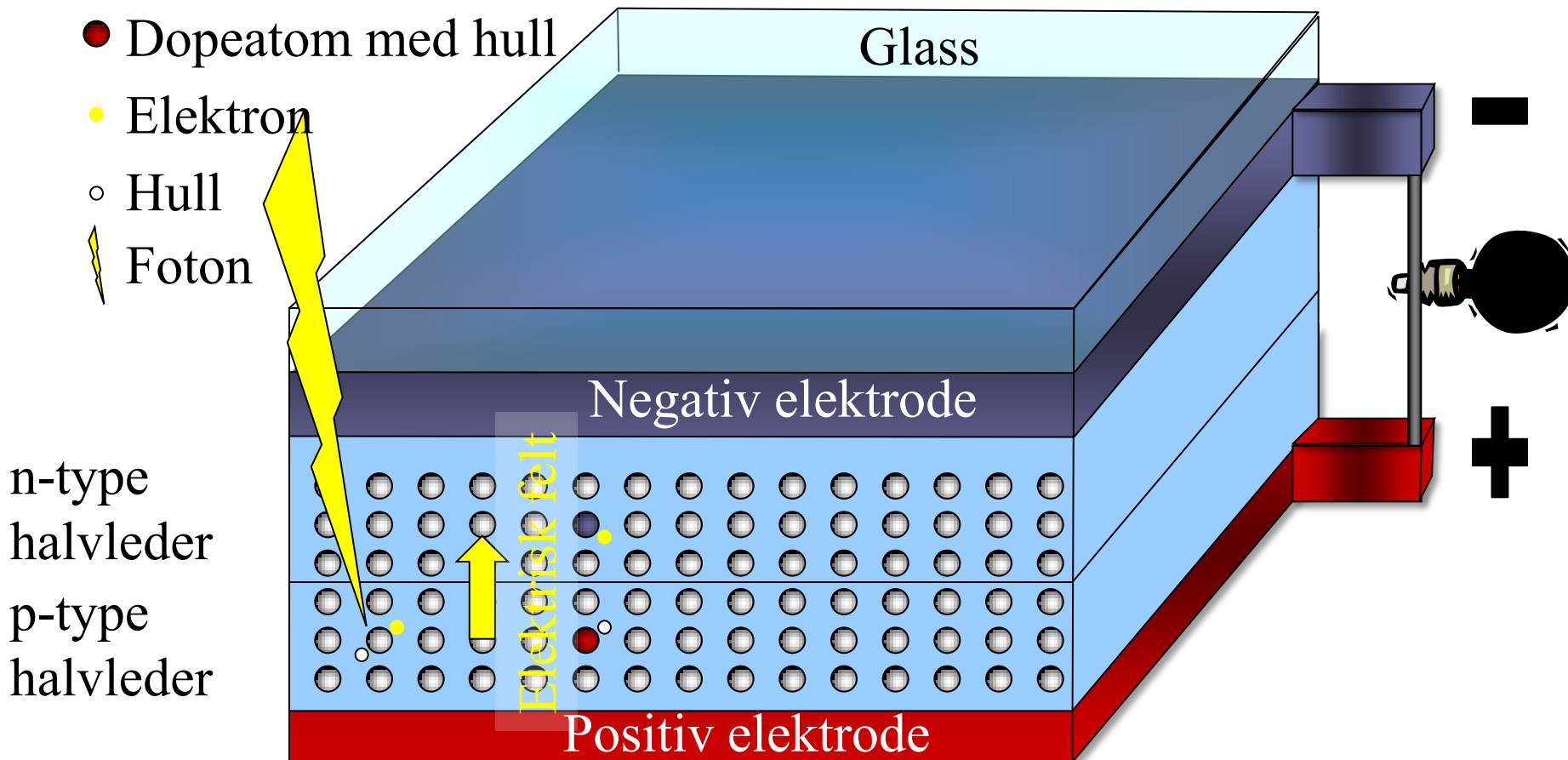
Elektriske solceller: strøm fra sola

- I dag: silisium
- Effektivitet opp til 25%
- Krever rene materialer
- Egnet ved nyetablering der avstand til strømnett er stor
- Etterhvert: storprodusent av elektrisitet
- Stor norsk industrisatsning

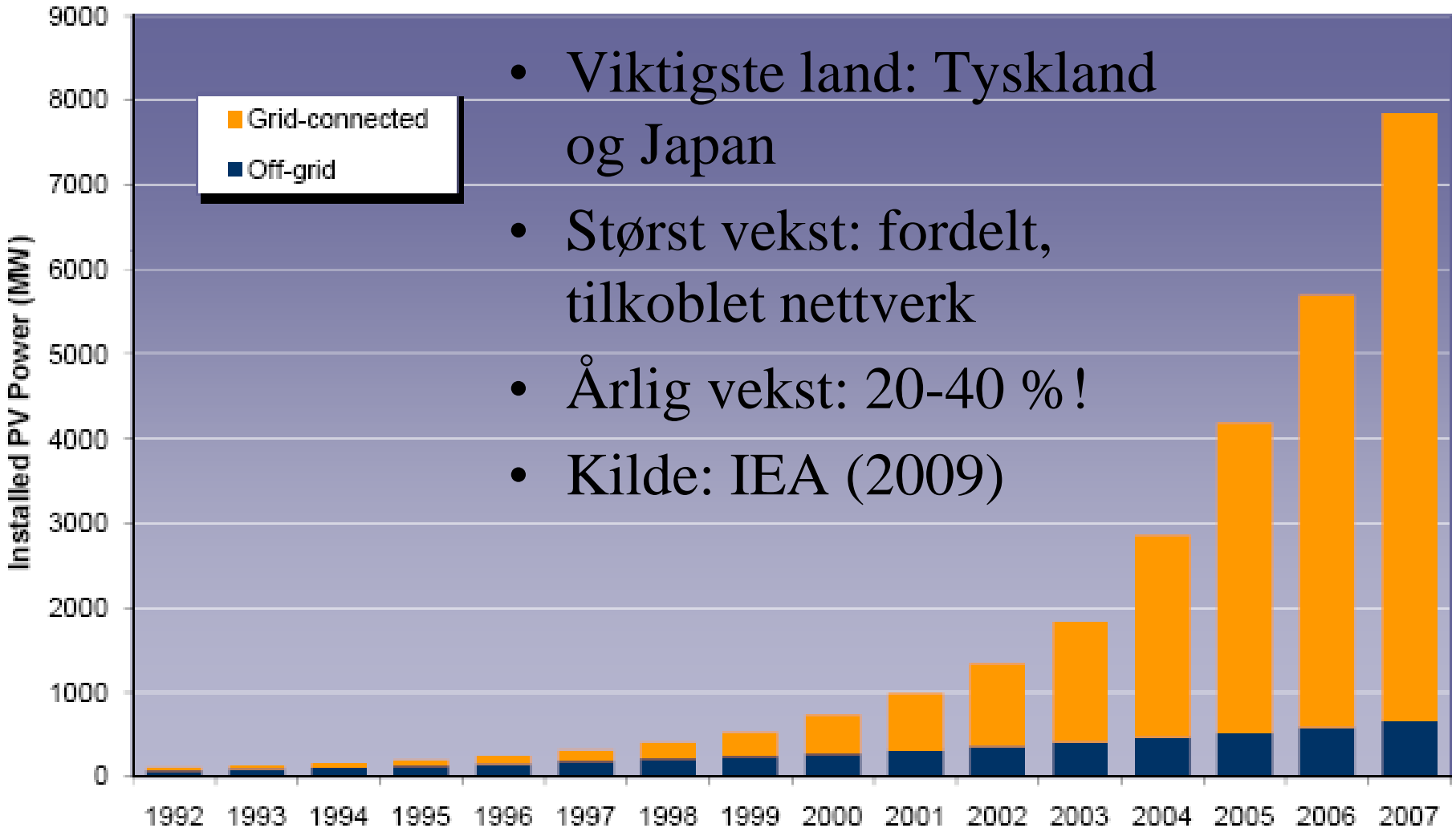


Inne i en solcelle

- Si-atom
- Dopeatom med ekstra elektron
- Dopeatom med hull
- Elektron
- Hull
- ⚡ Foton

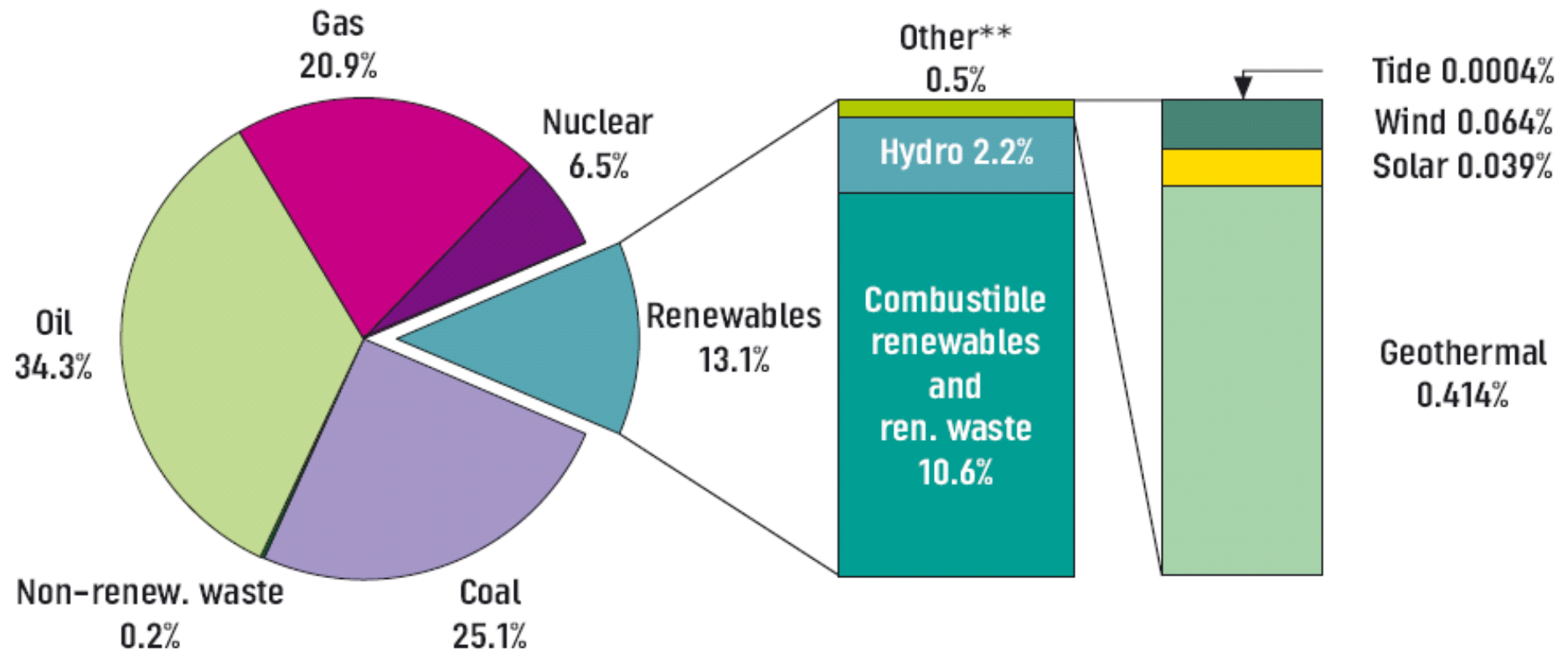


Kumulativ installert PV-kapasitet



- Viktigste land: Tyskland og Japan
- Størst vekst: fordelt, tilkoblet nettverk
- Årlig vekst: 20-40 %!
- Kilde: IEA (2009)

2004 Fuel Shares of World Total Primary Energy Supply*



* TPES is calculated using the IEA conventions (physical energy content methodology). It includes international marine bunkers and excludes electricity/heat trade. The figures include both commercial and non-commercial energy.

** Geothermal, solar, wind, tide/wave/ocean.

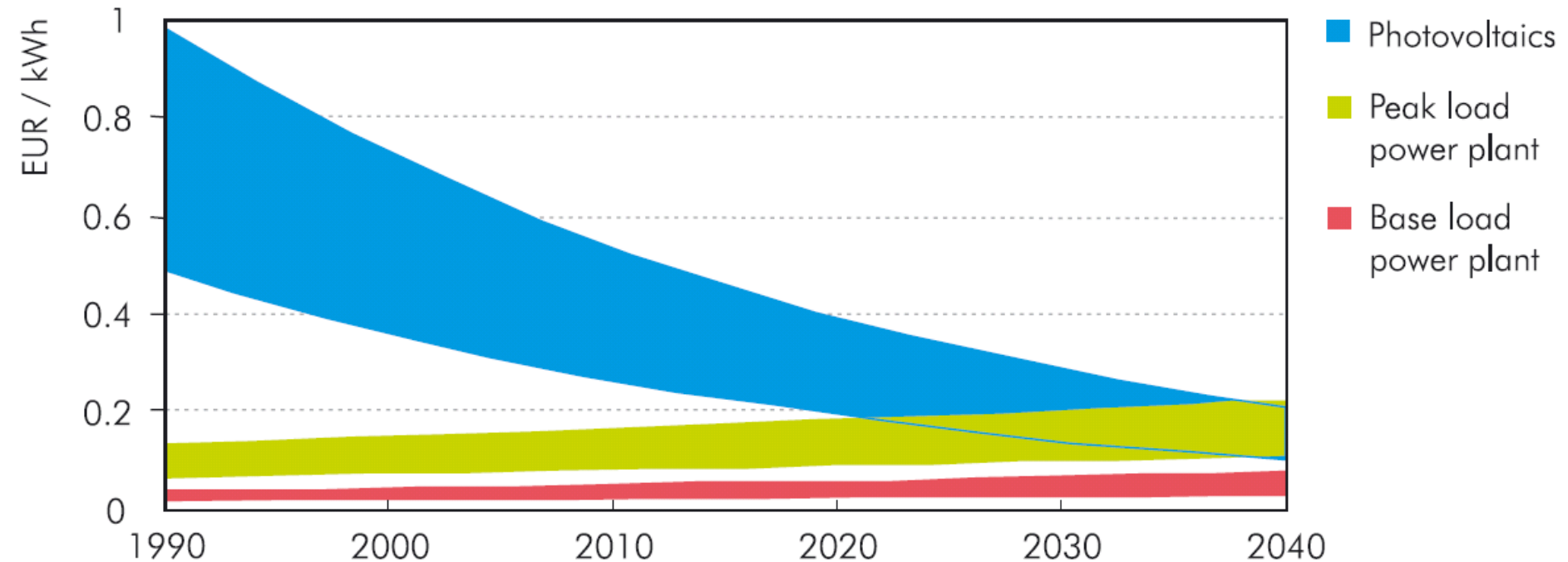
Totals in graph might not add up due to rounding.

Source: IEA Energy Statistics

Ole Martin Løvvik

Tid for solenergi til å nå 100 % med 25 % årlig vekst: 35 år.

Hvordan utvikler prisene seg?



Source: Hoffmann, 2001.

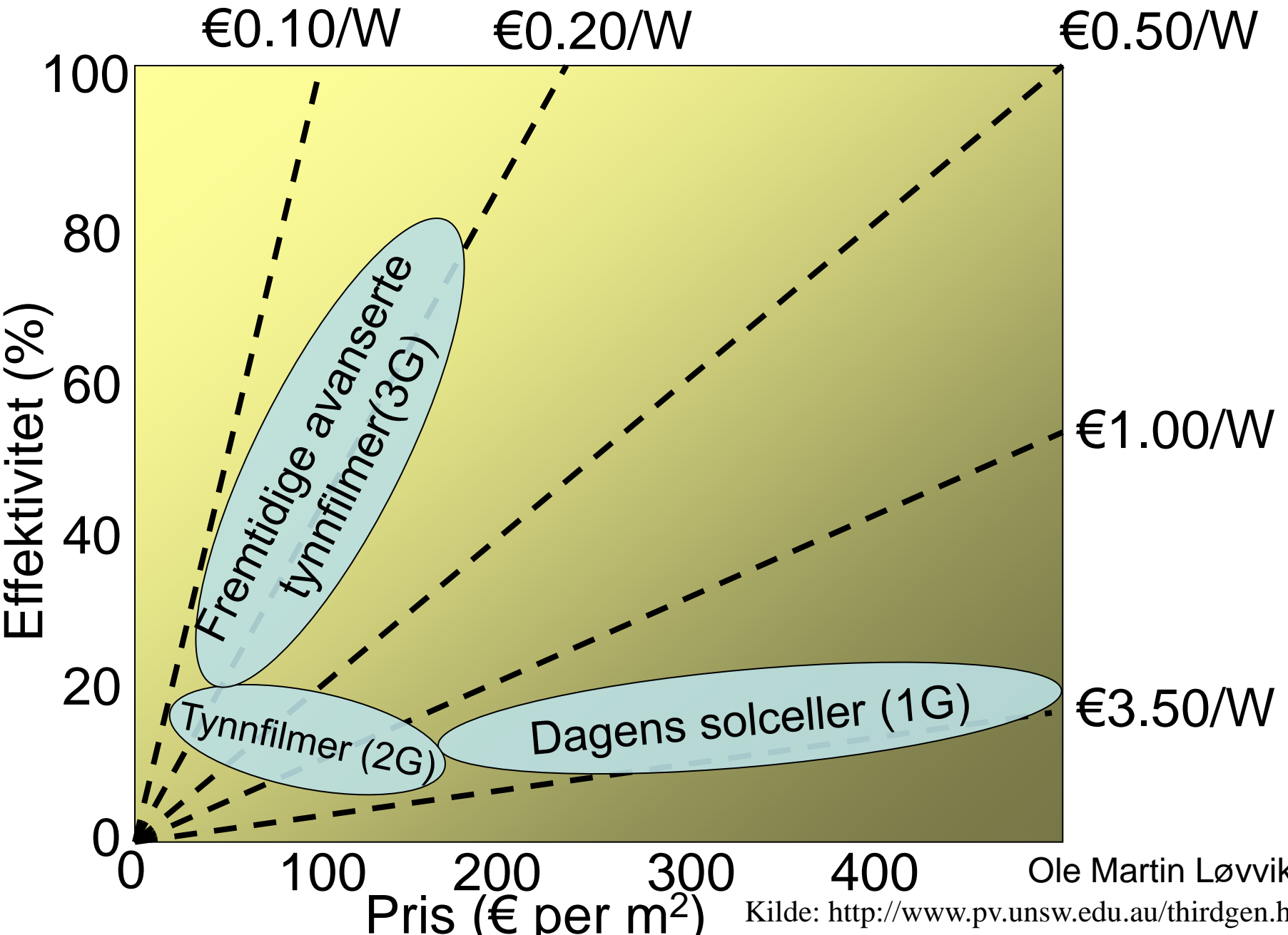
- PV-priser: synker og konvergerer
- Internasjonal handel
- Politikk er også viktig ...

Solceller fra andre materialer

- Avanserte tynnfilmer
- Halvledende plastmaterialer
- Celler med nanostruktur
- Celler med fargestoff
- Fotoelektrokjemiske celler
- Biofotolytiske celler
- Utfordringer: degradering, lav effektivitet, høy pris

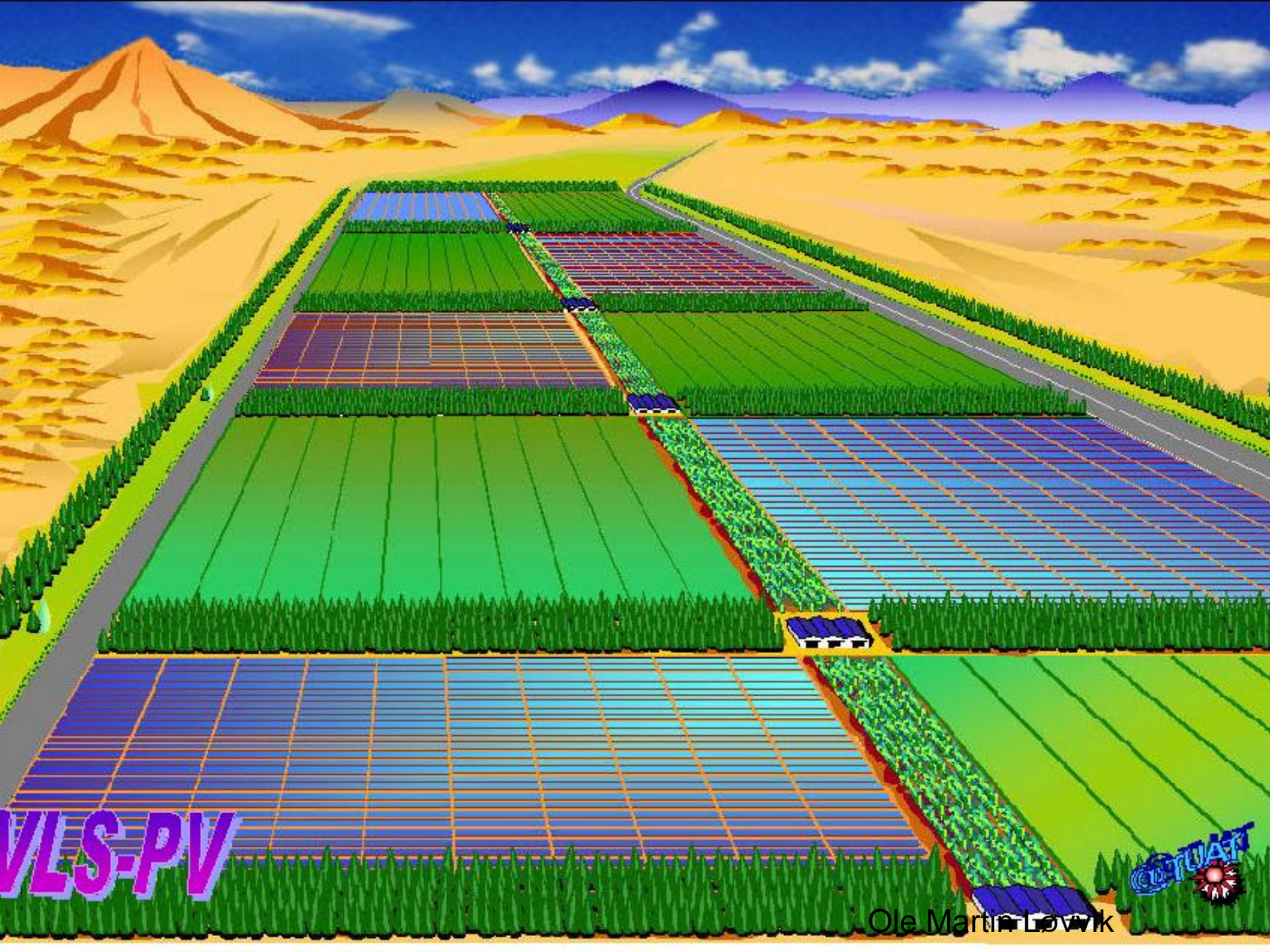


Effektivitet og pris - fremtidsutsikter



Ole Martin Løvvik

Kilde: <http://www.pv.unsw.edu.au/thirdgen.html>

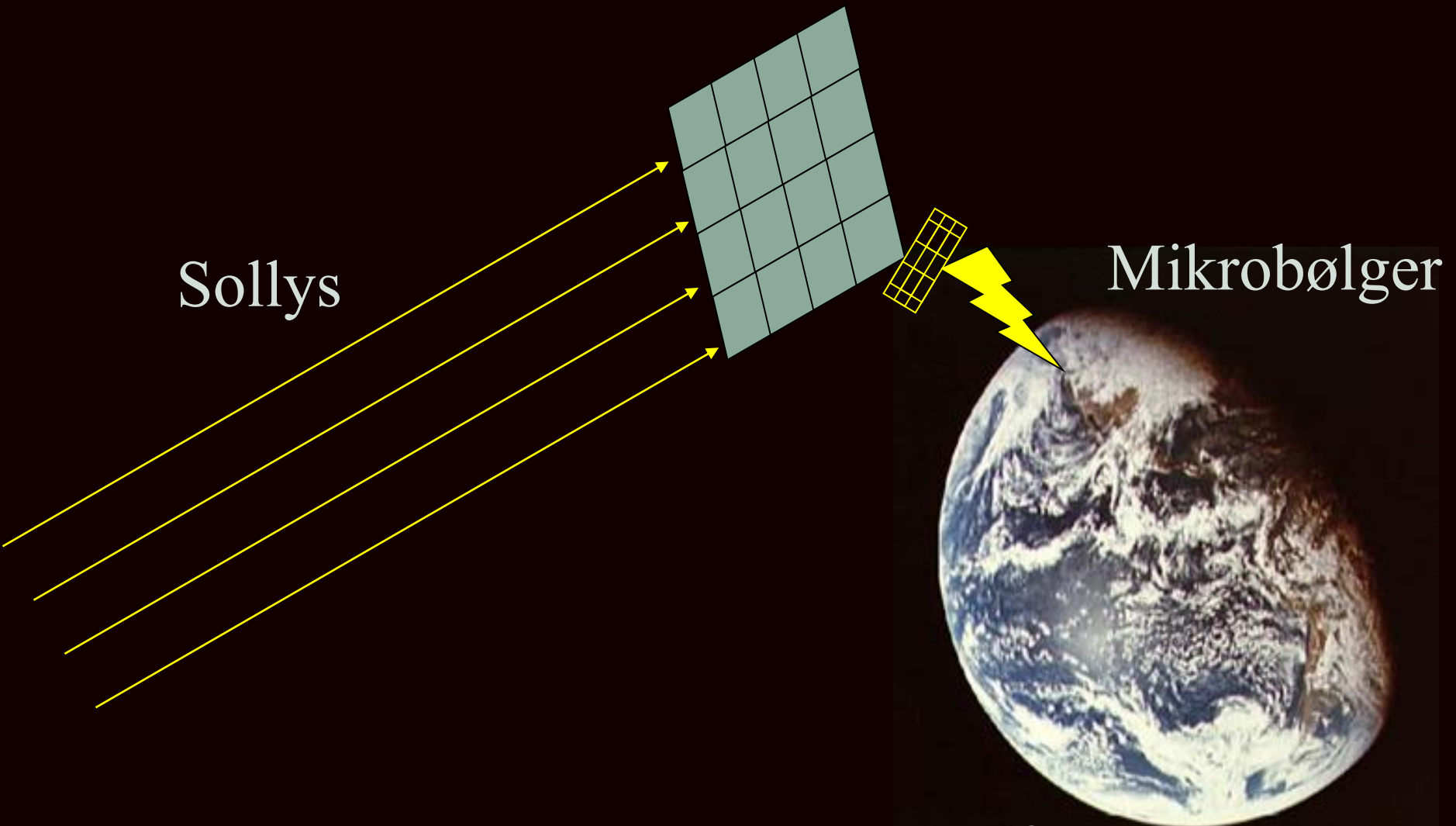


VLS-PV

Ole Martin Lowik



Solenergi fra satelitt



Konklusjoner

- På kort sikt: diverse kilder + sparing
- På mellomlang sikt: solenergi viktigst.
- På lang sikt: fusjon?
- Fokuser på energikvalitet
- Solpaneler: kilde til varmtvann og romoppvarming
- Solenergi: årlig vekst på 20-40 %.
- PV-solceller: allerede konkurransedyktige i avsides strøk
- PV kan bli den viktigste kilden til elektrisitet