

# Samarbeid og konkurranse i solcelleforskning

Turid Reenaas

Professor i fysikk, NTNU

[turid.reenaas@ntnu.no](mailto:turid.reenaas@ntnu.no)

# Litt om meg selv



Sivilingeniør i fysikalsk elektronikk i 1992



Doktorgrad i faststoff-fysikk (nanomaterialer) i 1997



Førsteamanuensis (og etter hvert professor) i energi- og miljøfysikk fra 2004



Forsker på en ny type solceller og -materialer, som ble oppfunnet så seint som i 1997



Drevet av et ønske om å «redde verden» med bærekraftige høyeffektive solceller

# Nye solcellekonsepter

(konkret: mellombåndsolceller, «*intermediate band solar cells*»)



Forskningen kan klassifiseres som **grunnforskning** i betydning at det er veldig langt igjen til kommersialisering/at resultatene tas i bruk av kommersielle aktører.



Forskningen handler i stor grad om å utvikle nye materialer: Man vet hvilke egenskaper som trengs, men ikke hvordan materialene skal lages og hva de bør bestå av.

De teoretiske modellene som brukes er ofte godt etablert.

# Cr, N doped TiO<sub>2</sub> thin films for intermediate band solar cells

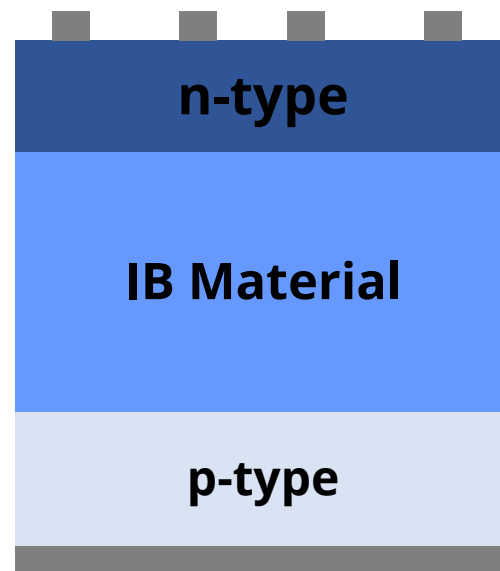
Hogne Lysne<sup>1</sup>, Thomas Brakstad<sup>1</sup>, Marisa Di Sabatino<sup>2</sup>, Katherine Inzani<sup>2</sup>, Morten Kildemo<sup>1</sup>, Sverre M. Selbach<sup>2</sup>, Randi Holmestad<sup>1</sup> and Turid Reenaas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Physics, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim

<sup>2</sup>Department of Material Science and Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim

- **Intermediate band solar cells**

Theoretically 50% higher efficiencies than conventional cells



- **Simple design and structure** in comparison to multi junction (MJ) cells: Only one additional layer compared to conventional solar cells. (A comparable 3J cell needs > 10 additional layers.)
- **Challenge:** The ideal IB material's composition still needs to be identified
- **Solution:** Use combinatorial techniques for materials fabrication

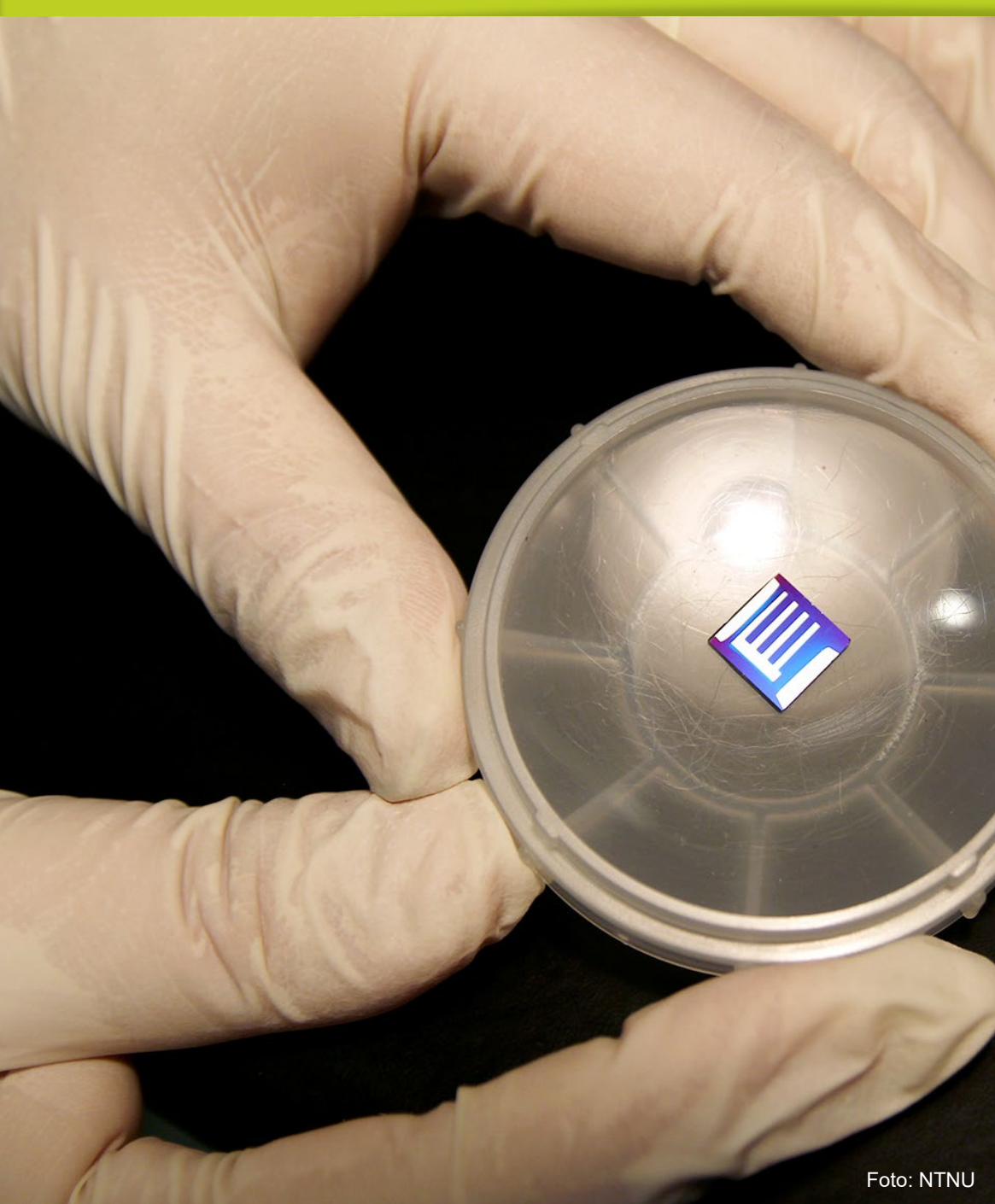


Foto: NTNU

# Er det mulig å jobbe alene som forsker på dette området?

Både ja og nei.

Om man jobber teoretisk (simulering av materialer og komponenter), så er det enklere, men også da baserer du deg på hva andre har kommet fram til tidligere.

Nær umulig å komme på fundamentale konsepter/ mekanismer som ingen har tenkt på tidligere.

# Forskning er å bygge “stein på stein”

- Virkemåten til solceller forstått på 1800-tallet
- Solcelforskningen startet på 1930-tallet
- Første (silisium) solcelle med en akseptabel effektivitet ble laget på 1950-tallet
- Silisium-solceller er ble en relativt moden teknologi først på 2020-tallet
- ... men det gjenstår fortsatt mye forskning, spesielt innen nye solcellekonsepter

# Man kan likevel lære av andre

Søk i databaser med vitenskapelige publikasjoner etc siste 100 år

| Søkeord              | Antall publikasjoner            |
|----------------------|---------------------------------|
| solcelle             | 240 000 (218 000 etter år 2000) |
| silisium             | 900 000 (616 000 etter år 2000) |
| solcelle OG silisium | 18 700 (15 700 etter år 2000)   |
| solcelle OG tynnfilm | 12 200 (11 500 etter år 2000)   |
| solcelle OG organisk | 34 600 (33 900 etter år 2000)   |

Overflødigshorn eller kaos?

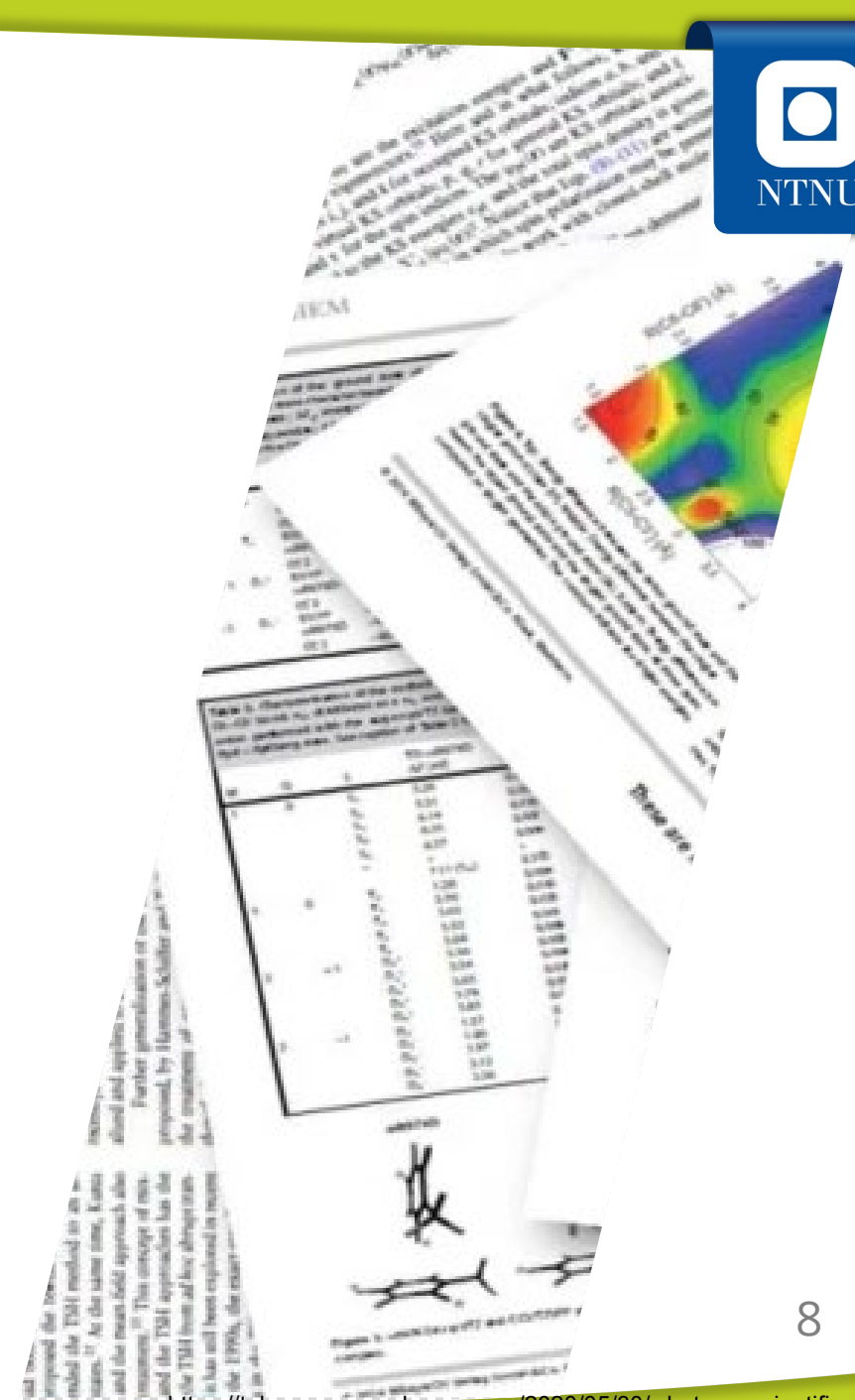


Cornelis de Vos, Public domain, via Wikimedia Commons

# Er antall publikasjoner et mål på framskritt?

Det er et moderne fenomen at professorer er sett på som «produsenter», som skal evalueres ut fra bl.a. hvor mange publikasjoner vi «produserer».

Kvantitet er dessverre blitt viktige enn kvalitet for mange, men heldigvis ikke for alle.





# Ikke alle steiner kan legges oppå hverandre

Når nye materialer skal utvikles forskes det bredt på «alle mulige» metoder å lage materialet på, og ulike metoder gir ulike egenskaper.

Til å begynne med: Samme hva man gjør/får så er det noe nytt, et nytt resultat.



## Tenk utenfor boksen

Ofte kommer gode ideer når man tenker «utenfor boksen», og fanger opp ideer fra andre fagområder eller andre anvendelser.

# Titan-dioksid, $\text{TiO}_2$

- *Nylig forbudt å putte i mat, tannkrem etc.*
- Foreslått brukt bl.a. i fotoelektrokjemiske celler, som skal lage hydrogen av vann ved hjelp av sollys og «fargestoff»-solceller, som det ofte er **material-kjemikere som forsker på**

| Søkeord                              | Antall publikasjoner |                         |
|--------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| $\text{TiO}_2$                       | 160 000              | (150 000 etter år 2000) |
| $\text{TiO}_2$ OG solcelle           | 11 300               | (11 000 etter år 2000)  |
| $\text{TiO}_2$ OG fotoelektrokjemisk | 6 500                | (6 000 etter år 2000)   |
| $\text{TiO}_2$ OG mellombånd         | 2                    | (i 2012 og 2014)        |

# Forskningen steg for steg - 1

Etter at man har funnet ut hva man vil forske på/hvilken materialtype/-klasse man vil prøve å lage, basert på litteraturstudier:

1. Velg materialframstillingsmetode
  - valget gir et sett med begrensinger og muligheter
2. Skaff penger til utstyr

# Forskningen steg for steg - 2

3. Finn ut nøyaktig hvilket materiale man skal lage
  - Ta utgangspunkt i ønskede egenskaper og hva som er kjent for ulike materialer fra før (fra teori og/eller eksperimenter)
4. Skaff finansiering til å ansette doktorgradsstudenter eller «post doktorer» til å gjennomføre arbeidet
5. Lag detaljert plan for hvordan materialet skal lages «fra A til Å»
  - hva skal materialet lages på, hvordan skal underlaget prepareres, hvilken bakgrunnsgass, temperatur etc. skal vi bruke, hvilken laserintensitet, gjør risikovurdeinger/HMS ++
  - Planlegg ulike serier med eksperimenter hvor ulike parametere varieres systematisk
  - Veldig mye forarbeid (prøving og feiling) før man er klar til å lage materialene

# Forskningen steg for steg - 3

6. Undersøk om du endte opp med det materialet du hadde planlagt
  - sammensetning, optiske og elektroniske egenskaper etc, gjerne i samarbeid med eksperter nasjonalt og i utlandet
  - Gi feedback til forskere som har gjort simuleringer av materialeegenskapene
7. Gjør modifiseringer i framstillingen (gjentatte ganger)

# Forskningen steg for steg - 4

8. Lag enkle komponenter (solceller) og test egenskapene
9. Gjør eventuelt simuleringer av solcellenes egenskaper
10. Publiser resultatene, snakk om dem i skolebesøk og gjør populærvitenskapelig formidling (søk evt. om patenter)
11. Start ny runde med å søke om finansiering av forskningen

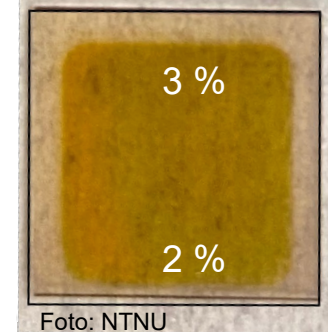
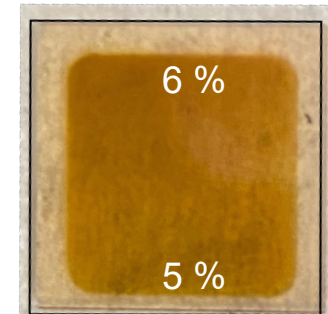
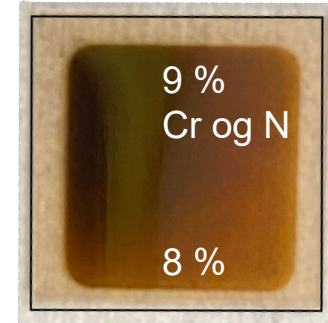
# Mellombåndsolceller basert på $\text{TiO}_2$

Vi på NTNU tar utgangspunkt i de to artiklene som er publisert og egne simuleringer av material-egenskapene av **krom- og nitrogendopet  $\text{TiO}_2$** .

Vi bruker en forbedret variant av eksisterende metoder til å lage materialene.

Vi holder i disse dager på å skrive ferdig to publikasjoner om egenskapene til de nye materialene vi har laget.

Da dobler vi antall publikasjoner på verdensbasis. 😊



400 nm tykke  $\text{TiO}_2$  tynnfilm  
deponert på  $1 \times 1 \text{ cm}^2$  biter  
av  $\text{LaAlO}_3$ ,  
med varierende  
mengde Cr og  
N (2 – 9 %).

Jo mørkere  
farge, desto  
mer lys  
absorberes og  
desto mer  
strøm kan  
leveres av  
solcella.

Foto: NTNU



# Nettverksbygging

- For å dele resultatene og tenke nytt er det gunstig å møte (og bli kjent med) andre forskere
- Forskning er en sosial aktivitet, selv om konkurranse også er viktig



# «OL i solcelle»

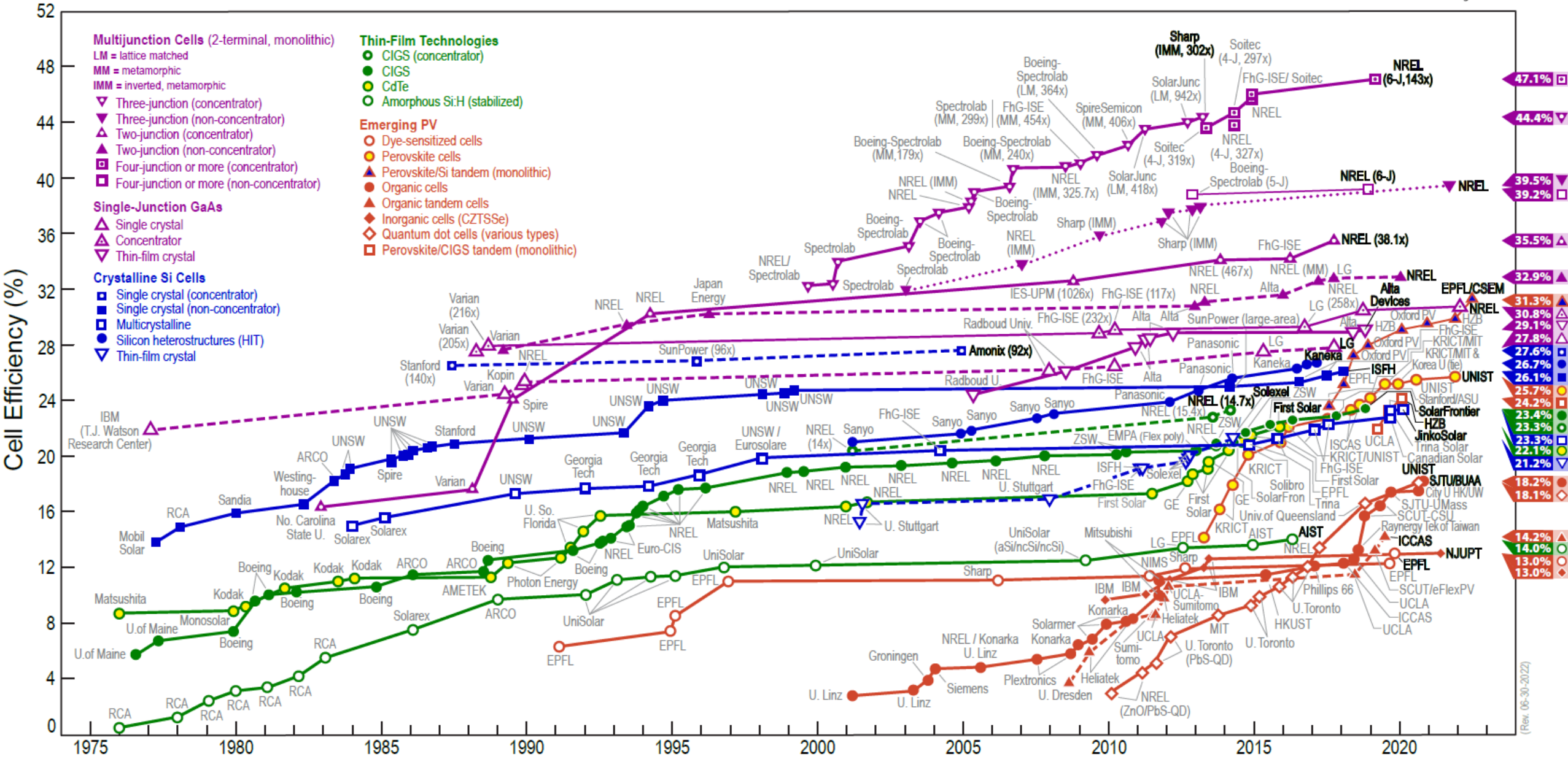
Ulike nasjonale og internasjonale lag konkurrerer om å lage verdens mest effektive solceller



wikipedia user Doma-w, CC BY-SA 3.0  
<<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons

# Best Research-Cell Efficiencies

<https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>



(Rev. 06-30-2022)

# Forskning på bærekraftige solceller

- Solceller man kan vinne «OL i solcelle» med, er ikke nødvendigvis bærekraftige
- Ikke alle forskere har fokus på menneske og miljø når de utvikler nye materialer og nye fremstillingsmetoder
- Industrien har strenge regler for hva som kan tas i bruk
- NTNU har etter en del skandaler tidligere fått sterkt fokus på HMS, for både studenter og ansatte



# Nobelprisen i fysikk i 2030?

Til de første som lager bærekraftige mellombåndsolceller med høy effektivitet?



# Takk for meg!



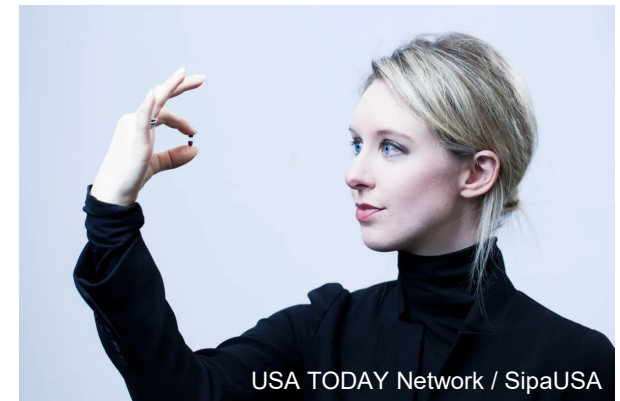
Av Theodor Kittelsen – 8QF8Wl1uWc69Q at Google Cultural Institute, zoom level maximum, Offentlig eiendom, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=29836828>

# Er alle forskere redelige?

- Nei, sorte får finnes selvsagt også i forskning
- Snarveier til penger, ære og berømmelse får nok enkelte til å være uredelige
- Press for å publisere
  - Tyveri av resultater
  - Uriktige forfatterlister
  - Tidsskriftene har tatt grep
- Forekommer selvsagt også i Norge



Paolo Macchiarani



Elizabeth Holmes