

Skadesundersøgelse af Lithium ion batterier

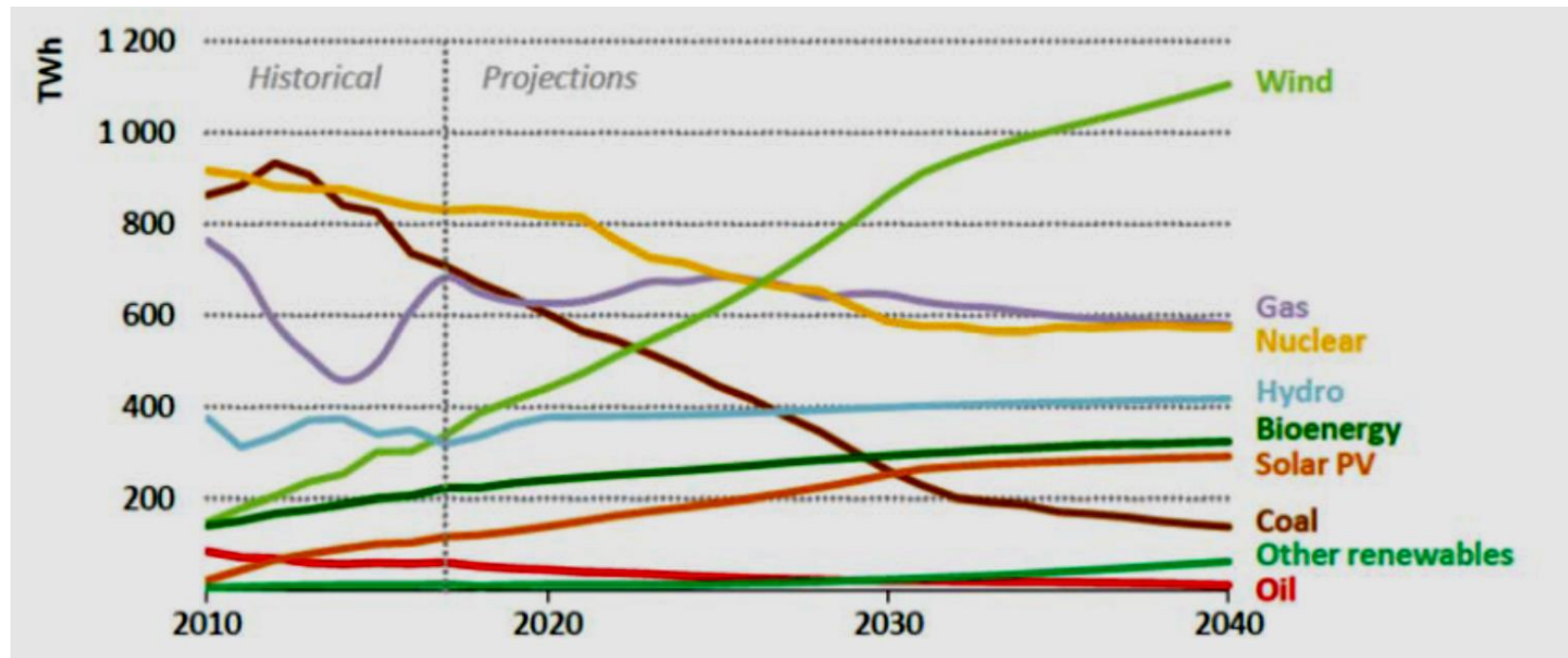
Trine Nybo Lomholt

TRNL @force.dk

Overblik

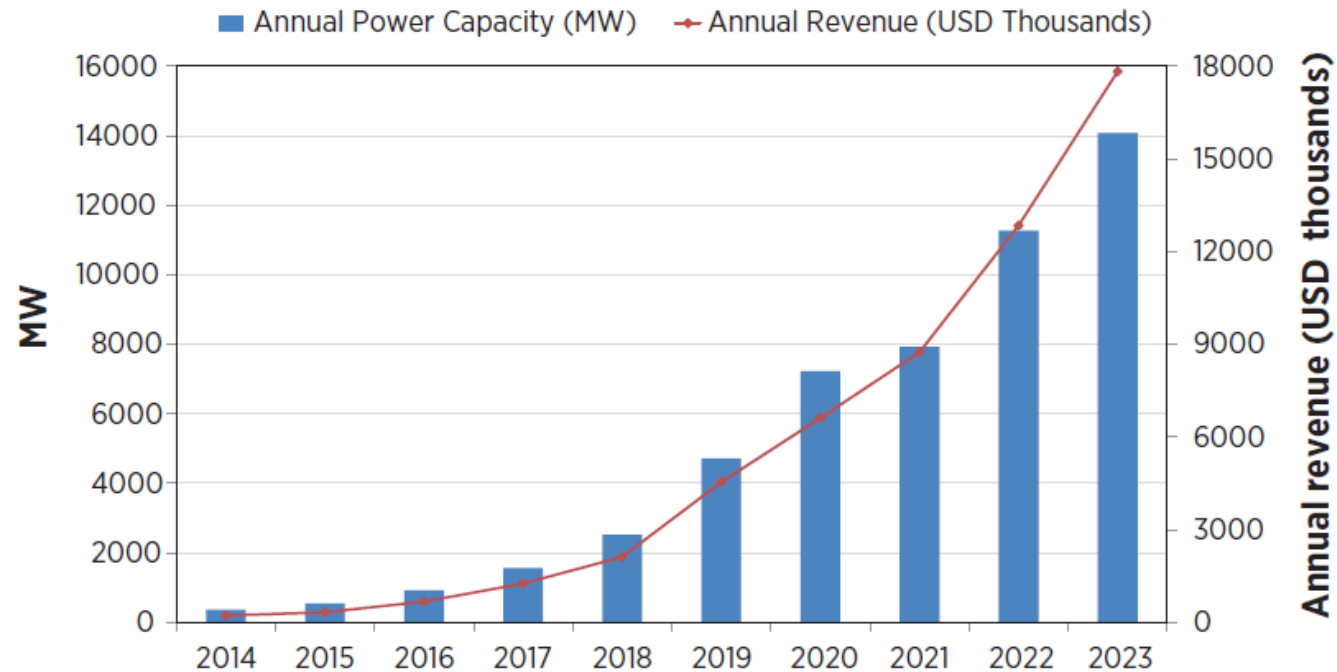
- Status på anvendelse af Lithium ion batterier
- Opbygningen af et Li ion batteri
- Typiske nedbrydningsmekanismer
- Cases
 - Accelererede levetidstest af batterier til space
 - Udskæring og karakterisering af batteri

Elproduktion i Europa – historisk og fremtidigt



Ref: New policy scenario / DTU Energy Whitebook "Energy storage technologies in a Danish and international perspective", March 2019

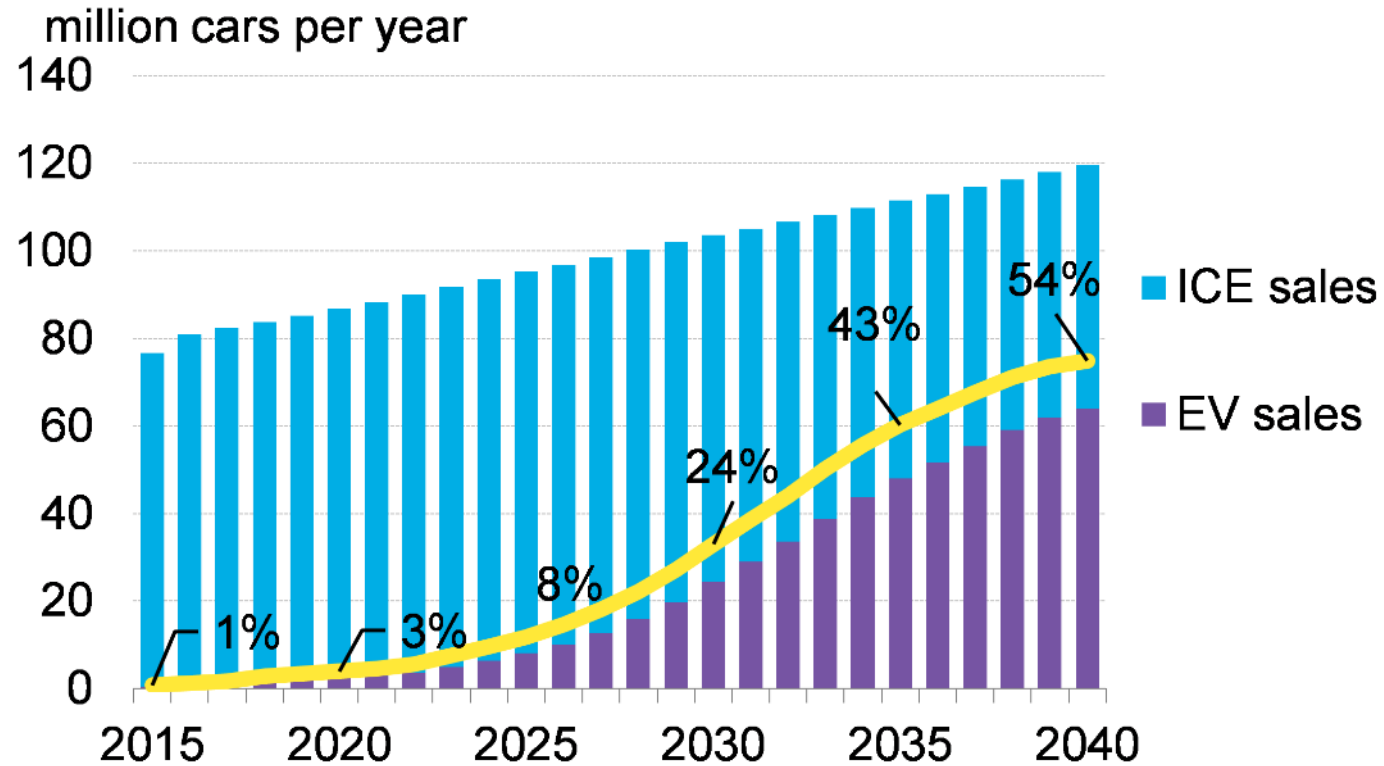
Forventet energilagring-kapacitet på verdensplan



International Renewable Energy Agency. IRENA Battery Storage Report, (2015).
http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA_Battery_Storage_report_2015.pdf



Massiv fremgang i salg af elbiler



Bloomberg New Energy Finance

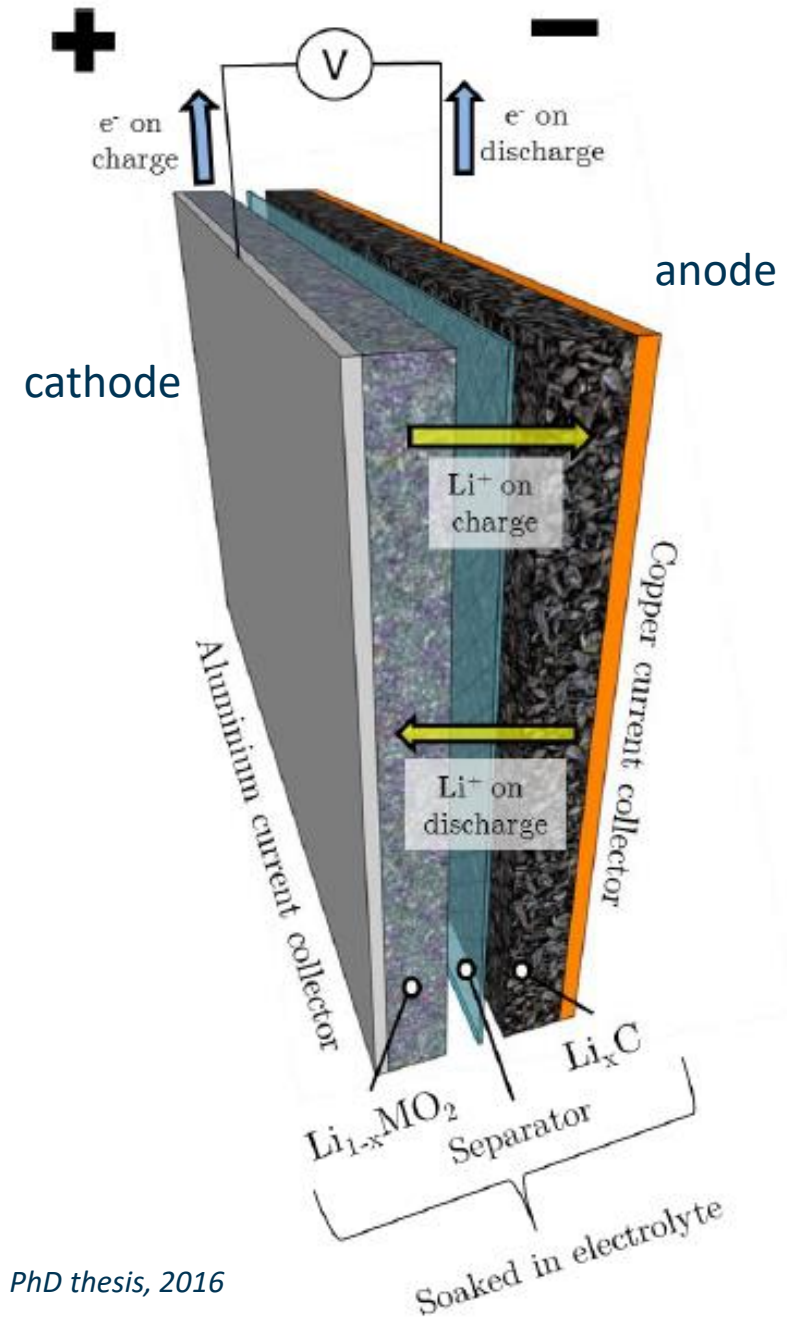
Opbygning af Li ion batteri

Typiske positive elektrodematerialer:

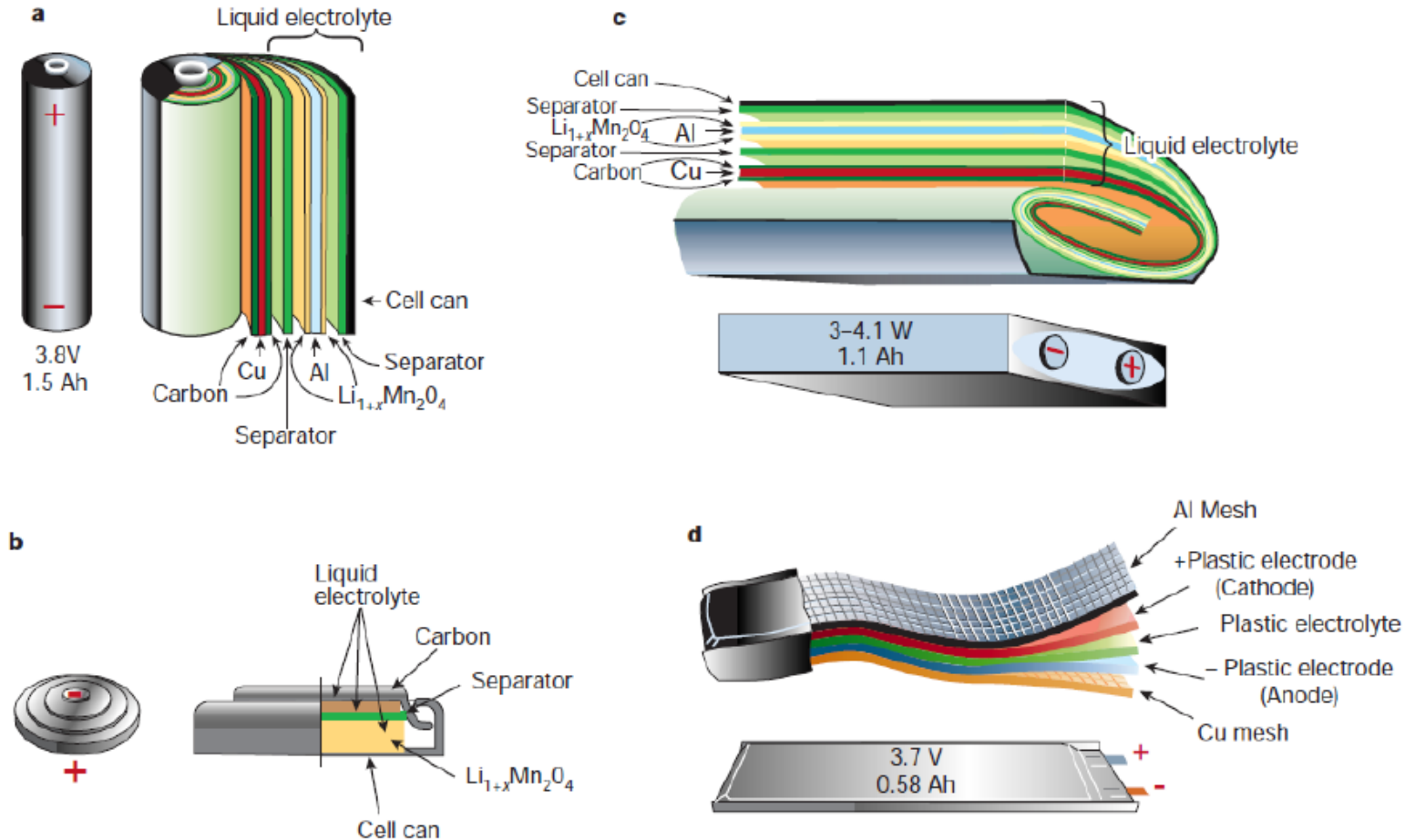
- LiCoO_2
- LiFePO_4
- $\text{LiNi}_{1-x-y}\text{Mn}_x\text{Co}_y\text{O}_2$
- LiMn_2O_4

Typiske negativ elektrodematerialer:

- Grafit



Mange typer design af Li ion batterier

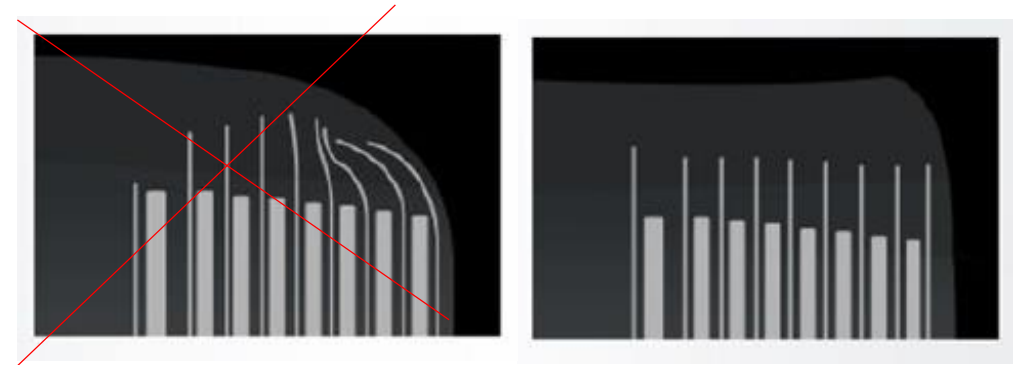


Samsung Galaxy note 7

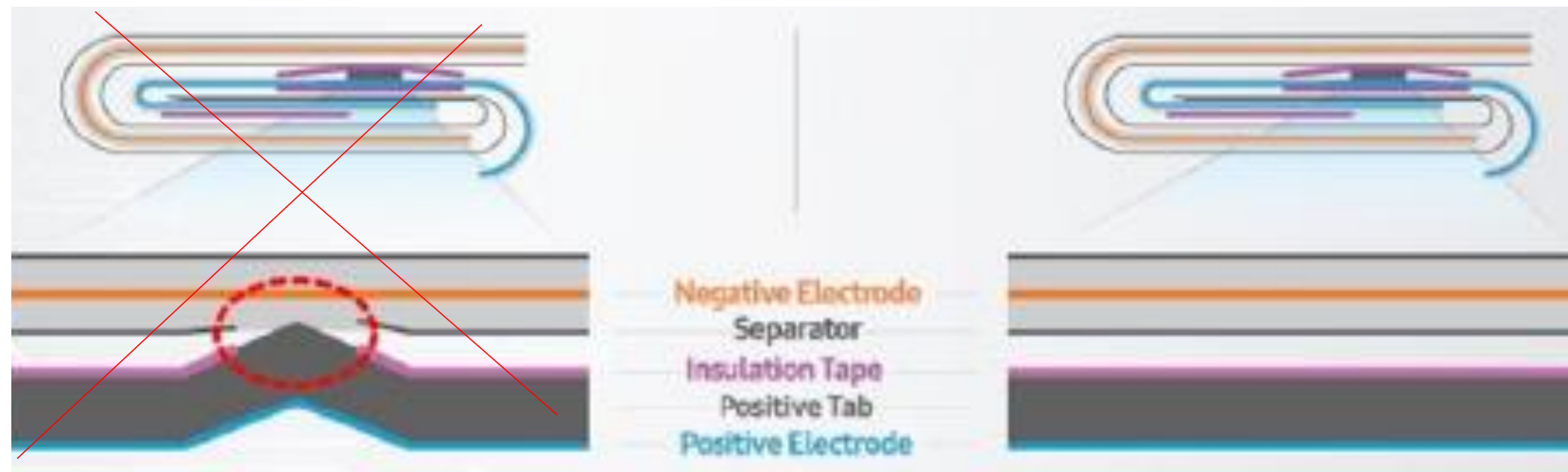
Designfejl (af flere omgange) batteri forårsagede spontan brandudvikling



Fejl 1

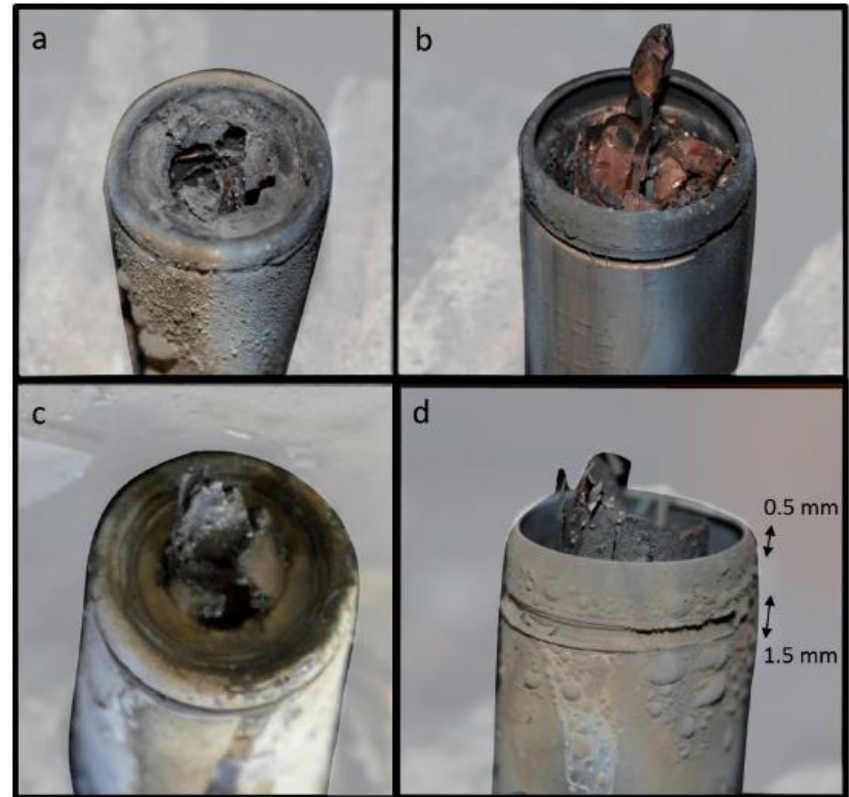


Fejl 2



Thermal runaway

- <https://www.youtube.com/watch?v=yhwPf7DTZ9o>

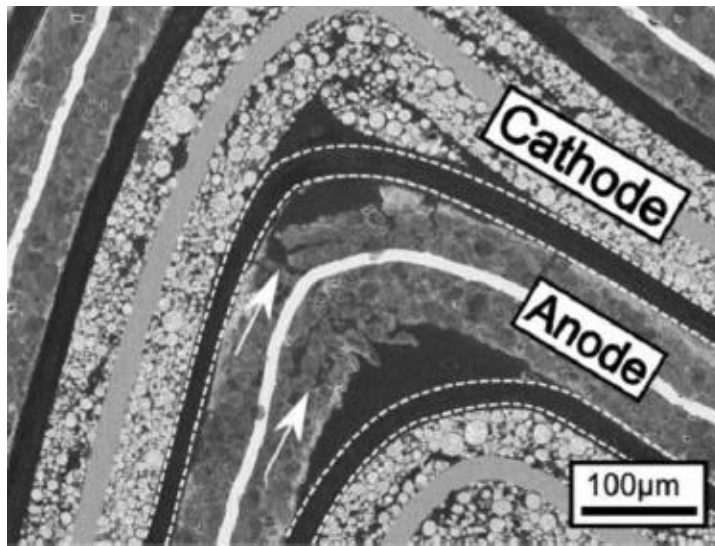


D.P. Finegan, Advanced Science, 2018, 5

Typiske fejl i et Li ion batteri

Reduceret kapacitet

- Øget modstand mellem elektroder
- Reduceret aktivitet af elektroder



Revner og defekter i elektroderne

Waldmann et. Al, J Elec Soc, 163 (2016) A2149

Ingen kapacitet

- Kortslutning mellem elektroder
- Afkobling mellem terminaler
- Fuldstændig dekomponering af aktive elektroder (fx pga overopladning)
- Eksponering ved ekstreme temperaturer



Spor efter lille kortslutning, hvilket har givet lille smeltet hul i separator.

Lithium-Ion Batteries Hazard and Use Assessment, C. Mikolajczak et. Al, Fire Protection Reserach Foundation, 2011

Hvordan kan man undersøge et (fejlet) batteri?

Ikke-destruktive metoder

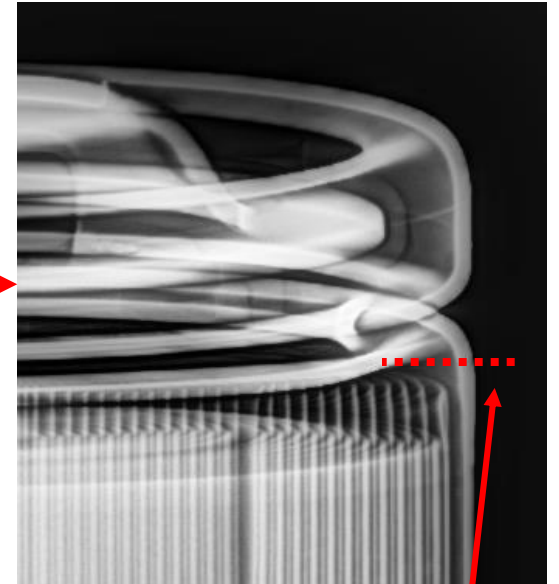
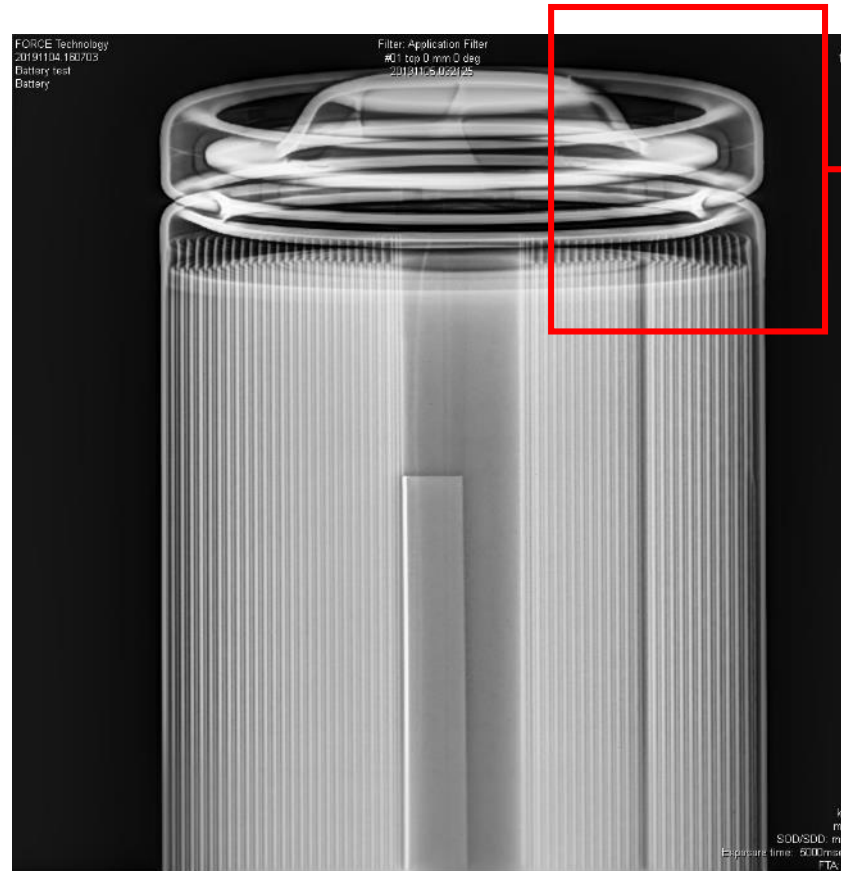
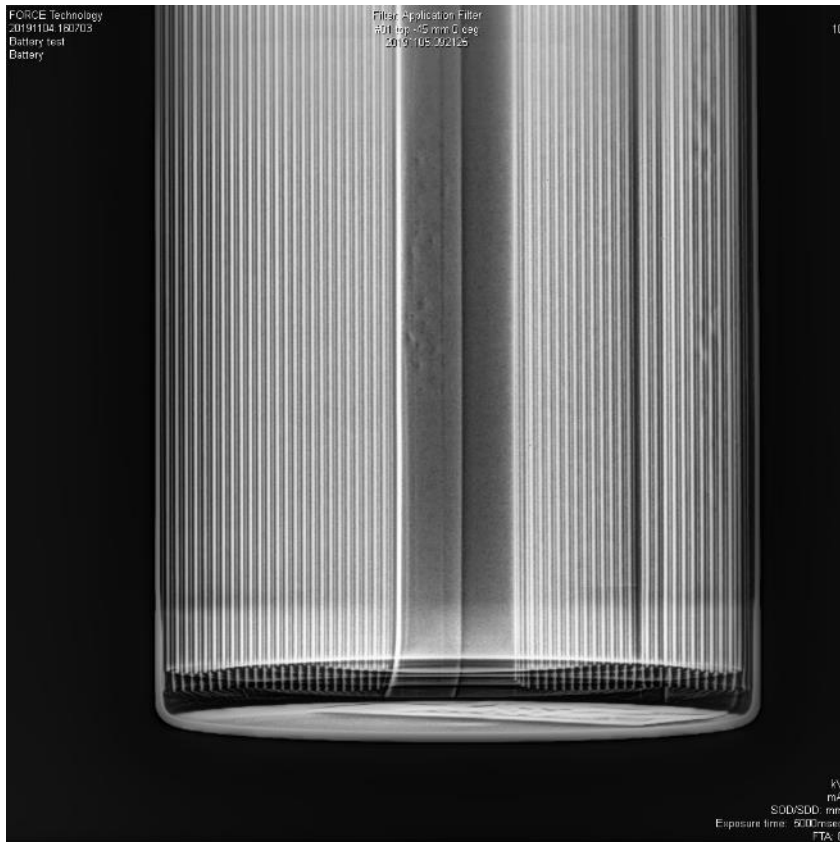
- Måling af strøm og spænding ved to forskellige pulser
 - kvantitativt billede af degradering.
- Elektrisk impedans spektroskopi (EIS)
 - flere informationer end blot strøm og spænding. Kræver for det meste et nyt batteri som reference.
- Cyklisk voltammetri (CV)
 - spænding rampes op og output måles. Giver indikation af degradering, men ikke præcis hvilken. Kompliceret metode.
- X-ray og CT
 - visuel undersøgelse – kan vise kortslutninger, revner i elektroder, volumen udvidelser el.lign. Typisk relativt store defekter.

Destruktive metoder

- Elektriske tests på individuelle elektroder
 - giver billede af enkelte elektrodens individuelle degradering.
- XRD af pulver afskrab fra elektroder eller hele elektrodeoverflader
 - Faseidentificering.
- SEM (+FIB)
 - generel karakterisering af elektroder; revner, SEI lag, sintring af overflader, dendritter, partikel størrelse etc.
- FTIR, XPS, SIMS, Raman etc.
 - faseidentifikation, diverse karakteriseringer af dele i batteriet inkl. Elektrolytten.
- Gaschromatografi
 - kemisk analyse.

Røntgen foto af Li ion batteri

Tilstandsvurdering efter accelereret levetidstest (simulere space anvendelse)



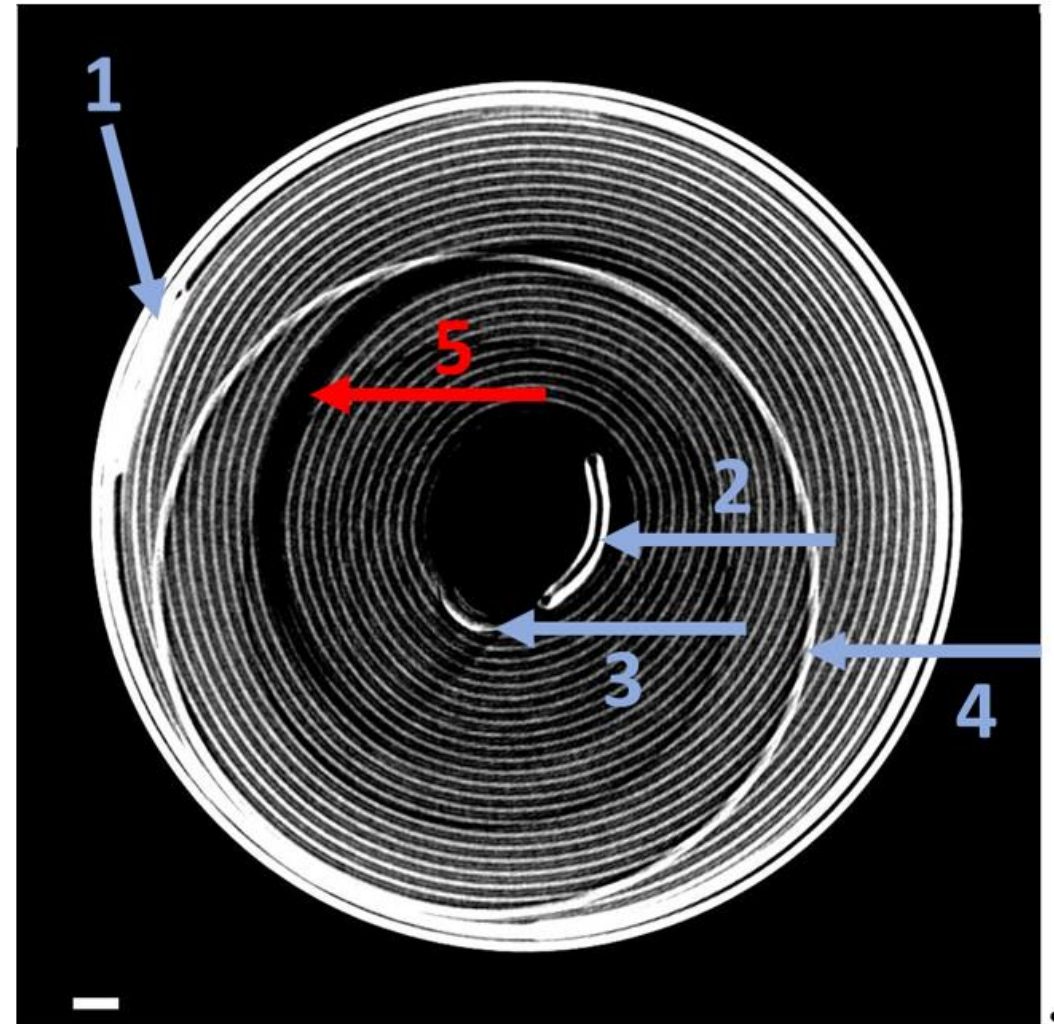
Sikker skæreposition

CT røntgen foto af Li ion batteri

1+2: Anode og katode ledere

3+4: Artefakter fra CT optagelse

5: Kan være defekt, skal undersøges nærmere



Sikkerhed ved opskæring af Li ion batteri

- Batteriet aflades helt
- Handskeboks med ren argon atmosfære (5-10 ppm O₂, <5 ppm H₂O)
- Dimethylcarbonat (DMC) bruges til at skylle elektrolyt af med
- Forud for udskæring, laves der røntgen fotos af batteriet, for at bestemme bedste placering af snit, hvor der ikke skæres i elektroder (risiko for kortslutning)
- Anbefales brug af keramisk værktøj
- Pas på udvikling af metalstøv, gnister og opvarmning af batteri under udskæring
- Anode + katode må ikke få kontakt (kortslutning)

Adskillelse af Li ion batteri

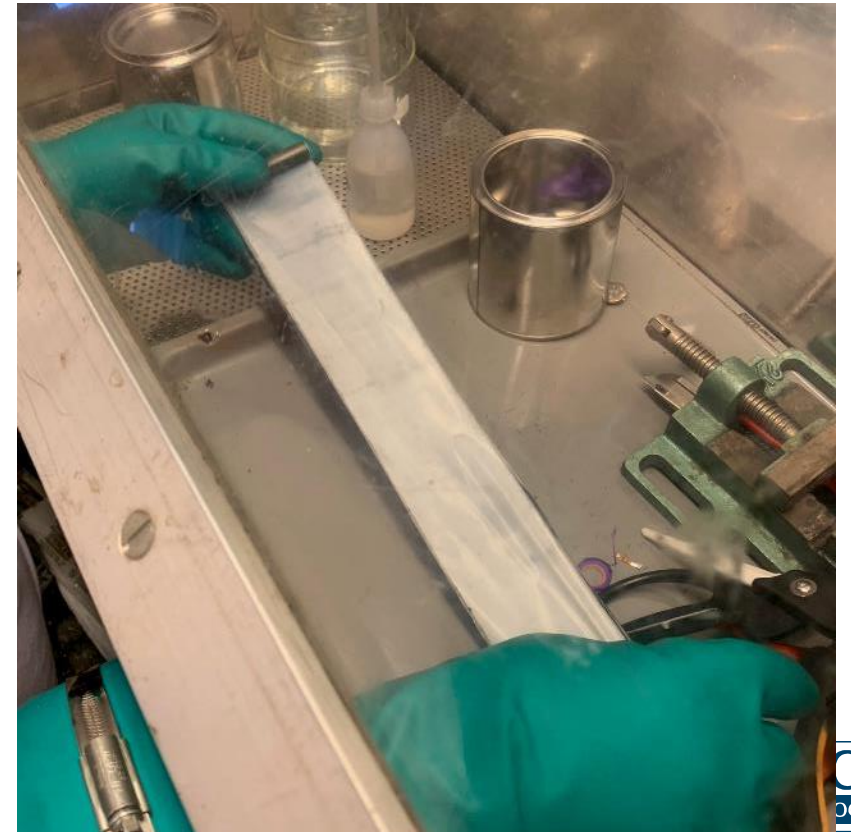
Rørskærer bruges til at skære det første runde snit



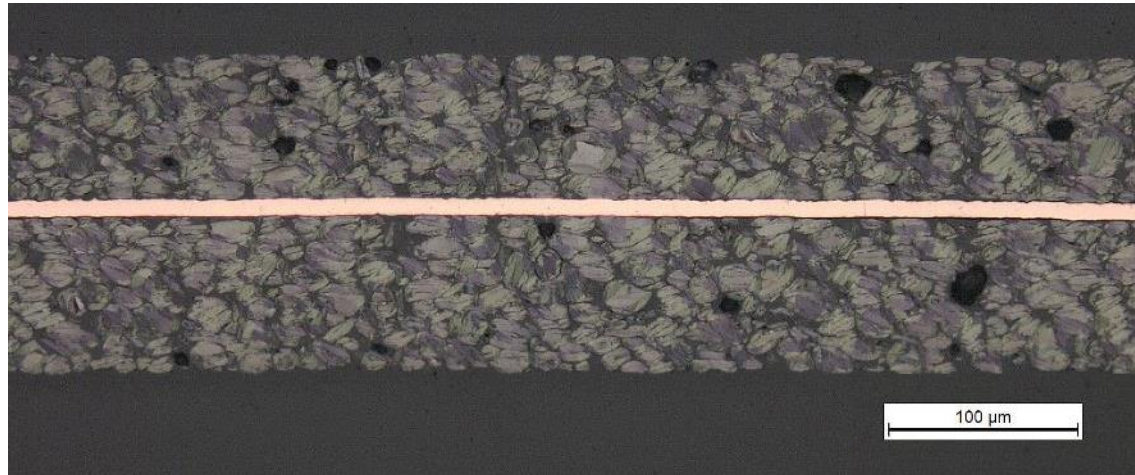
Foliet omkring batteriet skæres og vrides af



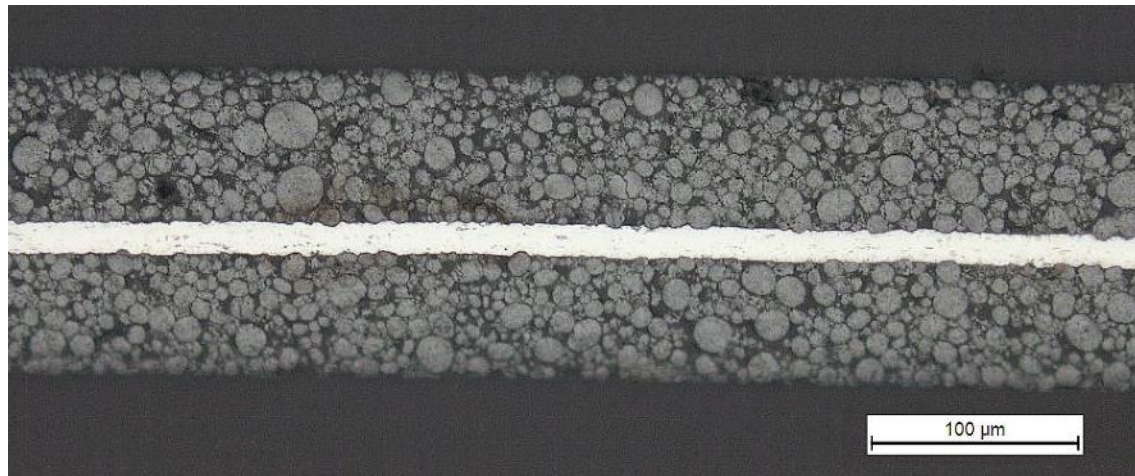
Elektroder vikles ud



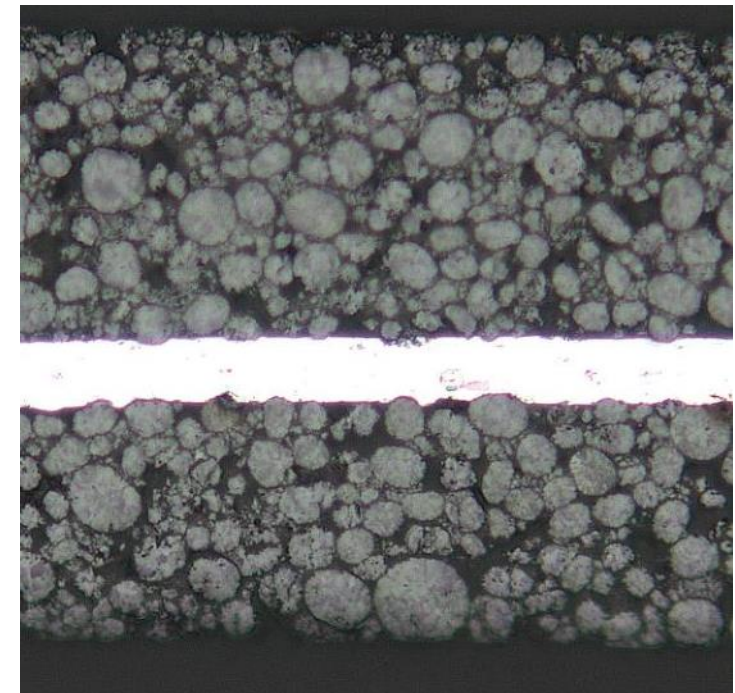
Mikroskopi af elektroder



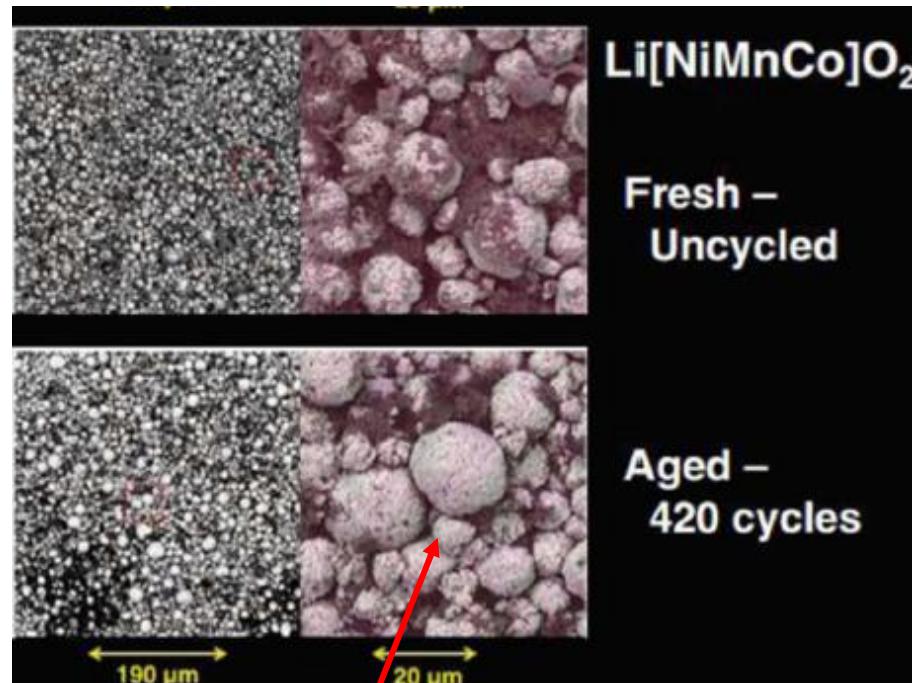
← grafit
← Kobber



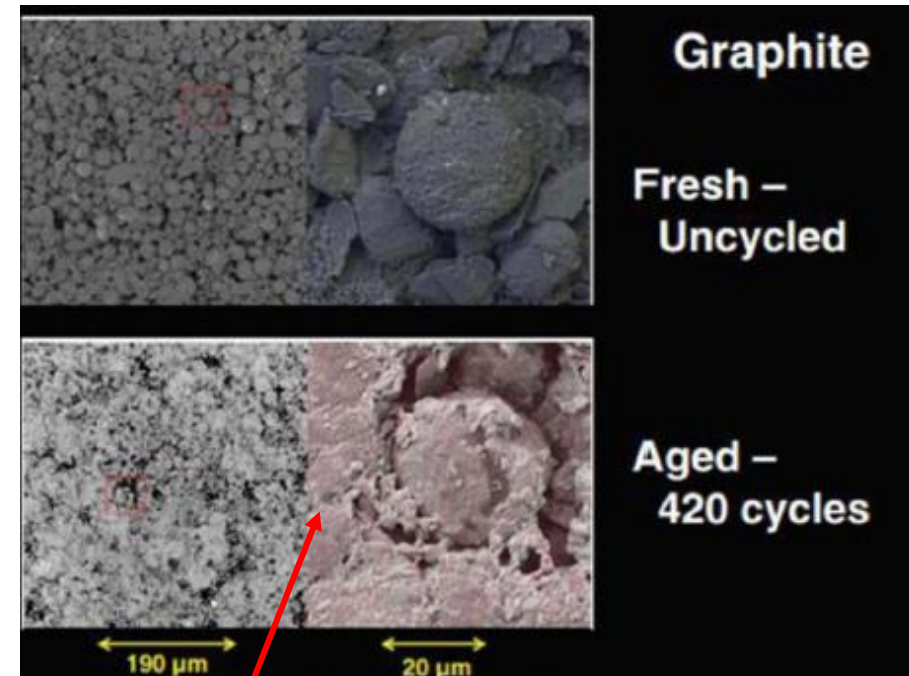
← LiMeO
← Aluminium



Overfladekarakterisering af ældede elektroder



Typisk ingen tegn på nedbrydning, men revner kan opstå



SEI (solid electrolyte interface) lag dannes på grafit -> dekomponering af elektrolyt -> reduceret kapacitet af batteri

Spørgsmål og kommentarer er velkomne 😊

Stort tak til mine kollegaer for deres bidrag :

- Torben Ruby
- Klaus Tiedt
- Bo Bossen
- Torben Haugaard Jensen
- Torben Klit Pedersen
- Helle Rønsberg
- Susanne Otto

Mere information på forcetechnology.com

