

# Unter Spannung – Energie für die Zukunft: Charakterisierung von Batterien für stationäre Energiespeicher

**Dr. Alexander Hirnet**  
**VARTA Storage GmbH**

VDI-TUM Expertenforum –  
Zerstörungsfreie Prüfung für die Mobilität und Energie der  
Zukunft

# VARTA

## Heute und Morgen



### RETAIL



### PPS



### OEM



### E-MOBILITY



### ENERGY STORAGE



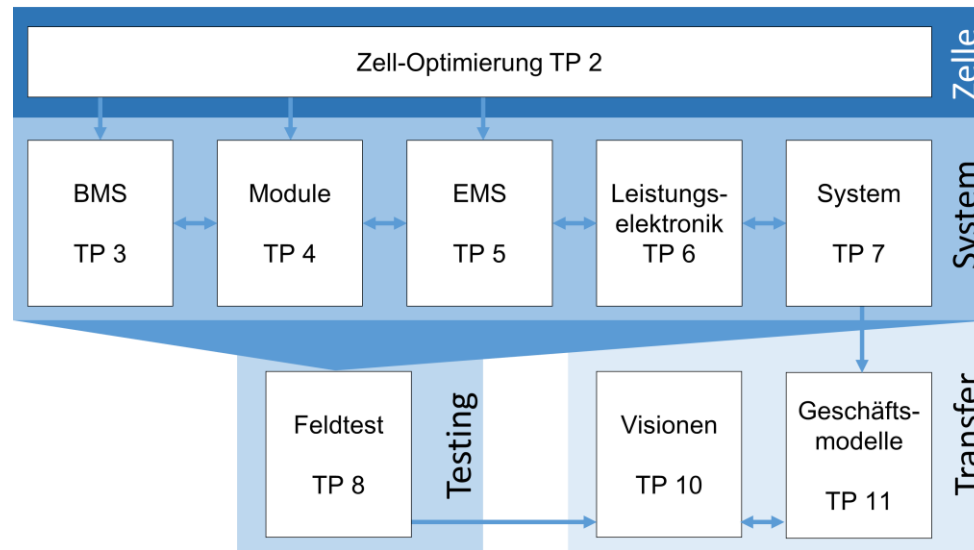
# Projekt EEBatt

EEBatt – Dezentrale Stationäre Batteriespeicher zur effizienten Nutzung Erneuerbarer Energien und Unterstützung der Netzstabilität

61 Arbeitspakete

Projektkoordination: Prof. Dr. Hubert Gasteiger & Prof. Dr. Andreas Jossen

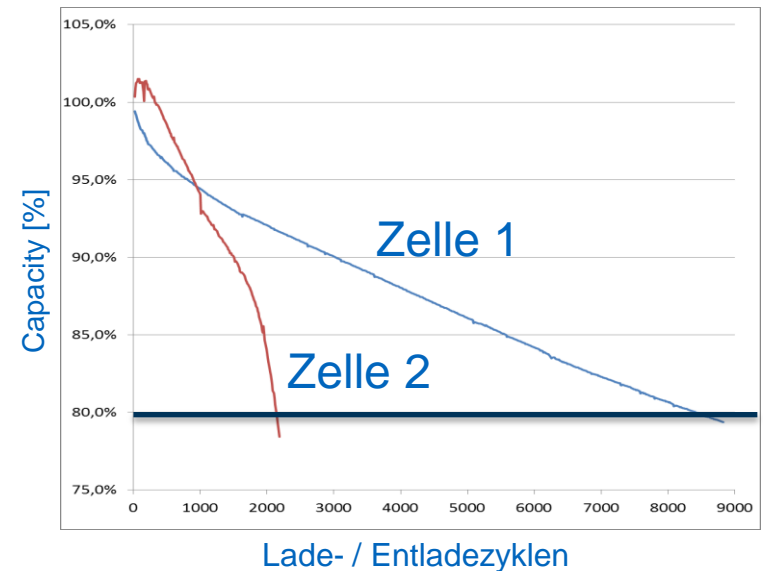
Projektleitung: Marcus Müller M.Sc.



# Anforderungen an ein stationäres Batteriespeichersystem

- Lange Lebensdauer
  - Zykluslebensdauer: >5000 Zyklen
  - Kalendarische Lebensdauer: >20 Jahre
- Hohe Sicherheit
- Hoher Zykluswirkungsgrad
- Energiedichte
- Leistungsdichte
- Wirtschaftlichkeit

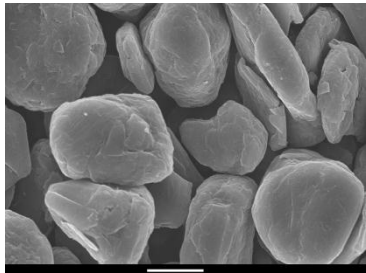
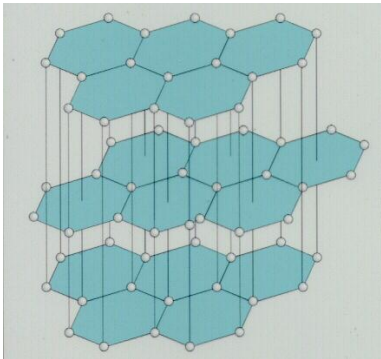
## Beispiel: Zyklentalterung



Warum ist Zelle 2 so viel schlechter?

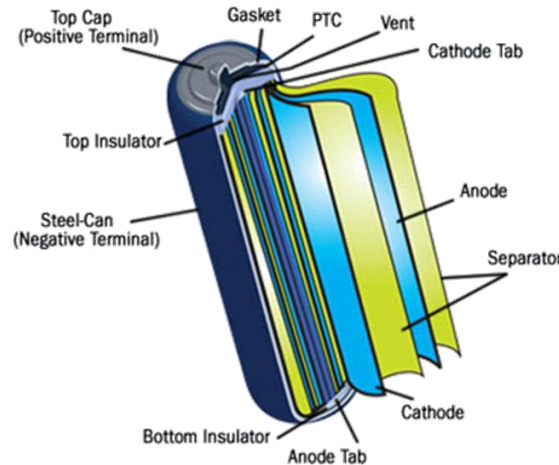
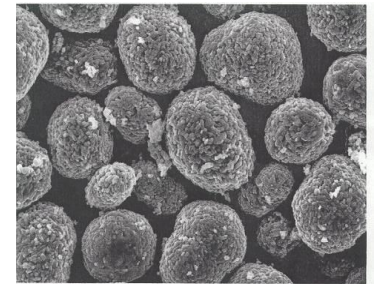
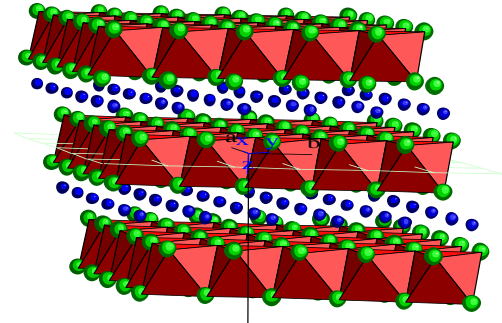
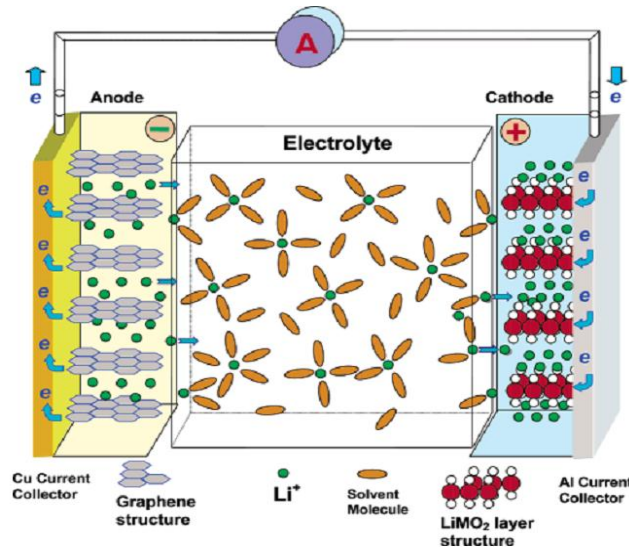
# Lithium-Ionen-Batterie

## Anode // Electrolyt // Separator // Kathode



Graphite

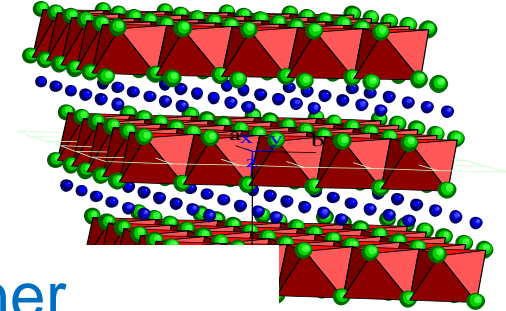
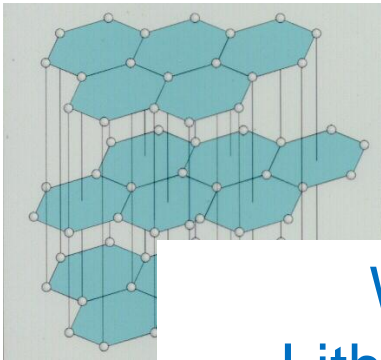
- $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$
- Si/C



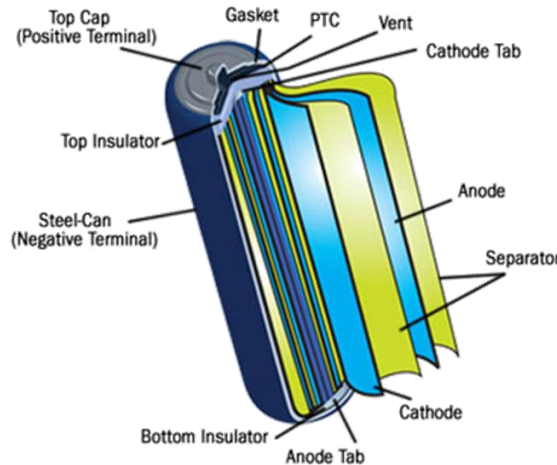
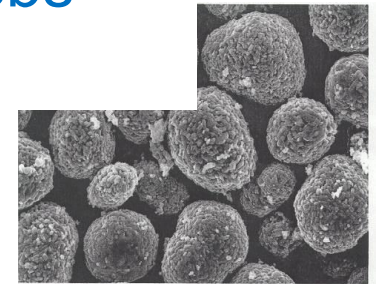
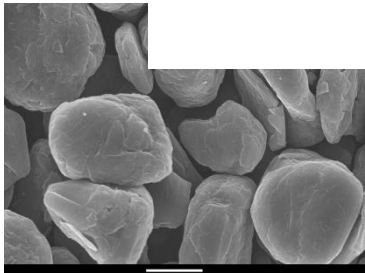
- $\text{LiFePO}_4$  (LFP)
- $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  (LMO)
- $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$  (NMC)
- $\text{LiNi}_{0,85}\text{Co}_{0,1}\text{Al}_{0,05}\text{O}_2$  (NCA)

# Lithium-Ionen-Batterie

## Anode // Electrolyt // Separator // Kathode



Wie kann man das Innenleben einer Lithium-Ionen-Zelle während des Betriebs beobachten?



**Graphite**

- $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$
- Si/C

- $\text{LiFePO}_4$  (LFP)
- $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  (LMO)
- $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$  (NMC)
- $\text{LiNi}_{0,85}\text{Co}_{0,1}\text{Al}_{0,05}\text{O}_2$  (NCA)

# Teilprojekt 2 – Zelloptimierung: Neutronenquelle

Längen-  
skala

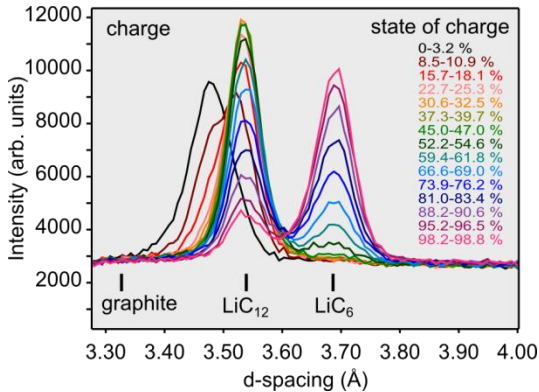
~0,1nm

1nm  
-  
300nm

>50µm

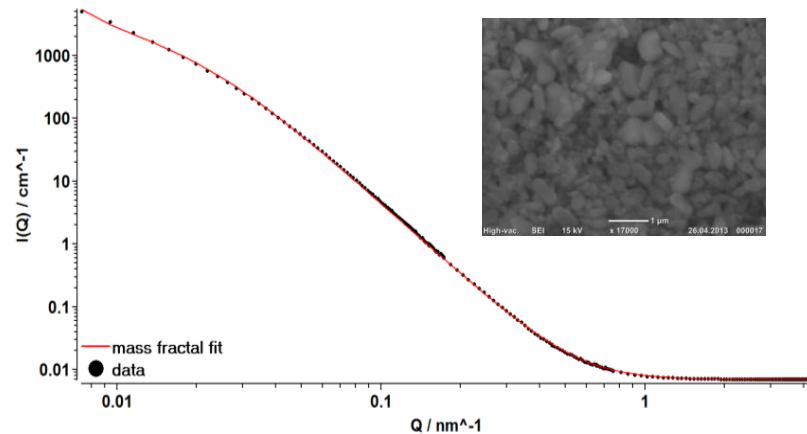
## Diffraktion

Verfolgen der chemischen Vorgänge in der Zelle anhand der Intensität prominenter Reflexe der Li/C Phasen



## Kleinwinkelstreuung

Untersuchungen von Strukturen im Nanometerbereich, um Aussagen über mittlere Teilchengrößen und deren Verteilung zu erhalten.



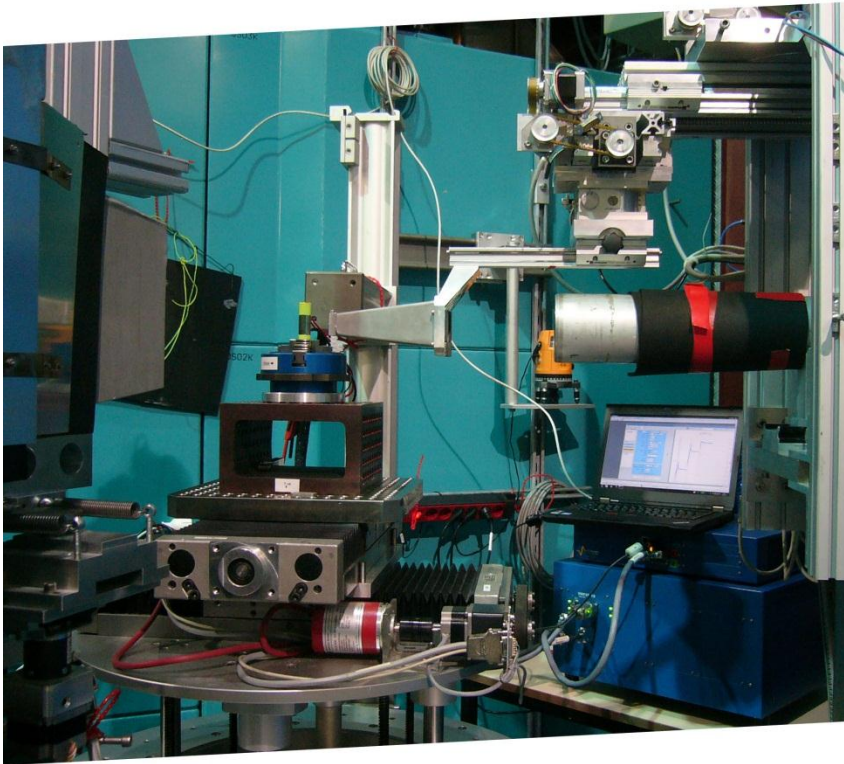
LFP Elektrode

## Radiographie/Tomographie

Blick ins Innere der Zelle, um Inhomogenitäten und Partikelverteilungen zu erkennen (> 50 µm)



# Diffraktion



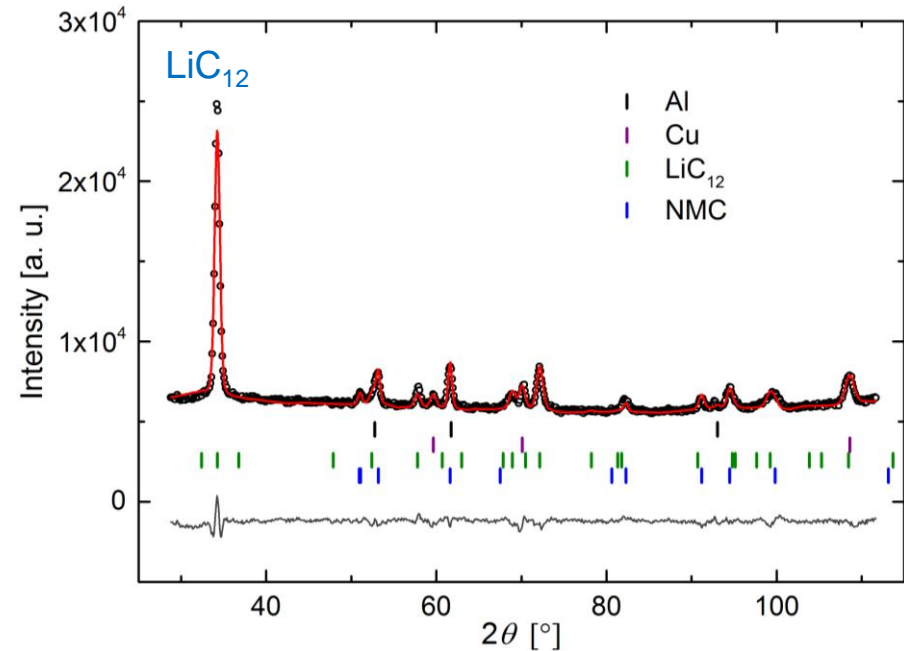
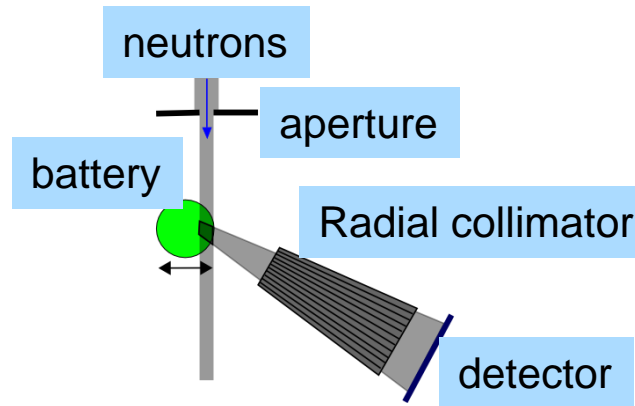
## Experimente:

- Vorbereitungstests zur Bestimmung der notwendigen Probenmenge, Wellenlänge und Messzeit
- Messung der Batteriematerialkombinationen zur Abschätzung der Sensivität der Einzelkomponenten
- In situ Messung während des Lade- / Entladevorgangs

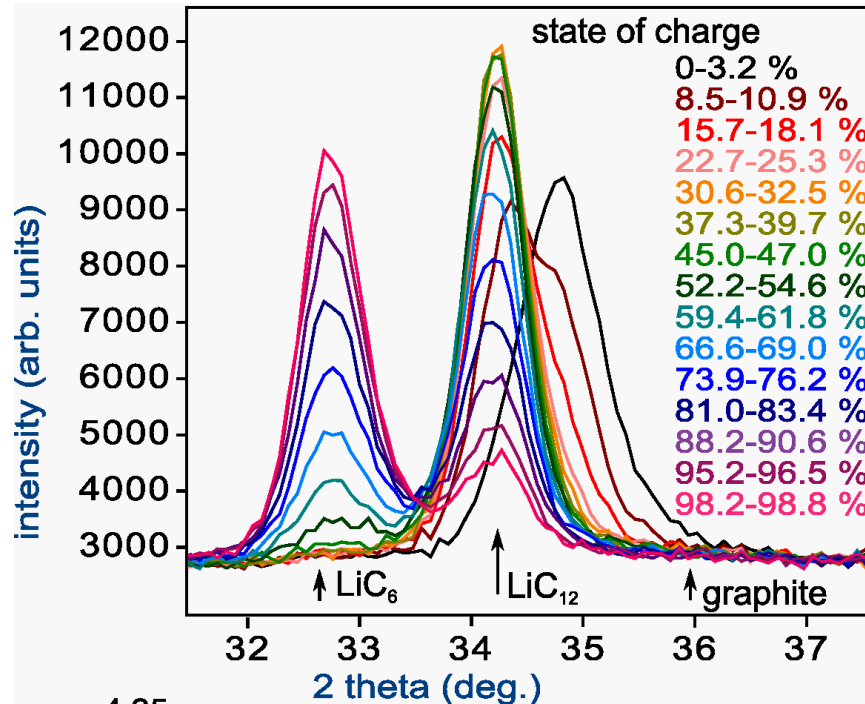


# Neutronen Diffraction an einer Rundzelle

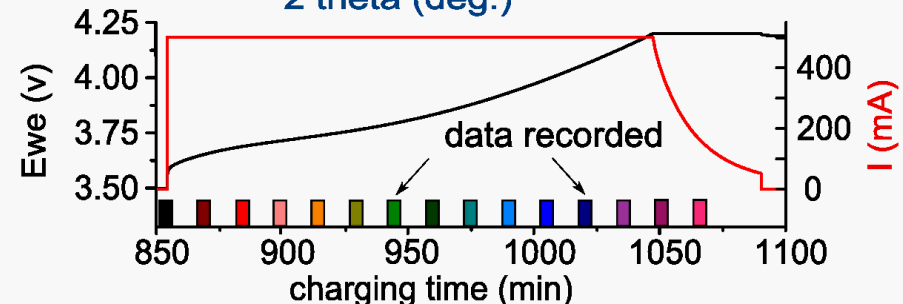
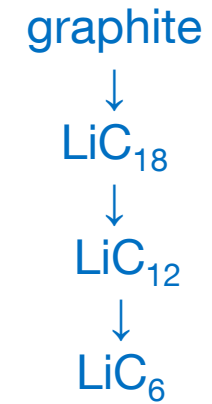
- 18650 NMC/Graphit Rundzelle
- Volumenaufgelöste Diffraction (5 mm Blende + Radialkollimator)
- Meßzeit für komplettes Diffraktogramm 4 h
- Phase bei ca. 40% state of charge (SOC):  
Al, Cu (Elektroden)  
LiC<sub>12</sub> and NMC



# In situ Neutronen Diffraction: Laden einer Ni-Mn-Co / C Zelle



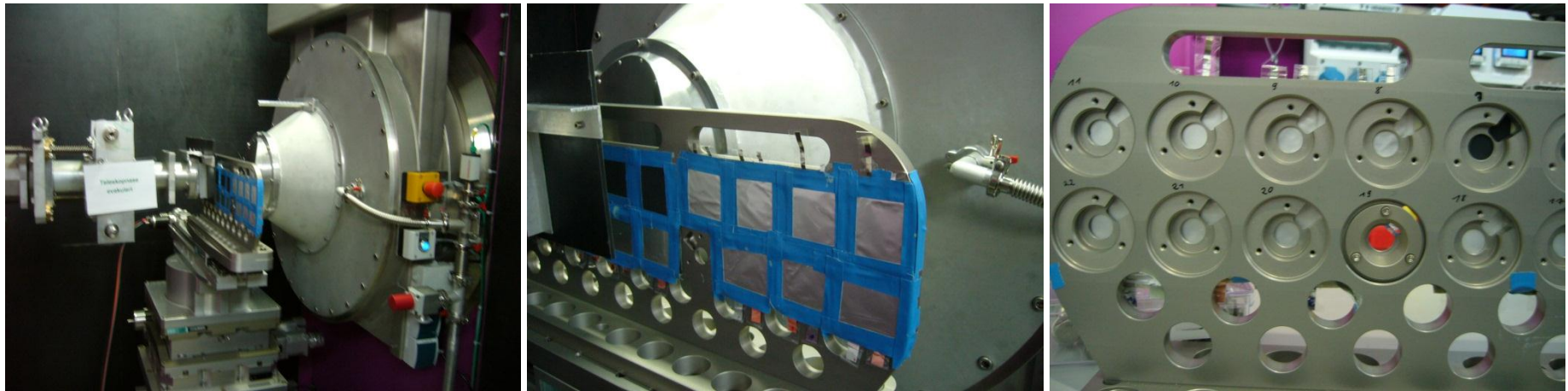
## Transformation



# Small-angle neutron scattering (SANS)

Messung mit SANS und Modellierung der Komponenten /  
Alterungseffekte :

Set up SANS-1:

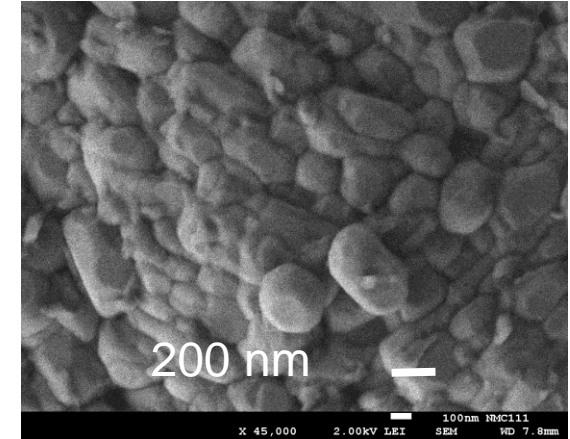
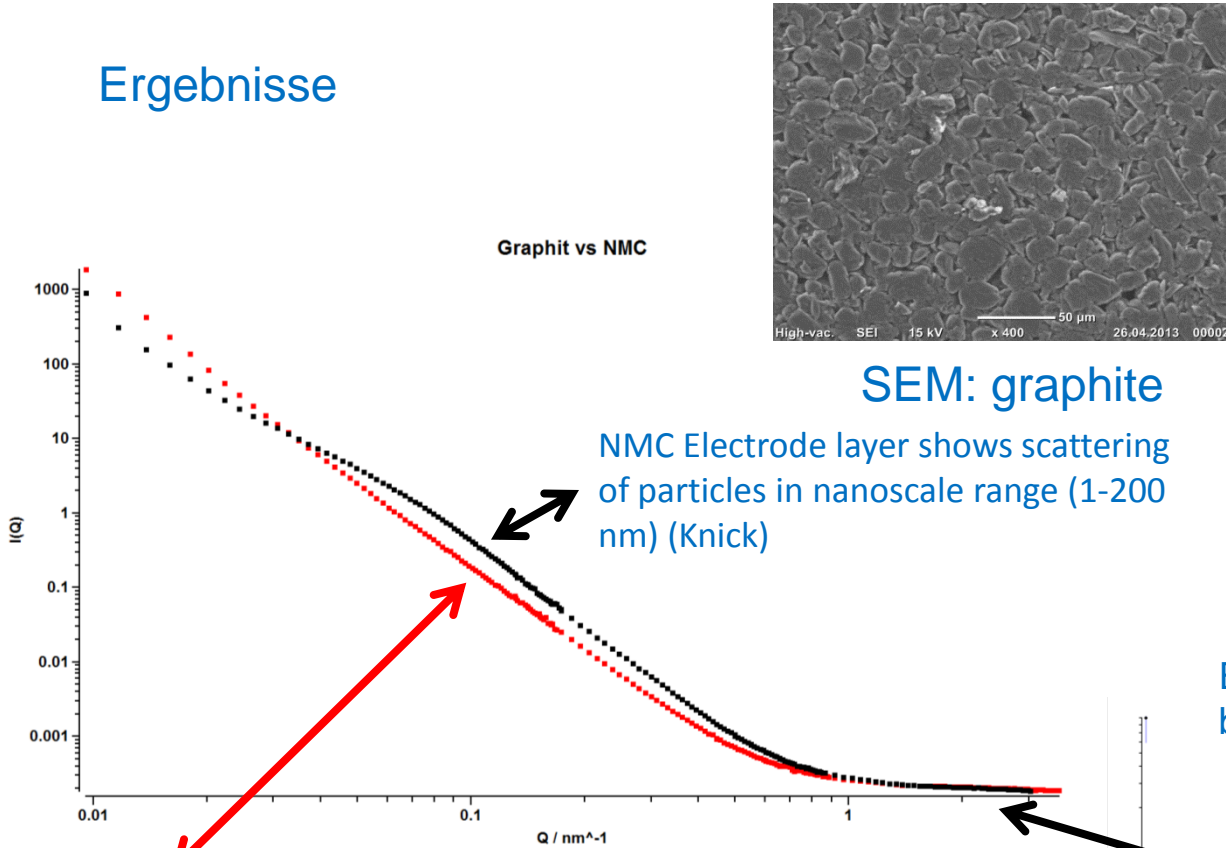


Ex-situ set up für Zellen mit Probentauscher

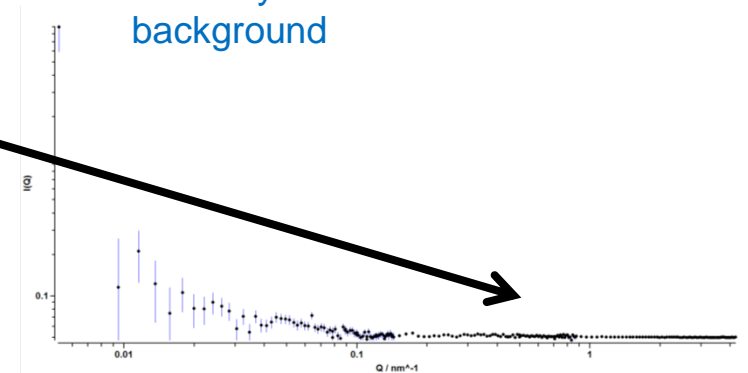


# Small-angle neutron scattering (SANS)

## Ergebnisse

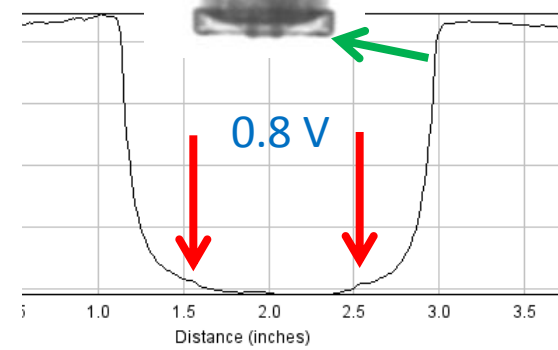
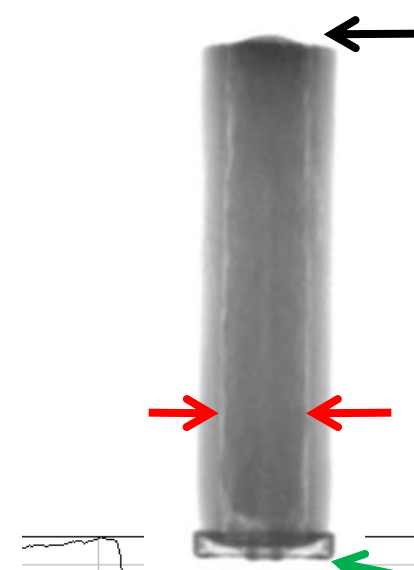
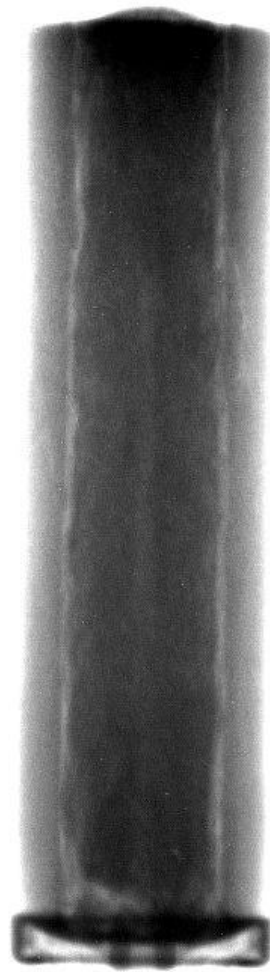
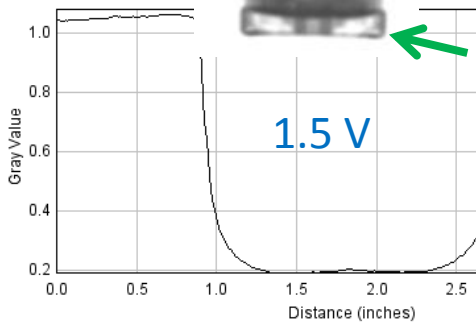


Elektrolyte contributes to incoherent background



# Neutronen Tomographie

## Alkaline Batterie High Energy, Mignon, (AA/LR6)



Belichtungszeit:  
25 sec

0.8 V

R. Gilles, M. Schulz TU München 13

**Vielen Dank**