

# FORMIERUNG BEI MINIMALEM LADEZUSTAND - KOSTENREDUKTION UND OPTIMIERTER PERFORMANCE

**Mika Hellkuhl<sup>a</sup>, Bastian Heidrich<sup>a</sup>, Martin Winter<sup>a</sup>, Philip Niehoff**

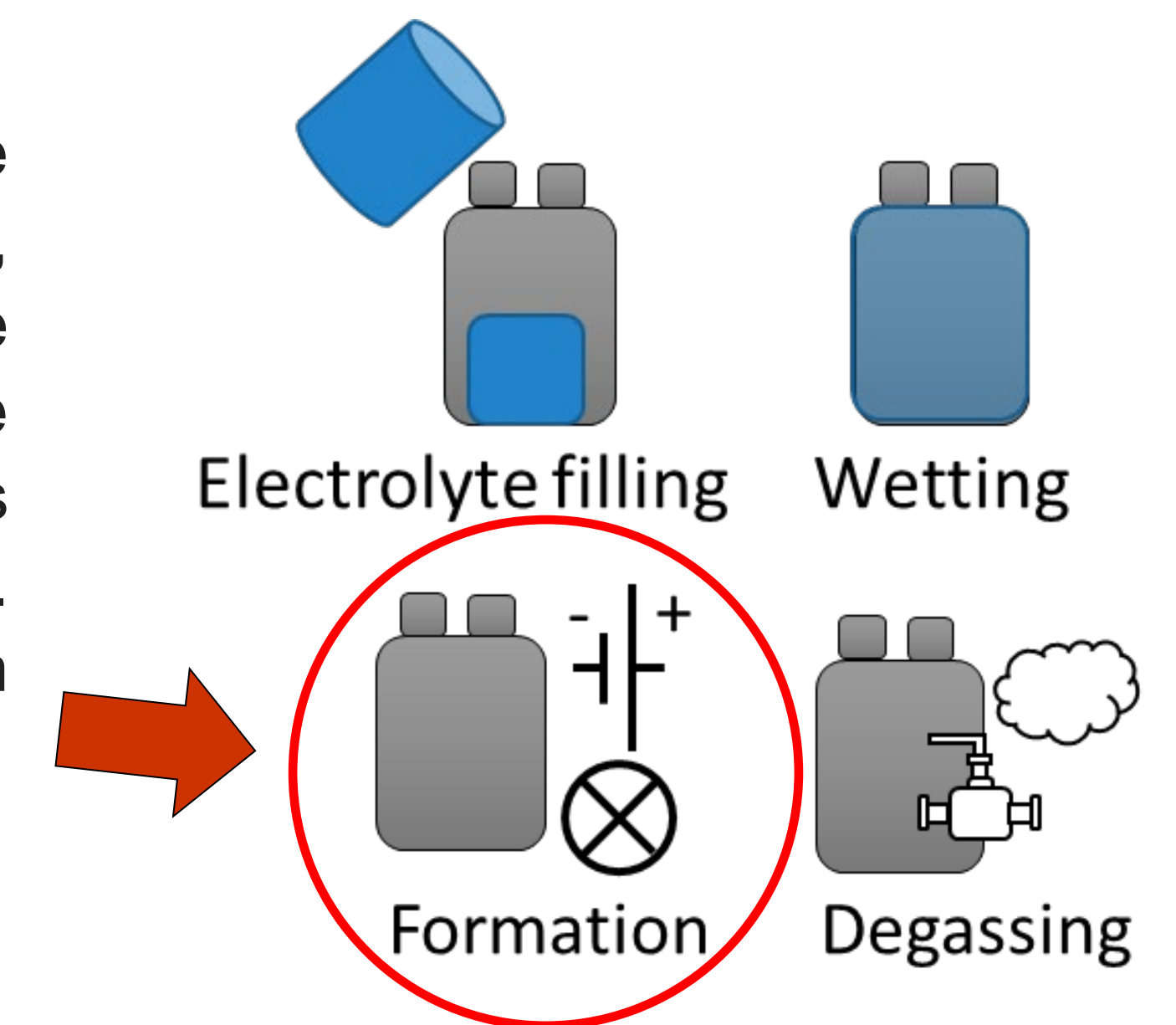
<sup>a</sup> University of Münster, MEET Battery Research Center, Corrensstr. 46, 48149 Münster, Germany

<sup>b</sup> Helmholtz-Institute Münster, IMD-4, Forschungszentrum Jülich GmbH, Corrensstr. 46, 48149 Münster, Germany

## EINLEITUNG

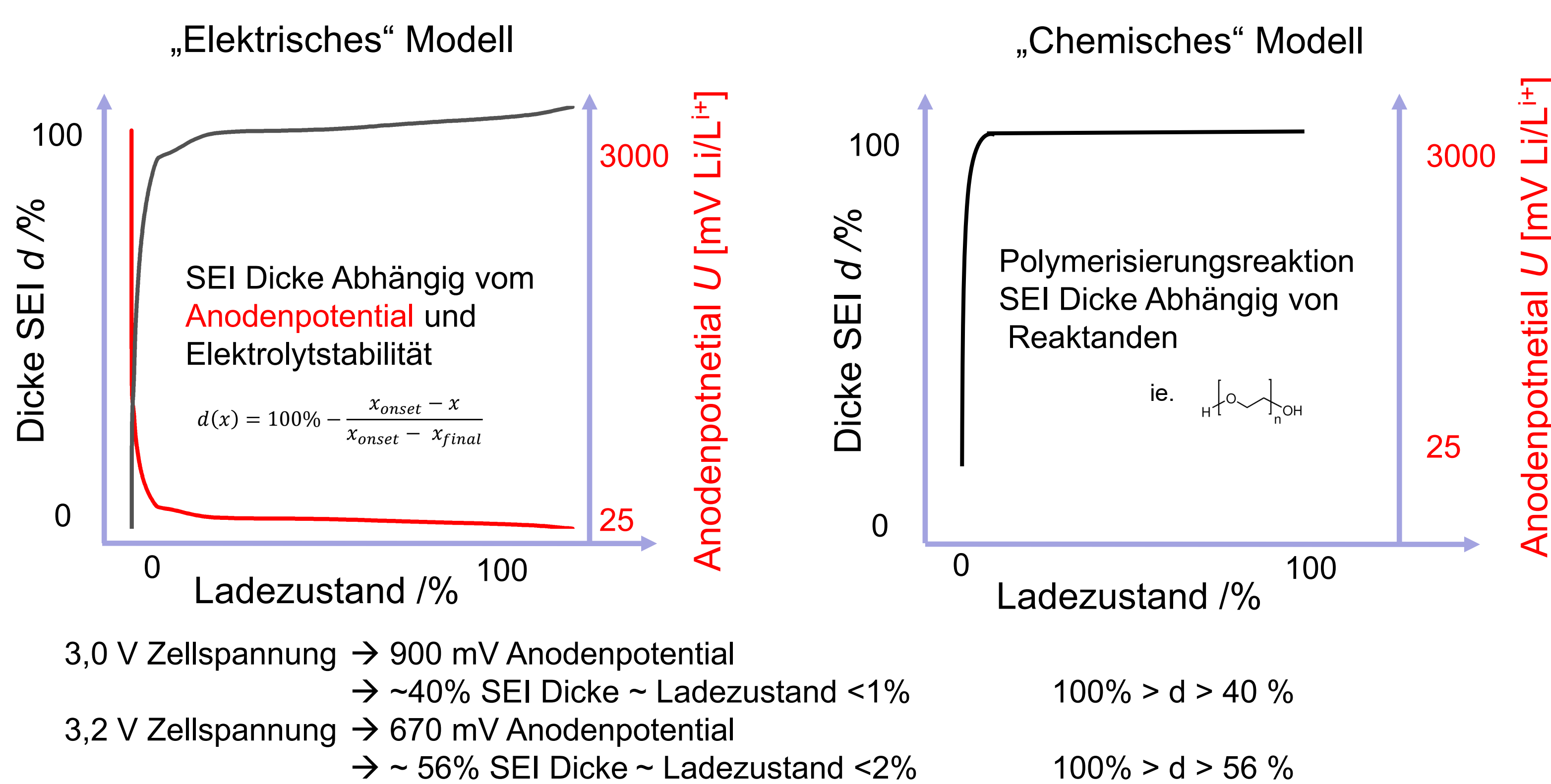
Die **Formierung** ist der Prozessschritt, welcher auf die Befüllung der Lithiumionenbatteriezellen folgt. Hierbei wird die Zelle das erste Mal geladen. Bei der **Lithiierung des Anodenmaterials** fällt das Anodenpotential auf einen Wert, bei dem der **Elektrolyt instabil** ist. Dies führt zur Zersetzung des Elektrolyten an der Anode. Durch eine geschickte Auswahl des Elektrolyten kann bei den ablaufenden Zersetzungsreaktionen eine **elektrisch-isolierende stabile Deckschicht** gebildet werden. Diese **wächst** so weit an, dass das **Potential an der Oberfläche** innerhalb des **Stabilitätsfenster** des Elektrolyten liegt. Diese Passivierungsschicht wird "Solid Electrolyte Interphase" (**SEI**) genannt. Bis zur Ausbildung der SEI kommt es während der Formierung zur **Gasung**. Dieses Gas wird in einem weiteren Prozessschritt der "Entgasung" **entfernt**, um nicht durch verbleibende Bläschen den Ionentransport zu behindern.

**Ab welchem Ladezustand ist die Bildung der SEI abgeschlossen?**



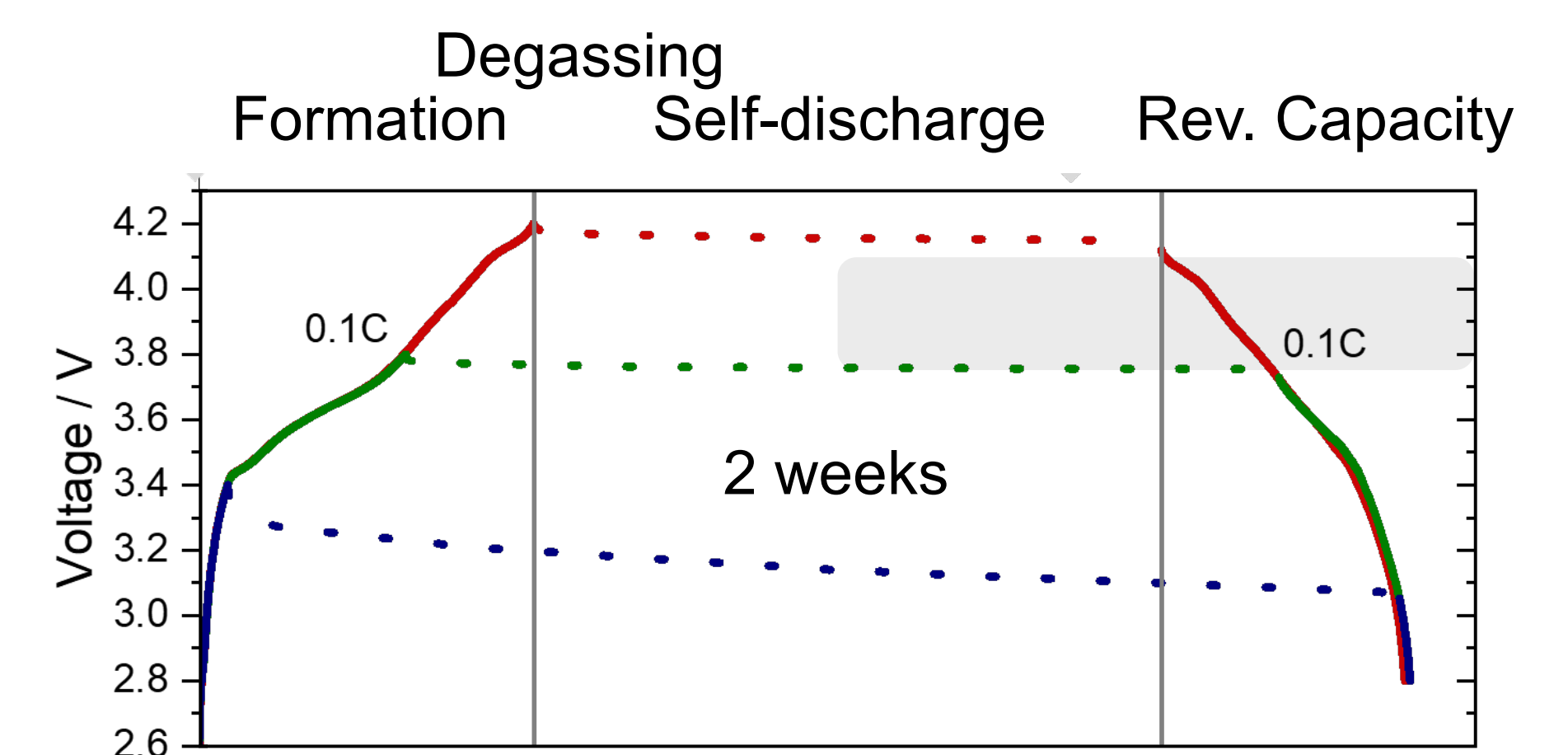
## THEORETISCHE BETRACHTUNG

### SEI Bildung im 1. Ladeschritt

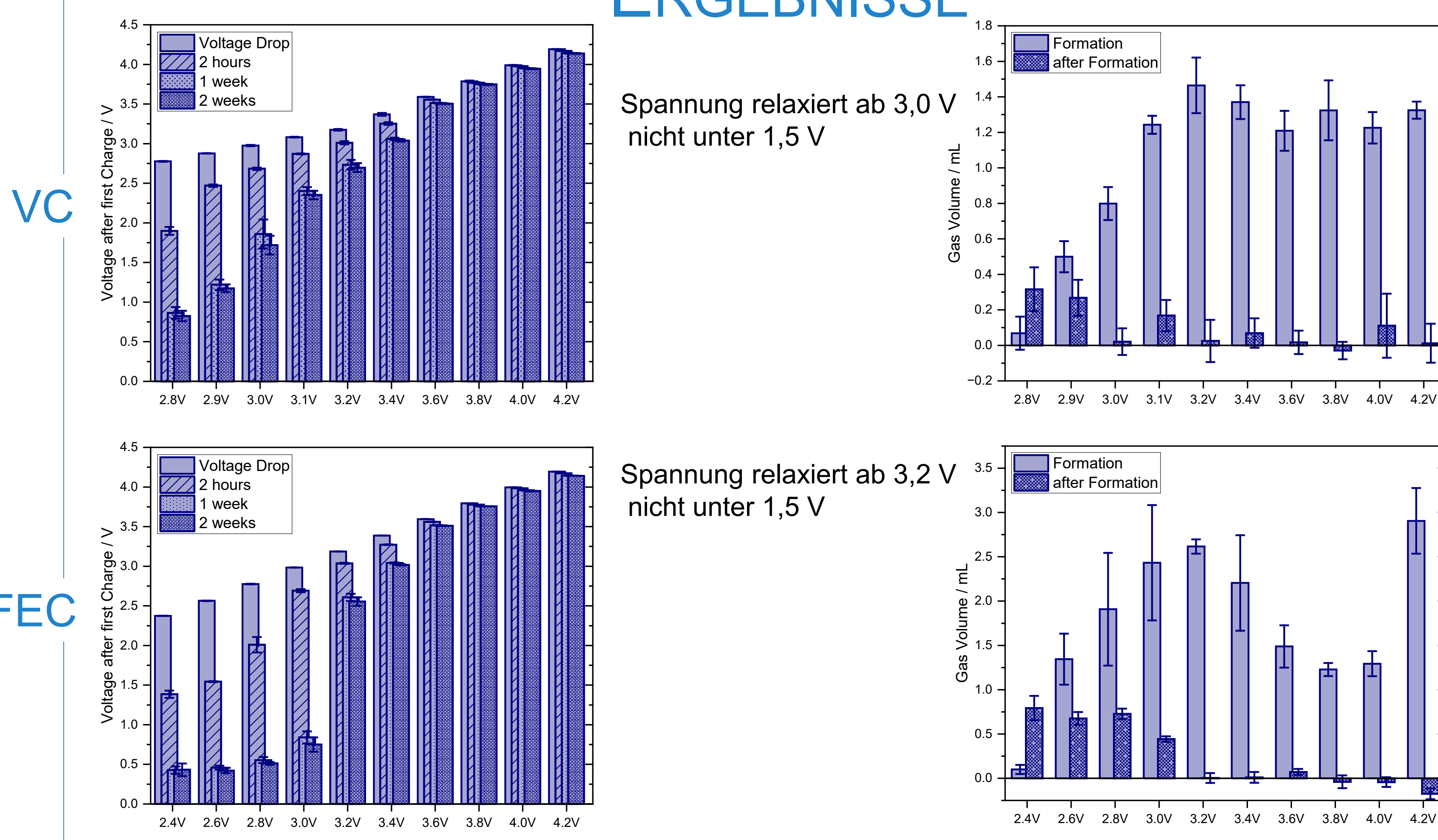


## METHODIK

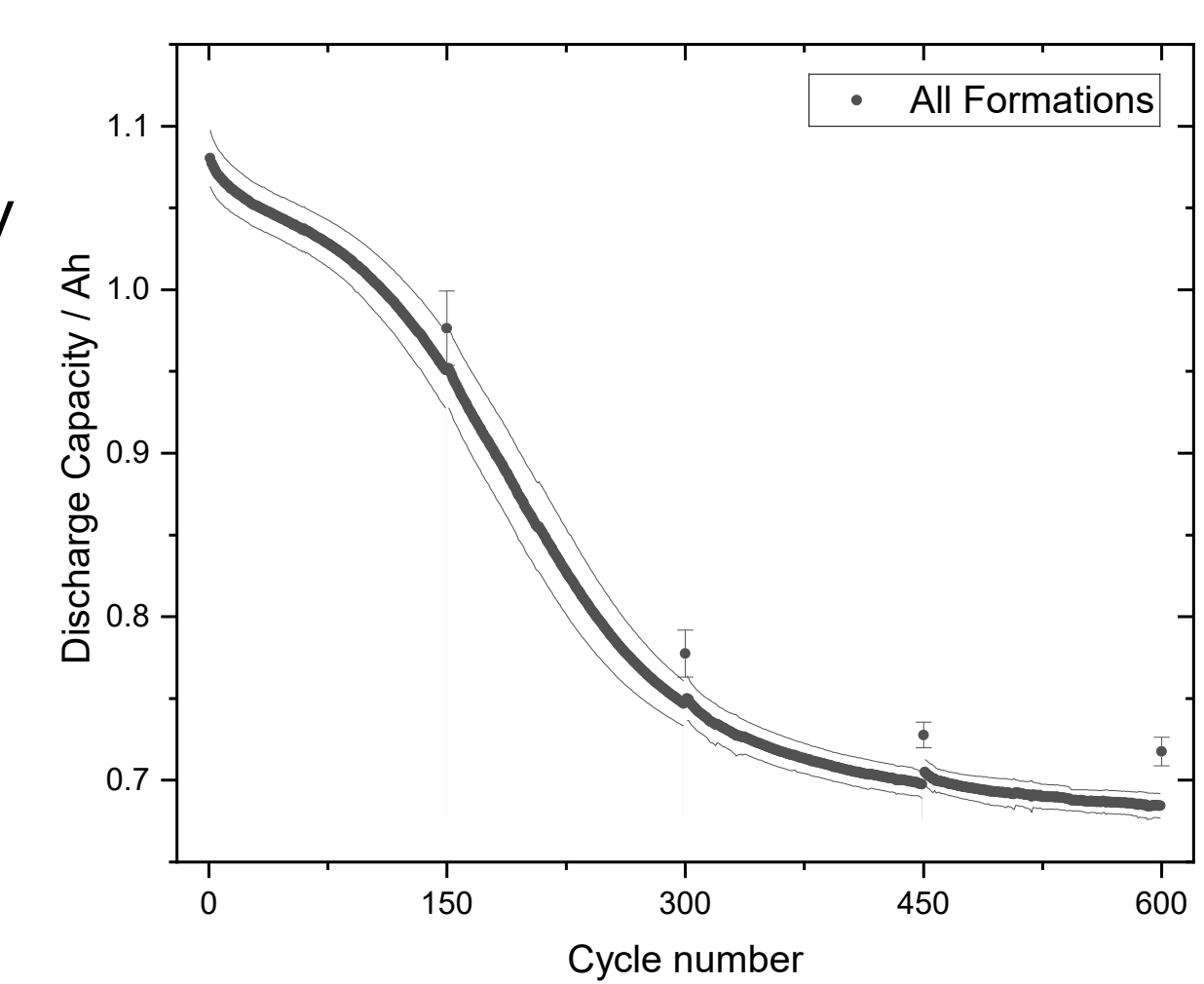
1 Ah NMC811||Graphite + 5%wt SiO<sub>x</sub>,  
1M LiPF<sub>6</sub> EC:EMC 3:7 + 2%wt. VC/5%wt. FEC  
35 ° C 2 bar



## ERGEBNISSE

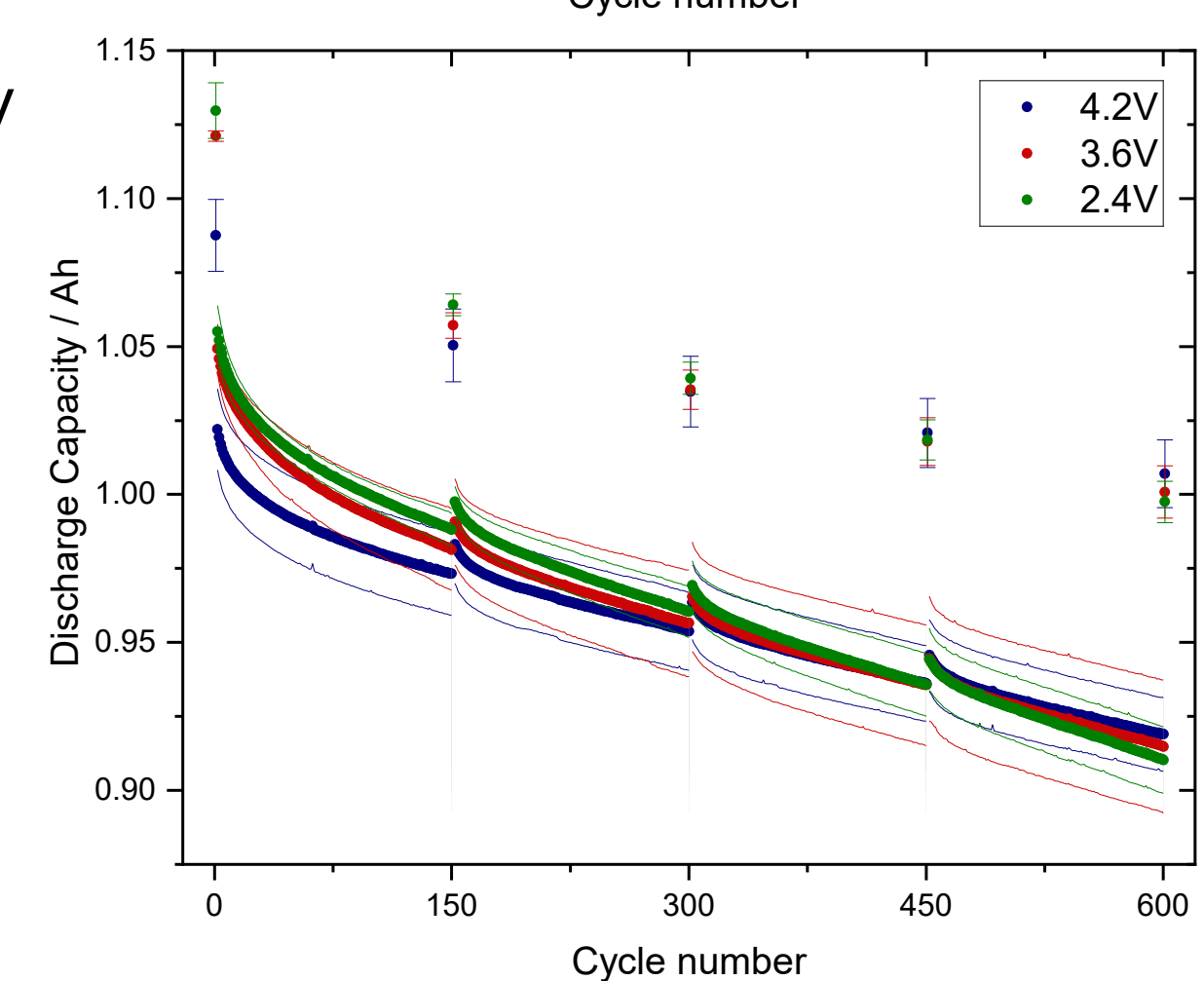


Gasbildung ab 3,0 V abgeschlossen  
→ Anode passiviert



Durch Lagerung wird Anodenüberhang gefüllt  
Entladung und Lagerung macht diese wieder verfügbar (4.2V\_Dis)  
Performance von 4.2 V

Gasbildung ab 3,2 V abgeschlossen  
→ Anode passiviert



Performance für alle Spannungen vergleichbar  
3-4 \* höhere Performance des FEC Elektrolyten im Vergleich zum VC Elektrolyten

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Passivierung der Anode erfolgt bereits vollständig bei Ladeständen < 2%  
→ Die Passivierung erfolgt daher zum Großteil durch Polymerisationsreaktionen

Eine Lagerung bei unvollständiger Formierung < 3 V führt nicht zu einer geringeren Performance  
→ Nachformierung in der Zyklierung  
→ Gasbildung sollte abgeschlossen sein um Qualität der Zellen sicherzustellen

## ACKNOWLEDGMENTS

Die Autoren bedanken sich für die Förderung  
Des Projektes "FoFeBat TP3" (03XP0501C)

Gefördert durch:

Bundesministerium  
für Forschung, Technologie  
und Raumfahrt

