



Daniel Müller (Autor)  
**Identifikation, Modellierung und Maßnahmen zur  
Verringerung von Alterungseffekten in Li-Ionen  
Zellen**

Herausgeber: Prof. Dr. Kai Peter Birke

**ENERGIE & NACHHALTIGKEIT**  
Elektrische Energiespeichersysteme

Daniel Rainer Müller

**Identifikation, Modellierung und Maßnahmen  
zur Verringerung von Alterungseffekten  
in Li-Ionen Zellen**

Elektrische  
Energiespeichersysteme



Nachhaltige  
CO<sub>2</sub>-Kreisläufe



Elektromobilität &  
Batterietechnologie



Cuvillier Verlag Göttingen  
Internationaler Wissenschaftlicher Fachverlag

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8695>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abstract</b>	<b>1</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>3</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>5</b>
1.1 Motivation . . . . .	5
1.2 Aufbau der Arbeit . . . . .	6
<b>2 Grundlagen</b>	<b>8</b>
2.1 Aufbau und Funktion von Li-Ionen Zellen . . . . .	8
2.2 Kenngrößen einer Zelle . . . . .	11
2.3 Degradation von Li-Ionen Zellen . . . . .	13
2.3.1 Solid Electrolyte Interface . . . . .	14
2.3.2 Lithium Plating . . . . .	17
2.4 Sudden-Death . . . . .	19
2.5 Second-Life . . . . .	20
2.6 Modellierung von Li-Ionen Zellen . . . . .	21
2.6.1 Ersatzschaltbilder . . . . .	21
2.6.2 Pseudo zweidimensionales Modell . . . . .	22
2.7 Charakterisierungsmethoden . . . . .	27
2.7.1 Zellformate . . . . .	28
2.7.2 Elektrochemische Impedanzspektroskopie . . . . .	29
2.7.3 Differentielle Analysen . . . . .	32
<b>3 Stand der Technik</b>	<b>35</b>
3.1 Poröse Elektroden . . . . .	35
3.2 Ladestrategie . . . . .	38

<b>4 Simulation</b>	<b>41</b>
4.1 Modellierung . . . . .	41
4.1.1 Zellmodellierung . . . . .	41
4.1.2 Alterungsmodellierung . . . . .	42
4.1.3 Parametersatz . . . . .	44
4.2 Einordnung der Modells . . . . .	47
4.3 Ansätze zur Verringerung . . . . .	52
4.3.1 Ladeverfahren . . . . .	53
4.3.2 Porositätsprofile . . . . .	53
4.4 Ergebnisse . . . . .	55
4.4.1 Ladeverfahren . . . . .	55
4.4.2 Porositätsprofile . . . . .	62
4.5 Fazit . . . . .	69
<b>5 Zweischicht-Anoden</b>	<b>72</b>
5.1 Elektroden- und Zellherstellung . . . . .	72
5.2 Charakterisierung der Beschichtung . . . . .	76
5.2.1 Charakterisierung der NMC-Elektrode . . . . .	76
5.2.2 Charakterisierung der Graphit-Elektrode . . . . .	76
5.3 Charakterisierung in Coinzellen . . . . .	79
5.3.1 Halbzellen . . . . .	79
5.3.2 Symmetrische Coinzellen . . . . .	86
5.3.3 Voll-Coinzellen . . . . .	89
5.4 Charakterisierung in Pouchzellen . . . . .	97
5.4.1 Methoden . . . . .	97
5.4.2 Ergebnisse und Diskussion . . . . .	100
5.5 Fazit . . . . .	117
<b>6 Ausblick</b>	<b>119</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>121</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>129</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>130</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>132</b>

---

---

<b>Veröffentlichungen</b>	<b>150</b>
<b>Curriculum Vitae</b>	<b>151</b>
<b>Danksagung</b>	<b>152</b>

---