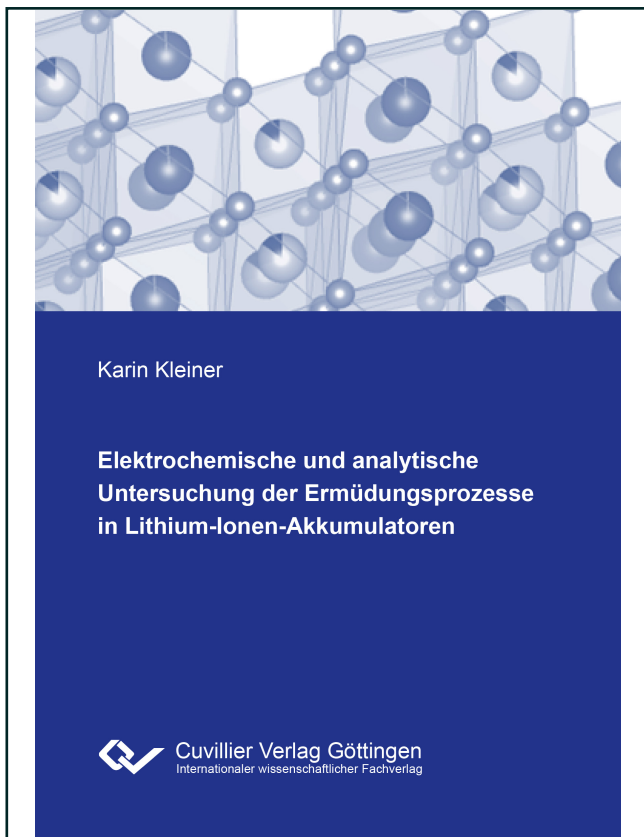




Karin Kleiner (Autor)

Elektrochemische und analytische Untersuchung der Ermüdungsprozesse in Lithium-Ionen-Akkumulatoren



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/6972>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Ziel der Arbeit	7
3	Gliederung der Arbeit	9
4	Definitionen	11
4.1	Kenngrößen von Akkumulatoren	11
4.2	Fahrzeugtypen und Antrieb	11
4.3	Kapazität	12
4.4	Verschiedene Zelltypen	13
4.5	Potential und Spannung	14
4.6	Degradation	14
5	Zellen und Zellkomponenten	17
5.1	Aufbau des 7 Ah JCS/Soft Lithium-Ionen-Akkumulators	18
5.2	Zellchemie	20
5.2.1	Kathode	20
5.2.2	Anode	21
5.2.3	Elektrolyt	22
5.2.4	Separator	23
5.2.5	Funktionsweise des Akkumulators	24
6	Experimentalteil	27
6.1	Alterungsversuche	27
6.2	Zellöffnung und Probenpräparation	29
6.2.1	Zellöffnung	31



6.2.2	Probenpräparation	33
6.2.3	Probenaufbewahrung	34
6.2.4	Probleme und Auffälligkeiten einzelner Zellen	36
6.2.4.1	Stark ermüdete Zelle 3008029	36
6.2.4.2	Ermüdete Zelle 3056099	37
6.3	Elektrochemische Charakterisierung	37
6.3.1	Laborzellen	38
6.3.1.1	Swagelokzellen	38
6.3.1.2	<i>In situ</i> Zelle	38
6.3.2	Elektrochemische Messmethoden	39
6.3.2.1	Galvanostatische Zyklierung	39
6.3.2.2	Zyklovoltammetrie	40
6.3.2.3	3-Elektroden- und Halbzellenmessungen in Kombination	40
6.4	Analytische Charakterisierung	44
6.4.1	ICP-OES	44
6.4.2	REM und FIB-Schnitte	44
6.4.3	Pulverdiffraktion	45
6.4.4	Röntgenabsorptionsspektroskopie	46
6.4.4.1	Messungen an der Ni K Kante	46
6.4.4.2	Messungen an der Ni L, der O K und der Co L Kante	48
6.4.5	Ramanmikroskopie	49
6.4.6	Röntgenphotoelektronenspektroskopie	49
7	Vergleichbarkeit elektrochemischer Messungen	51
7.1	Laborzellen und 7 Ah Akkumulatoren	51
7.2	Spannungsfenster	51
7.3	Kapazitätsangaben	53
7.4	Strom und Stromrate	55
7.5	Ort der Probenentnahme	57
8	Kathode	59
8.1	Elektrochemische Charakterisierung von LNCAO	62



8.1.1	Galvanostatische Zyklisierung von LNCAO gegen Lithium	62
8.1.2	Zyklovoltammetrie	65
8.2	Analytische Charakterisierung von LNCAO	66
8.2.1	Rasterelektronenmikroskopie	66
8.2.2	Optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma	66
8.2.3	Pulverdiffraktion	69
8.2.3.1	Rietveldverfeinerung	71
8.2.3.2	Ergebnisse der Rietveldverfeinerung	81
8.2.4	Diskussion	92
8.3	Röntgenabsorptionsspektroskopie	94
8.3.1	Ni K Kante	95
8.3.1.1	XANES Analyse	97
8.3.1.2	EXAFS-Fit	103
8.3.1.3	Ergebnisse der EXAFS-Analyse	108
8.3.1.4	Elektronische Struktur	121
8.3.2	Ni L Kante	123
8.3.3	O K Kante	135
8.3.4	Co L Kante	141
8.3.5	Diskussion	145
8.4	Zusammenfassung und Einordnung der Ergebnisse	152
9	Anode	157
9.1	Elektrochemische Charakterisierung von Graphit	164
9.1.1	Galvanostatische Zyklisierung von Graphit gegen Lithium	164
9.1.2	Verlust von aktivem Lithium	167
9.1.3	Zyklovoltammetrie	176
9.1.3.1	Zuordnung der Peaks in den Zyklovoltagrammen zu Redoxprozessen	176
9.1.3.2	Variation der Entladeschlussspannung	179
9.1.3.3	Beschleunigte Lade- und Entladevorgänge	181



9.1.3.4	Konsequenzen für die Vollzelle im galvanostatischen Betrieb	187
9.2	Analytische Charakterisierung des Anodenmaterials	193
9.2.1	Untersuchung der Redoxprozesse mit Hilfe der Ramanmikroskopie	193
9.2.1.1	Interkalation von Lithium im Graphit	195
9.2.1.2	Vergleich der verschieden gealterten Graphite	200
9.2.1.3	Diskussion	202
9.2.2	Fokussierte Ionenstrahlschnitte und Rasterelektronenmikroskopie	206
9.2.2.1	Rasterelektronenmikroskopaufnahmen der Graphitoberflächen	206
9.2.2.2	Fokussierte Ionenstrahlschnitte	208
9.2.2.3	Diskussion	210
9.2.3	Röntgenphotoelektronenspektroskopie	215
9.2.3.1	Qualitative Auswertung	215
9.2.3.2	Quantitative Auswertung	221
9.2.3.3	Tiefenprofile der Graphitanode	230
9.2.3.4	Diskussion	233
9.3	Zusammenfassung und Einordnung der Ergebnisse	235
10	Stressfaktoren, Kapazitätsverlust und Innenwiderstand	241
10.1	Kathode	241
10.2	Anode	246
10.3	Diskussion	251
11	Zusammenfassung	255
12	Ausblick	259
A	Tabellierte Ergebnisse der EXAFS Fits	291
B	Quantitative XPS Analyse	293
C	Abkürzungsverzeichnis	297



<i>INHALTSVERZEICHNIS</i>	XI
D Publierte, eingereichte und geplante Veröffentlichungen	307
E Lebenslauf	309
F Danksagung	311