

Inhalt

1	Einleitung und Motivation.....	1
1.1	Ausgangssituation.....	1
1.2	Motivation	1
1.3	Zielsetzung.....	2
2	Grundlagen zu Lithium-Ionen-Batterien.....	5
2.1	Aufbau und Funktionsweise.....	5
2.2	Komponenten	6
2.2.1	Anode.....	6
2.2.2	Kathode.....	8
2.2.3	Elektrolyt.....	10
2.2.4	Separator	11
2.2.5	Weitere Zellkomponenten	12
2.3	Zellformate	13
2.4	Batteriesysteme.....	14
2.5	Betriebsparameter.....	16
3	Zellspezifische Eigenschaften	19
3.1	Alterungsmechanismen	19
3.1.1	SEI-Bildung	19
3.1.2	Lithium-Plating	22
3.1.3	Mechanische Degradation	24
3.1.4	Gasbildung	24
3.2	Zellgeometrie- und Volumenänderung	25
3.2.1	Reversible Volumenänderung durch Lithiuminterkalation	25
3.2.2	Irreversible Volumenänderung.....	27
3.2.3	Temperaturausdehnung.....	28
3.3	Zellmechanik.....	29
4	Prüfstand zur Charakterisierung lokaler Zelleigenschaften	31
4.1	Theoretische Grundlage.....	31

4.2	Aufbau und Funktionsweise.....	34
4.3	Validierung.....	36
4.3.1	Linearitätsfehler	36
4.3.2	Lichtbrechung	40
4.3.3	Reproduzierbarkeit	42
5	Charakterisierung prismatischer Lithium-Ionen-Zellen.....	43
5.1	Zielsetzung.....	43
5.2	Testplanung	43
5.2.1	Untersuchtes Zellformat	43
5.2.2	Prüfstand	44
5.3	Testdurchführung	44
5.3.1	3D Messung	46
5.3.2	Referenz Parameter Test.....	46
5.3.3	Zyklisierung	48
5.3.4	Zellsteifigkeitsmessung	48
5.3.5	Thermische Ausdehnung.....	48
5.4	Parameteridentifikation.....	49
5.4.1	Grundgeometrie.....	50
5.4.2	Reversible Dickenänderung über den SOC	54
5.4.3	Initiales Zelldickenwachstum	59
5.4.4	Irreversible Dickenänderung über Zyklen	64
5.4.5	Zellsteifigkeit.....	76
5.4.6	Thermische Ausdehnung.....	80
5.4.7	Zusammenfassung	82
5.5	Analyse der elektrochemischen Alterungsprozesse	85
6	Druck- und Kraftentwicklung in Batteriemodulen	91
6.1	Zielsetzung.....	91
6.2	Testplanung	91
6.2.1	Aufbau und Funktionsweise Zellpresse	91
6.2.2	Funktionsweise Druckmessfolie	92

6.3	Testdurchführung	93
6.4	Messung der Druckverteilung	93
7	Modellierung der Druckentwicklung	99
7.1	Modellierungsansatz.....	99
7.2	Validierung.....	102
7.3	Parameteroptimierung	106
7.3.1	Einfluss der Modulsteifigkeit	109
7.3.2	Einfluss des Bauraumvorhalts	111
7.3.3	Einfluss der Einspannbedingungen.....	114
7.4	Optimierungspotenziale	116
8	Zusammenfassung und Schlussfolgerung.....	121
8.1	Zusammenfassung	121
8.2	Ausblick	123
	Literaturverzeichnis.....	126
	Veröffentlichungen	140