

Inhalt

1. Einleitung	1
1.1. Historie und wirtschaftlicher Kontext	1
1.2. Motivation	2
1.3. Zielsetzung	3
2. Theoretische Grundlagen	4
2.1. Die Lithium-Ionen-Batterie	4
2.1.1. Aufbau und Funktionsweise einer Lithium-Ionen-Batterie	4
2.1.2. Ladeverfahren und Kenngrößen einer Lithium-Ionen-Batterie	6
2.1.3. Bauformen der Lithium-Ionen-Zelle	8
2.1.4. Die Komponenten einer Lithium-Ionen-Zelle	9
2.1.5. Die ionenleitende Grenzschicht (solid electrolyte interphase, SEI)	22
2.1.6. Alterung von Lithium-Ionen-Batterien	23
2.2. Das thermische Verhalten von Lithium-Ionen-Batterien	25
2.2.1. Einfluss einer Temperaturerhöhung auf die Alterung	26
2.2.2. Einfluss einer Temperaturerhöhung auf die Thermodynamik	27
2.3. Lithium-Ionen-Batterien für automobile Anwendungen	29
2.4. Lithium-Ionen-Batterien im Montageprozess	30
2.4.1. Aufbereitung der Zellen: Vorbehandlung durch Plasmareinigung	32
2.4.2. Modulstabilisierung: Heißverstemmen	33
2.4.3. Elektrische Kontaktierung: Schweißen	34
3. Experimentalteil	36
3.1. Verwendete Materialien	36
3.2. Konstruktion der Laborzelle	36
3.3. Versuchsdurchführung der thermischen Belastung mit der Laborzelle	38
3.4. Verwendete Messgeräte und Ablauf der Messung	39
3.4.1. Zyklisierung und Kapazitätstest	39
3.4.2. Elektrochemische Impedanzmessung (EIS)	40
3.4.3. Laserflash Analyse (LFA)	40
3.4.4. Dynamische-Differenz-Kalorimetrie (DSC)	41
3.4.5. Röntgen-Tomographie (CT)	42
3.4.6. Thermogravimetrische Analyse (TGA)	43
3.4.7. Rasterelektronenmikroskop (REM)	43

3.5. Oberflächenreinigung mittels Plasmabehandlung.....	43
3.6. Simulationsmodell.....	44
4. Untersuchungen mit der selbstkonstruierten Laborzelle.....	45
4.1. Thermische Belastung der Anode	45
4.1.1. Veränderungen in Abhängigkeit von der Temperatur	45
4.1.2. Veränderung in Abhängigkeit vom Ladezustand	57
4.2. Thermische Belastung der Kathode	68
5. Konzept und Design zur Durchführung einer thermischen Belastung an einer neu entwickelten prismatischen Dummyzelle	80
5.1. Oberflächenreinigung mittels Plasmabehandlung.....	81
5.2. Thermische Belastungsexperimente an der Dummyzelle	82
5.3. Ergebnisse der thermischen Belastung der Dummyzelle im Prüfstand	84
6. Simulation.....	88
6.1. Experimentelle Bestimmung der thermischen Eigenschaften in Abwesenheit des Elektrolyts	88
6.2. Experimentelle Bestimmung der thermischen Eigenschaften in Anwesenheit des Elektrolyts	91
6.3. Modellerstellung.....	94
6.4. Validierung des Simulationsmodells.....	96
6.4.1. Simulation des Laserschweißens	99
6.4.2. Simulation des Heißverstemmens.....	101
7. Zusammenfassung und Ausblick.....	103
8. Anhang.....	106
8.1. Abkürzungen	110
8.2. Symbole	111
9. Referenzen	112
10. Eigene Publikationen und Konferenzbeiträge	122
10.1. Publikationen.....	122
10.2. Vorträge auf Konferenzen	122
10.3. Poster	122
11. Lebenslauf.....	124