



# Inhalt

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1. Historie und wirtschaftlicher Kontext .....	1
1.2. Motivation .....	2
1.3. Zielsetzung .....	3
<b>2. Theoretische Grundlagen</b> .....	<b>4</b>
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 automobiler 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
<b>3. Experimentalteil</b> .....	<b>36</b>
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
<b>4.</b>	<b>Untersuchungen mit der selbstkonstruierten Laborzelle.....</b>	<b>45</b>
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
<b>5.</b>	<b>Konzept und Design zur Durchführung einer thermischen Belastung an einer neu entwickelten prismatischen Dummyzelle .....</b>	<b>80</b>
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
<b>6.</b>	<b>Simulation.....</b>	<b>88</b>
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
<b>7.</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>103</b>
<b>8.</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>106</b>
8.1.	Abkürzungen .....	110
8.2.	Symbole.....	111
<b>9.</b>	<b>Referenzen .....</b>	<b>112</b>
<b>10.</b>	<b>Eigene Publikationen und Konferenzbeiträge .....</b>	<b>122</b>
10.1.	Publikationen .....	122
10.2.	Vorträge auf Konferenzen .....	122
10.3.	Poster .....	122
<b>11.</b>	<b>Lebenslauf.....</b>	<b>124</b>