

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	v
Kurzfassung .....	vii
Abstract .....	viii
Inhaltsverzeichnis.....	ix
Abbildungsverzeichnis .....	xii
Tabellenverzeichnis.....	xviii
Symbol- und Abkürzungsverzeichnis .....	xix
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen und Stand der Technik.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Entwicklungshorizont elektrochemischer Systeme und Zelltypen im Automobilbereich.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Prozesse zur Produktion von Lithium-Ionen-Pouch-Zellen.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.1 Kostenentwicklung in der Zellproduktion – Auswirkungen von Fehlern in der             Produktionskette.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3 Mechanische Konfektionierung von Elektroden - mechanischer Referenzprozess .....</b>	<b>12</b>
<b>2.4 Photonische Konfektionierung von Elektroden .....</b>	<b>15</b>
<b>2.4.1 Laserstrahlung und ihre Anwendung zum Schneiden von Elektroden .....</b>	<b>16</b>
<b>2.4.2 Laser-Material-Wechselwirkungen .....</b>	<b>20</b>
<b>2.5 Einfluss von Oberflächenkontaminationen auf die elektrochemischen Eigenschaften .....</b>	<b>28</b>
<b>3 Motivation und Forschungsthese der Arbeit .....</b>	<b>33</b>
<b>4 Material und Methoden.....</b>	<b>35</b>
<b>4.1 Eingesetzte Zellkomponenten.....</b>	<b>35</b>
<b>4.2 Charakterisierung der Schnittkantenmerkmale.....</b>	<b>38</b>
<b>4.3 Charakterisierung der Kontamination.....</b>	<b>43</b>
<b>4.4 Schneidanlagen und Versuchsaufbauten.....</b>	<b>45</b>
<b>4.4.1 Gepulste Laserschneidanlage – Photonischer Referenzprozess.....</b>	<b>45</b>
<b>4.4.2 Stanze – Mechanischer Referenzprozess.....</b>	<b>49</b>
<b>4.4.3 Dauerstrich-betriebenes Lasersystem .....</b>	<b>50</b>
<b>4.5 Untersuchte Elektroden- und Zellformate.....</b>	<b>51</b>
<b>4.6 Zellbau .....</b>	<b>52</b>

4.7	Zelldiagnostik .....	54
4.8	Messung der Durchschlagfestigkeit des Elektrodenseparatorverbundes .....	56
4.9	Statistische Versuchsplanung.....	57
5	Untersuchungen zur Prozess-Material-Wechselwirkung beim Konfektionieren .....	59
5.1	Gepulstes Laserschneiden von Elektroden – Referenzsystem.....	59
5.1.1	Einfluss der Impulsfolgefrequenz und der Schnittgeschwindigkeit auf die Schnittkantenmerkmale der Anode .....	59
5.1.2	Einfluss der Impulsfolgefrequenz und der Schnittgeschwindigkeit auf die Schnittkantenmerkmale der Kathode .....	63
5.1.3	Einfluss der Pulsdauer und Pulsspitzenleistung auf die Schnittkantenmerkmale der Anode ... .....	66
5.1.4	Einfluss der Pulsdauer und Pulsspitzenleistung auf die Schnittkantenmerkmale der Kathode .....	68
5.1.5	Einfluss des Verdichtungsgrads der Kathode auf die Schnittkantenmerkmale.....	69
5.1.6	Trenngrenzen der untersuchten Elektroden in Abhängigkeit von der Impulsfolgefrequenz	71
5.2	Modelvorstellung zum Abtragsverhalten beim gepulsten Laserschneiden von Elektroden.	74
5.3	Stanzen .....	79
5.3.1	Vergleich von gestanzten Anoden und Kathoden.....	79
5.3.2	Einfluss des Verdichtungsgrads der Kathode auf die Schnittkantenmerkmale.....	84
5.4	Skalierungsuntersuchungen im Dauerstrichbetrieb (cw) .....	86
5.4.1	Einfluss der Leistung und der Schnittgeschwindigkeit auf die Schnittkantenmerkmale der Anode .....	86
5.4.2	Einfluss der Leistung und der Schnittgeschwindigkeit auf die Schnittkantenmerkmale der Kathode .....	89
6	Kontamination der Elektroden beim gepulsten Laserstrahlschneiden .....	94
6.1	Potenzielle Kontaminationsentwicklung.....	94
6.1.1	Potenzielle Kontaminationsentwicklung – Anode .....	95
6.1.2	Potenzielle Kontaminationsentwicklung – Kathode .....	96
6.1.3	Beschaffenheit und Zusammensetzung der entstehenden Abtragsprodukte.....	98
6.1.4	Prozess-Material-abhängige Kontaminationslimits durch Abtragsprodukte .....	102
6.2	Kontamination der Elektrodenoberfläche .....	103

6.2.1	Kontamination durch Abtragsprodukte .....	103
6.2.2	Kontamination durch Schmelzspritzer .....	110
7	Einfluss der Schnittkante und der Kontamination auf die elektrochemische Performance	115
7.1	Vergleich von mechanisch und photonisch erzeugten Schnittkanten.....	115
7.2	Einfluss photonisch erzeugter Schnittkantenmerkmale und Prozesskonfigurationen.....	118
7.3	Einfluss der Kontaminationen auf die elektrochemische Performance .....	122
7.3.1	Anode .....	122
7.3.2	Kathode .....	126
8	Konzepte zur Prozesssicherung.....	132
8.1	Fokuslage und Konturausschnitt.....	132
8.2	Detektion von kritischen Kontaminationen im Elektrodenseparatorverbund .....	135
9	Zusammenfassung und Ausblick .....	139
9.1	Validierung der Forschungsthese.....	144
10	Literaturverzeichnis.....	145