

Inhaltsverzeichnis

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

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