

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	ix
Formelzeichenverzeichnis	xi
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation und Zielsetzung	1
1.2 Forschungsmethodischer Rahmen und Aufbau der Arbeit	2
2 Grundlagen dieser Arbeit	5
2.1 Lithium-Ionen-Batteriezellen	5
2.1.1 Aufbau, Funktionsweise und Elektrodenmaterialien	6
2.1.2 Begriffsdefinitionen	11
2.1.3 Produktion	13
2.2 Verdichtung mit Walzenpaaren	16
2.2.1 Verhältnisse im Walzspalt und Verdichtungsmechanismen	16
2.2.2 Kalandrieren von Lithium-Ionen-Batterieelektroden	22
2.3 Verfahren zur Strukturbestimmung von Elektroden	24
2.3.1 Berechnung der Porosität	24
2.3.2 Quecksilberporosimetrie	25
2.4 Diskrete-Elemente-Methode	26
2.4.1 Kontaktdetektion zwischen Partikeln und Ablauf einer DEM-Simulation	26
2.4.2 Kontaktmodelle Edinburgh-Elasto-Plastic-Adhesion und Bonding	30
3 Stand des Wissens	33
3.1 Erkenntnisse zu den Auswirkungen des Kalandrierens	33
3.1.1 Einfluss des Kalandrierens auf die Elektrode und die Zellperformance	33
3.1.2 Beeinflussung der nachfolgenden Prozessschritte durch Kalandrieren	45
3.2 Ansätze zur Beschreibung des Kalandrierprozesses	47
3.2.1 Analytische Modellierung	47
3.2.2 Simulationsbasierte Betrachtung	48
3.3 Fazit	51
4 Kumulative Darstellung der Publikationen	53
4.1 Handlungsbedarf und Teilziele	53
4.2 Überblick und Einordnung der Veröffentlichungen	55
4.3 Publikation I: Analyse des Einflusses der Kalandrieranlage und der Prozessparameter auf die Verdichtungseigenschaften	57
4.4 Publikation II: Untersuchung des Einflusses der Elektrode auf die Verdichtungseigenschaften am Beispiel der Kathoden-Aktivmaterialien LMR-NCM und NCA	59
4.5 Publikation III: Konzept zur Modellierung des Kalandrierprozesses in der DEM	61

4.6	Publikation IV: Parametrisierung des Elektrodenmodells in der DEM	63
4.7	Publikation V: Simulationsbasierte Prozessparameterstudie und experimentelle Validierung	65
5	Themenübergreifende Diskussion der Ergebnisse	67
5.1	Material-, prozess- und maschinentechnische Bewertung	67
5.2	Wirtschaftliche Bewertung	70
6	Schlussbetrachtung	79
6.1	Zusammenfassung	79
6.2	Ausblick	81
	Literaturverzeichnis	83
A	Anhang	95
A.1	Annahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	95
A.2	Relevante, betreute Studienarbeiten	96
A.3	Publikationsliste	98