

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abstract</b>	<b>1</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>3</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>5</b>
1.1 Motivation und Ziel der Arbeit . . . . .	5
1.1.1 Demontage von Batteriesystemen . . . . .	6
1.1.2 Skalierung von Batteriezellen . . . . .	7
1.2 Forschungsfragen . . . . .	9
1.2.1 Die erste Forschungsfrage . . . . .	9
1.2.2 Die zweite Forschungsfrage . . . . .	10
1.2.3 Die dritte Forschungsfrage . . . . .	11
1.3 Publikationen . . . . .	16
1.4 Aufbau der Arbeit . . . . .	16
<b>2 Grundlagen zur Batteriezele</b>	<b>19</b>
2.1 Lithium-Ionen Batteriezele . . . . .	19
2.1.1 Aufbau und Funktionsweise . . . . .	20
2.1.2 Bauformen . . . . .	21
2.1.3 Relevante Kenngrößen . . . . .	22
2.2 Elektrischer Widerstand . . . . .	23
2.3 Produktionsschritte . . . . .	26
2.3.1 Elektrodenfertigung . . . . .	26
2.3.2 Zelleassemblierung . . . . .	30
2.3.3 Zell-Finishing . . . . .	33
<b>3 Grundlagen zur Demontage</b>	<b>35</b>
3.1 Demontagemodi . . . . .	35

---

3.1.1	Demontagetiefe . . . . .	35
3.1.2	Demontagetechnik . . . . .	36
3.1.3	Demontagesequenz . . . . .	37
3.1.4	Automatisierungsgrad . . . . .	37
3.2	Demontagestrategieplanung . . . . .	38
<b>4</b>	<b>Untersuchung von Demontageszenarien für Elektrofahrzeugbatte-</b>	
	<b>rien – ein Multimethodenansatz</b>	<b>41</b>
4.1	Preprocessing . . . . .	42
4.1.1	Produkt-Preprocessing . . . . .	42
4.1.2	Prozess-Preprocessing . . . . .	44
4.1.3	Produkt-Prozess-Preprocessing . . . . .	46
4.2	Modellbildung . . . . .	46
4.2.1	Modellaufbau . . . . .	47
4.2.2	Agenten . . . . .	47
4.2.3	Modelllogik . . . . .	49
4.2.4	Demontageroute . . . . .	51
4.3	Fallstudie . . . . .	53
4.3.1	Batterie . . . . .	54
4.3.2	Demontagestation . . . . .	57
4.3.3	Referenzszenario . . . . .	59
4.3.4	Visualisierung der Demontageschritte . . . . .	60
4.3.5	Strecken . . . . .	63
4.3.6	Auslastung der Werkzeuge . . . . .	65
4.3.7	Einfluss der Roboterdynamik . . . . .	67
4.3.8	Positionierung der Batterie . . . . .	68
4.4	Ausblick . . . . .	70
4.4.1	Evaluation der Methodik . . . . .	70
4.4.2	Evaluation der Ergebnisse . . . . .	71
<b>5</b>	<b>Kreislaufwirtschaftsstrategien als Teil der Demontageplanung</b>	<b>73</b>
5.1	Methodik . . . . .	73
5.1.1	Aufbau des Demontageoptimierers . . . . .	74
5.1.2	Erstellung der Ausgangspopulation . . . . .	75
5.1.3	Evaluation einer Population . . . . .	79
5.1.4	Selektion und Rekombination . . . . .	80

---

---

5.1.5	Mutation . . . . .	82
5.2	Fallstudie . . . . .	84
5.2.1	Modellannahmen . . . . .	84
5.2.2	Zustandsszenarien . . . . .	86
5.2.3	Modellergebnisse . . . . .	88
5.3	Ausblick . . . . .	90
<b>6</b>	<b>Zelldesigns und Produktionstechnologien für die Demontagefreundlichkeit</b>	<b>93</b>
6.1	Rundzellen im Automobilbereich . . . . .	94
6.2	Produktanalyse . . . . .	95
6.2.1	Untersuchung der Zelleigenschaften . . . . .	95
6.2.2	Untersuchung des Zelldesigns . . . . .	100
6.3	Ergebnisse der Produktanalyse . . . . .	102
6.3.1	Zelleigenschaften . . . . .	102
6.3.2	Wickeldesign . . . . .	109
6.4	Generische Beschreibung . . . . .	115
6.4.1	Wickeldesign . . . . .	115
6.4.2	Wickelkontaktierung . . . . .	116
6.5	Produktionstechnologien . . . . .	120
6.5.1	Anforderungen an die Wickelanlage . . . . .	120
6.5.2	Wickelaufgaben und Produktionsschritte . . . . .	121
6.5.3	Materialfluss und Module der Wickelanlage . . . . .	125
6.6	Ausblick . . . . .	128
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>131</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>133</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>139</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>141</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>149</b>
	<b>Veröffentlichungen</b>	<b>161</b>
	<b>Curriculum Vitae</b>	<b>165</b>

---