

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort	VII
Vorwort.....	IX
Inhaltsverzeichnis	XI
Abbildungsverzeichnis.....	XV
Tabellenverzeichnis.....	XIX
Symbolverzeichnis	XXI
Abkürzungsverzeichnis.....	XXV
Einheitenverzeichnis.....	XXVII
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangslage und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise	4
2 Grundlagen des Recyclings von Lithium-Ionen-Batterien.....	9
2.1 Lithium-Ionen-Traktionsbatterien für Elektrofahrzeuge	10
2.1.1 Differenzierung von Elektrofahrzeugen.....	10
2.1.2 Anforderungen von Elektrofahrzeugen an Traktionsbatterien	12
2.1.3 Technologien für Batteriesysteme und Eignung der Lithium-Ionen-Technologie	16
2.1.4 Aufbau, Varianten und stoffliche Zusammensetzung von Lithium-Ionen-Batteriezellen.....	20
2.1.5 Aufbau von Lithium-Ionen-Batteriesystemen	27
2.2 Metallische Rohstoffe für die Lithium-Ionen-Technologie	28
2.2.1 Metallische Rohstoffe als Erfolgsdeterminanten der Elektromobilität.....	28
2.2.2 Verfügbarkeit und Preisentwicklung von Cobalt	30
2.2.3 Verfügbarkeit und Preisentwicklung von Nickel	33
2.2.4 Verfügbarkeit und Preisentwicklung von Mangan.....	34

2.2.5	Verfügbarkeit und Preisentwicklung von Kupfer	35
2.2.6	Verfügbarkeit und Preisentwicklung von Lithium.....	37
2.3	Aufkommen von Lithium-Ionen-Traktionsbatterien in Deutschland.....	40
2.3.1	Determinanten des Altbatterieaufkommens	40
2.3.2	Szenarien und Ergebnisse zum Altbatterieaufkommen in Deutschland.....	41
2.4	Abfallrechtliche Rahmenbedingungen in Deutschland	44
2.4.1	Allgemeine abfallrechtliche Rahmenbedingungen	44
2.4.2	Spezifische Regelungen für die Rücknahme und Behandlung von Batterien aus Elektrofahrzeugen.....	46
2.4.3	Regelungen zur Abfallverbringung.....	50
2.5	Recyclingprozesse für Lithium-Ionen-Batterien.....	55
2.5.1	Generischer Recyclingprozess für Lithium-Ionen-Batterien aus Elektrofahrzeugen	56
2.5.2	Industrielle Recyclingprozesse.....	59
2.5.3	Recyclingprozesse in Forschung und Entwicklung.....	62
2.5.4	Wirtschaftlichkeit von Recyclingprozessen.....	65
2.5.5	Umweltwirkungen von Recyclingprozessen	67
2.6	Schlussfolgerungen.....	71
3	Strategische Planung des Recyclings von Lithium-Ionen-Traktionsbatterien	73
3.1	Planungsaufgaben zur Gestaltung eines Recyclingnetzwerks für Traktionsbatterien..	74
3.2	Ableitung von Anforderungen an einen Planungsansatz.....	77
3.3	Einordnung der Planungsaufgaben in die Betriebswirtschaftslehre.....	81
3.4	Modelle zur Gestaltung von Recyclingnetzwerken	90
3.5	Modelle zur Wahl von Technologien und Kapazitäten.....	93
3.6	Bedarf eines spezifischen Modells und Abgleich der Anforderungen.....	100
3.7	Fazit.....	105

4	Modell zur strategischen Technologie- und Kapazitätsplanung in Recyclingnetzwerken	107
4.1	Konzeptioneller Ansatz.....	108
4.2	Formulierung des mathematischen Optimierungsmodells	114
4.3	Strukturelle Validierung des Modells	120
4.4	Implementierung des Modells, Problemgröße und Lösungszeit.....	121
4.5	Modellerweiterungen zur Verringerung der Lösungszeit	122
4.6	Fazit.....	124
5	Analysen zur strategischen Planung des Recyclings von Lithium-Ionen-Traktionsbatterien	125
5.1	Fragestellungen und Untersuchungsdesign	125
5.2	Daten zur Technologie- und Kapazitätsplanung für ein Recyclingnetzwerk in Deutschland.....	127
5.2.1	Grundlegende Annahmen und Daten	127
5.2.2	Szenarien.....	132
5.3	Ergebnisse der Technologie- und Kapazitätsplanung	136
5.4	Modellanalysen zur strategischen Recyclingplanung	139
5.4.1	Wirtschaftlichkeit der Investitionspläne	139
5.4.2	Sensitivitätsanalysen zur Wirtschaftlichkeit	142
5.4.3	Ökonomisch vorteilhafte Investitionspläne.....	149
5.4.4	Einfluss nationaler Konkurrenz	152
5.4.5	Einfluss der Verbringung von Altbatterien.....	157
5.4.6	Wirtschaftlichkeit aus der Perspektive individueller Akteure.....	161
5.4.7	Volkswirtschaftliche Bedeutung des Recyclings von Lithium-Ionen-Batterien aus Elektrofahrzeugen.....	165
5.4.8	Beurteilung der Lithium-Ionen-Technologien aus der Perspektive des Recyclings	174

5.5	Fazit.....	183
6	Ableitung von Handlungsempfehlungen	185
6.1	Zusammenfassende Beantwortung der Leitfragen	185
6.2	Handlungsempfehlungen an potentielle Investoren und Betreiber	188
6.3	Handlungsempfehlungen an Batterie- und Automobilhersteller.....	191
6.4	Handlungsempfehlungen an politische Entscheidungsträger	194
7	Kritische Würdigung und Ausblick.....	197
7.1	Erreichung der gesetzten Ziele.....	197
7.2	Fortschritt gegenüber dem Stand der Forschung	199
7.3	Grenzen des Modellierungsansatzes und seiner Anwendung.....	202
7.4	Zukünftige Entwicklungen und offene Forschungsthemen	204
8	Zusammenfassung	207
	Literaturverzeichnis.....	213
	Anhang.....	229

Strategische Planung des Recyclings von
Lithium-Ionen-Batterien aus Elektrofahrzeugen in
Deutschland

Hoyer, C.

2015, XXVII, 230 S. 42 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-10273-9