# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis ..... VII

Abbildungsverzeichnis ..... XII

Tabellenverzeichnis ..... XV

Abkürzungsverzeichnis ..... XVI

1 Einleitung ..... 1

1.1 Problemstellung und Motivation ..... 1

1.2 Forschungsfragen ..... 2

1.3 Forschungsmethodik ..... 4

1.4 Aufbau der Arbeit ..... 5

2 Grundlagen ..... 7

2.1 Reverse Logistics ..... 7

2.1.1 Definition ..... 7

2.1.2 Materialflüsse und Prozesse ..... 8

2.1.3 Bedeutung und treibende Faktoren ..... 10

2.1.3.1 Rechtliche Faktoren ..... 10

2.1.3.2 Wirtschaftliche Faktoren ..... 14

2.1.3.3 Gesellschaftliche Faktoren ..... 15

2.2 RFID ..... 16

2.2.1 Komponenten und Funktionsweise ..... 16

2.2.2 Einordnung der RFID-Technologie ..... 19

2.2.2.1 Auto-ID-Verfahren ..... 19

2.2.2.2 Historische Entwicklung ..... 22

2.2.2.3 Basistechnologie des Ubiquitous Computing ..... 24

2.2.3 Logistische Funktionen und Nutzenpotenziale ..... 26

3 Die Rolle von RFID in Reverse-Logistics-Systemen ..... 31

3.1 RFID als Instrument der Reverse Logistics ..... 31

3.1.1 Mögliche Anwendungen in den Aufgabenfeldern der Reverse Logistics – Stand der Forschung ..... 31

3.1.1.1 Entsorgungslogistik ..... 31

3.1.1.2 Retourenlogistik ... 33
3.1.1.3 Behälterlogistik ... 34
3.1.2 Abgrenzung der Potenziale des RFID-Einsatzes für Forward und Reverse Logistics ... 35
3.2 RFID als Gegenstand der Reverse Logistics – Entsorgung von RFID-Transpondern ... 37
3.3 Systematisierung der Untersuchung ... 38
4 Einsatz von RFID in der Behälterlogistik ... 40
4.1 Vorbemerkungen und Einordnung des Untersuchungsgegenstands ... 40
4.2 Behälterlogistiksysteme ... 41
4.2.1 Definitionen ... 41
4.2.2 Prozesse und Organisationsformen ... 43
4.2.3 Behälterschwund als Herausforderung ... 45
4.3 Einsatz von RFID zur Behälterkennzeichnung und -verfolgung ... 46
4.3.1 Behälterkennzeichnungen ... 46
4.3.2 Beispiele aus der Praxis ... 47
4.3.2.1 Brauereien ... 47
4.3.2.2 Automobilhersteller ... 49
4.3.2.3 Handelsunternehmen ... 49
4.3.2.4 Behälterpooldienstleister ... 50
4.3.2.5 Zusammenfassung ... 52
4.4 Behälterlagermodell zur Untersuchung der Wirkung von RFID ... 53
4.4.1 Nutzenquantifizierung von RFID-Systemen mittels Lagerhaltungsmodellen ... 53
4.4.2 Lagerhaltungsmodelle in Reverse-Logistics-Systemen ... 54
4.4.3 Modellformulierung ... 55
4.4.4 Ausgangsszenario ... 57
4.4.5 Wirkung eines RFID-basierten Behältertrackingsystems ... 59
4.4.5.1 Einfluss auf die Modellvariablen ... 59
4.4.5.2 Veränderung der optimalen Lagerhaltungspolitik ... 59
4.4.5.3 Veränderung der Gesamtkosten ... 62
4.4.6 Diffusion von RFID im System ... 65
4.4.6.1 Abbildung im Modell und Einführungsalternativen ... 65
4.4.6.1.1 Alternative 1: Ersatzbeschaffung mit getaggten Behältern ... 68

4.4.6.1.2 Alternative 2: Zusätzliches Tagging des existierenden Behälterbestandes ..... 70
4.4.6.2 Bewertung der Alternativen ..... 72
4.4.7 Zusammenfassung ..... 74
4.5 Einführung von RFID-Systemen im Behältermanagement in komplexen Logistiksystemen: Fallstudie aus der Automobilindustrie ..... 74
4.5.1 Komplexität der Anwendungsszenarien ..... 75
4.5.2 Projekt LeoPARD ..... 76
4.5.2.1 Hybrides Prozessdesign zur Koexistenz von RFID und Barcode ..... 78
4.5.2.2 Herausforderungen und Lösungsansätze ..... 81
5 Auswirkungen des Einsatzes von RFID auf die Entsorgung von Produktverpackungen ..... 85
5.1 Vorbemerkungen und Einordnung des Untersuchungsgegenstands ..... 85
5.2 Stand der Forschung und Forschungslücke ..... 86
5.3 Grundlagen und Rahmenbedingungen ..... 87
5.3.1 Aufkommen und Verwertung von Produktverpackungen ..... 88
5.3.2 Rechtliche Rahmenbedingungen ..... 89
5.3.3 Marktsituation in Deutschland ..... 90
5.3.4 Item-Level RFID ..... 93
5.4 Prozessorientierte Untersuchung ..... 93
5.4.1 Herstellung ..... 94
5.4.2 Sammlung und Sortierung ..... 96
5.4.3 Behandlung und Verwertung ..... 99
5.4.3.1 Papier, Pappe und Karton ..... 99
5.4.3.2 Glas ..... 101
5.4.3.3 Kunststoff ..... 102
5.4.3.4 Aluminium ..... 104
5.4.3.5 Weißblech ..... 105
5.4.4 Zusammenfassung ..... 106
5.5 Empirische Untersuchung unter Verpackungsherstellern und -entsorgern ..... 106
5.5.1 Untersuchungsgegenstand und -ziel ..... 106
5.5.2 Datenerhebung ..... 107
5.5.3 Auswertung ..... 107

5.5.3.1 Deskriptive Statistik ... 108
5.5.3.1.1 Stichprobenzusammensetzung und Übersicht ... 108
5.5.3.1.2 Kenntnisstand der Befragten ... 110
5.5.3.1.3 Risiken durch RFID-Einsatz ... 111
5.5.3.1.4 Potenziale des RFID-Einsatzes ... 112
5.5.3.1.5 Gesamtauswirkungen ... 113
5.5.3.2 Analytische Statistik ... 114
5.5.3.2.1 Korrelationen ... 114
5.5.3.2.2 Homogenität ... 118
5.5.4 Zusammenfassung ... 119
6 Einsatz von RFID für die Elektroaltgeräteentsorgung ... 120
6.1 Vorbemerkungen und Einordnung des Untersuchungsgegenstands ... 120
6.2 Stand der Forschung und Forschungslücke ... 121
6.3 Grundlagen und Rahmenbedingungen ... 122
6.3.1 Herstellerverantwortung als rechtlicher Rahmen ... 122
6.3.2 Elektroaltgeräteentsorgung in Deutschland ... 124
6.3.2.1 Aufkommen ... 124
6.3.2.2 Organisation der Verwertung ... 125
6.3.2.3 Kritik am existierenden System ... 127
6.4 Konzeption eines RFID-basierten Systems zur Unterstützung der Elektroaltgeräteentsorgung ... 128
6.4.1 Anforderungsanalyse ... 128
6.4.1.1 Funktionale (fachliche) Anforderungen ... 128
6.4.1.2 Nicht-funktionale (technische) Anforderungen ... 131
6.4.2 Systemkonzeption ... 132
6.4.2.1 Datenmodell ... 132
6.4.2.2 Objektmodell ... 138
6.4.2.3 Systemarchitektur ... 147
6.4.3 Diskussion des Konzepts ... 148
6.4.3.1 Umsetzung der Anforderungen ... 148
6.4.3.2 Aufwand für Implementierung und Betrieb ... 150

6.4.3.3 Datenschutz und Kundenakzeptanz ..... 151
6.5 Zusammenfassung ..... 152
7 Fazit ..... 154
7.1 Zusammenfassung ..... 154
7.2 Ausblick ..... 156
Literaturverzeichnis ..... 158