Objektinformationsbedarfe und RFID-Nutzenpotenziale in Reverse Logistics

Lars Thoroe, Matthias Schumann

Institut für Wirtschaftinformatik
Professur für Anwendungssysteme und E-Business
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 5
37073 Göttingen
lthoroe@uni-goettingen.de
mschuma1@uni-goettingen.de

Abstract: Der Einsatz der RFID-Technologie zur Kopplung von Material- und Informationsflüssen hat in den letzten Jahren zunehmend Einzug in die logistische Forschung und Praxis gehalten. Die Erhöhung der Visibilität entlang der Supply Chain – vom Lieferanten über den Produzenten bis zum Einzelhändler – stand dabei im Vordergrund. Vergleichsweise wenig beachtet wurde in diesem Zusammenhang die Reverse Logistics, ein relativ junger Teilbereich der Logistikforschung, der entgegengesetzt zur Wertschöpfungsrichtung verlaufende Materialflüsse zum Gegenstand hat. Im vorliegenden Beitrag werden diese rückwärts gerichteten Flüsse im Hinblick auf ihre spezifischen Bedarfe nach Objektidentifikation und -information und deren Unterstützung durch den Einsatz von RFID analysiert. Diese Bedarfe werden denen der Forward Logistics gegenübergestellt, um daraus die für den Einsatz von RFID relevanten Unterschiede herauszuarbeiten. Der Vergleich zeigt, dass die Materialflüsse der Reverse Logistics höhere Unsicherheiten hinsichtlich Objektidentität und -eigenschaften aufweisen. Der Einsatz von RFID-Systemen zur Überwindung dieser Unsicherheiten birgt erhebliche Potenziale, deren Erschließung jedoch von spezifischen Herausforderungen gehemmt wird.

1 Einleitung

Die Integration von virtueller und realer Welt durch Technologien des Ubiquitous Computing verspricht neue Möglichkeiten für die Steuerung und Kontrolle betrieblicher Prozesse. In der Logistik bezieht sich diese Integration auf die Kopplung von Material- und Informationsflüssen, für die seit einigen Jahren die RFID-Technologie diskutiert und in geringem Maße auch eingesetzt wird. Im Mittelpunkt von Forschung und Praxis stand dabei der Einsatz von RFID zur Unterstützung der klassischen logistischen Aufgabenbereiche der Beschaffungs-, Produktions- und Distributionslogistik. Gegenstand dieser Bereiche sind Güterflüsse, deren Richtung parallel zu der der Wertschöpfungskette – von Rohstofflieferanten über Produzenten und Händler bis zum Endkunden – verläuft.

Die entgegen dieser Richtung verlaufenden Materialflüsse gewinnen zunehmend an Bedeutung und sind Forschungsgegenstand der Reverse Logistics, einem relativ jungen Teilgebiet der Logistikforschung. Die unidirektionale Wertschöpfungskette als klassischer Betrachtungsgegenstand des Supply Chain Managements wird durch Reverse Logistics erweitert zur „closed loop supply chain“ oder „supply loop“ [GWA07] [GHW03].

Die Charakteristika der Material- und Informationsflüsse in der Reverse Logistics (RL) unterscheiden sich grundlegend von denen der klassischen, vorwärtsgerichteten Logistik (im Folgenden als Forward Logistics (FL) bezeichnet) und bedürfen einer separaten Untersuchung [Fl01] [GHW03] [MKSP07]. Die sich aus diesen Charakteristika ergebenden spezifischen Objektidentifikations- und -informationsbedarfe und die Potenziale von RFID zu deren Erfüllung werden im vorliegenden Beitrag untersucht und denen der FL gegenübergestellt. Dazu werden im folgenden Abschnitt zunächst wesentliche Grundlagen kurz dargestellt und der Stand der für diesen Beitrag relevanten Forschung zusammengefasst. Im dritten Abschnitt werden dann aus den Charakteristika der Prozesse der RL Objektinformationsbedarfe hergeleitet, denen der klassischen, vorwärtsgerichteten Logistik gegenübergestellt und hinsichtlich eines möglichen Einsatzes von RFID untersucht. Des Weiteren werden Anforderungen und Forschungsbedarfe für eine Forward und Reverse Logistics übergreifende Nutzung von RFID hergeleitet.

2 Motivation und Stand der Forschung

2.1 Grundlagen

In der wissenschaftlichen Literatur besteht noch kein Konsens hinsichtlich einer Definition des relativ jungen Begriffs der Reverse Logistics. Die ersten Definitionsansätze stammen aus den frühen 90er Jahren und sind auf Aspekte wie Entsorgung und Recycling begrenzt [BD04] [Do00]. Inzwischen wird der Begriff meist weiter gefasst, wie auch in der folgenden, von der European Working Group on Reverse Logistics erarbeiteten Definition: “The Process of planning, implementing and controlling flows of raw materials, in process inventory, and finished goods, from a manufacturing, distribution or use point, to a point of recovery or point of proper disposal” [BD04]. Diese Definition umfasst damit sowohl Materialflüsse, die vom Kunden ausgehen (etwa zu Umtausch-, Rückgabe-, oder Entsorgungszwecken) als auch solche, die ihren Ausgangspunkt weiter vorne in der Wertschöpfungskette haben und nicht den üblichen Weg entlang der Supply Chain gehen (etwa die Rückgabe von Überbeständen vom Handel an den Hersteller, z. B. Remittenden).

Basierend auf obiger Definition lassen sich die folgenden Arten von Materialflüssen als Gegenstand der RL unterscheiden [Fl01]:

- Güter, die am Ende ihrer Nutzungsdauer stehen und Entsorgung, Wiederverwendung oder Recycling zugeführt werden (Konsumrückstände)

- Rückgaben von Produkten mit dem Ziel, einen vorangegangenen Kaufvertrag zu annullieren

- Rückgaben, die aufgrund mangelhafter Produktqualität erfolgen, z. B. Reklamationen und Rückrufe durch den Hersteller

- Produktionsausschuss und unerwünschte Kuppelprodukte (Produktionsrückstände)

- Packmittel, z. B. Mehrwegtransportverpackungen (bspw. Paletten und Gitterboxen) und Produktverpackungen

Steven et al. (2003) fassen diese Arten von Materialflüssen zusammen und unterscheiden dementsprechend Entsorgungslogistik, Retourenlogistik und Behälterlogistik als Aufgabenfelder der RL [STK03a] [SL05].

2.2 Steigende Bedeutung der Reverse Logistics

In den letzten Jahren wird der RL in der logistischen Forschung und Praxis zunehmend Bedeutung beigemessen. Gründe dafür sind in veränderten sozioökonomischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen zu suchen, die als Treiber für die steigende Bedeutung der RL wirken. Diese treibenden Faktoren werden in der Literatur in rechtliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Faktoren unterteilt [BD04] [Fl01] [STK03a] [MSP07].

Die Gesetzgebung wirkt in zwei wesentlichen Gebieten als Treiber für die RL. Zum Einen konfrontieren verschärfte Regelungen zu Produkthaftung und Rückverfolgbarkeit die Retourenlogistik mit neuen Herausforderungen. Zum Anderen stellt ein verstärktes ökologisches Bewusstsein in Politik und Gesellschaft, das sich – insbesondere in Europa – auch in der Gesetzgebung niederschlägt, neue Anforderungen an die Entsorgungslogistik. Rechtlicher Rahmen der Entsorgung in Deutschland ist das Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (KrW-/AbfG) von 1994. Dieses nimmt die Hersteller in die Pflicht, ihre Erzeugnisse mehrfachverwendbar und langlebig zu gestalten, bei der Produktion verstärkt wiederverwendete Komponenten und Sekundärrohstoffe einzusetzen sowie die Rücknahme, Verwertung und Beseitigung der nach dem Konsum verbleibenden Abfälle zu übernehmen. Auch von Seiten der EU wird den Herstellern zunehmend eine erweiterte Produktverantwortung gesetzlich auferlegt. Beispielsweise verpflichtet die EU-Richtlinie 2002/96/EG – auch WEEE-Richtlinie (Waste Electrical and Electronic Equipment) genannt – die Hersteller von Elektro- und Elektronikgeräten zu Rücknahme, Wiederverwendung und Recycling von Altgeräten [EU03].

Ähnliche Vorgaben für die Rücknahme und Wiederverwendung von Altfahrzeugen enthält die auch als Altautoverordnung bekannte Richtlinie 2000/53/EG. Ab 2015 sind 85 Prozent des durchschnittlichen Fahrzeuggewichts der Wiederverwendung oder dem Recycling zuzuführen. Dazu seien insbesondere auch Kennzeichnungssysteme zu entwickeln, „um die Identifizierung derjenigen Bauteile und Werkstoffe zu erleichtern, die wiederverwendet oder verwertet werden können“ [EU00].

Abbildung 1 fasst eine Auswahl der die RL betreffenden gesetzlichen Regelungen zusammen.

Gesetz	Gegenstand	RL-Aufgabengebiet
Altautoverordnung (EU)	Rücknahme und Wiederverwendung von Altfahrzeugen	Entsorgungslogistik
WEEE-Richtlinie/ ElektroG (EU/D)	Rücknahme und Wiederverwendung von Elektronikgeräten	
KrW-/AbfG (D)	Produktverantwortung der Hersteller für Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfall	Entsorgungslogistik/ Behälterlogistik
VerpackungsV (D)	Wiederverwertung von Verpackungen, Pfand für Einweggetränkeverpackungen	
TREAD-Act (USA)	Meldung sicherheitsrelevanter Mängel, Dokumentation und Kennzeichnung sicherheitsrelevanter Fahrzeugteile	Retourenlogistik
EG-Verordnung 178/2002 (EU)	Rückverfolgung von Lebensmitteln	

Abbildung 1: Auswahl gesetzlicher Treiber der Reverse Logistics

Auch veränderte wirtschaftliche Rahmenbedingungen verstärken die Bedeutung der RL [St04] [BD04] [MSP07].

- Kürzere Produktnutzungsdauern bewirken, dass Produkte oder Produktkomponenten am Ende ihrer Nutzugsdauer zunehmend noch einen Wert haben, dessen Wiedergewinnung wirtschaftlich vorteilhaft erfolgen kann.
- Steigende Rohstoffkosten sind ebenfalls ein Treiber der RL. Der deutliche Preisanstieg in nahezu allen Rohstoffgruppen seit dem Jahr 2000, der seine Hauptursache in der durch das Wachstum der Schwellenländer induzierten Nachfrage hat, fördert den verstärkten Einsatz von Sekundärrohstoffen, die aus Industrie- und Konsumrückständen gewonnen werden [Ba06].
- Die Anzahl an Retouren steigt seit Jahren stetig an, sowohl im B2C-Bereich, wo der zunehmende E-Commerce in Verbindung mit den hohen Retourenquoten des Versandhandels in einem erhöhten Aufwand für die Abwicklung von Retouren resultiert, als auch im B2B-Bereich, in dem vermehrt umfassende Rücknahmeregelungen für überschüssige Produkte vereinbart werden [STK03b] [Fl05].

Außerdem gewinnt das ökologische Bewusstsein in der Gesellschaft seit einigen Jahren wieder an Auftrieb. Neuerdings ist es insbesondere der Klimawandel, der verstärkt als bedrohliches Problem wahrgenommen wird und Konzepten wie Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung im Bewusstsein der Bevölkerung einen hohen Stellenwert verleiht. Als Reaktion versuchen Unternehmen zunehmend ein ökologisches Produkt- und Unternehmensimage aufzubauen, um im Rahmen des sog. „Green Marketing" gezielt auf die sich ändernden Kundenbedürfnisse einzugehen, so dass das Konzept der Produktverantwortung der Hersteller hinsichtlich des Recyclings nicht nur vom Gesetzgeber, sondern auch von den Unternehmen selbst zunehmend forciert wird [DTK07] [Fl01].

2.3 RFID in Reverse Logistics – Literaturübersicht

Ein wesentliches Merkmal, in dem sich die Materialflüsse der RL zu denen der FL abgrenzen, ist das hohe Maß an Unsicherheit [TR02] [CAA05] [Ro01]: Dies betrifft Zeit, Ausgangspunkt und Menge zukünftiger Materialflüsse ebenso wie Unsicherheiten hinsichtlich der Identität und des Zustandes logistischer Objekte. Der Einsatz von RFID wird von vielen Autoren als Möglichkeit genannt, um diesen Unsicherheiten zu begegnen [MSP07] [ZZL05] [Fl05]. Eine nähere Untersuchung der Nutzenpotenziale von RFID in der RL findet sich seitens der Logistikforschung nicht.

In der RFID-Forschung werden Einsatzmöglichkeiten dieser Technologie in Teilbereichen der RL untersucht. Parlikad et. al (2003) analysieren Informationsbedarfe im Zuge der Entscheidung über Wiederverwendung und Verwertung von Produkten am Ende ihrer Lebensdauer [Pa03]. Konkreter wird das gleiche Thema im Beitrag von Kulkarni et al. (2005) behandelt, in dem die Autoren Informationsbedarfe anhand zweier Fallstudien aus der Verwertung von Elektroaltgeräten untersuchen und Unterstützungsmöglichkeiten durch ein RFID-System aufzeigen [Ku05].

Neben diesen entsorgungslogistischen Anwendungen finden sich in der relevanten Literatur Potenziale von RFID in der Retourenlogistik. Diese Darstellungen beschränken sich meist auf den Prozess der Sammlung von Retouren. Vom Kunden ausgehende Produktrückgaben sind u.a. Gegenstand des Beitrags von Koh, Schuster und Lam (2003) [KSL03]. Produktrückrufen – d. h. Pull-Prozessen der Sammlung von Retouren – wird insbesondere aufgrund der jüngeren Lebensmittelskandale und der Rückrufe sicherheitskritischer Produkte besondere Bedeutung beigemessen. In der Literatur finden sich einige Beiträge, die RFID-basierte Modelle und Verfahren zur Rückverfolgbarkeit von Produkten vorstellen [DBD04] [KPD07] [FMM06] [Ag06].

Die Nutzenpotenziale von RFID in der Behälterlogistik sind in der Wissenschaft vergleichsweise gut untersucht und in der Praxis stichhaltig belegt. RFID-gestützte Behältermanagementsysteme haben insbesondere in der Automobilindustrie und im Getränkegroßhandel ihren Nutzen unter Beweis gestellt, indem Schwund und nicht zurechenbare Beschädigungen teurer Mehrwegbehälter reduziert sowie deren Verfügbarkeit und Auslastung deutlich gesteigert werden konnte [SF05] [SE05] [UPF07].

Eine den gesamten Bereich der RL einschließende Betrachtung der Nutzenpotenziale des Einsatzes von RFID findet sich in der Literatur nicht. Dieser Forschungslücke widmet sich der vorliegende Beitrag, indem vereinzelt in der Literatur behandelte Einsatzmöglichkeiten mit weiteren, aus der Reverse Logistics-Forschung hergeleiteten Objektinformationsbedarfen zusammengeführt werden, um so diesem weiter an Bedeutung gewinnenden Bereich der Logistikforschung zu Aufmerksamkeit seitens der RFID-Forschung zu verhelfen.

3 RFID zur Erfüllung von Informationsbedarfen der Reverse Logistics

In diesem Abschnitt werden die spezifischen Nutzenpotenziale von RFID in der RL behandelt. Dazu werden zunächst die relevanten Charakteristika der rückwärtsgerichteten Materialflüsse und Prozesse dargestellt, um aus diesen dann die Bedarfe nach Objektidentifikation und -information abzuleiten. Die gesamte Untersuchung erfolgt dabei in Abgrenzung zu Prozessen und RFID-Nutzenpotenzialen der klassischen, vorwärtsgerichteten Logistik.

3.1 Flüsse und Prozesse der Reverse Logistics

Sowohl die Materialflüsse der RL als auch die der FL lassen sich als Kombination grundlegender logistischer Prozesse darstellen. Dies sind Transport-, Umschlag-, Lager-, Kommissionier-, Sammel-, Sortier- und Verpackungsprozesse, welche Logistikobjekte hinsichtlich ihrer zeitlichen, räumlichen oder art- und mengenmäßigen Merkmale transformieren [Is98] [SL05]. Zusätzlich weisen die Materialflüsse der RL die spezifischen Prozesse Demontage, Aufbereitung und Beseitigung auf [Ha04]. Zur Steuerung, Dokumentation und Überwachung des Materialflusses steht der physischen Ebene des Materialflusses die informatorische Ebene des Informationsflusses gegenüber. Die Kopplung oder Synchronisation beider Flüsse[1] ist die Aufgabe von RFID-Systemen.

[1] Losgelöst vom logistischen Betrachtungsfokus sprechen Fleisch et al. (2005) von der Integration der realen und der virtuellen Welt durch RFID-Systeme [FCD05].

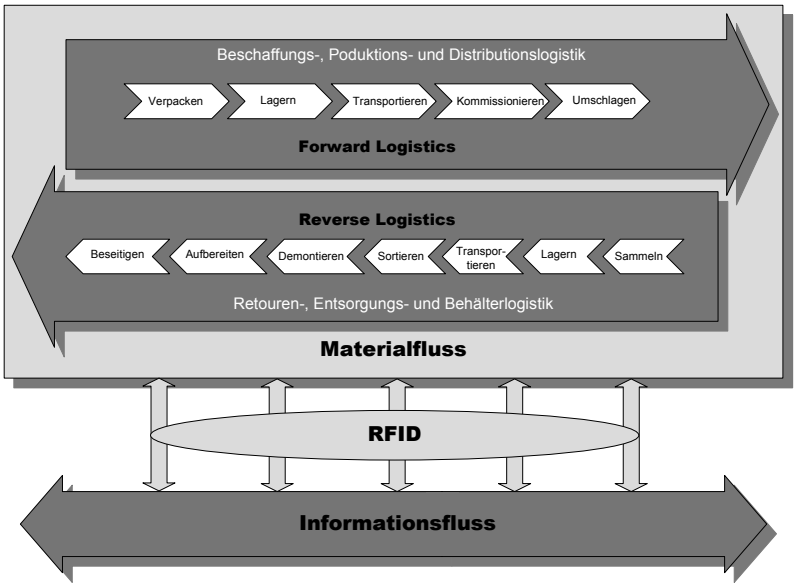

Abbildung 2: Gekoppelte Material- und Informationsflüsse der Forward und Reverse Logistics

Materialflüsse der FL sind im Gegensatz zu denen der RL relativ kontrolliert und geplant [MSP07] [Ro01] [TR02]. Sie werden meist nach dem Pull-Prinzip angestoßen. Als Beispiel sind durchgeführte Transportleistungen zu nennen, denen eine Bestellung vorangeht. Auch eilt FL-Materialflüssen zumeist ein Informationsfluss (bspw. in Form einer Versandbestätigung) voraus; bei Prozessübergängen werden eintreffende Güter dementsprechend i.d.R. erwartet. Trotz Trends zur kundenindividuellen Fertigung (etwa mass customization) sind die zum Kunden hin gerichteten Materialflüsse darüber hinaus relativ homogen. Die kontrollierten Bedingungen, die in Beschaffung-, Produktions- und Distributionslogistik herrschen, sorgen dafür, dass der Zustand von Gütern hier mit einiger Sicherheit bekannt und statisch ist.

Im Gegensatz dazu sind die Materialflüsse der RL weit weniger kontrolliert [Fl01] [Ro01] [MSP07] [TR02]. Sie werden meist nach dem Push-Prinzip angestoßen, sind von Unternehmensseite oft nicht geplant oder sogar – etwa im Falle von Produktretouren – unerwünscht. Charakteristisch für die RL ist auch das relativ zur FL umgekehrte Verhältnis potenzieller Quellen und Senken. Während die Kunden in vorwärtsgerichteten Logistiksystemen lediglich als Senke fungieren, stellen sie für die RL bedeutende Quellen von Materialflüssen dar. Dieser Umstand trägt dazu bei, dass rückwärtsgerichtete Prozesse, bedingt durch die Auflösung logistischer Einheiten während der Distribution, in starkem Maße einzelne Objekte zum Gegenstand haben, also auf feingranularer logistischer Ebene operieren. Dies ist auch in der Heterogenität der Güter in RL-Prozessen begründet: Während der Nutzung und Wartung unterliegen ehemals homogene Produkte einer quasi unendlichen Variantenbildung, sei es durch Verbrauch, Verschleiß oder Austausch von Komponenten.

Die im Rahmen dieses Beitrags relevanten Charakteristika der Materialflüsse in Forward und Reverse Logistics sind in Abbildung 3 zusammengefasst.

Merkmal	Forward Logistics	Reverse Logistics
Anstoß der Materialflüsse	Pull	Push
Homogenität der Materialflüsse	Gleichartige Güter	Verschiedenartige Güter durch Variantenbildung während der Nutzung
Anzahl potenzieller Quellen relativ zur Anzahl potenzieller Senken	Gering, da Kunden lediglich als Senken fungieren	Hoch, da Kunden wichtige Quelle darstellen
Logistische Ebene	Aggregiert, Auflösung logistischer Einheiten erst durch den Handel	Einzelne Objekte, wegen der Auflösung logistischer Einheiten in Distribution und Nutzung

Abbildung 3: Charakteristika von Flüssen der Forward und Reverse Logistics

3.2 Informationsbedarfe und Nutzenpotenziale von RFID

Die Charakteristika der Prozesse der RL schlagen sich auch in spezifischen Bedarfen nach Objektidentifikation und -information nieder.

Grundsätzlich entsteht der Bedarf, ein Objekt in logistischen Prozessen zu identifizieren, aus drei Gründen [Pf01]: Die Identität eines logistischen Objekts ist zu Beginn des Prozesses gänzlich unbekannt, es besteht eine Unsicherheit hinsichtlich der Identität oder der Bedarf geht aus Vorgaben zur Zustands- und Vollständigkeitskontrolle hervor, welche der Qualitätssicherung und Prozessdokumentation dienen.

In vorwärtsgerichteten Prozessen ist der Zweck der Identifikation zumeist nicht die Feststellung einer völlig unbekannten Identität. In den vergleichsweise gut kontrollierten FL-Systemen sind Objektidentitäten an Prozessübergängen zumeist mit gewisser Sicherheit bekannt; RFID-Systeme dienen hier oft der Bestätigung oder Dokumentation von mit Unsicherheit behafteten Objektidentitäten (etwa bei der Wareneingangskontrolle).

Dagegen ist der originäre Zweck der Identifikation, d. h. die Feststellung einer völlig unbekannten Objektidentität, in den Prozessen der RL wesentlich häufiger erforderlich. Da hier die Materialflüsse zumeist nach dem Push-Prinzip angestoßen werden, sind sie bei Eintritt in das logistische System unerwartet, Objektidentitäten sind bei der Sammlung dementsprechend meist unbekannt. Eine Identifikation ist bspw. bei der Sammlung bepfandeter Verpackungen durch den Einzelhandel notwendig. Hier bietet die RFID-Kennzeichnung der Pfandgüter deutliche Nutzenpotenziale für Rückgabe und Clearing. Zum Einen wäre die korrekte automatische Erfassung nicht mehr, wie beim derzeitigen Einsatz optischer Kennzeichnungen, vom intakten und sauberen Zustand der Verpackung abhängig [BP05].

Zum Anderen bietet die eindeutige Identifikation auf Instanzebene Möglichkeiten, die erneute Auszahlung für bereits erfasste Pfandgüter auszuschließen. Sicherheitsmaßnahmen, mit denen dies heute verhindert wird, könnten damit entfallen. Oft findet jedoch während der Sammlung keine Identifikation statt, so dass an nachfolgende Prozesse heterogene Materialflüsse unbekannter Zusammensetzung übergeben werden. Ein Beispiel ist hier die Sortierung von Verpackungsabfällen der privaten Haushalte, die in Deutschland überwiegend von der Duales System Deutschland GmbH (DSD) wahrgenommen wird. Für die automatische Sortierung werden aufwändige Verfahren wie magnetische und wirbelstrominduzierte Sortierung, Nah-Infrarot-Spektroskopie und kamerabasierte optische Verfahren sowie Verfahren zur Trennung nach Größe, Gewicht und Flugverhalten der Verpackungsabfälle angewendet [Ha04]. Wenn die Sortierung nicht anhand grober Objekteigenschaften sondern über die Objektidentität erfolgt, ist theoretisch eine beliebige Verfeinerung der Sortierung im Sinne einer beliebigen Erhöhung der Anzahl der zu trennenden Fraktionen möglich. Dadurch kann die Qualität der Sortierung und damit der Wert der aus den Rückständen gewonnenen Sekundärrohstoffe deutlich gesteigert werden. Darüber hinaus sind RFID-Lesegeräte deutlich günstiger als die derzeit eingesetzten Sortiertechnologien [BP05]. Im Beispiel der Sortierung von Verpackungsabfällen der privaten Haushalte liegen die Vorteile von RFID nicht in der instanzindividuellen Identifikation, sondern in der Beständigkeit der Kennzeichnung, die im Gegensatz zum Barcode resistenter gegenüber objektverändernden Einflüssen ist und somit auch in RL-Prozessen potenziell nutzbar bleibt.

Die Identifikation ist jedoch oft nur der erste Schritt, um auf weitere objektbezogene Daten zuzugreifen. Ein wesentlicher Vorteil von RFID ist in diesem Zusammenhang die Eindeutigkeit der Identifikation, die den Zugriff auf individuelle Objektdaten auf Instanzebene ermöglicht. Der Nutzen der Verfügbarkeit instanzindividueller Daten steigt mit ihrer Verschiedenheit; sind objektbezogene Daten größtenteils klassenindividuell und statisch (Stammdaten) stiftet der Vorteil der Eindeutigkeit von Identifikation und Datenspeicherung deutlich weniger Nutzen.

In der RL besteht dagegen ein erhöhter Bedarf nach instanzindividuellen Objektdaten, da ehemals gleichartige Güter durch objektverändernde Einflüsse während der Nutzung einer Variantenbildung unterliegen. Daten über diese Einflüsse und somit letztlich über den Zustand des Objektes sind wesentlich für Behandlungs- und Verwertungsprozesse. Als Verwertungsoptionen kommen grundsätzlich folgende Möglichkeiten in Frage [BD04] [Ha04]: Redistribution ohne Aufarbeitung auf Sekundärmärkten, Redistribution nach Aufarbeitung (z. B. Reinigung, Reparatur, Austausch von Verschleißteilen), Recycling auf Rohstoffebene und Distribution von Objektbestandteilen als Sekundärrohstoffe sowie energetische Nutzung durch Verbrennen. Für die Entscheidung über die optimale Verwertungsmöglichkeit und Demontagetiefe sind neben Informationen zur Nachfrage insbesondere Daten über Zustand und Wert des Objekts und seiner Komponenten notwendig. Stammdaten des Objekts müssen um dynamische Daten ergänzt werden, da Objektdaten basierend auf dem Montagezustand in der Verwertung nur eingeschränkt nutzbar sind [Ku06] [Ha04].

RFID-Systeme können hier eingesetzt werden, um zum Einen Objektveränderungen einer Instanz wie den Austausch von Komponenten zu dokumentieren, zum Anderen können durch die Integration von Sensoren auch Umwelteinflüsse erfasst und am Tag dokumentiert werden, um aus diesen auf den Objektzustand zu schließen. Ein Beispiel für einen derartigen Einsatz ist das von der EU geförderte Projekt CONCLORE, in dem untersucht wird, wie die Integration von mit Sensoren versehenen RFID-Tags in Fahrzeugkomponenten im Zuge des Komponentenrecyclings genutzt werden kann [Kh06].

Als AutoID-Technologie ist in FL-Systemen der Barcode etabliert. Dieser ist zur Objektidentifikation in RL-Prozessen zumeist jedoch nicht (mehr) nutzbar. Grund dafür sind die Einflüsse, denen die Objekte während der Nutzung ausgesetzt sind, die eine korrekte Lesung optischer Datenträger massiv behindern. Während der Nutzung von Konsumgütern wird die Einheit von Produkt und Verpackung aufgelöst, so dass letztere nicht mehr die Kennzeichnungsfunktion für das Produkt wie in den vorwärtsgerichteten Prozessen erfüllen kann. Auch Mehrwegbehälter sind während der Nutzung (insbesondere auch bei der regelmäßigen Reinigung gemäß Hygienevorschriften) Einflüssen ausgesetzt, die optische Datenträger zerstören können, so dass diese oft nicht als dauerhafte Behälterkennzeichnung eingesetzt werden können [STK03b]. Während die RFID-Technologie in FL-Systemen im starken Wettbewerb zum Barcode steht, wirkt diese Konkurrenz in RL-Systemen weniger stark, da hier Verbreitung und Eignung optischer Datenträger als dauerhafte Objektkennzeichnung eingeschränkt sind. Abbildung 4 fasst die unterschiedlichen Informationsbedarfe und RFID-Nutzenpotenziale in RL und FL zusammen.

Merkmal	**Forward Logistics**	**Reverse Logistics**
Zweck der Identifikation	Bestätigung der relativ sicheren Objektidentität	Feststellung der völlig unbekannten Objektidentität
Produktkonfiguration	Statisch, gemäß Stückliste auf Klassenebene	Dynamisch, Objektindividuelle Stückliste auf Instanzebene zu dokumentieren
Produktzustand	Eher bekannt und statisch durch kontrollierte Prozesse; mit Sensoren versehene RFID-Tags zur Qualitätskontrolle	Meist unbekannt, Variantenbildung während der Nutzung; mit Sensoren versehene RFID-Tags zur Dokumentation unbekannter Einflüsse
Verbreitung des Barcodes als Konkurrenztechnologie	Sehr hoch	Eher gering, optische Datenträger in RL-Prozessen oft nicht mehr nutzbar wg. Zerstörung während Objektnutzung und Sammlung sowie Auflösung der Einheit von Produkt und Verpackung
Relevante Ebene der Kennzeichnung auf Instanzebene	Verpackung	Verpackung und Objekte, wegen der Auflösung von Verpackung und Objekt während des Konsums

Abbildung 4: Informationsbedarfe und RFID-Nutzenpotenziale in FL und RL

3.3 Herausforderungen und Forschungsbedarfe

Der Einsatz von RFID verspricht große Potenziale, die Lücke im Informationsfluss zu schließen, die derzeit zwischen Forward und RL klafft. Mit Ausnahme von erfolgreichen behälterlogistischen Anwendungen gibt es jedoch kaum praktische Belege dieser Potenziale.

Ziel zukünftiger Forschung sollte es sein, Methoden und Modelle für die quantitative Bewertung der Nutzenpotenziale von RFID in RL bereitzustellen, um die Erschließung dieser Potenziale zu fördern. Mit einzubeziehen ist dabei auch die Frage der Verteilung von Kosten und Nutzen des logistischen Einsatzes von RFID. Im Konsumgüterbereich wurde diesbezüglich oft konstatiert, dass der Handel die Einführung von RFID auf Kosten der Hersteller forciert [DMS07]. Das Einbeziehen solcher Potenziale, die sich auf die Unterstützung der weiterhin an Bedeutung gewinnenden Produzentenverantwortung beziehen (z. B. Entsorgung, Abwicklung von Retouren und Rückrufen), kann hier neue Impulse für die Debatte über die Nutzenverteilung liefern. Während die Wirtschaftlichkeit Forward und Reverse Logistics übergreifender RFID-Systeme in der Behälterlogistik bereits in vielen Praxisanwendungen belegt ist, bleibt die Bewertung eines Einsatzes von RFID zum Schließen der Informationslücke zwischen vorwärts- und rückwärtsgerichteten Materialflüssen von Konsumgütern mangels praktischer Einsätze schwierig.

Dass die Berücksichtigung von RL-Nutzenpotenzialen als durchaus signifikant für die Wirtschaftlichkeitsbeurteilung des Item-Level-Taggings von Konsumgütern ist, sei an folgendem Beispiel veranschaulicht: Die Verwertung einer PET-Flasche durch die DSD kostet den Getränkehersteller etwa fünf Cent an Lizenzgebühren [DSD07]. Die Kosten für die derzeit eingesetzten Sortierverfahren (vgl. 3.2) stellen mit etwa 40 Prozent den größten Anteil an den gesamten Verwertungskosten im DSD [SL05]. Wenn hier die Sortierung mithilfe eines RFID-Systems die aufwändigen, derzeit verwendeten Verfahren z. T. ersetzen kann und zu einer Verbesserung des Sortierergebnisses im Sinne wertvollerer sortenreiner Stofffraktionen führt, könnte dies einen bedeutenden Beitrag für eine wirtschaftliche Kennzeichnung auf Produktebene darstellen.

Für die Kennzeichnung von Konsumgütern stellen Aspekte des Datenschutzes und der Kundenakzeptanz eine wesentliche Herausforderung dar. Die Möglichkeiten des unbemerkten Auslesens potenziell personifizierbarer Daten lösen unspezifische Ängste des Kontrollverlustes aus [BGS05] [La05] [Th05] [Th07]. Während diesen Bedenken in der FL durch Deaktivieren oder Entfernen der Transponder am POS begegnet werden kann, ist die Permanenz der Kennzeichnung über den POS hinaus entscheidend für die Nutzung in der RL. Hier ist die Entwicklung effektiver und kostengünstiger Verfahren zum Schutz der informationellen Selbstbestimmung eine entscheidende Voraussetzung für eine Forward und Reverse Logistics übergreifende Nutzung von RFID.

Des Weiteren weisen mögliche Anwendungen in der RL auch spezifische technische Anforderungen an RFID-Systeme auf, die sowohl Hardware als auch Datenmanagement betreffen.

Während etwa für Anwendungen in der Distribution nur ein Tag (auf Produkt oder Verpackung) zur Objektidentifikation erforderlich ist, sind in rückwärtsgerichteten Prozessen auch Bedarfe nach getrennter Identifikation von Produkt, Verpackung und ggf. auch einzelnen Komponenten gegeben. Diese Bedarfe reichen von der Identifikation auf Klassenebene (etwa im Zuge der Sortierung von Verpackungsabfällen) über instanzindividuellen Identifikation (etwa bei der Sammlung von Retouren) bis hin zu Sensordaten (etwa zur Dokumentation objektverändernder Einflüsse während der Nutzung, die während der Aufbereitung genutzt werden). Welche Charakteristika die Tags für die Erfüllung dieser Bedarfe aufweisen müssen und wie die unterschiedlichen Anforderungen in Forward und Reverse Logistics im Rahmen eines supply loop-übergreifenden Einsatzes von RFID abgestimmt werden können, sollte Gegenstand zukünftiger Forschung sein.

Abschließend sind Transponder nicht nur potenzielle Hilfsmittel der RL, sondern auch deren Gegenstand als Objekte die der Entsorgung zugeführt werden. Derzeitige Entsorgungssysteme und -prozesse müssen angepasst werden, um die bei verbreitetem Ite-Level-Tagging anfallenden großen Mengen von an Objekten angebrachten Transpondern effektiv zu verwerten, nachdem sie für die Objektidentifikation in Entsorgungsprozessen keinen Nutzen mehr stiften [GH07].

4 Fazit

Die RL wird, bedingt durch die Wirkung rechtlicher, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher treibender Faktoren, weiterhin an Bedeutung gewinnen. Die stiefmütterliche Behandlung, die diese Materialflüsse aufgrund ihres nicht wertschöpfenden und oft unerwünschten Charakters in der Vergangenheit erfahren haben [MSP07], weicht somit neuen Bedarfen nach Informatisierung.

Die Entwicklungen auf dem Gebiet des Ubiquitous Computing versprechen große Potenziale für die Überwindung der inhärenten Unsicherheiten, die diesen Materialflüssen innewohnen. Für die Erfüllung der spezifischen Objektinformationsbedarfe der RL sind RFID-Systeme insbesondere aufgrund zweier Spezifika prädestiniert: Erstens kann die Eindeutigkeit der Identifikation die Bereitstellung der wegen der Variantenbildung während der Objektnutzung erforderlichen instanzindividuellen Informationen unterstützen. Zweitens ist die Permanenz der Kennzeichnung ein entscheidender Vorteil gegenüber optischen Datenträgern, welche die Nutzungsdauer des zu identifizierenden Objekts zumeist nicht lesbar überstehen. Wenn die positiven Erfahrungen mit RFID-Systemen in der Behälterlogistik auf die anderen Aufgabengebiete der RL übertragen werden können, so verspricht deren Anwendung einen signifikanten Beitrag zum Schließen von Kreisläufen im Rahmen eines zukünftigen Closed Loop Supply Chain Managements.

Literaturverzeichnis

[Ag06] Agrawal, R. et al.: Towards Traceability across Sovereign, Distributed RFID Databases. In: Proceedings of the 10th International Database Engineering and Applications Symposium, Deli 2006; S. 174-184.

[Ba06] Bardt, H.: Die gesamtwirtschaftliche Bedeutung von Sekundärrohstoffen. In: IW-Trends 33 (2006) 3.

[BD04] De Brito, M.; Dekker, R.: A Framework for Reverse Logistics. In (Dekker, R. et al. Hrsg.): Reverse Logistics – Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chains. Springer, Berlin Heidelberg, 2004; S. 3-27.

[BGS05] Berthold, O.; Günther, O.; Spiekermann, S.: RFID – Verbraucherängste und Verbraucherschutz. In: Wirtschaftsinformatik 47 (2005) 6; S. 422-430.

[BP05] Busch, G.; Pötzsch, G.: RFID – Revolution im Abfallmanagement und Recycling. In: Müll und Abfall 37 (2005) 10; S. 518-521.

[CAA05] Choinard, M; D'Amours, S.; Ait-Kadi, D.: Integration of reverse logistics activities within a supply chain information system. In: Computers in Industry 56 (2005); S. 105-124.

[DBD04] De, P.; Basu, K.; Das, S. K.: An RFID based technique for handling object distribution and recalls in pervasive transaction environments. In: Proceedings of the 2004 IEEE Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems, Fort Lauderdale 2004; S. 349-358.

[FMM06] Folinas, D., Manikas, I.; Manos, B.: Traceability data management for food chains. In: British Food Journal 108 (2006) 8; S. 622-633.

[DMS07] Diekmann, T; Melski, A.; Schumann, M.: Analyzing Impacts of RFID in Supply Chains Using Joint Economic Lot Size Models. In: Proceedings of the 15th European Conference on Information Systems (ECIS '07), St. Gallen, Schweiz, 2007; S. 1839-1850.

[Do00] Dowlatshahi, S.: Developing a Theory of Reverse Logistics. In: Interfaces 30 (2000) 3; S. 143-155.

[DSD07] o. V. Duales System Deutschland GmbH, http://www.gruener-punkt.de/index.php?id=1505, Abruf am Abruf am 2007-10-20.

[DTK07] D'Souza, C.; Taghian, M.; Khosla, R.: Examination of environmental beliefs and its impact on the influence of price, quality and demographic characteristics with respect to green purchase intention. In: Journal of targeting measurement and analysis for marketing, 15 (2007) 2; S. 69-78.

[EU00] Richtlinie 2000/53/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. September 2000 über Altfahrzeuge.

[EU03] EU: Richtlinie 2002/96/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Januar 2003.

[FCD05] Fleisch, E.; Christ, O.; Dierkes, M.: Die betriebswirtschaftliche Vision des Internets der Dinge. In (Fleisch, E.; Mattern, F. Hrsg.): Das Internet der Dinge, Springer, Berlin Heidelberg, 2005; S. 3-37.

[Fl01] Fleischmann, M.: Quantitative models for reverse logistics. Springer, Berlin Heidelberg, 2001.

[Fl05] Fleischmann, M. et al: Reverse Logistics – Capturing Value in the Extended Supply Chain. In (An, C.; Fromm, H. Hrsg.): Supply Chain Management on Demand. Springer, Berlin Heidelberg New York, 2005; S. 167-186.

[GH07] Gliesche, M; Helmigh, M.: Auswirkung eines RFID-Maaseneinsatzes auf Entsorgungs- und Recyclingsysteme, Dortmund, 2007.

[GHW03] Guide, D.; Harrison, T.; Van Wassenhove, L.: The Challenge of Closed-Loop Supply Chains. In: Interfaces 33 (2003) 6; S. 3-6.

[GWA07] Geyer, R.; Van Wassenhove, L.; Atasu, A.: The Economics of Remanufacturing Under Limited Component Durability and Finite Product Life Cycles. In: Management Science 53 (2007) 1; S. 88-100.

[Ha04] Hansen, U.: Entsorgung und Kreislaufwirtschaft. In. (Arnold, D. et al. Hrsg.): Handbuch Logistik, Springer, Berlin u. a. 2004; S. B 6-1-B 6-44.

[Is98] Isermann, H.: Grundlagen eines systemorientierten Logistikmanagements. In (Isermann, H. Hrsg.): Gestaltung von Logistiksystemen, Moderne Industrie, Landsberg/Lech, 1998; S. 21-60.

[Kh06] Khan, O. et al.: RFID in Automotive: a Closed-Loop Approach. In: Proceedings of the 12th International Conference on Concurrent Enterprising, Milano, Italy 2006.

[KPD07] Kelepouris, T.; Pramatari, K.; Doukidis, G.: RFID-enabled traceability in the food supply chain. In: Industrial Management & Data Systems 107 (2007) 2; S. 183-200.

[KSL03] Koh, R.; Schuster, R. W.; Lam, N.: Prediction, Detection, and Proof: An Integrated Auto-ID Solution to Retail Theft. Auto-ID Centre White Paper, Cambridge, 2003.

[Ku05] Kulkarni, A. G. et al.: Networked RFID Systems in Product Recovery Management. In: Proceedings of the 2005 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, New Orleans 2005; S. 66-71.

[La05] Langheinrich, M.: Die Privatsphäre im Ubiquitous Computing – Datenschutzaspekte der RFID-Technologie. In (Fleisch, E.; Mattern, F. Hrsg.): Das Internet der Dinge, Berlin Heidelberg, 2005; S. 329-362.

[MSP07] Meade, L.; Sarkis, J.; Presley, A.: The theory and practice of Reverse Logistics. In: In. J. Logistics Systems and Management 3 (2007) 1; S. 56-84.

[Pa03] Parlikad, A. K. et al.: The Role of Product Identity in End-of-Life Decision Making. Auto-ID Centre White Paper, Cambridge, 2003.

[Pf01] Pflaum, A.: Transpondertechnologie und Supply Chain Management. Deutscher Verkehrs-Verlag, Hamburg, 2001.

[Ro01] Rogers, D. S. et al.: Reverse Logistics Challenges. In: Council of Logistics Management Annual Conference Proceedings, Oak Brook, 2001.

[SE05] Strassner, M.; Eisen, S.: Tracking von Ladungsträgern in der Logistik – Pilotinstallation bei einem Güterverladeterminal. In (Fleisch, E.; Mattern, F. Hrsg.): Das Internet der Dinge, Springer, Berlin Heidelberg, 2005; S. 209-224.

[SF05] Strassner, M.; Fleisch, E.: Innovationspotenzial von RFID für das Supply Chain Management. In: Wirtschaftsinformatik 47 (2005) 1; S. 45-54.

[SL05] Steven, M.; Laarmann, a.: Lerneffekte in der Entsorgungslogistik. In (Fandel, G.; Reese, J. Hrsg.): Reverse Logistics I, ZfB Special Issue, Gabler, Wiesbaden, 2005; S. 95-114.

[St04] Steven, M.: Networks in Reverse Logistics, In (Dyckhoff, H.: Lackes, R.; Reese, J. Hrsg.): Supply Chain Management and Reverse Logistics, Springer, Berlin Heidelberg, 2004; S. 163-180.

[STK03a] Steven, M.; Tengler, S.; Krüger, R.: Reverse Logistics (1). In: Das Wirtschaftsstudium 32 (2005) 5; S. 643-647.

[STK03b] Steven, M.; Tengler, S.; Krüger, R.: Reverse Logistics (2). In: Das Wirtschaftsstudium 32 (2005) 6; S. 779-784.

[Th05] Thiesse, F.: Die Wahrnehmung von RFID als Risiko für die informationelle Selbstbestimmung. In (Fleisch, E.; Mattern, F. Hrsg.): Das Internet der Dinge, Berlin Heidelberg, 2005; S. 363-378.

[Th07] Thiesse, F.: RFID, privacy and the perception of risk: A strategic framework. In: The Journal of Strategic Information Systems 16 (2007) 2; S. 214-232.

[TR02] Tibben-Lembke, R. S.; Rogers, D. S.: Differences between forward and reverse logistics in a retail environment. In: Supply Chain Management: An International Journal 7 (2002) 5; S. 271-282.

[UPF07] Ulrich, R.; Porten, M.; Fritz, E.: RFID-Einsatz innerhalb der DaimlerChrysler AG. In (Bullinger, H.; ten Hompel, M. Hrsg.) Internet der Dinge, Springer, Berlin Heidelberg, 2007; S. 231-242.

[ZZL05] Zheng, J.; Zheng, W.; Liu, P.: Research on information integration management of reverse logistics. In: Proceedings of the 7th international conference on Electronic commerce, ACM Press, New York 2000; S. 851-855.