

IZT

Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung

Institute for Futures Studies and Technology Assessment

Produktbegleitende Informationssysteme auf der Basis von Smart Labels

Siegfried Behrendt

ArbeitsBericht Nr. 7/2004

im Rahmen des BMBF-geförderten Projekts „E-nnovation: E-Business und nachhaltige

Produktnutzung durch mobile Multimediadienste“

BMBF-Förderkennzeichen 01RN016

The logo for 'e-nnovation' features a red lowercase 'e' followed by the word 'novation' in a grey, lowercase, sans-serif font.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkung	3
2	Bedeutung für nachhaltige Produktnutzung	3
3	Anwendungen	5
3.1	Marktdynamik.....	5
3.2	Neue Geschäftsprozesse und -modelle durch RFID	8
3.3	Erfolgskritische Faktoren	13
4	Ökologische Effekte	15
4.1	Abschätzung der Umweltwirkung von passiven Tags.....	15
4.2	RFID-Anwendungen.....	20
5	Perspektiven.....	27
6	Literatur	30

1 Vorbemerkung

Smarts Labels, sogenannte elektronische Etiketten zählen zu den wichtigsten Technologietrends der kommenden Jahre. Die Technologie ist grundsätzlich nicht neu. RFID-Tags (Radio Frequency Identification) sind schon heute in verschiedenen Anwendungen zu finden. Sie bilden die Basis für produktbegleitende Informationssysteme. Das Spektrum reicht von der Gepäckabfertigung an Flughäfen über die Steuerung der Autoproduktion bis hin zu Müllabfuhr oder Zutrittskarten für Skilifte. Die in diesen Anwendungen eingesetzten Tags sind jedoch relativ teuer, da sie speziell für den entsprechenden Anwendungsfall entwickelt und somit auch in niedrigen Stückzahlen hergestellt werden. In Zukunft ist mit wesentlich günstigeren Tags zu rechnen, die dadurch das Potenzial haben, herkömmliche Barcodes abzulösen. Im Unterschied zu Barcodes, die jeden Artikel mit der gleichen Nummer belegen, kann mit RFID-Tags festgestellt werden, um welchen Artikel (Charge, Lieferung, Verpackung etc.) es sich genau handelt. Mit Blick auf daraus resultierende neue Anwendungen der RFID-Technik standen bisher vor allem die technologischen Möglichkeiten im Vordergrund. Neuerdings werden betriebswirtschaftliche und Datenschutzaspekte zunehmend diskutiert, wenig thematisiert wurden Aspekte nachhaltiger Produktnutzungssysteme, insbesondere ökologischen Gesichtspunkten wurde bis dato kaum Aufmerksamkeit gewidmet. Vor diesem Hintergrund werden in der folgenden Falluntersuchung schwerpunktmäßig die ökologischen Veränderungs- und Nutzungspotenziale der RFID-Technik bzw. der darauf basierenden Anwendungen herausgearbeitet. Die Fallstudie ist Teil des vom BMBF geförderten Projektes "E-nnovation - E-Business und nachhaltige Produktnutzung durch mobile Multi-Mediadienste"¹.

2 Bedeutung für nachhaltige Produktnutzung

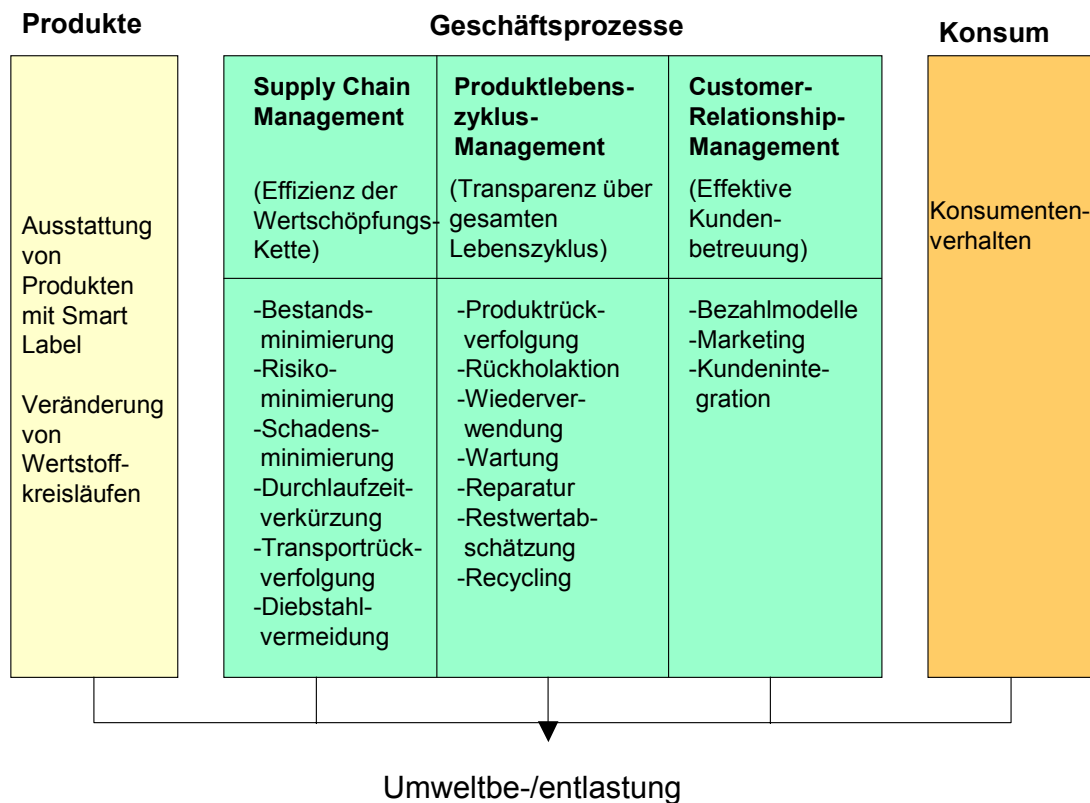
Die Bedeutung der Smart Labels für eine nachhaltige Produktnutzung liegt auf mehreren Ebenen: Zum einen hat die Herstellung der Smart Labels unmittelbare Auswirkungen auf die Inanspruchnahme von Ressourcen. Outputseitig kann sich die Ausstattung alltäglicher Produkte mit elektronischen Etiketten auf die Entsorgung und das Recycling dieser Produkte auswirken. Je nach Produkt, verwendeter Smart-Label-Technologie und Entsorgungssystem ist hier mit Veränderungen der Wertstoffkreisläufe zu rechnen. Wichtiger noch als diese direkten Umwelteffekte dürften die Auswirkungen von Smart Labels auf die Transformation von Betriebs-, Markt- und Konsumprozessen sein.

¹ E-nnovation: E-Business und nachhaltige Produktnutzung durch mobile Multi-Mediadienste, 2002-2005, BMBF-Förderkennzeichen 01RN0160

Smart-Label-Systeme werden vorrangig eingesetzt, um kostenintensive Prozesse an der Schnittstelle zwischen bereits etablierten Informationssystemen und der realen Welt zu automatisieren, was nicht nur Geschäftsabläufe optimieren hilft, sondern auch neue Geschäftsmodelle ermöglicht (Fleisch/Dierkes 2003). Aus betriebswirtschaftlicher Sicht werden drei Prozesse besonders angesprochen: das Supply-Chain-Management, das Produktlebenszyklus-Management und das Customer-Relationship-Management. Neben Effizienzsteigerungen und Kostensenkungen ergeben sich auch neue Möglichkeiten für eine Gestaltung von Geschäftsprozessen und -modellen zur Unterstützung nachhaltiger Produktnutzungssysteme.

Im Bereich Supply Chain Management können produktbegleitende Informationssysteme auf der Basis der RFID-Technik maßgeblich zur Minimierung von Bestand, Risiko, Transport oder Schäden beitragen, die zum Beispiel durch Verstreichen eines Ablaufdatums entstehen. Im Produktlebenszyklusmanagement kann die Verknüpfung RFID-bestückter Produkte mit einer Internetseite für optimierte Teilprozesse in den Bereichen Quellennachweis, Rückholaktion, Wartung, Reparatur, Recycling, Wiederverwendung oder Restwertabschätzung sorgen. Auf dem Gebiet des Customer Relationship Management können u.a. Bezahlmodelle, Kundenintegration und Marketing eine neue Qualität gewinnen (Fleisch/Dierkes 2003). Nutzerseitig ergeben sich dadurch neue Möglichkeiten die Produktnutzung zu verbessern. So werden pay-per-use-Modelle durch Smart Label erst praktikabel. Produktreklamationen und Wartungen werden erleichtert, aktuelle Sicherheitsinformationen einfacher abrufbar und eine sparsame Nutzung von Produkten unterstützt.

Abbildung 2.1: Auswirkungen des RFID-Einsatzes auf Produktnutzungssysteme



Quelle: eigene Darstellung unter Verwendung von Fleisch/Dierkes 2003, S. 16

Bislang sind Umweltentlastungen durch die Nutzung der RFID-Technik in der Regel nicht-beabsichtigte Nebeneffekte, da sie vorrangig zur Optimierung von Geschäftsabläufen eingesetzt werden. Der sich abzeichnende Bedeutungszuwachs der RFID-Technik in konsumnahen Anwendungsfeldern macht für die Zukunft aber eine gezielte Berücksichtigung von Umweltschutzanforderungen im Rahmen der Geschäftsfeldentwicklung notwendig.

3 Anwendungen

3.1 Marktdynamik

Die Zukunftsaussichten des RFID-Marktes werden sehr positiv gesehen. Derzeit werden in Deutschland pro Jahr rund 360 Mio. RFID-Etiketten hergestellt. Gemäß einer Studie der Venture Development Corporation brachte der weltweite Markt für RFID-Technologien im Jahr 2000 knapp 900 Mio. US-Dollar ein, wobei Hard- und Software sowie Dienstleistungen im Bereich der Warenverwaltung und -verfolgung in Logistik-

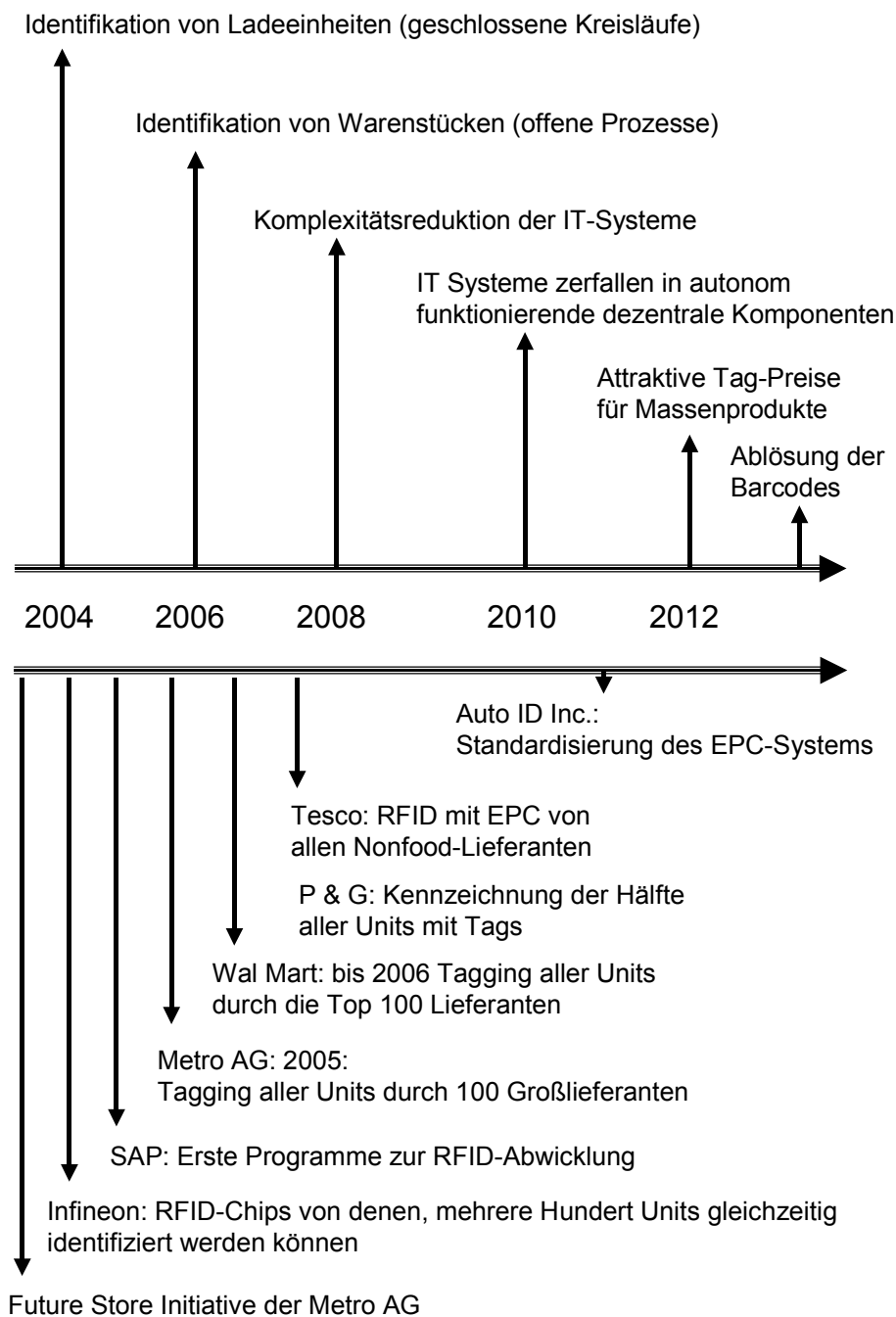
systemen und Sicherheitsanwendungen berücksichtigt wurden. RFID-Chips trugen 76,3 Mio. US-Dollar zum Umsatz bei. Für die nächsten Jahre wird mit einem zweistelligen prozentualen Wachstum der RFID-Technik im unteren Bereich gerechnet. Verschiedene andere Marktforschungsinstitute sagen eine noch rasantere Entwicklung voraus. Der gesamte Umsatz soll bis 2005 jährlich um 24 % wachsen, wobei der Umsatz bei RFID-Chips mit 34 % jährlicher Wachstumsrate überproportional ausfallen soll. Bis 2008 soll nach dem Marktforschungsinstitut ABI Research der weltweite Markt für RFID-Anwendungen auf ein Volumen von 3,1 Milliarden US-Dollar zulegen (ABI Research 2003). Forrester Research geht bis zum Jahr 2009 von 45 Milliarden produzierter RFID-Tags aus, verglichen mit rund 1 Milliarde derzeit. Allein für Europa wird der Umsatz mit RFID-Tags in fünf Jahren auf 1 Mrd. US Dollar geschätzt (RFID-Forum 2004).

Die Prognosen der Marktforschungsinstitute bewegen sich insgesamt in einer großen Bandbreite, was die Unsicherheit bei der Einschätzung der Marktentwicklung widerspiegelt. Einigkeit besteht darin, dass sich der Markt für RFID-Tags dynamisch entwickeln wird. Trotzdem reagiert der Markt derzeit eher relativ zurückhaltend. Viele mögliche Anwender sind angesichts der Vielzahl von Möglichkeiten, die die RFID-Technik bietet, verunsichert ("richtiges System", "richtige Anwendung") und warten die technologischen und preislichen Entwicklungen ab (IML 2003), bevor sie Entscheidungen über mögliche Geschäftsfeldmodelle und Investitionen treffen. Daher ist derzeit noch schwer absehbar, in welche Richtung und in welchem Umfang RFIDs zum Einsatz kommen werden.

Ähnlich wie bei den Barcodes ist zumindest abzusehen, dass sich die RFID-Technik zunächst im gewerblichen Bereich durchsetzen wird. Den überschaubaren Investitionen stehen in vielen Anwendungen wie z.B. der Postsortierung und der Produktionslogistik große Effizienzverbesserungen und damit Kosteneinsparungen gegenüber (SAP 2003 Innovationsbericht). Als stärkstes Wachstumssegment im Markt der RFID-Chips gelten denn auch industrielle Anwendungen in Logistik und Produktion. Im B2C-Bereich ist die Situation wesentlich unübersichtlicher, weil zwar viele Anwendungen diskutiert werden, aber noch wenige umgesetzt sind. Indem die Kosten für Smart Labels (elektronische Etiketten) drastisch sinken, dürfte die Bereitschaft, Smart Labels (anstelle bisheriger billigerer Bar-Code- und anderer Systeme) bei Massenprodukten einzusetzen, erheblich steigen. Darauf deuten die zahlreichen Testversuche verschiedener Anwenderfirmen hin (s. Abbildung 3.1). Als Referenzbeispiel, dass aufzeigen soll, welches Potenzial die RFID-Technologie tatsächlich hat, gelten die Technologien und Systeme, die im Rahmen der Metro Group Future Store Initiative erprobt und weiterentwickelt werden. Auch andere Handelsunternehmen setzen auf die RFID-Technik. So beabsichtigt der weltgrößte Einzelhandelskonzern Wal-Mart seine Lieferanten dazu zu verpflichten, ihre Produkte ab 2006 mit RFID-Chips ausgestattet an die Unternehmen der Handelskette auszuliefern. Auch andere Unternehmen experimentieren mit der RFID-Technik. Dazu

gehört der Pflegeartikelkonzern Gillette, der Computerhersteller Dell, der Reifenproduzent Michelin, das Bekleidungshaus Benetton, das Handelsunternehmen Tesco und der Konsumgüteranbieter Kraft.

Abbildung 3.1: Roadmap zur Technologie- und Marktentwicklung von RFIDs



Quellen: Siemens 2004; BVL 2003, eigene Darstellung

3.2 Neue Geschäftsprozesse und -modelle durch RFID

Im Zusammenhang mit der RFID-Technik wird eine Vielzahl neuer Anwendungen diskutiert. Die folgende Tabelle 3-1 gibt eine Übersicht über mögliche Anwendungen.

Tabelle 3-1: Anwendungspotenzial von RFID-basierten Geschäftsprozessen und -modellen

Anwendungsfelder	Beispiele für RFID-basierte Geschäftsprozesse und -modelle
Logistik	<ul style="list-style-type: none"> - Verhinderung von Fehlladungen - Warenrückverfolgbarkeit - Container-/Palettentracking - Transparenz der Wertschöpfungskette - Intelligentes Fuhrparkmanagement (z.B. bei Meijer Inc.) - 3-dimensionales Leitsystem (z.B. im Hafen von Singapore)
Einzelhandel	<ul style="list-style-type: none"> - Automatische Bevorratung und Produktion aufgrund tagesaktueller Verkaufszahlen - Automatische Preisänderung - Smarter Einkaufswagen (z.B. Metro) - Reduktion des Out-of-stock - Smart Shelves (z.B. Gillette zur Verringerung von Schwund und Diebstählen)
Automotive	<ul style="list-style-type: none"> - Effizienzsteigerungen durch automatische Identifikation bei Beschaffung, Produktion, Lagerung und Vertrieb - Neue Telematik-Services - Motoren-Tracking (z.B. bei Ford) - Fahrzeugidentifikation (z.B. bei VW) - Smarter Fahrzeugschlüssel (z.B. von BMW)
Öffentlicher Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> - RFID Zutrittssystem (z.B. in Bahnen und Bussen) - Vorfahrtsregelungen für Busse und Straßenbahnen
Hausgeräte	<ul style="list-style-type: none"> - Smart House - Automatische Erkennung des Verwendungszweckes (z.B. Wäsche/Waschmaschinenprogramm) - Pay-per-use-Abrechnungsmodelle - Upgrade integrierter Mikroprozessoren - Fernwartung (z.B. Merloni Elettrodomestici) - Berührungslose Steuerung elektrischer Anwendungen und Geräte
Werkzeuge	<ul style="list-style-type: none"> - Nutzungsabhängige Abrechnungsmodelle - Nutzungsabhängige Serviceanzeige und Prognosefunktion (z.B. Serie "Diagnostics" der Firma Metabo mit Bohrhämmer und Schlagbohrmaschine) - Maintenance-Repair (verbesserte Datentransparenz für Wartung und Reparatur) - Diebstahlschutz - Registrierung, Ersatzteilidentifizierung und Garantienachweis ohne Kaufbeleg
Pharma	<ul style="list-style-type: none"> - Tracking von Arzneistoffen - Qualitätsnachweis

	<ul style="list-style-type: none"> - Per Handy oder PDA mit RFID-Lesetechnik abfragbare Informationen aus Beipackzetteln mit Dosierungsangaben
Versicherung	<ul style="list-style-type: none"> - Aktive Schadensvermeidung (z.B. durch Unbrauchbarschaltung im Diebstahlsfall) - Frühzeitige Schadenerkennung und Risikoreduktion (Ausstattung von typischen Schadensquellen mit Minisensoren z.B. von Wasserleitungen, Ferienhäusern) - Risikogerechte Tarife (pay-per-risk; z.B. Kfz-Prämie mit Fahrzeitprämie)
Telekommunikation	<ul style="list-style-type: none"> - Alarmierung und Datenzugriff für Wartungsbeschäftigte - Verkehrstelematik
Bibliothek	<ul style="list-style-type: none"> - Diebstahlsicherung - Selbstverbuchungsterminals als neue Serviceleistung - Automatische Inventarisierung
Sport	<ul style="list-style-type: none"> - Vollautomatische Zeitmessungssysteme bei Sportveranstaltungen (z.B. Lauf-Events)
Tierzucht	<ul style="list-style-type: none"> - Automatische RFID-gestützte Fütterungsanlagen - Tracking von Tieren (z.B. Rinder zur BSE-Überwachung) - Identifikation von Hunden (z.B. Pflicht in Berlin)
Tourismus	<ul style="list-style-type: none"> - RFID-Tourismus-Card zur Koordination von regionalen Tourismusangeboten
Miete-/Leasing	<ul style="list-style-type: none"> - Schnellere Abwicklung von Miete und Rückgabe - Automatisierte Ausgabe- und Rückgabeautomaten - Pay-per-use-Bezahlungsmodelle für neue Produkte
Abfallmanagement/Recycling	<ul style="list-style-type: none"> - Müllabgabenverrechnung - Senkung der Recyclingkosten durch automatische Erfassung der Altgeräte und Zuordnung zu Herstellern (z.B. nach den Anforderungen der WEEE) - Erfassung der no-name-Produkte bei der Rücknahmepflicht von Altgeräten durch Hersteller

Quellen: M-Lab 2003; tagnology 2004; RFID Forum 2004

Die B2B-bezogenen Anwendungen haben grundsätzlich ein hohes Anwendungspotenzial. Hier geht es in erster Linie um eine Effizienzsteigerung und Kostenreduktion der Geschäftsabläufe. Die Technik knüpft grundsätzlich an die Optimierungen der IKT der vergangenen Jahre an und führt diese fort. Durch Tags kann der Weg eines Produktes automatisch durch die gesamte Logistikkette hindurch bis zum Kunden verfolgt werden. Das Nachverfolgen von Gegenständen (Tracking), die automatische Sortierung und Erfassung lassen sich damit wesentlich effizienter, d.h. mit höherem Automatisierungsgrad, realisieren.

Ein sich dynamisch entwickelndes Anwendungsfeld ist beispielsweise das Tracking von Gepäck. Es findet zum Beispiel im Flugverkehr zunehmend Anwendung. Das Gepäckstück erhält beim Check-In einen Transponder, der in den Gepäcklogistik-Bereichen

von Scanner-Arrays gelesen wird. Dies ist auch für Postgüter möglich. Die italienische Post benutzt Smart Labels für die automatische Sortierung, wobei viele Poststücke auf einmal abgelesen werden können. Für das Tracking ist die Landwirtschaft und Lebensmittelbranche ein wichtiger werdendes Anwendungsfeld für die RFID-Technik. Weit verbreitet sind Transponder in der Tiermedizin und bei der Nahrungsmittelüberwachung. Ein Beispiel ist die Überwachung und gegebenenfalls die Zurückverfolgung der Herkunft von Rindern. In der Lachszucht werden Transponder zur Überprüfung des Schlachtgewichtes eingesetzt.² In Diskussion ist, ob in der EU jedem Schlachttier ein RFID-Tag implantiert werden soll, mit dem die Identität und die Transportwege der Tiere lückenlos nachgewiesen werden können. Mit speziellen Tags, die mit Temperatursensoren ausgestattet sind, lässt sich Tiefkühlware überwachen, so dass die Kühlkette nicht unterbrochen wird.

Auch bei der Zugangskontrolle und Zeiterfassung haben sich Transponder-basierte Systeme etabliert. Kontaktlose Chipkarten können bei großer Spulenfläche so große Entfernungen überbrücken, dass sie z.B. immer häufiger in Skiliften sowie zur Personenerkennung am Arbeitsplatz eingesetzt werden. Große Marktpotenziale werden hier insbesondere im öffentlichen Verkehr gesehen. Durch RFID-Transponder mit Abbuchungsfunktion könnten Fahrgäste und Personal Zeit sparen, und Schwarzfahren wird erschwert.

Neue Anwendungsfelder ergeben sich durch wiederbeschreibbare Transponder. Sie ermöglichen die Produktionsüberwachung an Kontrollpunkten, die Qualitätssicherung durch Beschreiben des Transponders nach jedem Fertigungsschritt und unterstützen die Fertigungssteuerung und Materialüberwachung. Beispielsweise ermöglichen im Fahrzeugbau an der Karosserie angebrachte Smart Label, die alle Daten für das zu fertigende Fahrzeug, wie die gewünschte Lackierung, Bezüge, Sonderausstattungen usw. enthalten, einen weiteren Automatisierungsschub. Nach jeder Montagestation werden im Tag die Soll- mit den Ist-Daten abgeglichen. Nach Verkauf des Fahrzeuges könnte jede Änderung, Wartung und Reparatur ergänzt werden, so dass jederzeit der Zustand des Fahrzeuges dokumentiert ist (Beetz 2004). Für die Überwachung von LKW- und Omnibusreifen durch RFID-Tags gibt es bereits erste Tests. "Auf den in den Reifen integrierten Tags sind die Identifikationsdaten des Reifens gespeichert. Eine zugehörige Wartungssoftware erfasst zusätzlich noch die Fahrleistung des Fahrzeuges. Da die Reifenqualität unter anderem von der zurückgelegten Kilometerleistung abhängt, erhofft man sich mit diesem System eine bessere Ausnutzung eines Reifens" (Beetz 2004). Bisher nur angedacht ist die Unterstützung des Recycling von Fahrzeugen durch Smart Labels, die mit Informationen über die Zusammensetzung, Service- und Garantieleistungen und Recyclingempfehlungen ausgestattet sind.

² www.datamars.com/animal.htm

Des Weiteren sind große Anwendungspotenziale im Handel zu vermuten. Die Metro Group Future Store Initiative testet seit 2003 (in Rheinberg bei Duisburg) in einem Supermarkt den RFID-Einsatz und das Zusammenspiel verschiedener neuer Technologien im Handel unter realen Bedingungen (Metro 2004). Die RFID-Technik bietet die Basis für eine effizientere Steuerung der Logistikkette. Die Technik birgt aus Sicht von Metro ein hohes Einsparpotenzial (Mierdorf 2004). Der Warenbestand im Laden wird automatisch geprüft. Bestellvorgänge, Lagerung und Transport lassen sich vereinfachen und beschleunigen, was wiederum zu einer bedarfsgerechteren Warenproduktion beiträgt. "Out-of-Stock" Situationen im Markt können auf diese Weise leichter vermieden werden (Metro 2003). Erste Schätzungen sprechen von 5 bis 25 Prozent Kostenreduktionen (Auto ID-Center, IBM). Metro ist diesbezüglich mit Angaben zurückhaltender und wartet erst noch die Testläufe ab. Neben der Prozessoptimierung werden "im Future Store" mobile Selbst-Scanning- und Selbst-Check-out-Systeme erprobt, die den Bezahlvorgang effektiver gestalten und geringere Wartezeiten an den Kassen zur Folge haben" sollen. Auch die Kundenkommunikation im Laden wird neu ausgerichtet. IKT-gestützte Info-Terminals und Persönliche Einkaufsberater (Personal Shopping Assistants - PSA) sollen den Kunden bei der Produktsuche helfen und Informationen bieten. Ein Personal Digital Assistant (PDA), ein kleiner tragbarer Computer mit Barcode-Scanner und anderen Zusatzfunktionen, soll das Verkaufspersonal bei der Abfrage von Daten des Laden- und Lagerbestandes unterstützen (Metro 2004). Metro verspricht sich davon einen für den Kunden bequemeren, schnelleren und individuelleren Einkauf. Metro wertet die ersten Erfahrungen mit der neuen Technologie positiv. Einer Kundenbefragung zufolge tragen die neuen Technologien "zur Differenzierung des Marktes im Vergleich mit anderen Märkten bei, werden aber nicht an erster Stelle von den Kunden als Erfolgsfaktor" genannt (Wolfram 2003). Mit Blick auf die einzelnen Technologien bzw. Angebote fällt das Urteil der Kunden aber sehr unterschiedlich aus. Positiv wurde vor allem die intelligente Waage bewertet, da sich der Wiegevorgang wesentlich einfacher gestaltet. Wenig Nutzen konnten die Kunden dem Info-Terminal abgewinnen. Etwa die Hälfte sieht keinen Nutzen in dieser Technologie. Einkaufsvorschläge entsprechend der angebotenen mit RFID-Chip ausgestatteten Payback-Karte finden nur 16 Prozent aller befragten Kunden sehr interessant. Jüngere Verbraucher reagieren auf die neue Technologie aufgeschlossener. So stufen gegenüber allen Kunden mehr als doppelt so viele Kunden bis 30 Jahre Info-Terminals und Payback-basierte Einkaufsvorschläge als sehr interessant ein (Wolfram 2003).

Für eine abschließende Bewertung der Kundenakzeptanz ist es noch zu früh. Metro wird RFID-Chips vorerst nur für Logistik und Lagerverwaltung einsetzen. Noch sind die Chips zu teuer, um auch die einzelnen Produkte flächendeckend auszeichnen zu können. Sollten die Kosten für Smart Labels weiter drastisch reduziert werden können, so dürfte die Anwendung auf billigen Massenprodukten wie Verpackungen zur Bereit-

stellung auch produktindividueller Informationen und zur automatischen Abrechnung in Supermärkten große Anwendungspotenziale haben. Das Handelsunternehmen Wal-Mart, das neben Metro, die RFID-Technik in der Warenlogistik einführt, rechnet in zehn Jahren mit einem flächendeckenden Einsatz (Küppers 2004). Damit wären auch technologische Voraussetzungen für den „intelligenten Kühlschrank“ geschaffen, der z.B. zu seinem Inhalt passende Rezepte aus dem Internet abrufen oder Nachbestellungen auslöst. Offen ist allerdings, ob dies auf große Kundenbedarfe stößt. Erste Erfahrungen mit Smart Home-Lösungen lassen bisher eher Nischenlösungen vermuten (Hilty et. al. 2003).

3.3 Erfolgskritische Faktoren

Erfolgskritische Faktoren für die Verbreitung von Smart-Labels, insbesondere im B2C-Bereich, sind die Standardisierung der RFID-Technik, die Kostenentwicklung für Funk-Chips, der Reorganisation von Wertschöpfungsketten und die Akzeptanz der Kunden gegenüber der neuen Technologie.

Standardisierung

Mit dem RFID-Standard ist 1999 eine wichtige Grundlage für den drahtlosen Datenaustausch zwischen Chips geschaffen worden. Durch die Veräußerung der Frequenzfenster für Smart Cards und neue Java-Plattformen sind weitere Impulse für neue Anwendungen zu erwarten. Die SIMalliance beabsichtigt, offene Standards zu erarbeiten, durch die mit neuen Anwendungen und Diensten auf SIM-Basis Massenmärkte erschlossen werden sollen. Praktisch sollen die bisher getrennten Standards UCC/EAN und EPC zusammengeführt werden. Die Gründung der AutoID Inc. durch das Uniform Code Council und EAN International weist den Weg in diese Richtung. Rund 90 weltweit agierende Unternehmen sind daran aktiv beteiligt, darunter Procter & Gamble, Coca Cola, Wal-Mart, Metro, Tesco, Johnson & Johnson, Pepsi Co. Inc., UPS, Intel, SAP und Unilever sowie Forschungseinrichtungen wie das international tätige Auto-ID-Center. Ziel dieser Initiative ist es, die Implementierung der RFID-Technologie voranzutreiben und Standardisierungen zu erwirken. Neben der Integration und Interoperabilität mit komplementären Technologien ist die kontinuierliche Informationslieferung in Echtzeit eine wichtige Herausforderung für die Entwicklung massenmarktfähiger Anwendungen im gewerblichen Bereich. Die Stabilität der Ad-hoc-Netzwerke wird durch die Standardisierung gefördert. Um Datenkollisionen bei vielen Smart Labels und Smart Cards in elektromagnetischen Feldern zu vermeiden werden Antikollisionsprotokolle entwickelt (Zeitmultiplexverfahren und Auswahlalgorithmen), die ein gezieltes Auswählen und Ansprechen einer kontaktlosen Chipkarte aus mehreren Signalen erlauben.

Kostensenkung

Die Verbreitung von Identifikationssystemen auf Basis von RFID-Transpondern (v.a. Smart Labels) hängt entscheidend von weiteren Durchbrüchen bei der Kostenreduktion ab. Die Kosten für Transponder betragen derzeit noch zwischen 30 Cent und 12 Euro bei passiven Transpondern und über 25 Euro bis 100 Euro bei aktiven Transpondern für Spezialanwendungen. Sollen „intelligente“ Etiketten auch für Gegenstände mit geringem Wert eingesetzt werden, wie z.B. Lebensmittelverpackungen, so müssen die Preise für passive RFID-Transponder von derzeit ca. 0,3 € auf wenige Cents und darunter sinken. Schätzungen der Boston Consulting Group zufolge wird es mindestens fünf bis sieben Jahre dauern, bis die Chips weniger als die Verpackung kosten" (BCG 2004). Mit der herkömmlichen Siliziumtechnik scheint diese Preissenkung nicht machbar zu sein, vielleicht aber mit Polymerelektronik.

Reorganisation von Wertschöpfungsketten

Die Einführung der RFID-Technologie setzt eine Reorganisation der Wertschöpfungskette voraus. Die Geschäftsprozesse sind vor der Einführung entsprechend zu gestalten. Das kann zur Folge haben, dass neue Absprachen mit Lieferanten erforderlich sind oder dass EDV-Systeme erneuert oder angepasst werden müssen. Beispielsweise kostet für eine Handelsfiliale von Wal-Mart die Ausstattung mit RFID-fähigen Lerngeräten und Computern 100.000 US Dollar, weitere 400.000 US Dollar müssen in jedes Vertriebszentrum investiert werden. Auf die Lieferanten die RFID-Chips einsetzen müssen, kommen ebenfalls entsprechende Investitionssummen zu, was für kleinere Lieferanten problematisch werden könnte. Die Schwierigkeit besteht insbesondere darin, dass neben dem etablierten Barcode-System zumindest zeitweise in der Einführungsphase mit der RFID-Technik ein zweites System hinzukommt. Ob sich aber ein Parallelsystem rechnet, wird von verschiedenen Seiten bezweifelt (BCG 2004). Kostenvorteile werden erst erwartet, wenn das alte gedruckte Strichcode-System abgeschafft ist.

Akzeptanz in Datenschutzbelangen

Auch Datenschutzfragen könnten die Verbreitung der RFID-Technik in Konsumbereichen bremsen. Denn Smart Labels auf Verpackungen können nicht nur in Supermärkten individuelle Konsumgewohnheiten offenbaren, sondern führen auch zu Datenschutzproblemen oder werfen Sicherheitsfragen³ auf. Beispielhaft sei hier der französische Ort Ribeauville im Elsass erwähnt, wo bereits die Chip-basierte Müllverwiegung zu Bürgerprotesten geführt hat, während dieses System aber in Deutschland weithin akzeptiert wurde (Sattler, 2002). Mit Verbraucherprotesten mussten sich auch verschiedene Handelsunternehmen, die Smart Labels auf einigen Produkten eingeführt haben, auseinan-

³ Bei Smart Cards mit Geldwert gibt es erhebliche Gefahren des Zugriffs Unbefugter auf die Lese- und Schreibfunktion des Transponders.

dersetzen. Der Bekleidungshersteller Benetton ließ Kleidungsstücke mit RFID-Chips bestücken, hat aber wegen des Misstrauens gegenüber dieser Technologie die Chips wieder entfernt. Ein Pilotprojekt des Handelsunternehmens Tesco mit Gillette-Rasierklingen wurde ebenfalls wegen fehlender Verbraucherakzeptanz aufgegeben. Im Fall von Gillette sollte der Schwund, der vom Hersteller bis zum Endverbraucher bis zu 30 Prozent beträgt, durch Einführung der RFID-Technik verringert werden. Hierzu wurden Smart Tags auf Verpackungen von Rasierklingen angebracht und mit Kameras an Smart Shelf und Kasse verbunden. Dies führte beim Kunden zu einem Vertrauensverlust und das Projekt musste aufgegeben werden. Mit Verbraucherprotesten ist auch der Pilotversuch zum "Future Store" von Metro in Rheinberg konfrontiert. Hier wird bemängelt, dass die Payback-Karten mit einem Chip ausgestattet sind, mit dem potenziell das Konsumverhalten verfolgt werden kann, ohne dass der Besitzer der Karte darüber informiert wurde. Die bisherigen Erfahrungen mit diesen oder anderen vergleichbaren Tests zeigen, dass die Frage nach Datenschutz und Wahrung der Privatsphäre erfolgskritische Faktoren bei der Einführung der neuen RFID-Technologie in Konsumbereichen ist⁴.

4 Ökologische Effekte

Bei den ökologischen Effekten sind zwei Ebenen zu unterscheiden:

- Die Umwelteffekte der RFID-Tags selber und
- Der Einsatz der Smart Label-Technik in verschiedenen Anwendungen.

4.1 Abschätzung der Umweltwirkung von passiven Tags

Die Anzahl der in Deutschland verwendeten RFID-Tags beläuft sich auf rund 360 Millionen Stück pro Jahr. Diese Menge würde deutlich ansteigen, sollten Smart Tags bei Massenprodukten zur Anwendung gelangen. So könnte sich für den Fall, dass in Deutschland alle Verkaufsverpackungen (des DSD) mit Tags ausgestattet werden, die Menge auf 200 Milliarden Tags pro Jahr in Deutschland belaufen. Was dies für den Ressourceneinsatz und für die Wertstoffkreisläufe, der mit Smart Tags ausgestatteten Verkaufsverpackungen bedeutet, wird im folgenden exemplarisch dargestellt.

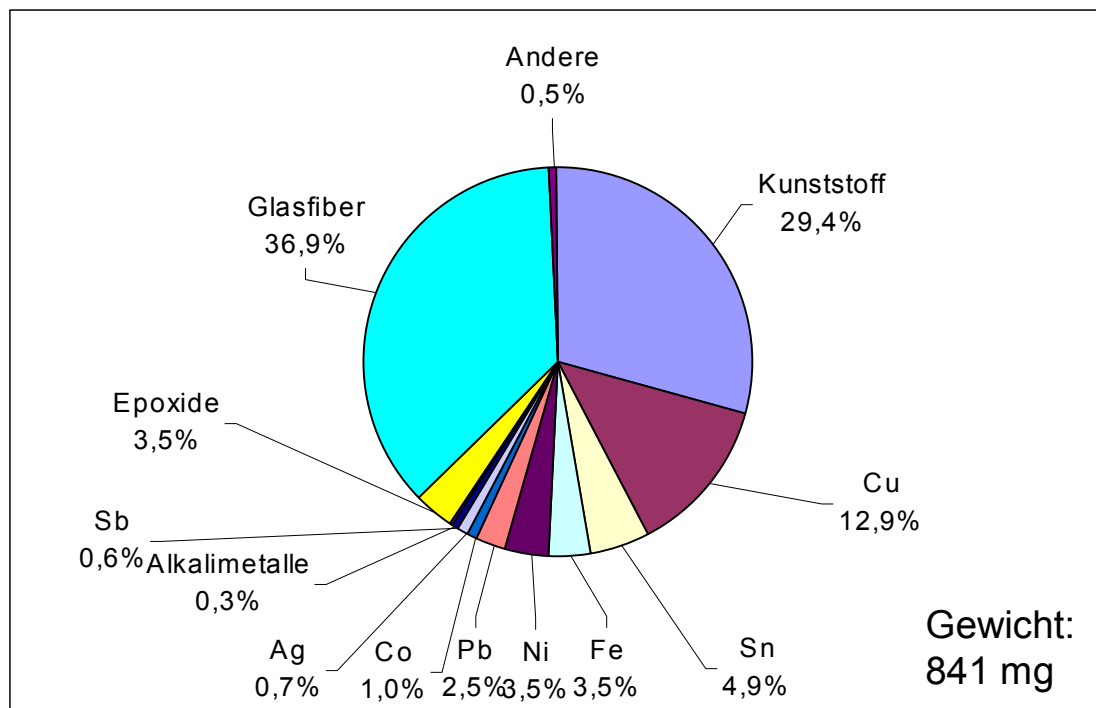
⁴ Einer Kundenbefragung zufolge käme für 45 Prozent der Befragten ein Besuch des Supermarktes nicht mehr in Betracht, wenn Information über die Bezahlung per RFID-Lesegerät erfasst würden (RFID-Forum 2004)

Ressourceneinsatz

Smart Labels (RFID-Transponder) basieren i.d.R. auf flexiblen Substratmaterialien wie Polyimid oder Polyester. Die Antennen bestehen aus Kupfer oder Aluminium sowie Silber. Das Standardleiterplattenmaterial FR4 wird meist für die gehäuseten Komponenten verwendet. Die Verdünnung des Substrates ist so weit gelungen, dass FR4 als flexibler Werkstoff mit Kupferantenne oder leitfähigen Dickschichtpasten aufgetragen werden kann. Die kommerziell verfügbaren Chips beruhen vorwiegend auf Siliziumtechnologie. Allerdings gibt es Fortschritte in der Polymerelektronik, wobei die Elektronik wie Farbe direkt auf eine Verpackung gedruckt werden könnte. Derzeit ist noch unklar, ob polymerelektronische Smart Labels ohne Kupferkaschierung realisiert werden. Die elektrische Kontaktierung des Chips erfolgt meist mit Nickel-Bumps, bei flexiblen Low-Cost-Chips sind Klebtechnologien (Ni/Au) vorherrschend. Die Smart Labels der Firma Gemplus (eingesetzt für Einzelhandel, Transport/Logistik, Bibliotheken, Paketdienste und Fluggepäck) haben Abmessungen von rund 50*50 mm und wiegen etwa 0,1 g/Stück. Ein Smart Label für Wäschereien wiegt rund 0,5 g (GEMPLUS, 2002). Der Miniaturisierung sind durch die erforderlichen Sendeleistungen der Antenne Grenzen gesetzt.

Die folgende Abbildung illustriert die Materialzusammensetzung eines miniaturisierten aktiven Transponders.

Abbildung 4.1: Materialzusammensetzung eines Transponder



Quelle: Reichl 2003

Unter toxischen Gesichtspunkten fallen vor allem Nickel, Blei- und Kobaltverbindungen auf. Nickel ist ein Allergen und ein kanzerogener Stoff. Blei ist krebserzeugend nach Gruppe II B MAK und lagert sich in den Knochen ab. Cobalt ist krebserzeugend nach Gruppe III A2 MAK. Angesichts der weiteren Miniaturisierung der RFID-Tags nimmt die spezifische Toxizität ab. Für den Fall, dass die Produktmenge drastisch ansteigt (vgl. Kapitel 3.1), nimmt damit auch in der Summe die ausgebrachte Toxizität zu.

Mit Blick auf den Ressourceneinsatz ist die Herstellung der silberbasierten Antennenstruktur von Bedeutung. Pro Tag ist die Silbermenge zwar sehr gering, bei 200 Milliarden Tags für Verkaufsverpackungen beträgt die verbrauchte Silbermenge jedoch 340 Tonnen pro Jahr in Deutschland. Da der jährliche Silberbedarf heute schon bei 470 Tonnen liegt, entspricht dies einem Anstieg des Silberbedarfs auf fast 70 Prozent. Hinzu kommen die zur Herstellung dieser Silbermenge induzierten Stoffströme in den vorge-

lagerten Erzgewinnungs- und Verarbeitungsstufen, die einen ökologischen Rucksack⁵ in der Größenordnung von 2.500.000 Tonnen pro Jahr hinterlassen würden.

Auswirkungen auf Wertstoffkreisläufe

Wird ein hoher Anteil der Verpackungen mit einem Smart Label versehen, so stellt sich neben dem Ressourcenbedarf outputseitig die Frage nach der Werkstoffverträglichkeit der eingetragenen Stoffe beim Recycling und der Dissipation von Schadstoffen. Je nach Smart-Label-Technologie und etikettiertem Produkt ist diese Frage unterschiedlich zu beantworten.

Es besteht noch wenig Bewusstsein für diese potenziellen Probleme. Das Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration hat im Auftrag industrieller Partner erste Abschätzungen zu den Auswirkungen des Eintrags von Smart Labels in Recycling-Kreisläufe gemacht. Diese Ergebnisse sind allerdings der Öffentlichkeit nicht zugänglich.⁶ Die im folgenden getroffenen Einschätzungen konzentrieren sich auf Lebensmittelverpackungen. Lebensmittelverpackungen haben eine geringe Nutzungsdauer und werden teilweise nicht über den Hausmüll entsorgt, sondern separat erfasst und recycelt. Hinsichtlich ihres Materials werden die Fraktionen Hohlglas, Papier/Karton/Verbund, Kunststoffe (z.B. PET), Aluminium und Weißblech unterschieden. Die Einschätzungen sind als erste Hinweise auf möglichen Forschungs- und Handlungsbedarf zu sehen, ohne dass der Anspruch einer umfassenden Beurteilungsgrundlage besteht (Hilty et. al. 2003).

Glas-Recycling:

Der in Deutschland zugelassene Wert für Verunreinigungen in Altglas beträgt für Keramik, Steingut, Porzellan 25 g/t und für Nichteisen-Metalle 5 g/t. Bei einem Smart-Label-Gewicht von 0,1 g auf einem 200g-Hohlglas beträgt der Gewichtsanteil 500 g/t. Sollten alle Hohlgläser mit Smart Labels versehen werden, sind Kollisionen mit derartigen Qualitätsanforderungen nicht auszuschließen, auch bei einer mittleren Durchdringung mit Smart Labels betrüge der Gewichtsanteil schätzungsweise rund 100g/t. In Bezug auf die Aufbereitung müsste gewährleistet sein, dass die Smart Labels entfernt werden. Bestehen Chip und Substrat aus organischen Materialien, dürften sie problemlos verbrennen, allerdings besteht die Gefahr des Kupfereintrags in das Glas.

Papier-Recycling:

Über die Anzahl an Papier- und Kartonverpackungen können aufgrund der Vielzahl von Papier- und Kartonanwendungen und -größen keine sinnvollen Abschätzungen gemacht

⁵ Nach dem Wuppertal-Institut beträgt der ökologische Rucksack für Silber 1:7.5000, d.h. pro Tonne Silber werden in den vorgelagerten Abbau- und Gewinnungsstufen rund 7.500 Tonnen natürliche Rohmaterialien benötigt.

⁶ mündliche Mitteilung Herr Middendorf (FHG-IZM) am 25.10.2002

werden. Die Sortierung stellt die Qualitätssicherung vor Abgabe des gebrauchten Papiers an den Produzenten dar. Bei der Sortierung von Altpapier und Pappe werden papierfremde Bestandteile sowie unerwünschte Papiere und Pappen abgetrennt. Weitere Fremdstoffe werden im Pulper getrennt und abgeschieden. Der Eintrag von Kupfer durch Büroklammern und Heftzwecken in das Papier-Recycling ist ein bekanntes Problem. Durch die Verwendung von Smart Labels sind bezüglich des Kupfers keine größeren Probleme zu erwarten. Auch das Silizium- oder Polymersubstrat kann im Pulper abgeschieden werden, so dass die Etikettierung von Papier und Karton mit Smart Labels in geringen Mengen voraussichtlich keine neuen Probleme aufwerfen wird.

Weissblech-Recycling:

Nach Angaben des Informations-Zentrums Weißblech e.V. treten durch Lacke, Compounds und Restanhaftungen, z. B. Reste von Etiketten, keine Probleme beim Recycling auf, wenn die Qualitätsanforderungen der Stahlwerke an den Schrott erfüllt werden.⁷ Dies liegt u. a. daran, dass der Recycling-Prozess bei Temperaturen von rund 1600 °C stattfindet, bei denen Farben und Lacke vollständig verbrennen.

Bei einer Etikettierung mit Smart Labels auf Polymerbasis würden diese weitgehend verbrennen, bei Siliziumsubstrat ist mit einem weitgehenden Eintrag in die Schlacke zu rechnen. Problematisch ist dagegen der Eintrag von Kupfer in das Stahl-Recycling. Die Akkumulation von Kupfer im Stahl durch Altprodukt-Recycling ist allerdings kein Spezifikum des Smart Label-Einsatzes. Angesichts der deutlich höheren Recycling-Menge und Kupfereinträge durch Shredder-Schrott ist zu vermuten, dass sich an der Dominanz dieses Eintragsweges wenig ändern wird.

Aluminium-Recycling:

Die Trennung von Fremdmaterial beim Aluminium-Recycling erfolgt durch Magnetscheider, Wirbelstromverfahren oder Schwimm-Sink-Prozesse. Beschichtungen werden entweder durch separate Prozesse oder im Schmelzprozess entfernt. Gewöhnliche Papieretiketten verbrennen im Schmelzprozess. Besonders kritisch für das Aluminium-Recycling sind Cu-Anteile im Schrott, jedoch auch Fe, Pb, Sn und Zn dürfen max. 1 % nicht übersteigen. Für das Recycling der Legierungsgruppen ist der unterschiedliche Siliziumanteil ausschlaggebend. Der Siliziumanteil von Knetwerkstoffen liegt zwischen 0,001 % und 0,7 %. Werden Smart Label auf Siliziumbasis eingesetzt, so sind Kollisionen mit den Qualitätsanforderungen möglich. Eine Aluminiumverpackung mit 50 g Gewicht und einem Smart Label von 0,1 g hat einen Fremdstoffgehalt von rund 0,2 %. Auch der Kupferanteil kann zu einer langfristigen Akkumulation im Aluminiumkreislauf beitragen, ohne allerdings für sich gesehen in naher Zukunft problematisch zu sein.

⁷ Mind. 93 % Weißblechverpackungen; andere, für die gleiche Verwertung geeignete Fe-Anteile werden auf die Quote von 93 % bis zu 5 % angerechnet (Informations-Zentrums Weißblech e.V.: Zum Thema: (Informations-Zentrums Weißblech e.V., 2002)

Kunststoff-Recycling:

Thermoplaste wie PET-Verpackungen werden beim Recycling in einem Temperaturbereich von 150-300°C aufgeschmolzen. Fremdstoffe werden dabei abgesiebt. Bei Smart Labels auf Polymerbasis könnten werkstoffliche Unverträglichkeiten auftreten, bei Siliziumsubstrat ist mit einer Absiebung zu rechnen. Problematisch könnte sich das Aufschmelzen der Lötlegierung erweisen, sofern z.B. das Blei in den Kunststoff gelangt und ggf. mit Metallhöchstmengen (u.a. EU-Verpackungsrichtlinie) kollidiert.

Das Beispiel der Smart Labels auf Lebensmittelverpackungen verdeutlicht die Komplexität stofflicher Wirkungen von Smart Labels in verschiedenen Wertstoffkreisläufen. Je nach Smart-Label-Inhaltsstoffen und Verwertungskreislauf ist die Werkstoffverträglichkeit differenziert einzuschätzen. Als problematisch könnte sich der ubiquitäre Einsatz von Smart Labels dadurch erweisen, dass durch die hohe Entropie die Einträge in Abfallströme quasi irreversibel sind. Angesichts der Kupferakkumulation im Stahl-Recycling sind die Schrottspezifikationen verschärft worden, was zu teilweise aufwändiger vorheriger Trennung kupferhaltiger Bestandteile geführt hat. Angesichts der geringen fein verteilten Mengen an Smart Labels ist eine Abscheidung in einzelnen Verfahren erheblich erschwert.

4.2 RFID-Anwendungen

Auf Anwendungsebene werden vor allem Effizienzsteigerungen und Kostensenkungen von den Unternehmen als Vorteile genannt. Ursache dafür ist eine verbesserte Prognosegenauigkeit in der Absatzplanung, überdies lassen sich Fehlchargen (z.B. abgelaufene Haltbarkeit bei Lebensmitteln) und Schwund (z.B. durch Diebstahl) reduzieren. So wird damit gerechnet, dass die Lagerbestände durch kürzere und zuverlässigere Planungszyklen in der Beschaffung ganz erheblich verringert werden. Damit reduziert sich auch die benötigte Lagerfläche. Der Schwund, bei Produkten wie Rasierklingen bis zu 30 Prozent, könnte durch RFID-Technik-gestützte Lieferkettenüberwachung eingedämmt werden. Aus Untersuchungen zum elektronischen Supply Chain Management ist bekannt, dass die betriebswirtschaftliche Optimierung der Wertschöpfungsketten - als ein Nebeneffekt - zur Erhöhung der Ressourcenproduktivität beitragen kann. (Behrendt/Würtenberger/Fichter 2003). Daher ist es plausibel, anzunehmen, dass im Zuge der weiteren Optimierung der Supply chain durch den Einsatz der RFID-Technik auch die Stoff- und Energieströme mehr oder weniger effizienter werden.

Weitergehende Umweltentlastungspotenziale sind von neuen Geschäftsmodellen unter Anwendung der RFID-Technik zu erwarten. Mit Bezug auf die in Tabelle 3-1 dargestellten Anwendungsfelder werden einige Geschäftsmodelle, die als ökologisch vielversprechend angesehen werden, exemplarisch betrachtet.

Präventive Ferndiagnose bei Fahrzeugen

Bereits seit längerem werden in Fahrzeugen Messdaten elektronisch über den Zustand eines Fahrzeuges erfasst und zur Wartung und Reparatur genutzt. Während diese Daten bisher nur bei Werkstattaufenthalten ausgelesen werden, bieten mobile Übertragungswege neue Möglichkeiten der Fahrzeugwartung (Weinmann 2002). Dazu werden Daten über den technischen Zustand direkt aus den Fahrzeugen heraus per Funk an entsprechende Servicezentralen übertragen. Das dies funktionieren kann, zeigen Formel 1 Fahrzeuge, wo routinemäßig hunderte von Messdaten im Fahrbetrieb zur Überwachung des Fahrzeuges erfasst und an eine Leitstelle übermittelt werden.

Für den normalen Autobetrieb ist dies noch weitestgehend Vision. Nahezu alle Autohersteller wollen aber kurz- bis mittelfristig Fahrzeugferndiagnose-Systeme einführen, legen sich aber bezüglich konkreter Lösungen noch nicht fest, bevor nicht derzeit noch bestehende Herausforderungen wie Infrastrukturkosten bewältigt sind. Die Einführung von Ferndiagnose-Systemen kann durch die RFID-Technik unterstützt und weiter praktikabel gemacht werden. So entwickelte Philips ein Reifendruck-Überwachungssystem, das auf einer RFID-Lösung basiert, und automatisch den Reifendruck des Fahrzeugs direkt misst. Eine regelmäßige manuelle Reifendruckprüfung ist nicht mehr nötig. Ein weiteres Beispiel ist das Notrufsystem Tele Aid von Mercedes. Bei Auslösung des Airbags wird automatisch (oder manuell) Hilfe zur Unfallstelle geschickt.

Langfristig könnte sich die Fahrzeug-Ferndiagnose von "passiver und periodischer Diagnostik zu fahrzeuginitiiertem Fehlermitteilung und Prognostik" (Frost & Sullivan 2002) entwickeln. Dies bietet den Autoherstellern die Möglichkeit ihren Service weiter zu verbessern. Für Fahrzeughalter bietet die Fahrzeugferndiagnose insofern Vorteile, da sie über erforderliche Wartungen und Reparaturen durch den Hersteller informiert werden. Eine ausführliche Fehlerdiagnose vor einem Servicetermin könnte künftig helfen, Wartungsarbeiten gezielter vorzubereiten und schneller abzuwickeln (Wolfried 2002). Unter ökologischen Gesichtspunkten könnte eine präventive Ferndiagnose im Rahmen der Integration von Internet, Mobilfunk und Smart Tags die Kraftfahrzeug-Lebensdauer steigern und überdies technische Pannen bereits im Vorfeld vermeiden oder deren Ausmass begrenzen helfen. Serienfehler könnten frühzeitiger erkannt und Gegenmaßnahmen getroffen werden. Aufwendige Rückrufaktionen lassen sich damit eingrenzen. Nicht zuletzt könnte die Produktentwicklung insgesamt verbessert werden, indem früher identifiziert wird, wie gut sich ein neues Modell bewährt, wo eine neue Software oder die Vernetzung der Systeme noch Probleme bereitet, die möglichst rasch Abhilfe erfordern.

Serviceinnovationen in der Kühlkette

Smart Label werden im Lebensmittelbereich als ein Ansatz diskutiert, die Lebensmittelsicherheit zu erhöhen. Sie können die Dokumentation der Herkunft der Produkte (z.B.

um Nahrungsmittelskandale wie BSE-verseuchtes Rindfleisch zu verhindern oder einzudämmen) verbessern helfen, darüber hinaus ließe sich eine vollständige Überwachung der Kühlkette bei der Distribution von Lebensmitteln gewährleisten. So könnte ein Smart-Tag, "wie ihn die Firma Agri Food herstellt, beständig die Temperatur messen und an den PML-Server übermitteln. Die Kaufhauskette Tesco in Großbritannien etwa experimentiert schon seit zwei Jahren mit RFID im Bereich Frischwaren und Tiefkühlkost. Aber auch die Verlagerungen von Gütern von einem Lager ins andere, die Übergänge von Lastwagen in Container ließen sich auf diese Weise besser kontrollieren. So könnte ein Container mitteilen, wenn er unberechtigt geöffnet wird oder wenn er leer ist". Auf diese Weise ließe sich der Anteil unverkäuflicher Produkte im Lebensmittelbereich, der infolge von Beschädigungen oder abgelaufenem Haltbarkeitsdatum nach Industrieangaben bei ungefähr einem Prozent (M-Lab 2003) liegt, senken.

Während in der Logistikkette der Lebensmittelbranche bereits ein hoher Automatisierungsgrad bei der Überwachung der Lebensmittel erreicht ist, der aber durch RFID-Lösungen noch weiter verbessert werden kann, ist der Verbleib der Ware beim Verbraucher erfahrungsgemäß unkontrollierter. Hier dürften vermutlich im größeren Umfang Waren durch unsachgemäße Lagerung oder durch Ablauf des Haltbarkeitsdatums verderben. Erste Ansätze, dem Verbraucher Informationen über die von ihm gekauften Lebensmittel bereitzustellen, bieten internetfähige Kühlschränke und Gefriertruhen. Sie vereinen traditionelle Informations- und Kommunikationsfunktionen wie Fernsehen und E-Mail mit küchenspezifischen Diensten. Dazu zählen zum Beispiel Preisvergleiche von Produkten verschiedener Supermärkte, Empfehlungen für eine gesunde Ernährung und Kochrezepte für die Nahrungsmittel. Weitergehende Systemlösungen erproben derzeit Bosch-Siemens und andere Hersteller Weißer Ware.

Beispiel: Bosch Siemens Hausgeräte⁸

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsvorhabens „Sustainable Markets eMERge“ (SUMMER) wurde mit Bosch Siemens Hausgeräte GmbH ein Praxisprojekt durchgeführt.⁹ Im Mittelpunkt stand die Frage, wie die Funktion Kühlen aus Kundensicht erweitert und mit anderen Serviceleistungen in der Dienstleistungskette rund um die Versorgung mit qualitativ hochwertigen und unverdorbenen Lebensmitteln nutzensteigernd verknüpft und ökoeffizienter gestaltet werden kann. Ziel war und ist es, die Erarbeitung, Planung und Umsetzungsvorbereitung von Funktionserweiterungen und Serviceinnovationen bis zur Stufe Geschäftsmodell voranzutreiben.

⁸ Information von Bierter, W. (15.2.2004)

⁹ Forschungsvorhaben „Sustainable Markets eMERge“ SUMMER im Internet: www.summer-net.de (Stand 25.8.2004)

Bisherige Versuche zeigen, dass die technische Machbarkeit intelligenter Hausgeräteleösungen, z.B. die Vernetzung von Haushaltsgeräten oder die 0° C-Technologie bei Frischkühlern, vom Verbraucher nicht automatisch akzeptiert werden. Außerdem spielt die Frage der Preisakzeptanz eine zentrale Rolle. So kosteten bspw. Sende- und Empfangseinrichtungen (Transponder) als Teil der Verpackung Ende 2001 noch 0.50 EUR und waren damit für den Masseneinsatz noch zu teuer, heute liegt der Preis allerdings bereits bei 0.10 EUR. Eine weitere Frage ist, was Verbraucher bereit sind, für bestimmte intelligente Systeme auszugeben und wie die richtige Preisgestaltung für entsprechende Kühlgeräte aussehen muss? Laut einer von BSH in Auftrag gegebenen Studie der Universität Weihenstephan verderben in Deutschland im Jahr Lebensmittel im Warenwert von 7 Mrd.: Dies ist auch eine Herausforderung für den intelligenten Kühlschrank. Der Zeithorizont für dieses Thema beträgt 3 - 5 Jahre. Dann werden marktfähige Lösungen erwartet.

Vor diesem Hintergrund standen Innovationen in den folgenden Bereichen im Fokus:

- Produkte am oder beim Kühlschrank (hauptsächlich in Bezug auf Online-Bestellung von Lebensmitteln);
- Produkte zur automatischen Bestandserfassung in der Verpackung von Lebensmitteln (z.B. Transponder);
- System (intelligentes Bestandsmanagement im Kühlschrank und Belieferung mit qualitativ hochstehenden Lebensmitteln (incl. Online-Bestellung bzw. –Bestellsystemen)).

Ein beträchtlicher Teil dieser Innovationen sind durchgeführt. Zur Zeit wird mit Kunden von LeShop – einem strategischen Partner im Lebensmittel-E-commerce-Bereich – eine Erhebung der Kundenanforderungen an einfach handhabbare Online-Bestellsysteme durchgeführt, und zwar mit Hilfe von Methoden der „interactive consumer research“. Nach Vorliegen der Ergebnisse wird ein Strategie-Workshop zur Erarbeitung eines zukunftsfähigen Geschäftsmodells durchgeführt.

Mit der Markteinführung entsprechender Geräte ist in einigen Jahren zu rechnen. Inwieweit damit für den Kunden ein Zusatznutzen entsteht, bleibt abzuwarten. Vermutlich dürften sich produktbegleitende Informationssysteme auf Transponder-Basis kaum für zu kühlende Lebensmittel eignen, die nur relativ kurze Zeit im Kühlschrank gelagert werden, sondern eher für Tiefkühlkost. Durch transponderbasierte Überwachungssysteme könnte das Überschreiten von Haltbarkeitsdaten erfasst und dem Verbraucher auf einem Display des Kühlschranks angezeigt werden.

Ökologisch liegt der Vorteil von Systemlösungen auf der Basis von Kühlgerät, Internet und RFID-Technik in einer effizienteren Kühl- und Lieferkette. Dadurch, dass weniger

Lebensmittel verderben, sind geringere Energie- und Stoffumsätze in den Bereichen Landwirtschaft, Nahrungsmittelverarbeitung und -konsum möglich. Dem ist aber gegenüber zu stellen, dass sich die Innovationsdynamik der Informations- und Konsumtechnik, mit der Folge kurzer Produktlebenszyklen, und die Problematik der Inkompatibilität zwischen verschiedenen Betriebssystemen, sich auf die Kühlgeräte, die zu den langlebigen Hausgeräten zählen, überträgt. Die Umwelteffekte einer solchen Entwicklung "sind aus heutiger Sicht schwer zu quantifizieren, das Umweltbelastungspotenzial ist aber sehr hoch, denn die Nutzungsdauer von Sachgütern ist ein zentraler Parameter für den Durchfluss von Masse und Energie durch das ökonomische System" (Hilty et.al. 2003, S. 226)). Verkürzt sich die Nutzungsdauer, werden in der selben Zeit mehr Umweltressourcen in Anspruch genommen und mehr Abfälle und Emissionen erzeugt.

Pay-per-use-Lösungen für Sachgüter

Die Idee, anstelle von Sachgütern nur deren Nutzung, also Dienstleistungen zu verkaufen („pay-per-use“) wird bereits seit längerem diskutiert. Dadurch könnten Anreize entstehen, neben neuen auch gebrauchte und aufgearbeitete, neuwertige Geräte einzusetzen. Leasingunternehmen hätten betriebswirtschaftlich ein Eigeninteresse an der Verlängerung der Nutzungsdauer und der Ausschöpfung der technischen Produktlebensdauer und makroökonomisch wäre bei hinreichender Marktdurchdringung eine Verringerung des Abfallaufkommens die Folge.

Durch RFID-Technik werden solche pay-per-use-Modelle in vielen Fällen erst praktikabel (Hilty et.al. 2003; Bohn et al., 2002). So könnten Produktreklamationen und -wartungen erleichtert werden, aktuelle Sicherheitsinformationen zu Produkten einfacher übermittelt und neue Anreize zur sparsamen Nutzung von Produkten entwickelt werden. Verschiedene Unternehmen zielen in diese Richtung mit der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle. Electrolux testete internetfähige Waschmaschinen, die an Verbraucher vermietet und nach Gebrauch bezahlt wurden. Abgerechnet wurde über die Stromrechnung des Energieerzeugers Vattenfall, der ein Kooperationspartner in dem Projekt war¹⁰. Allerdings wurde der Test von Elektrolux aufgrund von Schwierigkeiten mit Kooperationspartnern nicht in ein kontinuierliches Geschäftsmodell überführt. Mit digitalen Waschmaschinen experimentiert auch der italienische Haushaltsgerätehersteller Merloni Elettrodomestici. Das Geschäftsmodell ähnelt dem von Electrolux. Der Kunde least die Waschmaschine und zahlt für ihre Benutzung. Das Gerät ist hierzu mit dem WRAP-Protokoll (Web-Ready-Appliances) ausgestattet. Ein Mikrocontroller stellt die Verbindung zum Call Center her, an das sämtliche erfassten Daten übertragen werden

¹⁰ Skottheim, Joakim, Electrolux Sweden: Challengens and Obstacles with Functional Sales, Brussels November 16, 2001

und überwacht den pay-per-use-Betrieb. Auf diese Weise werden Serviceleistungen wie Fern-Diagnose und Tele-Alarm ermöglicht¹¹.

Auch wenn verschiedene Konzepte für pay-per-use Lösungen für Sachgüter auf der Basis von Smart Tags derzeit entwickelt werden, bleibt die Akzeptanz solcher Modelle vorerst fraglich. Auf Konsumentenseite besteht bisher eine geringe Bereitschaft zur Umstellung der Konsumpräferenzen in Richtung eines Nutzungskaufs. Was beim Telefonieren oder Stromverkauf gut machbar ist, und neuerdings auch bei Autoversicherungsprämien¹² erprobt ist, lässt sich so auf Alltagsachgüter nicht übertragen. Dies liegt nicht zuletzt auch darin begründet, dass mit dem Eigentum an Produkten psychologische und soziale Funktionen verknüpft sind, die Identität, Freiheitsgefühl, Status und Lebensstil zum Ausdruck bringen. Eigentum hat gegenüber der Miete den grundlegenden Vorteil der unumschränkten räumlichen und zeitlichen Verfügbarkeit eines Produktes. Der Nutzungskauf schränkt diese Handlungsfreiheit durch vertraglich festgelegte Nutzungs- und Veränderungsrechte ein. Der Konsument fragt nicht nur einen Nutzen nach, vielmehr stellt er Nutzenbündel zusammen, die sich bezüglich Verfügbarkeit, Flexibilität, Aufwand, Kosten, Statussymbol etc. unterscheiden und für das Nachfrageverhalten bestimmend sind (vgl. Schrader/Einert 1998). Die Nutzenbündel hängen daher sehr vom Lebensstil des einzelnen Konsumenten, aber auch von der Art der Güter ab. Während bei bestimmten Verbrauchsgütern wie Strom, Gas oder Fernwärme, die eigentliche Funktion, die sie erbringen sollen, im Vordergrund steht, sind die Nutzenbündel bei Gebrauchsgütern wesentlich komplexer. Neben Preis, Qualität, Funktionalität und Verfügbarkeit, die z.B. zu den wichtigsten Nutzenkriterien für Haushaltsgeräte zählen, gewinnen psychologische Motivationen bei Produkten wie Personalcomputer und Fahrzeugen nicht nur an Bedeutung, sondern können sogar für den Eigentumserwerb ausschlaggebend sein. Ein „eigentumsloser“ Konsum auf der Basis von Miet- oder Leasinglösungen lässt sich kurz- und mittelfristig nur schwer realisieren, weil die Konsumenten nur sehr zögerlich bereit sind, sich auf reine Serviceangebote einzulassen. Smart Label machen zwar das Handling von pay-per-use-Lösungen effizienter und für den Kunden attraktiver, scheinen aber offenbar bestehende psychosoziale Hemmnisse gegenüber solchen Konzepten nicht überwinden zu können.

Rfid-unterstützte pay-per use-Lösungen sind in erster Linie eher für hochwertige teure oder wenig genutzte Produkte entwicklungsfähig. Dazu gehört beispielsweise der Bereich Heimwerken, Baueigenleistung und Gartenpflege, wo die Geräte weniger symbol-

¹¹ <http://www.merloni.com>

<http://www.hanser.de/zei...=106&marker=6,2002&hanser=Bernd+Liedke>

¹² Smart Tags erlauben dynamische Autoversicherungsprämien. Die Höhe der Prämie wird beispielsweise nach der Zahl der gefahrenen Kilometer, der Fahrweise, den Tageszeiten, zu denen gefahren wird, berechnet.

behaftet sind und eher temporär genutzt werden. Auch der Freizeit- und Sportbereich bietet Potenziale für Mietkonzepte. Für den Haushaltsgerätebereich ist zu erwarten, dass diejenigen Käufer eines Neugerätes (1 % bis 4 %), die prinzipiell bereit sind, Gebrauchtgeräte zu nutzen, auch für Leasing- und Mietkontrakte in Frage kommen. Weit- aus größere Potenziale sind allerdings im gewerblichen Bereich zu vermuten, weshalb hier in erster Linie Chancen für die Entwicklung ökologischer Nutzungskonzepte bestehen. Gewerbliche Nutzer denken viel eher in Kosten- und Nutzenkategorien als private Nutzer und unterliegen einer eigenen Zweckrationalität. Im Vordergrund stehen hier Leasing- und Mietlösungen, die den gewerblichen Kunden Finanzierungs- und Wettbewerbsvorteile verschaffen. Vor allem angesichts der durch den technischen Fortschritt bedingten kürzer gewordenen Innovations- und Marktzyklen und dem damit einhergehenden hohen Wertverlust nehmen Leasing- und Mietkonzepte an Bedeutung zu. Dadurch eröffnet sich die Möglichkeit, gleichzeitig Umwelt- und Kostenvorteile durch Wiederverwendung von Produkten und Komponenten im Ersatzteilgeschäft oder durch deren Vermarktung in Second-Hand-Märkten zu erzielen.

RFID-basierte Recyclingmodelle

Der Einsatz von Smart Labels zur Effektivierung des Recyclings wird seit längerem diskutiert. Das Projekt Care Vision 2000 strebte bereits Mitte der 90er die Entwicklung langlebiger, nachrüstbarer und wiederverwendbarer Elektronikgeräte an. Ein Schlüsselaspekt dabei war die Schaffung eines produktbegleitenden Informationssystems, das den beteiligten Akteuren (Hersteller, Recycler, Entsorger etc.) produktspezifische Daten verfügbar machen sollte. In diesem Zusammenhang wurde ein „Green Port“ als Schnittstelle und eine entsprechende Identification Unit (IDU) entwickelt, die sowohl statische (Werkstoffzusammensetzung, Demontagepläne etc.) als auch dynamische Angaben (Betriebszeit, Reparaturen, Temperatur) speichern und somit Informationen über die Gerätebeanspruchung liefern sollte. Allerdings ist das Konzept nicht umgesetzt worden. Es scheiterte im wesentlichen an der komplexen, schwer zu beherrschenden Informationsmenge. Zum anderen war das System wegen der hohen Kosten wirtschaftlich nicht darstellbar.

Eine neue, kostengünstigere Version von Smart Labels könnte hier neue Impulse bringen. Bedeutsam werden RFID-Lösungen vor allem im Zusammenhang mit der Umsetzung der europäischen Elektronikschrottrichtlinie WEEE. Sie formuliert als wesentliches Ziel die Rücknahme und das Recycling von elektronischen und elektrotechnischen Produkten. Für die WEEE gilt, dass die festgelegten Sammel-, Verwertungs- und Recyclingquoten bis 31.12.2006 zu erreichen sind. Derzeit ist noch nicht klar, wie die Recyclingquoten festgestellt und nachgewiesen werden können. Von der Industrie werden RFID-basierte Konzepte diskutiert. Man verspricht sich vor allem davon eine automatisierte und somit kosteneffiziente Lösung. Ein Erfolgsfaktor dürfte die Konzentration auf wenige relevante Informationen sein, wie die Erfahrungen des Eureka Projektes Care

Vision 2000 zeigen. Für die Erfüllung der Anforderungen nach WEEE wären beispielsweise gewichts-, marken- und -fraktionsbezogene Angaben ausreichend. Sollten die Kosten für Smart Labels weiter drastisch reduziert werden können (z.B. durch Polymerelektronik), was aus Sicht der Industrie für 2005 bis 2008 erwartet wird, so dürfte deren Anwendung bei Massenprodukten beachtenswerte Kostensenkungspotenziale zur Unterstützung der Verwertungswirtschaft haben.

5 Perspektiven

Langfristig sind Einsatzgebiete der RFID-Technologie in vielen Produktnutzungssystemen auszumachen. Kurz- bis mittelfristig werden sich RFID-Systeme vornehmlich in der Logistik im produzierenden Gewerbe wieder finden. Die Kennzeichnung von Waren, Objekten, Tieren und Personen, die Gewährleistung der Fälschungssicherheit, Instandhaltung und Reparatur, die Dienststahlsicherung, die Überwachung (Maschinen und Personen) von Zutritt, Routen, Verhalten, das Monitoring der Umwelt, Verleih- und Mehrwegsysteme, Automatisierung, Steuerung und Prozessoptimierung zählen zu den vorherrschenden Anwendungssegmenten von RFID-Lösungen in den nächsten 10 Jahren.

Mit Blick auf diese Entwicklungen weist die Analyse über die bisher (in der Öffentlichkeit) vornehmlich diskutierten Gefahren in den Bereichen IT-Sicherheit (u.a. Manipulation oder unberechtigter Zugriff), Daten- und Verbraucherschutz (u.a. Gewährleistung des Rechts auf informationelle Selbstbestimmtheit) hinaus auf umweltpolitische Gestaltungsbedarfe hin.

Sollte ein Szenario Wirklichkeit werden, wonach alle Verpackungen mit Smart Labels ausgestattet werden, könnte dies den Silberverbrauch stark ansteigen lassen, so dass künftig Engpässe nicht auszuschließen sind. Hier sind alternative Technologien, die auf anderen, weniger kritischen Materialzusammensetzungen beruhen, zu entwickeln. Abfallseitig lassen die vergleichsweise geringen additiven Stoffströme durch den Eintrag von Smart nicht erwarten, dass die Entsorgung vor grundsätzlich neuen Aufgaben steht. Allerdings sind bei Abschätzungen der Zusammensetzung von Restmüll zukünftig ggf. Korrekturen bezüglich des Elektronikschrottgehaltes vorzunehmen, da Smart Label zunehmend in Alltagsgegenstände eingebettet sind. Ungeachtet der wahrscheinlich handhabbaren Abfall- und Toxizitätsaufgaben führt der Austrag von Kupfer und anderen hochwertigen Metallen aus dem Wertstoffkreislauf zu einem Rohstoffverlust, der immer wieder durch Neumaterial ausgeglichen werden muss. Durch den Eintrag von Smart Labels in das Verpackungs-Recycling (Hohlglas, Papier/Karton/ Verbund, Kunststoffe, z.B. PET, Aluminium und Weißblech) sind bei der stofflichen Verwertung Kollisionen mit Qualitätsanforderungen (z.B. Kupfer im Stahl-Recycling) möglich.

Auf Anwendungsebene ist schwer abzuschätzen, mit welchen ökologischen Effekten RFID-Lösungen verbunden sind. Die Auswirkungen hängen nicht nur von der RFID-Technik allein ab, vielmehr ist eine Vielzahl von Nutzungsfaktoren entscheidend. Da nur qualitative Angaben vorliegen, sind Aussagen über die Umwelteffekte diesbezüglich bislang nur ansatzweise und in grober Näherung möglich. Trotzdem lassen sich erste Aussagen zur Unterstützung von nachhaltigen Produktnutzungssystemen treffen:

- Smart Label basierte Lösungen bieten grundsätzlich die Möglichkeit, sämtliche Produktlebensphasen von Design bis zur Entsorgung des Produktes zu erfassen. Der Einsatz der Smart Label-Technologie dient dabei bisher vorrangig der Optimierung von Geschäftsabläufen. Im B2B-Bereich lassen sich Kosten in verschiedenen Bereichen senken: Logistik, Service Wartung, Reparatur, Garantieforderungen, Weiterverwendung und Entsorgung von Produkten.
- Im B2C-Bereich sind die Anwendungspotenziale weitgehend spekulativ. Neben aussichtsreichen Anwendungen (z.B. präventive Fernwartung, Überwachung der Lebensmittelkette) lassen viele Anwendungen in Konsumgüterbereichen nur schwer einen Zusatznutzen für den Verbraucher erkennen. Beispielhaft ist der "smarte" Kühlschrank, der automatisch Waren nachbestellt. Die Entwicklung ist hier bisher weitgehend technologiegetrieben. Fragen des individuellen Kundennutzens bzw. der Akzeptanz sind dabei weitgehend ungeklärt. Als große Akzeptanzhürden dürften sich die informationelle Überforderung sowie Aspekte der Privatheit und des Datenschutzes erweisen. Mit Blick auf das Marktpotenzial sind daher eher Nischenanwendungen wahrscheinlich.
- Das Konzept, anstelle von Sachgütern nur deren Nutzung, also Dienstleistungen zu verkaufen („pay per use“) wird durch Smart Label in vielen Fällen praktikabel. Die organisatorische Abwicklung solcher Lösungen wird auf diese Weise erheblich vereinfacht. Dies berührt aber nicht, die viel wichtigeren psychologischen und sozialen Funktionen des Produktkaufs, so dass kaum davon ausgegangen werden kann, dass Smart Labels die Bereitschaft zum pay-per-use, über die bereits ohnehin erschlossenen Bereiche des Nutzungskaufs hinaus, wesentlich fördern wird.
- Zwar sind durch Anwendungen der Smart-Label-Technik keine „Quantensprünge“ bei der Dematerialisierung von Stoff- und Energieströmen zu erwarten. Gleichwohl bestehen beachtenswerte Potenziale zur Erhöhung der Ressourcenproduktivität durch die Integration von Smart Label in ein elektronisch gestütztes Supply Chain-, Life Cycle- und Customer-Relation-Chip-Management.

Auch wenn die meisten der in Unternehmen diskutierten Entwicklungslinien zunächst nur Optionen sind, deren Einlösung noch offen ist, und die Erschließbarkeit der Potenziale verschieden eingeschätzt wird, bestehen doch erhebliche Chancen, die identifizier-

ten Umweltentlastungseffekte künftig stärker zum Tragen kommen zu lassen, als dies heute der Fall ist.

6 Literatur

ABI Research 2003: Technology Market Research 2003, verfügbar unter: www.abiresearch.com/servlets/Home, Stand: 2.3.2004

Arps 2002: Arps, W.: Mobile Kfz-Diagnose, in funkschau, 20/2002, S. 14-17

BCG 2004: Boston Consulting Group, zit nach: Gilles, C.: Obst auf Sendung, in Die Welt, 14. 1.2004, S. 16

Behrendt/Würtenberger/Fichter 2003: Behrendt, S.; Würtenberger, F.; Fichter, K.: Falluntersuchungen zur Ressourcenproduktivität des E-Commerce, Werkstattbericht IZT Nr. 52, Berlin 2003

BVL 2003: Bundesvereinigung Logistik: Krieger, W.: RFID-Zukunftsperspektiven, 2003

Fleisch/Dierkes 2003: Fleisch, E.; Dierks, M.: Ubiquitous Computing aus betriebswirtschaftlicher Sicht, 2. Dialogue on Science, 15.-17.10.2003 in Engelberg (Schweiz)

Frost & Sullivan 2002: Frost and Sullivan's Analysis of the European Remote Vehicle Diagnostics Market, zit. nach golem.de, verfügbar unter: <http://www.dyn1.golem.de/cgi-bin/uisapi.dll/forprint?id=22532>, Stand 2.3.2004

GEMPLUS, 2002: GEMPLUS: Product Catalog. Verfügbar unter www.gemplus.com; Stand : 25.10.2003

Gillies 2004: Gillies, C.: Obst auf Sendung, in: Die Welt, 14.1.2004, S. 2004-03-04

Hilty et.al. 2003: Hilty L; Behrendt, S.; Erdmann, L., Binswanger, M., Bruinink, A., Fröhlich, J., Köhler, A., Kuster, N., Som, C.: Das Vorsorgeprinzip in der Informationsgesellschaft - Auswirkungen des Pervasive Computing auf Gesundheit und Umwelt, Herausgegeben vom Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung (TA-SWISS), Bern 2003 (TA 46/2003)

IML 2003: AutoLog Initiative, verfügbar unter: <http://rfid-umfrage.iuiml.fraunhofer.de>

Metro 2004: Presseinformationen zum Future Store in Rheinberg und zur unternehmensweiten Einführung von RFID, verfügbar unter: http://www.metrogroup.de/servlet/PBV/menu/1008965_11/index.html?page=2, Stand: 2.3.2004

M-Lab 2003: The Mobile and Ubiquitous Computing Lab Phase II, 25. April. 2003, St. Gallen/Zürich, verfügbar unter: <http://www.m-lab.ch>

Reichl 2003: Reichl, H.: Trends in der Technologieentwicklung - Innovationen verantwortlich gestalten, 3. Expertenforum NIK, Berlin, 25.11. 2003, verfügbar unter <http://www.roadmap-it.de> (Stand: 3.3.2004)

RFID-Forum 2004: RFID-Forum - Magazin für kontaktlosen Datentransfer 1/2004

Schrader/Einert 1998: Schrader, Ulf; Einert, Dirk (1998): Die Umsetzung des „Leistungs- statt Produktverkaufs“ im Konsumgütersektor, in: Ökonomie & Ökologie Team e.V. (Hrsg.): Arbeit und Umwelt - Gegensatz oder Partnerschaft?, Frankfurt/M., S. 271-292

Siemens 2004: Siemens Dematec: RFID Roadmap, 5.1.2004

Sustainable Markets eMERge - SUMMER im Internet: www.summer-net.de, Stand 25.8.2004

Tagnology 2004: RFID-Anwendungen, verfügbar unter: <http://www.tagnology.com/deutsch/anwendungen.htm>, Stand: 2.3.2004

Telecom Austria 2004:
http://business.telekom.at/telekom/news/bizmail/user_technologie/b35_usertech.php

Wolfram 2003: Wolfram, Gerd: Prozessveränderungen durch Zukunftstechnologien, Die Metro Group Future Store Initiative, 4 ECR-Tag 22./23. September 2003, Wien

