

Schriftenreihe des Fachgebietes Abfalltechnik

UNIK-AT

Band 10

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Arnd I. Urban, Kassel

Mit RFID zur innovativen Kreislaufwirtschaft



Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Arnd I. Urban
Dipl.-Ing. Gerhard Halm

Redaktion:
Berit Weber
Dr. Obladen und Partner
Tauentzienstraße 7a, 10789 Berlin
<http://www.obladen.de>

Dipl.-Ing. Henriette Groh
Universität Kassel
Mönchebergstrasse 7
D-34127 Kassel

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<http://dnb.ddb.de> abrufbar

ISBN print: 978-3-89958-804-0
ISBN online: 978-3-89958-805-7

2009, kassel university press GmbH, Kassel
<http://www.upress.uni-kassel.de>

Umschlag: Dieter Sawatzki, inforbiz Werbeagentur GmbH, Essen
Druck und Verarbeitung: Unidruckerei der Universität Kassel

Veranstalter:
Verein zur Förderung der Fachgebiete
Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik
an der Universität Kassel e.V.
Kurt-Wolters-Straße 3, 34125 Kassel

Die Informationen in diesem Buch werden ohne Rücksicht auf eventuellen
Patentschutz veröffentlicht. Warennamen werden ohne Berücksichtigung der freien
Verwendbarkeit benutzt.

© Alle Rechte vorbehalten. Wiedergabe und Übersetzung nur mit Genehmigung des
Vereins zur Förderung der Fachgebiete Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik
an der Universität Kassel e.V., Kurt-Wolters-Straße 3, 34125 Kassel

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	7
Arnd I. Urban, Gerhard Halm	

Grundlagen der RFID-Technologie

Grundlegendes zu RFID Systemen	9
Knut Ehring, Martin Hartwigsen	

Überblick über verschiedene RFID-Anwendungen	13
Christian Kern	

Wirtschaftlichkeitsberechnung von RFID-Systemen in kleinen und mittelständischen Unternehmen	25
Tobias Rhensius, Daniel Dünnebacke	

Innovative Kreislaufwirtschaft

Wirtschaftliche Anreize/Aspekte für eine Wiederverwendung	31
Ralf Brüning, Bernd Rosemann, Martin Plumeyer, Jenny Steinborn	

Individuelle Herstellerverantwortung – so kann es gehen.....	49
Sven Grieger	

RFID als Medium einer innovativen Kreislaufwirtschaft	59
Stephan Löhle, Henriette Groh, Arnd I. Urban	

RFID in der Praxis

Der Einsatz der RFID-Technologie im Einzelhandel – Fallstudie: Karstadt Warenhaus GmbH	75
Tom Vieweger	

RFID-Funktionalität für Pharmafaltschachteln zum Schutz vor Plagiaten	79
Lennart Schulz	

RFID im Abfallbereich – Behältermanagement und automatische Wägesysteme.....	89
Hans-Martin Kröll	

Das Total Waste Concept.....	91
Raoul Janssen	

Entsorgung und Datensicherheit

Zukünftige Risiken des Eintrags von RFID-Tags in die Siedlungsabfallentsorgung	101
Lorenz Erdmann	

Datenschutzrecht in RFID-unterstützten Entsorgungsprozessen	119
Silke Jandt	

Wirklich ein gläserner Kunde? – RFID und die Verbraucherakzeptanz.....	131
Sergei Evdokimov	

RFID Datenerhebung als Sicherheitsrisiko	133
Florian Kerschbaum	

RFID – Entwicklungen in einer vernetzten Welt

Internet der Dinge – Leben in einer vernetzten Welt	137
Alexander Roßnagel	

RFID – quo vadis? Aktueller Stand und zukünftige Entwicklung von RFID- und anderen AutoID-Technologien	153
Wolf-Rüdiger Hansen	

RFID in der Kreislaufwirtschaft – Tatsachen und Prognosen	161
Marc Schneider, Frank Steinwender	

Autoren- und Referentenverzeichnis.....	169
--	------------

Schriftenverzeichnis	171
-----------------------------------	------------

Bitte beachten Sie dem Buch beigelegten Beitrag:

Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaft und der mögliche Beitrag durch die RFID-Technologie
Christiane Schnepel

Vorwort

Radio Frequency Identification (RFID) ist eine innovative Technologie zur eindeutigen, berührungslosen Identifikation von Objekten ohne erforderlichen direkten Sichtkontakt. Dieses Funktionsprinzip findet Anwendungen in vielen verschiedenen Wirtschaftsbereichen wie der Produktion oder der Logistik. Auch in der Entsorgungswirtschaft wird RFID zur eindeutigen Behälteridentifikation bereits seit mehreren Jahren eingesetzt. In der Kreislaufwirtschaft erschließen sich völlig neue Einsatzpotenziale, wenn durch RFID zukünftig Altprodukte in Abfallströmen identifiziert und zielgerichtet behandelt werden können.

Mit der Fachtagung „Mit RFID zur innovativen Kreislaufwirtschaft“ knüpfen die Veranstalter, das Fachgebiet Abfalltechnik der Universität Kassel und die Stadtreiniger Kassel, thematisch an die Tagung „Stoffströme der Kreislaufwirtschaft“ aus dem Jahr 2006 an, in deren Rahmen die Einsatzmöglichkeiten der RFID-Technologie für ein hochwertiges Recycling erstmalig diskutiert wurden. Beide Veranstalter setzen damit die enge Kooperation, die sie seit Jahren verbindet, fort.

Die Beiträge im vorliegenden Tagungsband vermitteln zunächst grundlegende Informationen rund um die RFID-Technologie. Es werden Zielstellungen und Beispiele einer innovativen Kreislaufwirtschaft vorgestellt und aufgezeigt, wie das Medium RFID diese Ziele unterstützen kann. Um die Einsatzoptionen der RFID-Technologie zu verdeutlichen, werden aktuelle Anwendungen und Erfahrungen aus verschiedenen Wirtschaftsbereichen dargestellt. Diese reichen vom Einsatz im Warenhaus bis zum Behältermanagement in der Entsorgungswirtschaft.

Darauf aufbauend werfen die folgenden Beiträge einen kritischen Blick auf die datenschutzrechtlichen, verfahrens- und sicherheitstechnischen Herausforderungen, welche die RFID-Technologie auch beim Einsatz in der Kreislaufwirtschaft stellt. Die Frage, wohin der Weg der RFID-Technologie führt und welche Rolle diese Technologie zukünftig in unserem Alltag und besonders in der Entsorgungspraxis spielt, wird abschließend diskutiert und ein Ausblick auf die zu erwartenden Entwicklungen der RFID-Technologie und deren Einsatz als Medium einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft gewagt.

Unser herzlicher Dank gilt den beteiligten Autoren, für ihre interessanten Beiträge, sowie den Organisatoren und vielen Helfern, die an der Vorbereitung und Durchführung der Tagung mitgewirkt haben.

Kassel, November 2009

Prof. Dr.-Ing. Arnd I. Urban

Dipl.-Ing. Gerhard Halm

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

Grundlegendes zu RFID-Systemen

Knut Ehring
Martin Hartwigsen
deister electronic GmbH, Barsinghausen

Schriftenreihe des
Fachgebietes Abfalltechnik
Universität Kassel
Kassel 2009

1 Einführung

Die erfolgreiche Einführung und Umsetzung der Transponder-Technologien in den vergangenen Jahren hat ein breites Feld von Anwendungen in den Bereichen Handel, Dienstleistung, Logistik und Industrie hervorgebracht.

Kontinuierlich werden weitere Lösungen durch RFID erschlossen bzw. optimiert und die etablierten RFID-Technologien in der Performance immer weiter verfeinert.

Im Folgenden wollen wir uns eine grundlegende Übersicht zu RFID-Systemen verschaffen.

2 Was ist ein RFID-System?

Ein RFID-System ist eine technische Variante aus der Gruppe der Auto-ID-Systeme. Dies sind Systeme, die mit Hilfe von codierten Identifikationselementen (z. B. einem Barcode-Label) und Identifikationsgeräten (sog. Lesegeräten) die automatische Erfassung von Objekten (Waren, Behälter, Personen, ...) ermöglicht.

Die Systemvariante mit RFID verwendet als Identifikationselemente so genannte Transponder und dazu kompatible Lese- bzw. Schreiblesegeräte. RFID unterscheidet sich von den bekannten optischen Systemen (Barcode) durch den Kommunikationsweg zwischen Lesegerät und Transponder, da hier statt Licht Funkwellen im Bereich zwischen 125 kHz und 2.45 GHz zum Einsatz kommen. Hierdurch ergeben sich frequenzabhängig spezifische Vorteile wie z. B. größere Reichweiten und/oder die Durchdringung von optischen Hindernissen, wie Schmutz oder auch Verpackungen. Auch enthalten die Transponder einen hochintegrierten Chip, der über die reine Identifikation hinaus weitere Funktionen anbieten kann, wie z. B. Speicherplatz für variable Daten über verschlüsselten Datenaustausch bis hin zu Messfunktionen von Umgebungsvariablen (z. B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Bewegung).

3 Welche Unterschiede gibt es innerhalb der RFID-Systeme?

Innerhalb der RFID-Systeme wird unterschieden, welches Frequenzband zur Kommunikation verwendet wird. Im Folgenden eine Übersicht der häufigsten (Bild 1):

- | | |
|----------------------------------|--|
| ▪ LF: 125 – 134 kHz | Tieridentifikation, Abfallwirtschaft |
| ▪ HF: 13.56 MHz | Zutrittskontrolle, e-Pass, Ticketing |
| ▪ UHF: 868 MHz | Handelslogistik |
| ▪ Mikrowelle unter UHF: 2.45 GHz | Maut, Identifikation bei hohen Geschwindigkeiten, Parking Management |

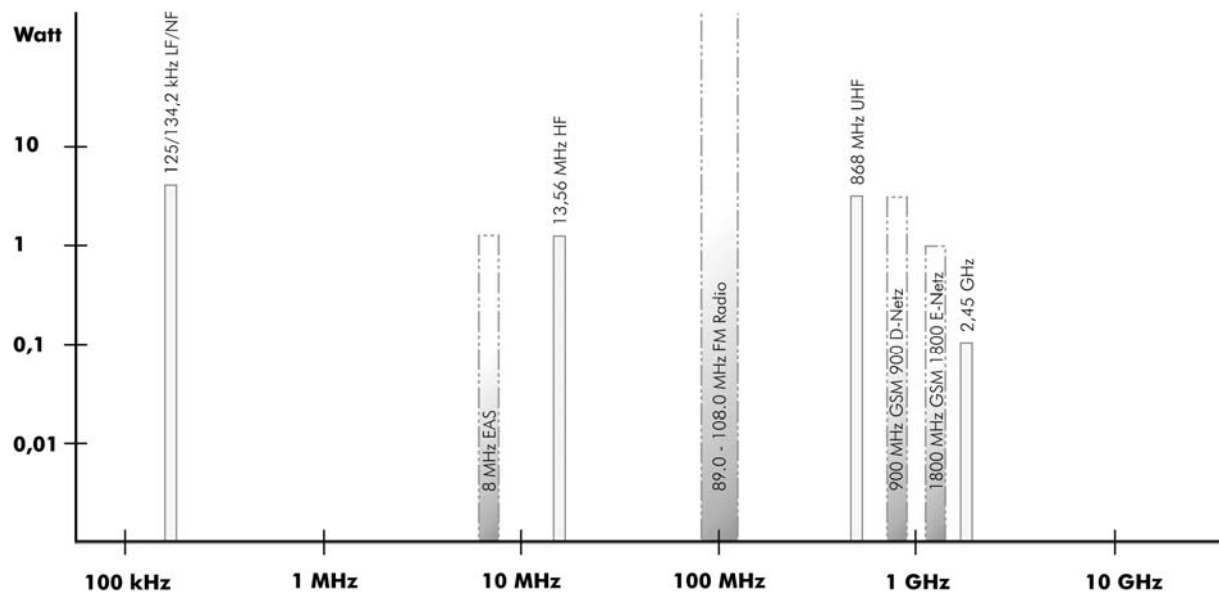


Bild 1

Je nach Frequenzband haben die Systeme unterschiedliche Eigenschaften.

Allgemein gilt, dass mit steigender Frequenz die Erfassungszeit per Transponder sinkt. Die gewonnene Zeit kann zur quasi parallelen Erfassung mehrerer Transponder im Lesebereich eines einzigen Lesegerätes verwendet werden (sog. Pulk-erfassung).

Mit steigender Frequenz geht die Übertragungscharakteristik von magnetischer Kopplung (geringe Reichweite, randscharfes Lesefeld, Bild 2 und 3) über zu strahlungsförmiger Ausbreitung mit höheren Reichweiten, aber bedingt durch Reflektionen und Überlagerungen auch zu unscharfen Lesebereichen mit „toten“ Zonen (Bild 4 und 5).

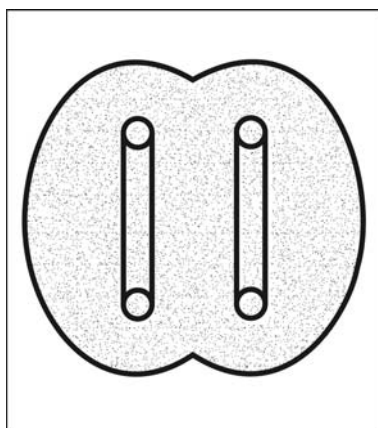


Bild 2

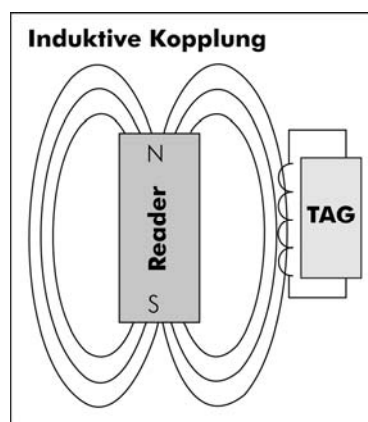


Bild 3

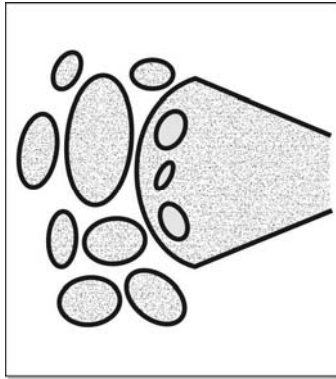


Bild 4

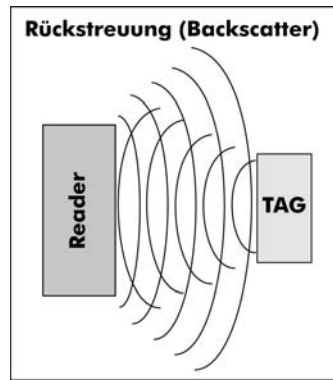


Bild 5

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist, auf welche Art und Weise der Transponder seine notwendige Energie erhält.

- **Passiv:** Der Transponder gewinnt seine Energie aus dem elektromagnetischen Feld des Lesegerätes.
 - Vorteil: prinzipiell unbegrenzte Lebensdauer, kostengünstig
 - Nachteil: Reichweiten eingeschränkt
- **Aktiv:** Der Transponder verfügt über eine eigene Energiequelle, i.d.R. Batterie
 - Vorteil: hohe Reichweiten, da Kommunikation unabhängig von Versorgung. Autarke Funktionen, wie z. B. datalogging möglich
 - Nachteil: begrenzte Lebensdauer, hohe Kosten

4 Entwurfskriterien für ein reales RFID-System

Ist die Entscheidung durch die gegebenen Randbedingungen (z. B. Verschmutzung, Pulkerfassung, dynamische Daten am Objekt, ...) für ein RFID-System gefallen, müssen an Hand der weiteren Bedingungen die Systemelemente zusammengestellt werden.

- **Technologie** (siehe 2.): Reichweite, Objektarten, physikalische Umgebungsbedingungen
- **Transponder:** gewünschte Bauform (z. B. Label, Karte, Schlüsselanhänger, implantierbar, ...), Kompatibilität mit anderen Systemen (ISO Standards)
- **Lesegerät:** Bauform und Schutzklasse, Schnittstellen zum übergelagerten Datenverarbeitungssystem
- **Systemanbindung:** vorhandene IT-Architektur, Quelle und Ziel der erfassten Daten

An Hand von Vorgaben zu den oben genannten Punkten kann ein Systemintegrator hieraus ein passendes Angebot für das notwendige System erstellen.

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

Überblick über verschiedene RFID-Anwendungen

Dr. Christian Kern
InfoMedis AG, Alpnach

Schriftenreihe des
Fachgebietes Abfalltechnik
Universität Kassel
Kassel 2009

1 Einführung

Die Welt der RFID-Anwendungen ist groß und in ihrer Vielfalt fast unüberschaubar geworden. RFID ist eine Schlüsseltechnologie, die in vielen Bereichen eingesetzt werden kann und vollkommen neue Horizonte zur Rationalisierung von Produktionsprozessen und Arbeitsabläufen sowie zur Vereinfachung der Personenidentifikation und zur Fälschungssicherung eröffnet. RFID ermöglicht generell die Abbildung der Realität (Sachebene) auf einer virtuellen Ebene und wird so Teil eines universellen Kontrollinstruments für Prozesse.

Nun haben RFID-Anwendungen schon eine längere Entwicklung von etwa zwanzig Jahren hinter sich, seit die ersten Halbleiter für RFID-Tags (Transponder) entwickelt wurden. Dabei fällt auf, dass es immer wieder zu starken Verzögerungen bei der Umsetzung von RFID-Systemen kam und dies auch heute noch so ist. Die Gründe dafür sind in drei Bereichen, d.h. (1) beim Endanwender, (2) beim Systemlieferanten und (3) beim Lieferanten für die Einzelkomponenten, zu suchen.

(1) Die Wahrnehmung von RFID bei den Endanwendern ist heute zweigeteilt. Einerseits ist die Technologie aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken: ein Auto ohne Wegfahrsperre ließe sich kaum mehr verkaufen und die Zugangskontrolle im Gebäude benutzen wir so selbstverständlich wie zuvor einen Schlüssel. Wir bemerken die Technologie im täglichen Gebrauch kaum. Andererseits gibt es aber immer mehr Kritik an RFID-Systemen in Bezug auf ihre Möglichkeit zur lückenlosen Überwachung von Einzelpersonen, zum Erstellen von Verhaltensprofilen bis hin zur Beeinflussung von Kunden im Laden. Ähnlich wie beim Kauf eines Buches bei einem Internetanbieter könnte nun Bezug auf das zuvor gezeigte Kaufverhalten von Einzelpersonen genommen werden. Ein durchaus realistisches Szenario wäre, dass der Verkäufer im Textilladen bereits weiß, wie der Kunde heißt, welche Vorlieben und Kleidergrößen er hat, noch bevor er die Jeans-Abteilung betreten hat. Ein unbewusstes Ausspionieren des individuellen Verhaltens muss natürlich beim Endanwender Kritik hervorrufen, da seine Selbstbestimmung verloren geht.

(2) Der Systemlieferant steht zwischen beiden Parteien und möchte eine Lösung für den Endnutzer anbieten. Er ist der maßgebliche Partner, der über den Erfolg einer RFID-Anwendung entscheidet. Um die Gründe zu verstehen, hilft der Blick auf bereits bestehende Anwendungen. Es gibt viele, die längst etabliert sind und die Pilotphase weit hinter sich gelassen haben, andere Anwendungsideen sind auch nach vielen Jahren noch nicht umgesetzt.

(3) Die Lieferanten für RFID-Komponenten haben am Anfang der Kette mit besonderen Problemen zu kämpfen. Ausgangspunkt sind die für bestimmte Anwendungen entwickelten Businesspläne, in denen die Absatzzahlen von Transpondern oft in schwindelerregende Höhen hinauf projiziert werden (durch die Kennzeichnung aller

Tiere, aller Bücher, aller Fahrzeuge, durch den Ersatz von Barcodes durch RFID usw.). Diese Pläne wecken somit hohe Erwartungen bei Investoren, die wiederum entsprechend viel Geld einsetzen. Danach stellt sich jedoch oft heraus, dass in der Praxis einige Probleme bei der technischen Umsetzung auftreten und das Projekt in der Pilotphase stecken bleibt. So kommt es immer wieder zu Schweinezyklen und zum Aufbau von Überkapazitäten, ähnlich wie im Halbleitermarkt. Dies hat dazu geführt, dass sich der RFID-Markt bisher nicht geradlinig sondern in starken Schwankungen entwickelt hat und fast unberechenbar geworden ist.

Eine vollständige Auflistung aller heutigen RFID-Anwendungen ist fast unmöglich, da ihre Anzahl unüberschaubar ist und stetig wächst. Das US-Amerikanische RFID-Journal und die VDI-Nachrichten berichten fast wöchentlich über neue Anwendungen. Die Endanwender sehen sich einer Flut von Informationen zu verschiedenen Optionen ausgesetzt. Die Verwirrung wird umso grösser, je mehr Systemlieferanten involviert werden, denn jeder behauptet, dass er die am besten geeignete Lösung besäße. Und für die gleichen Anforderungen werden oft vollkommen unterschiedliche Lösungen angeboten.

Angesichts einer Vielzahl an Risiken erscheint es sinnvoll, die bereits bestehenden Anwendungen detaillierter zu betrachten. Im Folgenden soll versucht werden, grobe Kategorien zu bilden und einige kritische Erfolgsfaktoren zu identifizieren. Dabei ist es auch hilfreich, die bisherige Entwicklung der Technologie zu kennen.

2 Historische Entwicklung von RFID-Anwendungen

Es ist schwierig, die wirkliche Keimzelle für den Beginn der RFID-Technologie und ihrer Anwendungen festzulegen, denn es sind mehrere Ausgangspunkte vorhanden. Die Freund-Feind-Erkennung für Flugzeuge im Zweiten Weltkrieg hat zweifellos eine wichtige Rolle gespielt, gefolgt vom so genannten Radio-Tracking von Wildtieren (Bild 1). Zwei weitere Ausgangspunkte werden heute, vermutlich aus Marketing-Gründen, in der Sekundärliteratur kaum noch erwähnt: in den Laboratorien von Los Alamos und schließlich in den Niederlanden in Waageningen wurden entscheidende Arbeiten für die Tieridentifikation durchgeführt, welche wiederum eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung moderner, miniaturisierter Transponder waren. Ein weiterer Ausgangspunkt ist die Entwicklung von kontaktlosen Smart-Cards, die aus den Telefonkarten hervorgegangen sind. Einer der wichtigsten Entwicklungspunkte ist jedoch Ende der 80er-Jahre zu sehen: Hier fand der eigentliche Schritt zur Miniaturisierung der RFID-Schaltungen auf Chip-Größe statt. Durch die gesunkenen Stückkosten der Transponder war die Technologie bereit für großflächige Anwendungen mit Millionen einzelner zu kennzeichnender Objekte.

Nach ersten Plänen, viele Millionen Nutztiere mit einem Chip unter der Haut zu kennzeichnen, stellte sich heraus, dass dies in der Praxis kurzfristig nicht durchsetzbar war, weil die Injektion von Transpondern in den Tierkörpern nur von Tierärzten durchgeführt werden konnte. Die elektronische Tierkennzeichnung ist erst heute, d. h. nach über 15 Jahren, in größerem Maßstab u. a. mit elektronisch lesbaren Ohrmarken umgesetzt worden. Es mussten also damals, nachdem viel Kapital in die Forschung und Entwicklung geflossen war, neue Amortisationsmöglichkeiten für das Produkt RFID gesucht werden. Eine der ersten war die elektronische Wegfahrsperre als Diebstahlsicherung in Fahrzeugen. Weitere waren RFID-Tags in Produktionslinien und die Ortung von Containern.

Bild 1 zeigt, dass sich in den 90er-Jahren die Zahl der Anwendungen in Bibliotheken, Skigebieten, Zugangskontrolle usw. vervielfachten. Auch die Identifikation von Müllcontainern zur individuellen Abrechnung gehört zu den frühen Anwendungen.

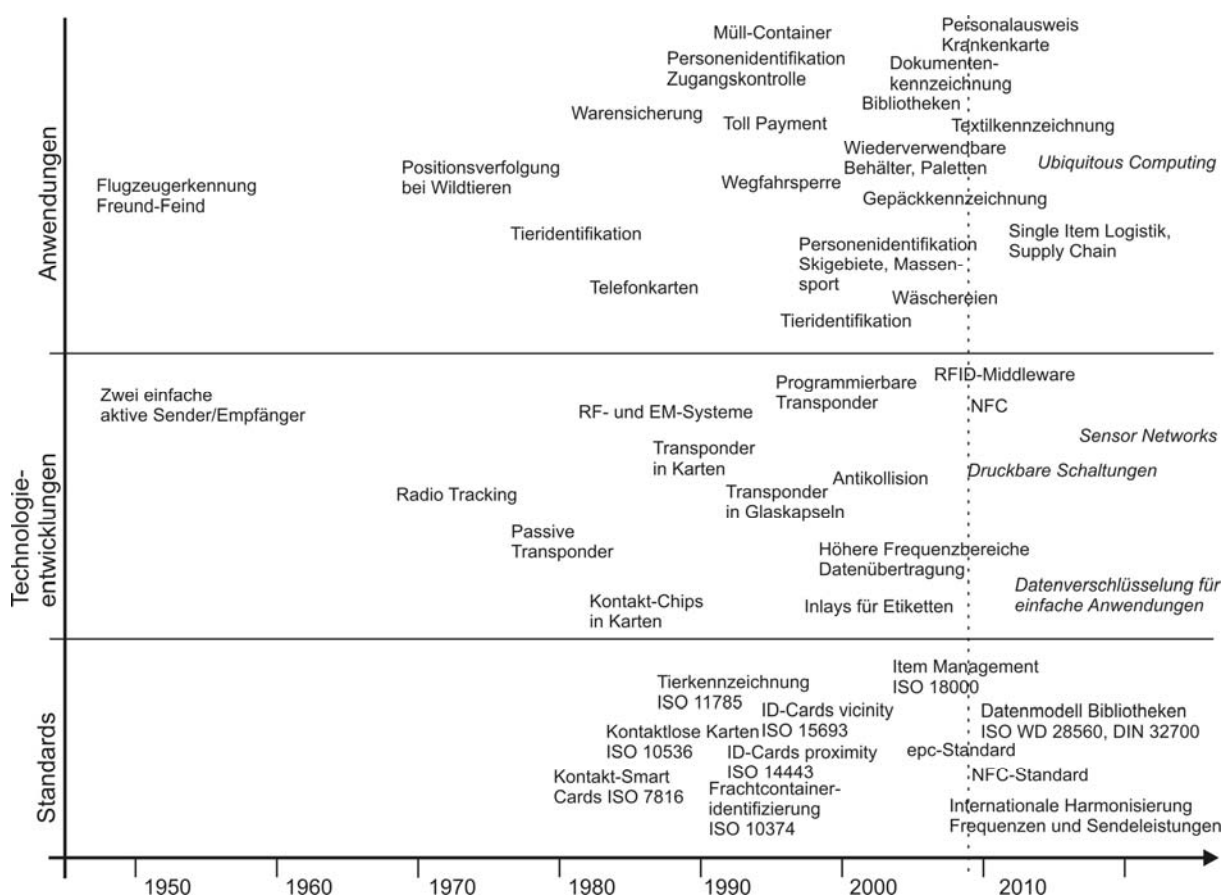


Bild 1: Entwicklung von RFID in den Bereichen Standardisierung, Technik, Anwendungen

Der Zunahme an Anwendungen folgten auch die Standardisierungsarbeiten. Es wurden verschiedene Frequenzen getestet und die Transponder diversifizierten sich immer stärker in verschiedenste Bauformen für unterschiedliche Umweltbedingungen. Gleichzeitig wurden viele notwendige Software-Programme für die neuen Anwendungen entwickelt. Die Transponder waren zu Beginn nur einfache Träger einer Identitätsnummer, heute sind es über Funk ansprechbare Datenträger mit einer

Kapazität von 64 bit bis zu 10 kB bei Smart-Cards, teilweise mit eigenen Prozessoren. RFID gehört damit zu den ‚Wireless Technologies‘ wie WLAN, Bluetooth oder Zigbee.

Die Vorteile gegenüber dem etablierten Barcode in Bezug auf die Durchdringung von Materialien (außer Metall), die Pulk-Lesefähigkeit (gleichzeitige Erkennung mehrerer Objekte), die variable Lesereichweite usw. sind mehrfach in der Literatur beschrieben (Finkenzeller, Kern etc.) und hinlänglich bekannt. Schwierigkeiten hingegen entstehen bei der Auswahl des richtigen Systems. Allein die Auswahl aus den vielen verfügbaren Systemen macht heute den Start neuer Projekte zur Herausforderung. Welche Frequenz ist geeignet? Reicht eine einfache ID-Nummer auf dem Chip aus oder werden bestimmte Daten auch offline benötigt? Welcher Formfaktor ist erforderlich?

3 Anwendungsbeispiele

In Tabelle 1 sind ausgewählte RFID-Anwendungen aufgelistet. Sie werden jeweils offenen und geschlossenen Systemen zugeordnet. In offenen Systemen werden die Transponder in der Regel nur einmal genutzt, d. h. nach dem Gebrauch am Ende einer kürzeren oder längeren Prozesskette entsorgt. In geschlossenen Systemen hingegen werden die Transponder typischerweise innerbetrieblich mehrfach verwendet.

In offenen Systemen ist eine eindeutige, durch eine gesonderte Organisation zentral verwaltete ID-Nummer für jedes Objekt üblich. Diese ID-Nummer ermöglicht es, auf Informationen zurück zu greifen, welche nicht auf dem Chip gespeichert sind. Der EPC (electronic product code) als Nachfolger des EAN-Barcodes ist ein Beispiel dafür. Dagegen werden in geschlossenen Systemen meist Nummern eingesetzt, welche selber vom Nutzer (einer Firma oder Organisation) verwaltet werden. Und die Transponder enthalten häufig zusätzliche, offline abrufbare Daten. Ein Beispiel dafür sind heute Bibliotheken. Die Datenmodelle werden bis Ende 2010 international standardisiert (ISO DIS 28560-1, -2, -3 (3)).

Tabelle 1: Auflistung ausgewählter RFID-Anwendungen

Anwendungsbe- reich	Untergruppe Zweck	Offenes System	Geschl. System	Kritischer Erfolgsfaktor
Tieridentifi- kation	Heimtiere Zuordnung zum Besitzer	X		Fehlende Untersuchungen und Richtlinien für die Um- setzung (heute etabliert)
	Zootiere Zuordnung zum Besitzer		X	Fehlende Untersuchungen und Richtlinien für die Um- setzung (heute etabliert)
	Landwirtschaftliche Nutztiere Seu- chenkontrolle, in- nerbetriebliche Nutzung (z. B. mit Futterautomaten)	X	X	Fehlende Richtlinien und mangelnde Akzeptanz bei den Verbänden (heute teilweise etabliert)
Personen- identifikation	Zugangskontrolle zu Gebäuden		X	Sicherheit und komplexes Verwaltungssystem (heute etabliert)
	Eintritt Grossver- anstaltungen Zu- gangskontrolle und Fälschungssiche- rung Ski-Ticketing		X	Sicherheit und komplexes Verwaltungssystem, hohe Kosten für elektronische Tickets (heute etabliert)
	Zahlungsfunkti- onen Einfache Geld- transaktionen mit kontaktlosen Smart-Cards		X	Sicherheit und komplexes Verwaltungssystem (heute etabliert)
	Wegfahrsperre für Fahrzeuge Diebstahlsicherung		X	Keine kritischen Faktoren - heute etabliert
	Elektronisch lesba- re Informationen im Pass Fälschungssicher- heit		X	Sicherheit gegen Hacking und komplexes Verwal- tungssystem
	Personentransport Einfache Abrech- nung ohne Tickets	X	X	Technisch gelöst, Problem der Abrechnungen zwi- schen den Beteiligten im Verbund – Akzeptanz

Anwendungsbe- reich	Untergruppe Zweck	Offenes System	Geschl. System	Kritischer Erfolgsfaktor
Objektiden- tifikation	Bibliothek Selbstbedienung, Mediensicherung		X	Viele verschiedene techni- sche Lösungen, heute komplexes, etablier- tes System. Auch jetzt noch werden neue, aber unfertige Lösungen ange- boten, da es ein attraktiver Markt ist.
	Krankenhaus Pro- zesskontrolle, Zu- ordnung Medika- mente etc.		X	Mischung aus mehreren RFID-Systemen, hoch komplexe Strukturen, kaum vorhandene Anwen- dungssoftware, Störungen med. Geräte möglich bei falscher RFID- Systemauswahl Akzeptanz bei Mitarbeitern wichtig Fehlende Anwendungs- software
	Abfalllogistik mit individueller Ab- rechnung		X	Keine kritischen Faktoren Ausgereiftes System
	Werkzeugidentifi- kation Fertigungs- automation		X	Keine kritischen Faktoren Ausgereiftes System
	Paketlogistik (Supply Chain) Höhere Effektivität in der Logistik	X		Zu hohe Kosten/Paket 1- oder 2D-Barcode meist ausreichend und kosten- günstiger
	Gepäckerkennung Flughafen Höhere Effektivität in der Logistik	X		Zu hohe Kosten / Gepäck- stück im Vergleich zum Barcode, Problem der Abrechnun- gen zwischen den Beteilig- ten im Verbund (noch nicht gelöst)
	Pharmazeutika Fälschungssicher- heit, Logistik	X	?	Tendenz: 2D-Barcode ist kostengünstiger, Pulk-Lesung auf Item- Level mit RFID nicht aus- reichend zuverlässig bzw. zu kostenintensiv
	Textilhandel Höhere Effektivität in der Logistik, Diebstahlsicherung	X		Technisch weitgehend ge- löst – Durchbruch?

Anwendungsbe- reich	Untergruppe Zweck	Offenes System	Geschl. System	Kritischer Erfolgsfaktor
	Warensicherung Diebstahlsicherung mit RF und EM	X	X	Erste Systeme hatten Funktionseinschränkungen, heute Ablösung durch RFID (siehe Textil und Bibliotheken)
	Militärlogistik Versorgungssicherheit	X	?	Technisch weitgehend gelöst, Durchbruch?
	Containerverfolgung Positionskontrolle	X	?	Standardisierung noch offen Technisch weitgehend mit aktiven Systemen gelöst

Auch wenn die in Tabelle 1 ausgewählten RFID-Anwendungen kein vollständiges Bild ergeben, so zeigen sich doch einige Tendenzen:

- Geschlossene Systeme sind stärker etabliert als offene. Durch die Mehrfachverwendung der Transponder besteht kaum ein Kostenargument.
- Die technischen Fragen sind weitgehend beantwortet. So können zum Beispiel alle erforderlichen Lesereichweiten von 1 cm bis hin zur GPS-Ortung erfüllt werden.
- Für neue, d. h. in der Liste nicht enthaltene Anwendungen sind oftmals noch keine fertigen Software-Lösungen erhältlich.
- Ein wesentlicher Grund für die zögerliche Umsetzung ist, dass sich mehrere Nutzer in einer Kette nicht über die Zuweisung der Kosten und/oder Erträge einigen können.

Ein letzter wichtiger Erfolgsfaktor liegt in der Detailanalyse der bestehenden (ohne RFID) und zukünftigen (mit RFID) Arbeitsprozesse. Diese Analysen sind in komplexen, offenen Systemen weit schwieriger durchzuführen als in einfachen, geschlossenen Systemen. In Bild 2 und 3 sind am Beispiel eines geschlossenen Systems in Bibliotheken zwei Wegediagramme abgebildet, in denen sich gravierende Unterschiede vor und nach der Einführung von RFID finden.

RFID führt in Bibliotheken zu einer vollständigen Umorganisation der Wege im Gebäude, sowohl für die Besucher als auch für das Personal. Dies wirkt sich für die Besucher im Hinblick auf ausbleibende Warteschlangen und ihr Bedürfnis nach Privatsphäre positiv aus (er muss nicht mehr an der Theke zeigen, was er liest). Für das Personal ergibt sich eine Reduktion der repetitiven Aufgaben und es steht deutlich mehr Zeit für die Beratung der Besucher zur Verfügung. Allerdings muss auch diffusen Ängsten vor dem Verlust der Arbeitsstelle durch eine entsprechende Kommunikation und ein Change Management vorgebeugt werden.

Bevor eine solche Prozessanalyse nicht vorliegt, kann keine Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt werden. Und diese ist eine Grundbedingung für ein RFID-Projekt. Die Technik tritt in den Hintergrund, die Prozessanalyse und die Umstellung der Prozesse sind die eigentliche Aufgabe, um eine RFID-Anwendung erfolgreich einzuführen.

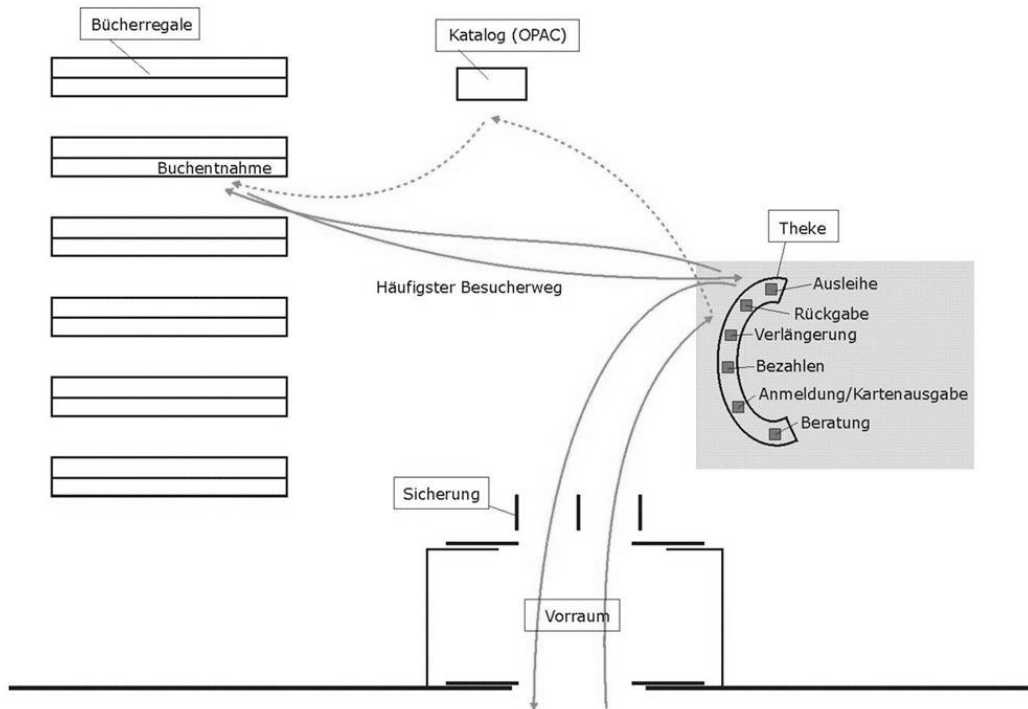


Bild 2: Beispiel – Wegediagramme in traditionellen Bibliotheken

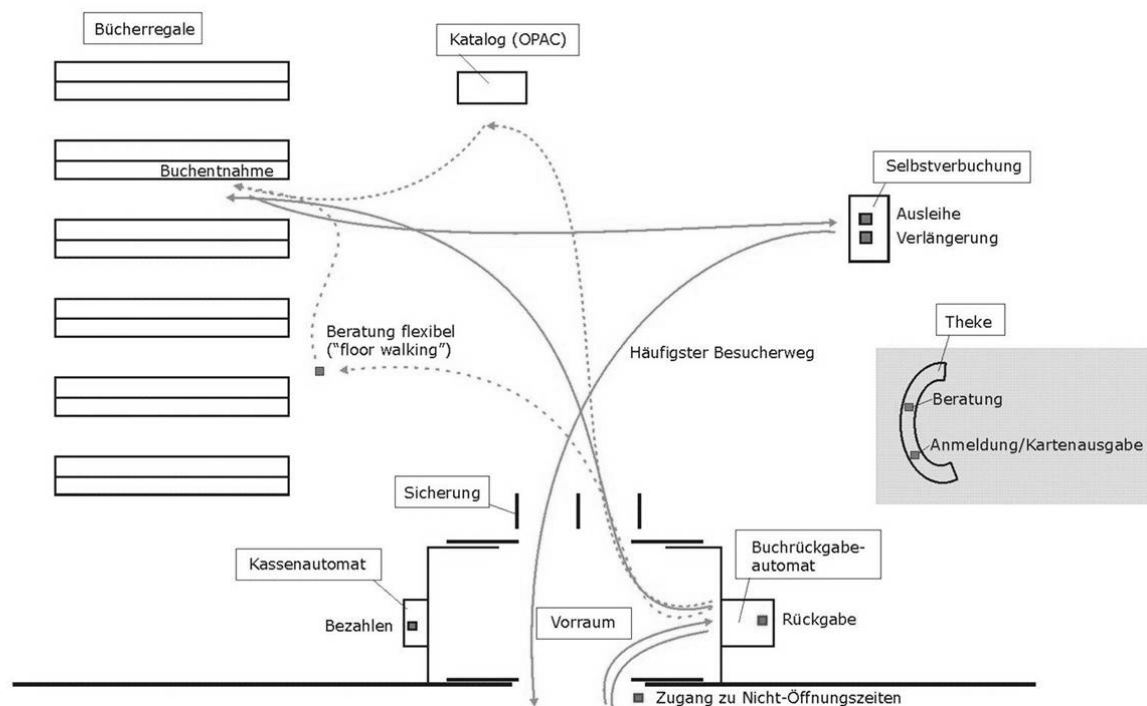


Bild 3: Beispiel – Wegediagramme in Bibliotheken mit Selbstbedienung auf RFID-Basis

In jeder RFID-Anwendung, unabhängig ob diese in einem offenen oder geschlossenen System erfolgt, gibt es eine Reihe von Anforderungen, welche für die Auswahl und Installation und damit den Erfolg ausschlaggebend sind (Tabelle 2). Hier gilt es messbare Kriterien einzutragen (Lesereichweite in Meter, Speicherbedarf, Kosten pro Einheit, einmalig und wiederkehrend etc.). Es sollten auch vorzugsweise nur Technologien evaluiert werden, welche bereits in der Praxis angewendet werden.

Tabelle 2: Pflichtenheft bei der Einführung eines RFID-Systems

Anforderung	Anmerkung
Lesereichweite	Entfernung Antenne – Transponder in cm
Lesegeschwindigkeit	Verweilzeit innerhalb eines Lesefeldes in s, Geschwindigkeit in m/s
Programmierbarkeit	Speicher in KB
Sichtverbindung, Pulk-Lesbarkeit	Anzahl Transponder in einem Lesefeld und deren Orientierung
Lesezuverlässigkeit (Detektionsrate)	In % bei maximal erforderlicher Lesereichweite, Wasser, Pulk-Lesung etc.
Bauform des Transponders und des Readers	Entsprechend den vorherrschenden Umweltbedingungen (Feuchte, Temperatur etc.)
Anforderungen in Bezug auf Sicherheit	Encryption der Daten, Passwörter und Schlüssel, Möglichkeit zum Überschreiben
Langfristige Verfügbarkeit	Standardisierung, Verbreitung
Wiederverwendbarkeit der Transponder	Anzahl erforderlicher Schreib-Lesezyklen
Anwendungssoftware vorhanden?	Ja/Nein, Anbindung an ein Managementsystem, Einmalige Entwicklungs- und Installationskosten
Müssen Lizenzgebühren an eine Organisation bezahlt werden?	Nutzung Infrastruktur, Nummernkreise etc., Einmalig / wiederkehrend
Wartungsfreundlichkeit	Austausch Batterien Ja/Nein
Kosten-Nutzen-Abschätzung	Aufbauend auf Prozessanalyse, ergibt zulässige Kosten für ein RFID-System und Abschreibungsperiode

Wenn diese Anforderungen bekannt sind, kann ein erstes Pflichtenheft erstellt werden und eine Auswahl an geeigneten RFID-Systemanbietern erfolgen. Auf dieser Basis und einem Mengengerüst kann eine kundenspezifische Offerte ausgearbeitet werden, mit entsprechenden Details zu geeigneten Frequenzen (LF, HF, UHF), Standards (ISO 15693, 14443, epc usw.), aktiv/passiv/semiaktiv. Auch der Besuch und Vergleich mit RFID-Installationen in anderen Bereichen kann lohnend sein, da viele Erfahrungen übertragbar sind.

4 Zusammenfassung und Fazit

Wie eingangs erwähnt, dienen RFID-Anwendungen zur Darstellung der Sachebene auf der virtuellen IT-Ebene, um Prozesse zu kontrollieren und zu steuern. Das Bild auf der virtuellen Ebene kann mit einer hohen oder nur geringen Auflösung (Granularität) dargestellt werden. Nach der Maxime „nur was messbar ist, kann auch gemagt werden“, ist eine möglichst hohe Auflösung des Abbildes der Realität grundsätzlich wünschenswert. RFID ermöglicht dies.

Aus den bisherigen Anwendungen lassen sich einige allgemeingültige Schlüsse ziehen:

- Die RFID-Technik ist ausgereift. Es existiert eine breite Palette an technischen Lösungen, ähnlich einem Baukastensystem. Es ist die Aufgabe des Systemanbieters, das System vor Ort gemäß Kundenanforderungen zusammen zu stellen.
- Erfolgreich umgesetzte Installationen zeichnen sich dadurch aus, dass ein hohes Maß an Kundenakzeptanz und ein Return on Investment erreicht wurde. Sie sind meistens in überschaubaren, kontrollierbaren, geschlossenen Systemen zu finden.
- Ein Pilottest hilft, frühzeitig Korrekturbedarf bei einer Anwendung zu ermitteln. In vielen Fällen macht es Sinn, im Vorfeld auch auf Nutzer/Berater mit langjähriger Erfahrung zurück zu greifen.
- Eine Prozess- und anschließende Kosten-Nutzen-Analyse (vorher/nachher) ist spätestens im Rahmen des Pilotversuches Pflicht.
- Fast alle notwendigen Standards (v. a. ISO-Standards) sind bereits vorhanden und sollten genutzt werden.
- Es macht kaum Sinn auf zukünftige, vermeintlich billigere und/oder bessere Systeme zu warten (ein System wird in der nächsten Generation immer „schneller“).

5 Weiterführende Literatur

Finkenzeller, K. (2002) RFID-Handbuch - Grundlagen und praktische Anwendungen induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipkarten. Carl Hanser Verlag, München Wien

ISO-Standard 15693 (2001): Part 1: Physical characteristics, Part 2: Air interface and initialization, Part 3: Anticollision and transmission protocol

ISO/IEC FDIS 18000-3:2003(E) Information Technology AIDC Techniques – RFID for Item Management – Air Interface, Part 3: Parameters for Air Interface Communications at 13.56 MHz

ISO DIS 28560-1, -2, -3. Datenmodelle für RFID-Etiketten in Bibliotheken

Kern, C. Anwendung von RFID-Systemen. Springer Verlag, Reihe: VDI-Buch, 2007, 242 S. 166 illus., ISBN: 3-540-44477-7

Kern, C. RFID in Bibliotheken, Springer Verlag, 2010, erscheint Anfang 2010

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

Wirtschaftlichkeitsberechnung von RFID-Systemen in kleinen und mittelständischen Unternehmen

Dipl.-Wirt.-Ing. Tobias Rhensius
Dipl.-Inform. Dipl.-Kfm. Daniel Dünnebacke
Forschungsinstitut für Rationalisierung e.V. an der RWTH Aachen

Schriftenreihe des
Fachgebietes Abfalltechnik
Universität Kassel
Kassel 2009

1 Abstract

In den vergangenen Jahren hat der Einsatz von Informationstechnologien und IT-Systemen in den verschiedenen Unternehmensbereichen auch in der Kreislaufwirtschaft kontinuierlich zugenommen. Auf die wachsenden Anforderungen, wie beispielsweise sinkenden Kosten bei gleichzeitig steigender Transparenz der Prozesse, einer hohen Reaktionsfähigkeit oder einer durchgängigen Rückverfolgbarkeit, reagieren viele Unternehmen durch verstärkten Einsatz von IT und die zunehmende Integration von IT-Systemen. Die virtuelle bzw. informationstechnische Welt und die reale Welt der physischen Güter und Objekte wächst immer enger zusammen. Automatische Identifikationstechnologien (Auto-ID), wie die Radio-Frequenz-Identifikation (RFID), gelten in diesem Kontext als Schlüsseltechnologien für die Verknüpfung von Objekt- und Informationsflüssen. Durch diese neuen Möglichkeiten ergeben sich vielfältige Optimierungspotenziale, wie eine aktuelle Studie des Forschungsinstituts für Rationalisierung (FIR) an der RWTH Aachen belegt. Allerdings unterscheidet sich jeder Anwendungsfall bezüglich der Potenziale und deren Auswirkungen. Damit sich der Einsatz eines RFID-Systems im Einzelfall lohnt, sind somit eine sorgfältige Analyse und die Erstellung eines individuellen Business Case erforderlich.

2 Einleitung

Insbesondere in der Logistik, aber auch in angrenzenden Bereichen wie der Produktion und der Instandhaltung, werden der Einsatz und die Potenziale von RFID seit einigen Jahren intensiv diskutiert. Vor allem geschlossene Behälterkreisläufe, wie sie auch in der Kreislaufwirtschaft häufig anzutreffen sind, stellen wirtschaftlich attraktive Anwendungsfelder dar. Eine vom Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) an der RWTH Aachen durchgeführte Metastudie, bei der über 140 Fallstudien und Anwendungsfälle zum Thema Anwendungen, Nutzen und Hindernisse des RFID-Einsatzes analysiert wurden, zeigt, dass mittlerweile vielfältige RFID-Anwendungen implementiert wurden. Die meisten der untersuchten RFID-Anwendungen sind demzufolge mit 40 % im Anwendungsfeld des logistischen „Tracking & Tracing“, d. h. der Identifikation und Lokalisierung von Objekten, wie Waren oder Behältern, zu finden. Dabei überwiegen derzeit noch geschlossene Prozessketten gegenüber offenen Systemen aufgrund von Kostenvorteilen (Bild 1).

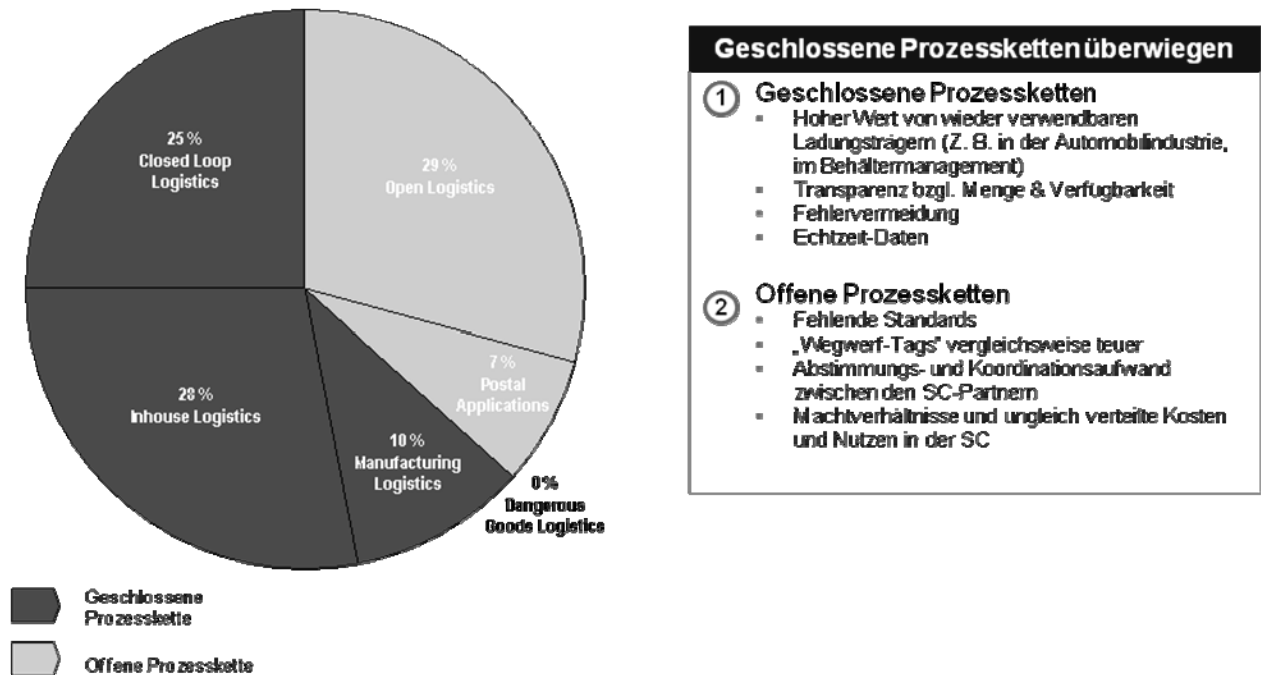


Bild 1: Verteilung von RFID-Anwendung

3 Anwendungsmöglichkeiten und Nutzen von RFID in der Kreislaufwirtschaft

Die Vielfalt an Anwendungsmöglichkeiten von RFID in der Kreislaufwirtschaft wird deutlich, wenn man das Anwendungsfeld genauer untersucht. So werden beispielsweise in verschiedenen Kreisen bzw. Gemeinden Abfallbehälter mit RFID-Transpondern ausgestattet und bei der Entleerung durch die Abfallwirtschaftsbetriebe automatisch gelesen. Damit kann durch die auf dem Transponder gespeicherte eindeutige Nummer eine direkte Zuordnung vom Müllbehälter zum Verursacher realisiert werden. In Kombination mit automatischen Verwiegesystemen an den Fahrzeugen lassen sich so verursachungsgerechte Gebührenmodelle umsetzen. Darüber hinaus können durch die Erkennung nicht autorisierter bzw. nicht registrierter Abfallbehälter Betrugsversuche leichter erkannt und nachgewiesen werden. Letztlich werden auf Basis der so erfassten Gewichtsdaten und Routeninformationen in Kombination mit GPS-Daten durch eine Optimierung der gefahrenen Routen Effizienzgewinne erzielt.

Die beschriebenen Vorteile von RFID lassen sich auf bestimmte Technologieeigenschaften zurückführen, die charakteristisch für RFID sind. Dazu gehören u. a.

- die Pulkerfassung, d. h. das gleichzeitige Auslesen mehrerer Objekte,
- das Auslesen ohne Sichtkontakt (per Funk),
- die Wiederbeschreibbarkeit,
- die Verfügbarkeit robuster Bauformen und

- die hohe Speicherkapazität

Insbesondere die robusten Eigenschaften der Technik machen RFID besonders für Prozesse der Kreislaufwirtschaft attraktiv, da mittlerweile viele der ursprünglichen Hindernisse wie fehlende Standards, unzureichende Lesereichweiten oder der negative Einfluss von Metall und Flüssigkeiten, überwunden sind. Trotz der vielfältigen Potenziale der Technologie ist der Einsatz von RFID kein Selbstzweck, letztlich muss sich eine Investition in die Technologie für Unternehmen auch wirtschaftlich lohnen. Eine gut funktionierende Barcode-Lösung „einfach“ durch RFID zu ersetzen, ist dabei in den wenigsten Fällen wirtschaftlich.

4 Planung des RFID-Einsatzes und Wirtschaftlichkeit

Ein wesentliches Investitionshemmnis ist die fehlende methodische Unterstützung bei der Planung und Bewertung des RFID-Einsatzes. Insbesondere die monetäre Bewertung des Nutzens ist häufig schwierig, da die Vorteile des RFID-Einsatzes wie beispielsweise erhöhte Prozessqualität und -sicherheit häufig qualitativer Art sind. Um diese methodische Lücke zu schließen und eine monetäre Bewertung des Nutzens herbeizuführen, wurde am FIR an der RWTH Aachen im Rahmen des von der Stiftung Industrieforschung geförderten Projekts RFID-EAs (S779) unter Beteiligung von mehreren Industriepartnern ein Vorgehen zur RFID – Business Case Calculation entwickelt (Bild 2).



Bild 2: 3-stufiges Vorgehen zur RFID – Business Case Calculation

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung steht allerdings erst am Ende der Planung und Bewertung, die durch die RFID – Business Case Calculation unterstützt wird. Ausgangspunkt für alle weiteren Schritte ist die Analyse des Objekt- und Informationsflusses (Stufe 1). Auf Basis der aufgenommenen Ist-Prozesse werden die Abläufe unter Berücksichtigung der RFID-spezifischen Potenziale und technischen Möglichkeiten neu gestaltet. Die Prozessanalyse und -definition ist zum einen die Grundlage für die spätere Bewertung und wird durch den Einsatz von geeigneten Modellierungs- und Simulationstools unterstützt werden. Zum anderen ermöglicht die Überarbeitung oder Neugestaltung der Prozesse, bestehende Schwachstellen zu eliminieren (Stufe 2). Dabei wird jeweils auch die technische Machbarkeit überprüft. Auf Basis der Prozessdokumentation können Einsparungen und qualitative Verbesserungen identifiziert und bewertet sowie Investitions- und Betriebskosten bestimmt werden (Stufe 3). Diese Methodik ist mittlerweile vielfach in der Industrie erprobt und wird im Folgenden kurz erläutert.

4.1 Analyse der Objekt- und Informationsflüsse

Die Grundlage für die RFID – Business Case Calculation ist die Analyse der Ist-Situation. Der erste Schritt besteht dabei in einer Identifikation der relevanten Objekte, die für eine Ausstattung mit Transpondern in Frage kommen. Eine solche systematische Analyse hat das FIR unter anderem beim Waschmittelhersteller Dalli durchgeführt. „Im Warenausgang arbeiten wir ja eigentlich schon mit RFID-Etiketten“, erzählt Ralph Griebenow, Leiter Projekt- und Prozessmanagement. „Unsere Kunden realisieren so effizientere Prozesse in ihrem Wareneingang. Aber wir wollen über das reine „Slap-and-Ship“ hinaus auch selbst Vorteile mit dieser Technik realisieren.“ Voraussetzung dafür ist eine konsequente Strukturierung der Einsatzmöglichkeiten und eine klare Fokussierung auf wenige, konkret umsetzbare Anwendungsfälle.

4.2 Technologieszenario mit dem ID-Star

Im Anschluss an die Analyse der Ist-Situation wurde ein Technologieszenario erstellt. Dies umfasst sowohl die Definition der Soll-Prozesse als auch die Erhebung weiterer Anforderungen, die sich aus Umgebungsbedingungen vor Ort und den technischen Möglichkeiten der bestehenden Anlage ergaben. Die Prüfung der technischen Machbarkeit wird durch den „ID-Star“, eine umfangreiche Fallstudien-Datenbank mit über 100 dokumentierten Auto-ID-Anwendungsfällen, unterstützt. So kann durch Analogiebildung mit bereits umgesetzten RFID-Projekten eine schnelle erste Einschätzung der prinzipiellen Machbarkeit und der für diesen Anwendungsfall verwendeten Frequenzen, Standards oder Bauformen erfolgen.

4.3 Entscheidungsvorlage

Auf der Grundlage dieser Vorarbeiten werden durch den Vergleich der Ist- und Soll-Prozesse Nutzenpotenziale und Kostentreiber identifiziert und bewertet. Die Bewertung wird ebenfalls mit einem Software-Tool unterstützt, in dem sowohl typische Nutzenpotenziale als auch zugehörige Berechnungsvorschriften hinterlegt sind. Die Berechnungsvorschriften verknüpfen dabei Einsparpotenziale durch den RFID-Einsatz (z. B. Einsparung von Arbeitszeit oder prozentuelle Fehlerreduktion) mit wirtschaftlichen Kennzahlen (z. B. Stundenlöhne oder Fehlerraten). Um den Bewertungsvorgang so transparent wie möglich zu gestalten, können sowohl erwartete, als auch minimale Werte für die benötigten Daten angegeben werden. Dadurch wird die Berücksichtigung von Unsicherheiten in der Bewertung möglich.

Das Ergebnis des Vorgehens zur RFID – Business Cases Calculation ist eine umfassende Entscheidungsvorlage für die Investition in RFID zur Optimierung der eigenen Prozesse. Durch die Anwendung verschiedener Investitionsrechnungsverfahren kann die Bewertung an die Anforderungen und Bedürfnisse der Unternehmen angepasst werden. Dies gilt sowohl für die Investitionsrechnungsverfahren an sich (z. B. Kapitalwert, Amortisationsdauer, interne Zinsfußmethode) als auch für deren Attribute (z. B. Betrachtungszeitraum, Abschreibungsverfahren, Zins).

5 Fazit

Aufgrund des stetig wachsenden Kostendrucks und der steigenden Anforderungen an Effizienz und Effektivität, eine hohe Reaktionsfähigkeit oder einer durchgängigen Rückverfolgbarkeit ist RFID eine attraktive Technologie zur Prozessoptimierung. Die RFID – Business Case Calculation bietet mit dem 3-stufigen Vorgehen zur Planung und Bewertung des Auto-ID-Einsatzes eine methodische Unterstützung bei der Erstellung einer fundierten und transparenten Entscheidungsvorlage. Somit wird es möglich, Potenziale rechtzeitig zu erkennen, systematisch zu bewerten und kurzfristig zu realisieren.

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

Wirtschaftliche Anreize/Aspekte für eine Wiederverwendung

Dr. Ralf Brüning
Dr. Brüning Engineering, Brake
Dr. Bernd Rosemann
Universität Bayreuth
Martin Plumeyer
Siemens AG Healthcare Sector Refurbished Systems, Forchheim
Jenny Steinborn
Technische Universität Braunschweig

Schriftenreihe des
Fachgebietes Abfalltechnik
Universität Kassel
Kassel 2009

1 Einleitung

Der Richtlinienausschuss „VDI 2343 – Recycling elektr(on)ischer Geräte“ wurde 1996 gebildet um die betroffenen Kreise in ihrer Arbeit zu unterstützen. Dem Ausschuss gehören Fachleute aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung an, die ihre Richtlinienarbeit ehrenamtlich einbringen. Ziel ist es, praxistaugliche und rechtskonforme Handlungsempfehlungen zu erarbeiten. Dabei werden die Gesichtspunkte Demontage, Logistik, Aufbereitung, Verwertung, Vermarktung und ReUse von Experten in Unterausschüssen bearbeitet und in einem Gesamtausschuss koordiniert. Bevor auf den Schwerpunkt des Beitrages (der Wiederverwendung von elektr(on)ischen Geräte eingegangen wird, soll im Folgenden kurz die Struktur vorgestellt und die Schwerpunkte der einzelnen Blätter der VDI – Richtlinie dargestellt werden.

2 Übersicht VDI 2343

Entlang der logistischen Abfolge wurde die Thematik in die gemäß Bild 1 dargestellten Teilaspekte gegliedert.

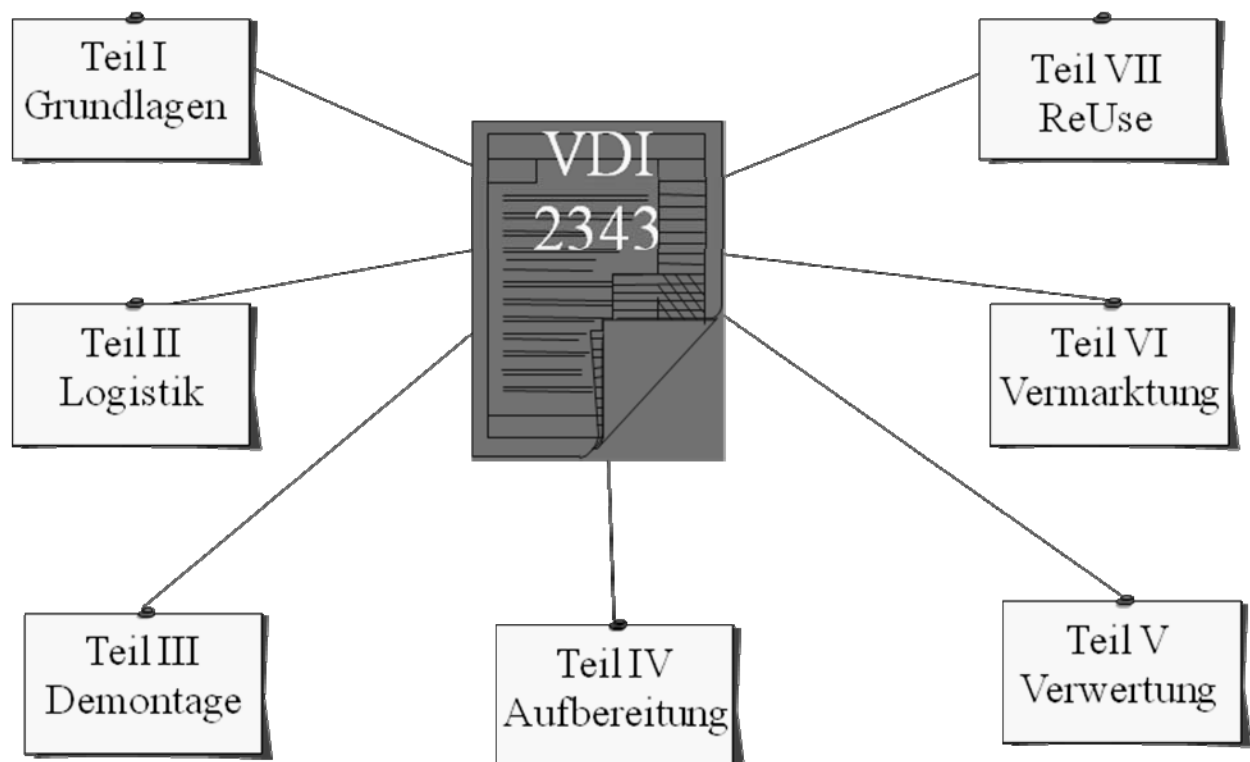


Bild 1: Struktur der VDI 2343

2.1 Blatt Grundlagen

Dieses Blatt benennt die Ziele und Zielgruppen, die durch die Richtlinie angesprochen werden und gibt eine Übersicht über den Aufbau der übrigen Blätter, wobei ein Masterbild, das anhand der logistischen Kette des Recyclings elektr(on)ischer Produkte aufgebaut ist, die Inhalte der weiteren Blätter einordnet. Das Blatt Grundlagen erläutert die Begriffe, die für die Arbeit mit der Richtlinie notwendig sind, und enthält eine Übersicht über die rechtlichen Rahmenbedingungen, wobei die Produktverantwortung der Hersteller besonders hervorzuheben ist. Weiterhin werden in diesem Blatt Erläuterungen über ökonomische, ökologische und technische Bewertungsverfahren gegeben und Strategien für die Vermarktung von wiederverwendbaren Geräten und Funktionsbauteilen sowie stofflich und energetisch verwertbaren Materialien vorgestellt.

2.2 Blatt Logistik

Ein Großteil der Gesamtkosten entfällt auf die Logistik, die somit ein großes Potential für die Kostenminimierung enthält. Neben den Belangen der Wirtschaft und des Rechts spielt die Ökologie eine entscheidende Rolle. Die besondere Herausforderung dieser Arbeit besteht in der Vielfalt der anfallenden Elektro(nik)altgeräte, in der Vielzahl der potentiellen Anfallstellen, in der Wahl der Rücknahmesysteme und in der Koordinierung der Logistikschnittstellen. Dieses Blatt behandelt die komplexen Zusammenhänge innerbetrieblicher und externer Logistik. Die Umsetzung externer logistischer Aufgaben bedarf einer Infrastruktur, die es möglich macht, durch vernetzte Sammel-, Lager, und Transportsysteme, unter kostenoptimierten Bedingungen, Elektro(nik)altgeräte am richtigen Ort, zur richtigen Zeit, in geforderter Qualität und in optimaler Menge zur Verfügung zu stellen. Dazu bedarf es eines geeigneten Sammel-, Lager- und Transportsystems, das es ermöglicht, verschiedene Recyclingtechnologien (Verwendung, Verwertung, Beseitigung) einzusetzen. Die Richtlinie analysiert die unterschiedlichen Einsatzfelder von Hol- und Bringsystemen und gibt eine Übersicht und Bewertung der Transport- und Ladehilfsmittel für die technische Realisierung der Entsorgungslogistik.

2.3 Blatt Demontage

In diesem Blatt stehen Fragen über die Möglichkeiten und Einsatzgebiete der manuellen, teilautomatisierten und/oder vollautomatisierten Demontage von elektronischen Altgeräten im Vordergrund. Das heißt, diese Richtlinie gibt insbesondere Hilfestellung bei der Entscheidung zwischen der Aufbereitung eines kompletten Gerätes, der Demontage von wieder-/weiterverwendbaren Baugruppen oder der Bildung von

Fraktionen zur Verwertung. Ziel ist es, unter Berücksichtigung des Verhältnisses von Aufwand und Nutzen, ein wirtschaftliches Ergebnis zu erzielen.

2.4 Blatt Aufbereitung

In dieser Richtlinie werden die Charakteristika und Einsatzgebiete verschiedener Aufbereitungstechniken wie mechanische Zerkleinerungstechniken, Klassier- und Sortierverfahren untersucht. Analysiert werden bei den mechanischen Zerkleinerungstechniken das Brechen, das Mahlen, das Schreddern und das Schneiden; bei den Klassierverfahren werden Sieb- und Stromklassierung und bei den Sortierverfahren die elektromagnetische, elektrostatische und Dichtesortierung untersucht.

2.5 Blatt Verwertung

Da der Wert eines gefertigten Gerätes, in der Regel handelt es sich hierbei um ein Endgerät, am größten ist, sollten zunächst Strategien der Wiederverwendung ganzer Geräte oder von Bauteilen geprüft werden, damit die Wertschöpfung weitgehend erhalten bleibt. Ergibt diese Prüfung ein negatives Ergebnis, ist die Verwertung der eingesetzten Materialien anzustreben. In diesem Blatt wird dazu auf die energetische und die werkstoffliche sowie rohstoffliche Verwertung eingegangen. Für die aus Elektro- und Elektro(nik)-Altgeräten gewonnenen Stofffraktionen sind – abhängig vom gewählten Verwertungsverfahren – bestimmte Randbedingungen hinsichtlich zulässiger Inputspezifikationen einzuhalten, die den betrieblichen Aufwand in der jeweiligen Verwertungsanlage der Altgeräte maßgeblich bestimmen. In diesem Blatt wird daher gezeigt, welche Verwertungswege die anfallenden Fraktionen aus einer Behandlungsanlage einschlagen können. Bedingung für die Wahl der Verwertungsoptionen ist, dass nach einer wirtschaftlichen Betrachtungsweise und unter Berücksichtigung der im einzelnen Abfall bestehenden Verunreinigungen, der Hauptzweck der Maßnahme in der Verwertung des Materials und nicht nur in der Beseitigung des Schadstoffpotenzials liegt.

2.6 Blatt Vermarktung

Dieses Blatt soll die Wertstoffe, die in den Altgeräten enthalten sind, nach dem Gebrauchsende wieder verfügbar machen. Auch soll es die Umwelt davor schützen, dass die in den Geräten notwendigen und nützlichen, sonst aber schädlichen Stoffe freigesetzt werden. Das heißt, in diesem Blatt werden dem Recyclingbetrieb konkrete Handlungsempfehlungen für die Vermarktung/Beseitigung von Eisenmetallen, Nicht-eisenmetallen, Kunststoffen, Glas, Bildröhren und Stoffen mit Gefährdungspotential gegeben.

2.7 Blatt ReUse

Im Gegensatz zur Vorgängerversion wird der Wiederverwendung aufgrund der besonderen Aktualität ein eigenständiges Blatt gewidmet. Darin wird untersucht, unter welchen Randbedingungen es sinnvoll ist, ein Produkt zu verwerten oder wiederzuverwenden. Damit vor allem klein- und mittelständige Betriebe Fehlinvestitionen vermeiden und neue Rationalisierungs- und Investitionspotentiale erschließen können, werden konkrete Handlungsanweisungen und Empfehlungen ausgesprochen. Dabei werden sowohl rechtliche, als auch technische, ökologische, ökonomische und soziale Aspekte angesprochen, die im Umgang mit dieser Vermarktungsstrategie zu beachten sind und neue Chancen sowie Möglichkeiten zu Innovationen bieten. Um die Wiederverwendung weiter zu fördern, ist es notwendig, Mindeststandards zu definieren.

In diesem Zusammenhang sind eindeutige Begriffsdefinitionen notwendig. Das Blatt ReUse definiert daher den Begriff ReUse I für alle technischen Prozesse der Aufarbeitung an Produkten oder Komponenten, die nicht unter das Abfallregime fallen, wohin gegen der Begriff ReUse II für Produkte und Komponenten Anwendung findet, die unter das Abfallregime fallen.

Die Arbeiten am Blatt ReUse sind weit fortgeschritten. Aus diesem Grund werden ausgewählte Inhalte dieses Blattes nachfolgend näher vorgestellt.

3 Verbreitung und Potential von ReUse in der Praxis

Das Produktrecycling bzw. die Mehrfachnutzung von Erzeugnissen ist in verschiedenen Branchen und Industriezweigen etabliert. Beispiele mit entsprechendem Umsatzanteil sind:

- Automobiltechnik
- Medizintechnik
- Investitionsgüter/Anlagenbau
- Produktionstechnik
- Bürotechnik
- Anlagenbau

Dabei kommt der Automobilindustrie sicherlich eine Vorreiterrolle zu. Während das Produktrecycling in den oben genannten Branchen häufig bekannt ist, herrscht bezüglich der Anwendungsmöglichkeit und deren ökonomischer, ökologischer und sozioökonomischer Potentiale innerhalb der Produktgruppen, welche von der WEEE betroffen sind, weniger Kenntnis.

Alle der erneuten Nutzung zugeführten Produkten sind in weiten Bereichen gewisse Kennzeichen eigen, die von [8] in Form von folgenden acht Kriterien als erste Entscheidungshilfe für das Produktrecycling formuliert wurden. Diese zielen neben der technologischen Eignung, Mengen- und Zeitkriterien u.a. vor allem auch auf wirtschaftliche Aspekte:

- Technische Kriterien (Art und Anzahl der Bauteile und Werkstoffe, Aufarbeitbarkeit, ...)
- Mengenkriterien (Stückzahlen, räumliches und zeitliches Aufkommen, Nachfrage, ...)
- Wertkriterien (Wertschöpfung Material / Fertigung /Montage)
- Zeitkriterien (Lebens- und Nutzungsdauer, Produktionszeitraum, ...)
- Innovationskriterien (technischer Fortschritt bei Neuprodukten und Recyclingprodukten)
- Entsorgungskriterien (Rohstoffgehalt, Schadstoffgehalt, ...)
- Kriterien, welche die Wechselwirkung mit der Neuproduktion betreffen (Abwehr der Aufarbeitung durch den Neuhersteller oder Möglichkeit der Zusammenarbeit mit der Neuproduktion)
- Sonstige Kriterien (Markt, Image, Produkthaftung, Schutzrechte der Recyclingprodukte, ...)

	Charakteristische Demontage-/Zerlegetiefe	Qualitätsanspruch / Zustand	Resultierendes Produkt
Direkte Wiederverwendung	Produkt-Ebene	Gebrauchzustand	Ursprungsprodukt oder -teil
Instandsetzung/ Reparatur	Produkt-Ebene	Produkt wieder arbeitsfähig	Teile ersetzt oder repariert
Refurbishing	Produkt- oder Teile-Ebene	spezifiziertes Qualitätsniveau	Komponenten repariert/ersetzt
Refabrikation	Teile-Ebene	Neukomponenten-/ Neuteilniveau	Rekombination von (Neu-)Komponenten zu Neuprodukt ¹
Modernisierung	Teile-Ebene	spezifiziertes Qualitätsniveau	Modernisiertes Produkt oder Teil
Teilegewinnung	Teile-Ebene (ausgewählte Teile)	abhängig von der Art der Wiederverwendung	teilweise Wiederverwendung; Rest Verwertung

¹ ggf. kann Modernisierung erfolgen

Bild 2: Arten des Produktrecyclings [7]

Aus technischer Sicht umfasst es erforderliche Prozessschritte, die geeignet sind, Altgeräte oder deren Komponenten unter Beachtung funktions- und betriebssicherheitsrelevanter sowie qualitativer Anforderungen erneut in den Verkehr zu bringen.

Dabei sind beim Produktrecycling (in Anlehnung an [8]) in der Regel fünf grundsätzliche Fertigungsschritte – Demontage, Prüfung, Reinigung, Aufarbeitung (i.e.S.) oder Austausch und (Re-) Montage – notwendig. Die genannten Schritte kommen im Gesamtprozess abhängig von der Art des Produktrecyclings, des geforderten Qualitätslevels, der Produktkomplexität unterschiedlich häufig und ggf. in unterschiedlicher Reihenfolge vor und werden in manchen Fällen um Sonderoperationen ergänzt. Beispiele für derartige Sonderoperationen sind die Betriebsstoffentnahme hydraulisch betriebener Baugruppen, Entnahme von Quecksilberschaltern, die Sicherung bei pyrotechnischen Komponenten usw. Bild 3 stellt die Abfolge der im Zusammenhang mit dem Produktrecycling wertschöpfenden Schritte dar, auf eine Aufzählung unterstützender Funktionen in der Fertigung, wie z. B. der Funktion Materialfluss bewirken (Fördern, Lagern, Handhaben) wird verzichtet.

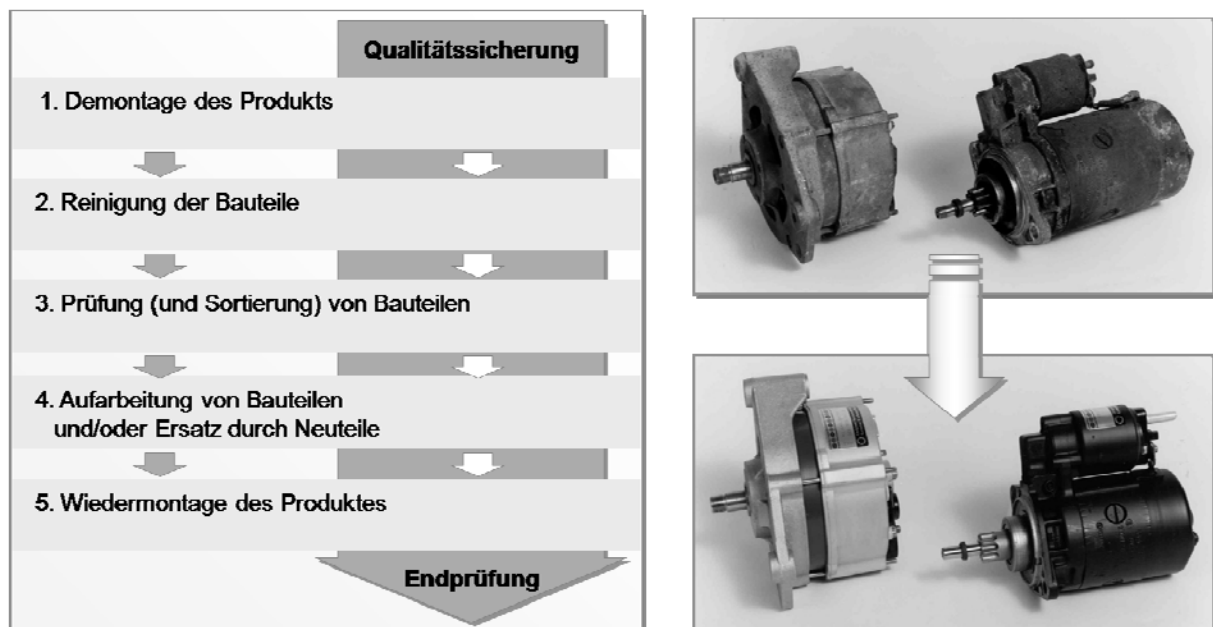


Bild 3: Produktrecycling – genereller Ablauf industriellen Aufarbeitens (in Anl. an [8])

Entsprechend dem geforderten Qualitätsstandard erfolgt die Demontage in der notwendigen Demontagetiefe (vgl. Bild 2). Nach der Demontage einzelner Komponenten (Bauteile, Baugruppen) ist eine Reinigung und Prüfung des Zustandes der Komponenten notwendig. Auf Basis dieser Tests wird entschieden, ob eine direkte Wiederverwendung der Komponente möglich, eine Aufarbeitung lohnenswert ist oder die Komponente direkt in die Aufbereitung bzw. in die Verwertung verbracht und durch eine andere ersetzt werden soll.

Die folgenden Grafiken verdeutlichen den generellen Arbeitsfluss des Produktrecyclings. Die Darstellung geht von der Gesamtsicht auf ein Aufarbeitungsunternehmen aus (Bild 4).

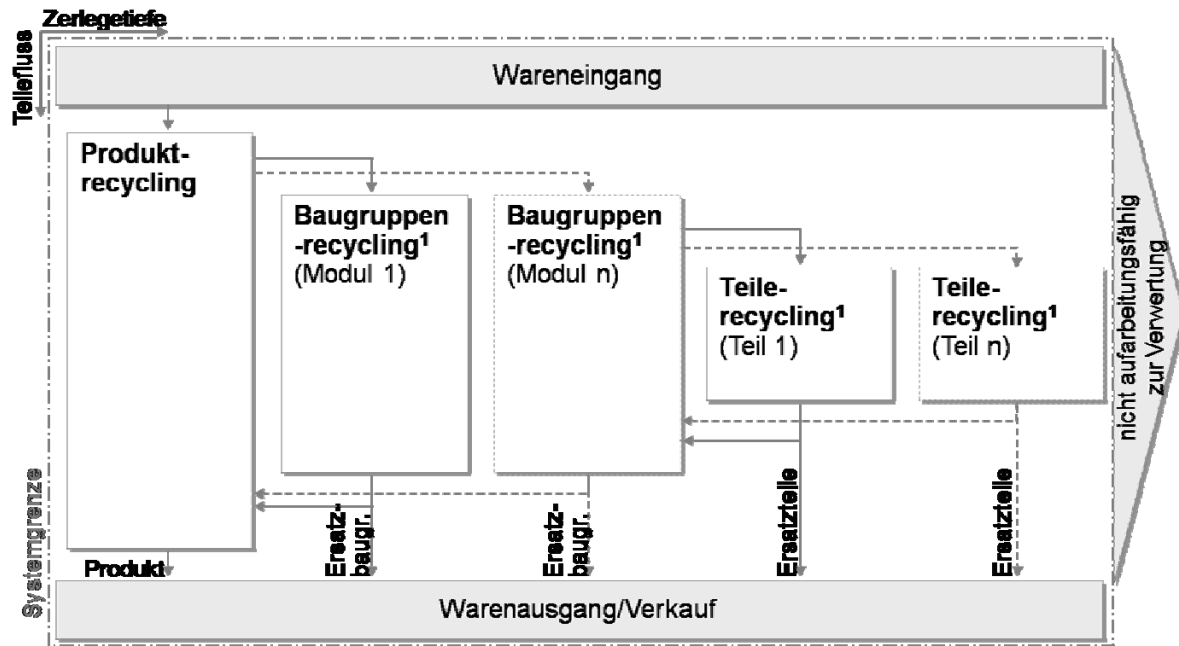


Bild 4: Arbeitsflussmodell – Sicht der Gesamtfabrik: Vom Produktrecycling von Gesamtprodukten über Baugruppen bis hin zu Einzelteilen.

Im Folgenden ist das Arbeitsflussmodell für die Detailebene Produkt dargestellt (Bild 5). Die Anordnung der Arbeitsschritte orientiert sich an den Teileflüssen sowie an der abnehmenden Strukturtiefe.

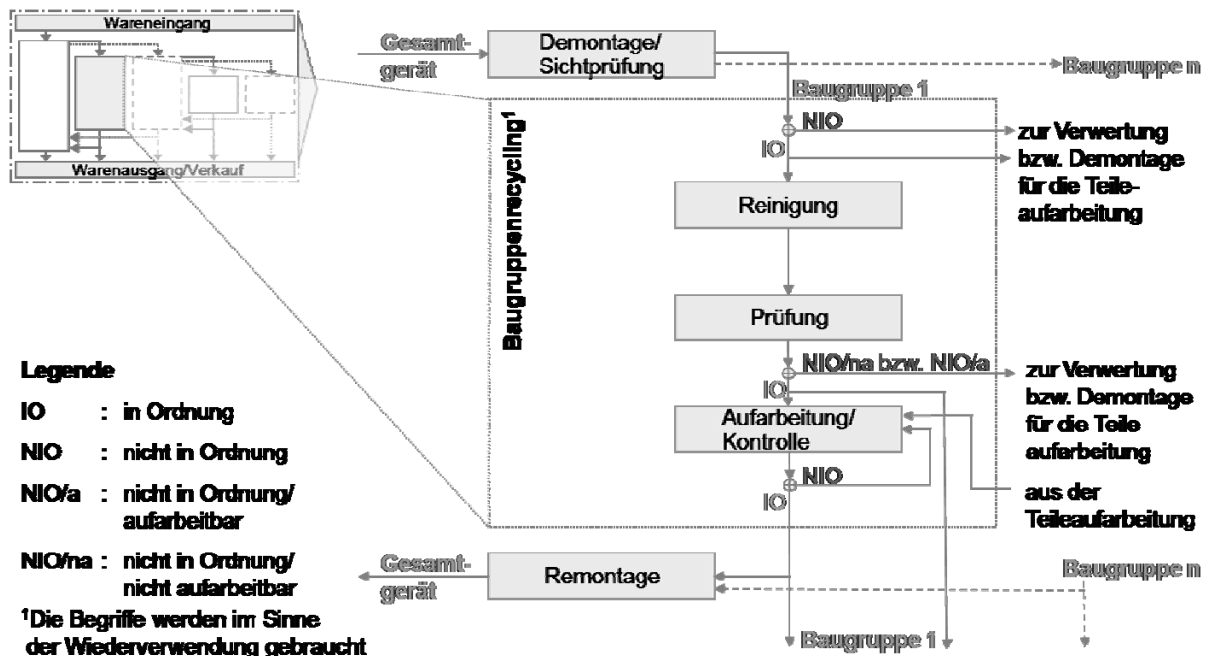


Bild 5: Arbeitsflussmodell - Detailsicht des Produktrecyclings auf Produktebene

4 Ökonomische Aspekte des ReUse

Wiederverwendung und Aufarbeitung leisten nicht nur einen Beitrag zum Umweltschutz (Ressourcenschonung), sondern können sowohl für den Hersteller der Primärgeräte als auch für Dritte ökonomisch sinnvoll sein. Die ökonomische Vorteilhaftigkeit wurde bereits in mehreren Studien gezeigt, so erwirtschaftet die Aufarbeitungs- und Wiederverwendungsindustrie in den USA einen Jahresumsatz von 53 Mrd. US\$ [4]. Aufgearbeitet und wiederverwendet werden können vor allem langlebige Produkte mit stabilen oder nur langsam veränderlichen Technologien. Hierunter fallen vor allem Industriegüter aber auch langlebige Konsumgüter.

Auch in Europa existieren einige Unternehmen, vorrangig im Bereich von Industriegütern, wie Werkzeugmaschinen und Industrierobotern, Warenverkaufs- und Getränkeautomaten, Kopierer etc. [8], welche die ökonomischen und ökologischen Chancen von Aufarbeitung und Wiederverwendung bereits nutzen (vgl. auch Kapitel 5).

In diesem Abschnitt soll aufgezeigt werden, welche ökonomischen Aspekte bei der Aufarbeitung und Wiederverwendung zum Tragen kommen. Ziel ist die Darstellung der Erlöse und Kosten, die mit der Aufarbeitung und Wiederverwendung, dem Produktrecycling, verbunden sein können.

4.1 Nachfrage und Preis von ReUse-Produkten

Grundvoraussetzung für die Wiederverwendung von Produkten oder deren Teilen ist das Vorhandensein einer entsprechenden Nachfrage. Die Nachfrage kann hierbei z. B. entstehen durch:

- Ersatzteilbedarf, wenn keine Neuteile mehr verfügbar sind oder
- Bedarf nach einem Produkt mit geringerer Funktionalität,
- Verzicht auf Funktionalität bei geringerem Preis.

Oftmals spielt der Preis des angebotenen Produktes aus Kundensicht eine große Rolle. So wird einerseits bei einem geringeren Preis des Produktes auf bestimmte Funktionalitäten verzichtet. Dies gilt insbesondere für hochpreisige Produkte, wie Investitionsgüter oder langlebige Konsumgüter. Andererseits werden i. A. Neuprodukte bevorzugt, wenn das aufgearbeitete Produkt nur einen marginal geringeren Preis hat. Höhere Preise sind meist nur durchzusetzen, wenn keine Neuprodukte mehr verfügbar sind.

Die Nachfrage nach aufgearbeiteten Produkten kann bezüglich deren Qualität differieren (vgl. auch Bild 2). Zumeist können unterschiedliche Qualitätslevel durch technische und optische Kriterien voneinander abgegrenzt werden. Die Qualität eines

wiederverwendeten oder aufgearbeiteten Produktes hat einen Einfluss auf den Preis des Produktes. Grundsätzlich können Produkte geringer Qualität (lange Erstnutzung, stärkere Beanspruchung etc.) zu einem geringen Preis abgesetzt werden, während Produkte mit besserer Qualität (z. B. neuwertig nach Aufarbeitung) zu höheren Preisen nachgefragt werden. Durch Aufarbeitung können Produkte mit verschiedenem Qualitätslevel erreicht und somit zur Befriedigung der Nachfrage angeboten werden (vgl. Kapitel 3 und 4.4).

4.2 Angebot und Vermarktung von ReUse-Produkten

ReUse-Produkte können sowohl vom Hersteller der Neuprodukte als auch von Dritten angeboten werden. Wird die Aufarbeitung und Wiederverwendung kostengünstig durchgeführt, so kann ein Marktsegment bedient werden, in welchen vorrangig Anbieter mit Geräten geringerer Qualität zu geringeren Preisen vorherrschen (Sekundärmarkt). Dies ist vor allem für Hersteller qualitativ hochwertiger Produkte interessant, welche tendenziell hochpreisige Marktsegmente bedienen (Primärmarkt). Diese Hersteller können durch Aufarbeitung und Wiederverwendung (niedrigpreisige) Sekundärmärkte erschließen.

Tendenziell ist der Sekundärmarkt im Vergleich zum Primärmarkt des Herstellers in Bezug auf Kundenkreis, Preiserwartung und Qualitätsanforderung gut voneinander abgrenzbar. Die Gefahr der Marktkannibalisierung besteht entsprechend nicht mittelbar.

Das Angebot von aufgearbeiteten und wiederverwendeten Produkten im Sekundärmarkt bedarf eigener Marktbearbeitungsstrategien und Vermarktungsinstrumente. Für die Vermarktung kann eine neue Marke etabliert oder die bestehende Marke genutzt werden. Insbesondere Drittanbieter können sich den „guten Markennamen des Herstellers“ bei der Wiederverwendung zu Nutze machen, indem sie die Qualität und Langlebigkeit des ursprünglichen Produktes hervorheben.

4.3 Marktdynamik und Gleichteilstrategien

Angebot und Nachfrage an ReUse-Produkten stimmen oftmals mengenmäßig nicht überein, so sind am Anfang des Vermarktungszyklus eines Produktes zumeist keine Rückläufer verfügbar, obwohl bereits eine Nachfrage nach den hieraus erstellbaren ReUse-Produkten besteht. Hingegen stehen am Ende des Vermarktungszyklus viele Rückläufer einer geringen Nachfrage gegenüber. Auf den ersten Blick scheint hier eine Aufarbeitung und Wiederverwendung nicht anwendbar, da entweder keine Nachfrage oder kein Angebot vorhanden ist. Dieser Schein trügt, auch hier birgt die Aufarbeitung und Wiederverwendung noch ökonomische Potentiale [9] (vgl. Bild 6).

Können Baugruppen oder Bauteile des obsolet gewordenen Rücklaufs in anderen Produkten Einsatz finden, so kann die Wiederverwendung/Aufarbeitung dieser Komponenten ökonomisch vorteilhaft sein. Entsprechend können die aufgearbeiteten Teile und Baugruppen als Ersatzteile für andere Produkte genutzt werden. Somit kann einerseits eine Verwertung von Produkten ohne Nachfrage vermieden werden, andererseits kann die Nachfrage nach Produkten, für welche kein Rücklauf zur Angebotserstellung zur Verfügung steht, bedient werden. Im Falle der herstellerseitigen Wiederverwendung und Aufarbeitung bedeutet dies, dass bereits während der Produktentwicklung auf den Einbezug von Gleichteilen zwischen Produkten geachtet werden sollte, um die ökonomischen Potentiale zu heben. Dieser Sachverhalt ist in Bild 6 dargestellt.

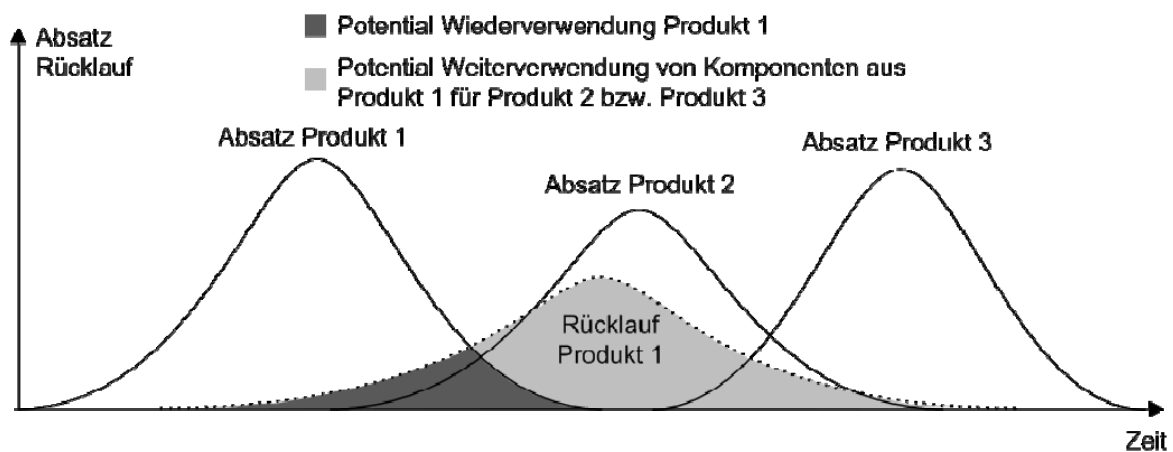


Bild 6: Potential der Gleichteilwiederverwendung (analog zu [9])

Während für Produkt 1 noch Nachfrage besteht, können Rückläufer des Produktes 1 direkt für diese Nachfrage aufgearbeitet und wiederverwendet werden. Ist keine Nachfrage für Produkt 1 mehr vorhanden, so können lediglich Gleichteile aus den Rückläufern von Produkt 1 entnommen und für den Einsatz in Produkt 2 aufgearbeitet und wiederverwendet werden.

4.4 Bezugsquellen von Rückläufern

Ist eine Nachfrage nach ReUse-Produkten oder ReUse-Teilen vorhanden, so sind Geräte zur Wiederverwendung und Aufarbeitung zu beschaffen. Quellen für wiederverwendbare und aufarbeitbare Geräte sind vorrangig [3]:

- Leasing-/Mietrücknahmen
- Garantierücknahmen
- Produktionsausschuss
- Lagerüberschuss

Des Weiteren können sogenannte End-Of-Life Produkte (EOL-Produkte) zurückgenommen werden. Diese Produkte sind technisch bereits nahe am Lebensende. Sie sind aufgrund ihres fortgeschrittenen Alters dem geringsten/schlechtesten Qualitätslevel zuzuordnen. Unter ökonomischen Gesichtspunkten ist eine Aufarbeitung in ein ReUse-Produkt meist nicht sinnvoll, eine Entnahme von Bauteilen kann jedoch noch Potentiale bergen. Hier ist eine Abwägung zwischen Kosten für die Entnahme, Wiederverwendung und Aufarbeitung zu Erlösen aus dem Einsatz der Bauteile durchzuführen. Des Weiteren ist zu überprüfen, ob die Verwertung des gesamten Gerätes im Vergleich zur Bauteilentnahme ökonomisch sinnvoll ist.

Den anderen oben aufgezählten Rücklaufquellen gehören Produkte an, welche häufig unter technischen und optischen Aspekten ihr Lebensende noch nicht erreicht haben. Sie bergen daher hohes Potenzial für eine Wiederverwendung und eine Aufarbeitung. Je nach technischem und optischem Abnutzungsgrad können diese Produkte verschiedenen, durch technische und optische Merkmale definierten, Qualitätsleveln zugeordnet werden. Insbesondere im B2B-Bereich kann aufgrund guter Kundenkenntnis und dem Wissen über Nutzungsart und Nutzungsintensität des Produktes beim Kunden oft eine Zuordnung einer Rücklaufquelle zu einer Qualitätsstufe vorgenommen werden.

Kosten der Beschaffung müssen durch den Absatz der Produkte kompensiert werden. Zu diesen Kosten zählen:

- Inspektion
- Rückkaufpreis
- Transport

Der Rückkaufpreis kann pauschal oder in Abhängigkeit der Qualität des Produktes und auch in Abhängigkeit von der Nachfrage des Rückläufers erstattet werden. Analog zur Nachfrage nach Produkten sind Produkte höherer Qualität im Rücklauf teurer als Produkte schlechter Qualität.

Oftmals dient insbesondere der Rückkauf von Geräten der Förderung des Vertriebsgeschäftes für Neugeräte. In diesem Fall sind unternehmensinterne Verrechnungen notwendig. Der Vertrieb gewährt durch das Rückkaufangebot einen Rabatt, der grundsätzlich als Einkaufspreis für das Altgerät der Beschaffung zugeschrieben werden kann. Je nach Verrechnung zwischen Vertrieb und Beschaffung, als Rabatt oder Einkaufspreis, kann die Wiederverwendung durch Kosten belastet oder von ihnen entlastet werden. Vertrieb und Einkauf haben entsprechend klare Verrechnungsregeln aufzustellen.

4.5 Aufarbeitung und Wiederverwendung – der „Produktionsprozess“

Die Aufarbeitung und Wiederverwendung können grundsätzlich als wertschöpfende Produktionsprozesse verstanden werden, in denen Gebrauchtgeräte und deren Teile als Ressource dienen.

Ausgehend von der Qualitätseinstufung des Rücklaufs werden durch diese Arbeitsschritte des Produktrecyclings (vgl. Abschnitt 3) technische und optische Merkmale des Produktes verbessert.

Mit diesen Arbeitsschritten gehen Kosten einher. Bei gleicher Ausgangsqualität eines Rücklaufgerätes sind hierbei höhere Kosten für die Erreichung eines besseren Qualitätslevels zu erwarten. Die Refabrikation zu einem neuwertigen Produkt stellt den höchsten Qualitätslevel bei der Aufarbeitung dar. Dieses ist nur durch vollständige Demontage bis auf Teilebenen, Test aller Teile, Austausch oder Aufarbeitung von Teilen, welche den neuwertigen Qualitätsanspruch nicht genügen, und anschließende Wiedermontage zu erlangen (vgl. Bild 2). Eine Reparatur hingegen fokussiert lediglich auf die defekte Baugruppe oder das defekte Teil. Nur diese Baugruppe/Teil wird demontiert, aufgearbeitet oder ausgetauscht. Daher resultieren wesentlich geringere Kosten bei der Reparatur als bei der Refabrikation aufgrund der Einsparung bei den Schritten Demontage, Reinigung und Remontage sowie beim Einsatz von Ersatzteilen. Letztendlich können Produkte mit einer besseren Qualität, im Absatz einen höheren Preis erzielen, zum anderen kostet das Produktrecycling einer guten Qualität in eine absatzfähige Qualität weniger als das Produktrecycling einer schlechten Qualität auf dasselbe Niveau. Ursprung dessen ist vor allem die Anzahl der auszutauschenden Komponenten. Hiermit gehen vor allem hohe Kosten für Austauschteile einher.

Neben den Kosten für Austauschteile sind niedrige Kosten der Arbeitsschritte Demontage, Reinigung und Tests für eine ökonomisch erfolgreiche Aufarbeitung wesentlich. All diese Kosten können bereits in der Produktentstehung durch die Einflussnahme auf Produkteigenschaften reduziert werden. Durch eine Produktgestaltung, welche demontagegerecht ist und den Test der Geräte zulässt sowie die Nutzung (technisch und optisch) langlebiger Materialien mit leicht zu reinigenden Oberflächen einbezieht, erhöhen sich die Herstellkosten. Die Kosten im Bereich Aufarbeitung und Wiederverwendung, reduzieren sich hierdurch i. A. jedoch drastisch (vgl. Bild 7). Die Abwägung zwischen geringfügig höheren Kosten in der Konstruktion und Herstellung gegenüber wesentlich geringeren Kosten bei der Aufarbeitung und Wiederverwendung kann auf die Wirtschaftlichkeit der Produktionsprozesse Aufarbeitung/Wiederverwendung einen wesentlichen Einfluss haben.

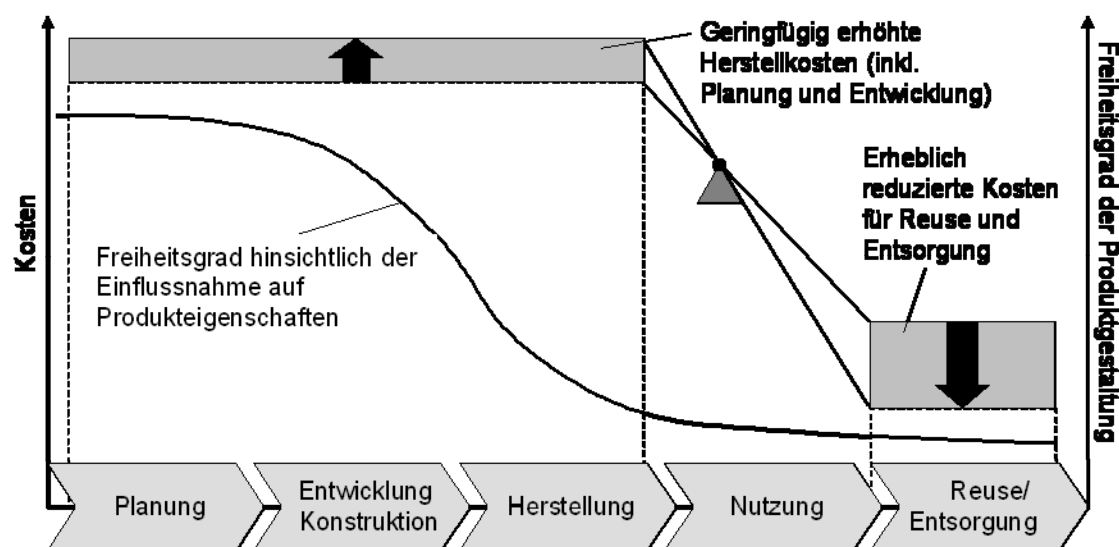


Bild 7: Herstellkosten vs. Kosten für ReUse [5]

Neben der Aufarbeitung zu einem besseren Qualitätslevel können Produkte und Teile einer guten Qualität den Bedarf an Produkten oder Teilen einer geringeren Qualität befriedigen (Substitution). Physisch wird das Produkt hierbei nicht in eine schlechtere Qualität überführt. Dennoch wird das Produkt oder Teil im Absatz als ein schlechteres Produkt behandelt. Notwendig wird eine solche Substitution, wenn Nachfrage nach Produkten oder Teilen niedriger Qualität vorhanden ist, aber lediglich Produkte oder Teile höherer Qualität verfügbar sind.

Dieses Vorgehen bedarf auf ökonomischer Seite eine Abwägung zwischen Lagerung des hochwertigen Produktes für weitere (unsichere) Nachfrage nach diesem Produkt in dieser Qualität zu einem höheren Preis, gegenüber der sofortigen Bedarfsbefriedigung der Nachfrage nach einem Produkt mit geringerer Qualität zu einem geringeren Preis. Im Allgemeinen sollte unter ökonomischen Gesichtspunkten eine solche Substitution nur dann stattfinden, wenn durch den Verzicht auf den höheren Absatzpreis kein Verlust erwirtschaftet wird (z. B. Beschaffungskosten + Aufarbeitungskosten > Absatzpreis). Es sollten zudem Aspekte wie Verwertungskosten bei Nichtverwendung des Produktes und Lagerhaltungskosten sowie Aspekte wie Auswirkungen der Nichtbefriedigung der Nachfrage auf Image, Kundenservice etc. einbezogen werden.

5 Anwendung von ReUse

Im folgenden Kapitel wird eine Anwendung für das ReUse in der medizintechnischen Industrie anhand eines Beispiels der Siemens AG Healthcare beschrieben.

Siemens Healthcare unterscheidet vier Arten der Produktrücknahme, es handelt sich hierbei um die Rücknahme zur Wiederverwendung, Komponentenwiederverwendung, Gewinnung von Ersatzteilen und die Rücknahme zum Recycling. Es wird insbesondere auf die erste Art der Produktrücknahme eingegangen.

Der technische Prozess der Reparatur, Wiederverwendung, Wiederherstellung von Produkten oder Komponenten muss in einem definierten Qualitätsprozess gehandhabt werden. Für medizintechnische Systeme sieht dieser definierte Qualitätsprozess keine signifikante Veränderung des ReUse-Produktes in Bezug auf Leistungsumfang, Sicherheitsvorgaben und keine Veränderung des beabsichtigten Gebrauchs, wie in der Systemzulassung beschrieben, vor.

Sicherheit und Wirksamkeit sind die wichtigsten Aspekte für die Wiederverwendung von medizintechnischen Systemen. Um sichere und wirksame Medizingeräte anzubieten und jegliches Risiko für Patienten, Anwender und die Umwelt zu minimieren, müssen diese Systeme in einem definierten Prozess behandelt werden. Ein solcher Prozess ist die „Good Refurbishment Practice (GRP)“ [2]. Diese stellt sicher, dass medizintechnische Systeme, die nach den Prinzipien von GRP bearbeitet werden, alle anwendbaren Qualitäts-, Leistungs- und Sicherheitsstandards einhalten, die galten als das System das erste Mal in Verkehr gebracht wurde. In einem Unternehmen, welches GRP anwendet, muss ein angemessenes Qualitätsmanagement eingeführt und gelebt werden. Der Proven Excellence Prozess von Siemens Healthcare Refurbished Systems ist solch ein Prozess der in Übereinstimmung mit den Regeln von GRP arbeitet [1]. Im folgenden Abschnitt wird der fünfstufige Prozess von Good Refurbishment Practice am Beispiel von medizintechnischen Systemen näher erläutert.

5.1 Strenge Gerätewahl

Die Auswahl von gebrauchten medizintechnischen Systemen für das Refurbishment basiert auf:

- Beabsichtigtem Gebrauch der Medizingeräte (Nachfrage nach ReUse-Produkt)
- Geplanter Produktlebensdauer (Möglichkeit des Produktrecycling auf Basis des technischen Kriteriums Restlebensdauer – Qualität des Gerätes bei Rückkauf)
- Anwendbare Standards, dies bedeutet, dass es einen Prozess geben muss, der Marktzugangsanforderungen bewertet (notwendige Qualität des aufgearbeiteten ReUse-Produktes)
- Die Service- und Wartungsvergangenheit und den entsprechende Aufzeichnungen dazu (Qualität des Gerätes bei Rückkauf)

5.2 Demontage

Bei den medizinischen Geräten handelt es sich zumeist um festinstallierte Anlagen. Daher findet die Demontage beim Kunden statt. Anschließend erfolgen die Verpackung und der Transport des gebrauchten medizinischen Gerätes für die Aufarbeitung. Bei diesen Arbeitsschritten ist auf folgendes zu achten:

- Die gebrauchten Systeme müssen vor der Demontage bezüglich ihrer Systemidentifikation überprüft werden.
- Die gebrauchten Systeme müssen demontiert, verpackt und transportiert werden, so dass sie nicht beschädigt werden. Sie sollten in demselben Zustand sein wie vor der Demontage (zusätzliche Risiken durch die Demontage und Transport müssen vermieden werden).
- Wenn das System in einem speziellen Umfeld betrieben wurde (z. B. in der Notfallklinik, im Labor) kann es notwendig sein, das System vor der Demontage zu desinfizieren.
- Geeignete Vorkehrungen sind zu treffen, dass keine Patientendaten im System verbleiben.

5.3 Proven Excellence Refurbishment

Im Rahmen des "Proven Excellence Refurbishment" werden die Geräte zu einem spezifischen Qualitätsniveau (Refurbishment) aufgearbeitet. Die Aufarbeitung erfolgt in den folgenden Schritten:

- Ein Aufarbeitungsplan wird erstellt, um die Systemkonfiguration innerhalb der originalen Systemzulassung, also zum Zeitpunkt des erstmaligen Inverkehrbringens sicherzustellen.
- Das gebrauchte Medizinsystem wird systematisch desinfiziert und gereinigt bevor es dem Refurbishment zugeführt wird.
- Eine optische Aufarbeitung wird gemäß dem Aufarbeitungsplan durchgeführt (z. B. Beachtung der Biokompatibilität von Materialien).
- Die mechanische und elektrische Aufarbeitung sowie die Systemkonfiguration werden anhand des Aufarbeitungsplans durchgeführt (d. h. Befundung, Identifizierung und Austausch von Verschleißteilen durch Originalersatzteile).
- Mit der Durchführung von Sicherheits- und Leistungsupdates (Hardware/Software) werden alle relevanten Updates, die für diese Systeme freigegeben sind, erfüllt.
- Für jedes Medizingerät, welches nach den Prinzipien von Good Refurbishment Practice bearbeitet wird, müssen die Leistungs- und Sicherheitstest in der Testphase gewährleisten, dass die entsprechenden Vorgaben für diesen Systemtyp erfüllt sind.

- Das medizinische System wird mit der Originalgebrauchsanleitung in der benötigten Landessprache ausgeliefert.
- Nach der erfolgreichen Durchführung aller notwendigen Aufarbeitungstätigkeiten gibt Siemens Healthcare Refurbished Systems das System zur Lieferung frei, erklärt damit seine Übereinstimmung mit GRP und belabelt das System entsprechend.

5.4 Professionelle Installation

Anschließend erfolgen die Verpackung, der Transport und die Installation des aufgearbeiteten Medizingeräts. Die Verpackung und der Transport des aufgearbeiteten Systems wird in derselben Art und Weise abgewickelt wie bei einem vergleichbaren Neusystem um alle anwendbaren Leistungs- und Sicherheitsstandards zu erfüllen. Die aufgearbeiteten Systeme werden nach denselben Installationsanleitungen wie im Neugeschäft installiert.

5.5 Garantie und Service

Nach der Installation und Inbetriebnahme des aufgearbeiteten Systems beim Kunden, bietet Siemens Healthcare Refurbished Systems dieselben Kundendienstleistungen an wie für Neuprodukte.

Aus Umweltgesichtspunkten macht ReUse Sinn, da der Wert des Systems erhalten bleibt und dadurch deutlich weniger Umweltauswirkungen verursacht werden. Denn nur die Neufertigung von einigen Komponenten ist notwendig, der Großteil der Komponenten kann wiederverwendet werden. Verglichen mit der Neufertigung eines Produktes können durch die Wiederverwendung bis zu 90 % an Material und Energie eingespart werden [1]. Im Fall von medizintechnischen Systemen beträgt die Ressourcenschonung (ausgedrückt in Endenergie) für ein durchschnittliches aufgearbeitetes Röntgendurchleuchtungssystem 73 % verglichen mit einem entsprechenden Neusystem.

Neben diesen ökologischen Aspekten, ist die Wiederverwendung und Aufarbeitung für Siemens auch ökonomisch sinnvoll. So wird der weltweite Markt für gebrauchte Medizingeräte auf über eine Milliarde Dollar pro Jahr geschätzt. Siemens Healthcare Refurbished Systems hat sich in diesem Marktsegment als einer der Marktführer etablieren können [6].

6 Ausblick

In vielen Fällen ist die praktizierte Entsorgung von Elektro(nik)altgeräten mit dem Ziel der Materialrückgewinnung mit dem Anspruch einer umweltverträglichen, ressourcenschonenden Abfallpolitik nicht zu vereinbaren. Es ist daher unbedingt erforderlich sich mit Möglichkeiten der Wiederverwendung und Aufarbeitung zu befassen. Hierfür soll die Richtlinie eine gezielte Unterstützung sein und Antworten zu technischen, ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten liefern. Die Erstellung von Richtlinien bedarf der Zusammenarbeit eines großen Kreises interdisziplinärer Fachleute aus Forschung, Industrie, Verwaltung und weiterer Beteiligter. Gegenwärtig besteht noch die Möglichkeit, an dieser Richtlinie mitzuarbeiten und diese aktiv mitzugestalten. Interessierte können sich direkt an den Obmann wenden.

7 Quellen

- [1] Arglebe, Carlos; Braun, Markus; Plumeyer, Martin: Medical Electrical Equipment – Good Refurbishment Practice. In: Proceedings Electronic Goes Green 2008+, p. 737-740, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2008.
- [2] COCIR: Good Refurbishment Practice for Medical Electrical Equipment, Advancing Healthcare in Europe. Brussels, Belgium, November 2007.
- [3] Fleischmann, M.: Quantitative Models for Reverse Logistics. Springer Verlag, Berlin u.a. 2001.
- [4] Hauser, W. und Lund, R. T.: The Remanufacturing Industry: Anatomy of a Giant. Boston University, 2003.
- [5] Herrmann, C.: Unterstützung der Entwicklung recyclinggerechter Produkte. Vulkan-Verlag GmbH, Essen Ruhr, 2003.
- [6] N.N.: Siemens AG Corporate Communications Press Department. Informationsnummer: Med RS 200504.049 d Pressereferat Medical Solutions. Erlangen, 2005.
- [7] Rosemann, B.; Steinhilper, R.: Design for Remanufacturing; SAE World Conference, Detroit, 6. April 2006.
- [8] Steinhilper, R.: Produktrecycling – Vielfachnutzen durch Mehrfachnutzung; Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 1999.
- [9] Walther, G; Steinborn, J.; Spengler, T. S.: Variantenvielfalt und Lebenszyklusbetrachtungen im Remanufacturing. In: Heyde, F.; Löhne, A.; Tammer, C. (Hrsg.): Methods of Multicriteria Decision Theory and Applications. Shaker Verlag, Aachen, 2009.

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

Individuelle Herstellerverantwortung – so kann es gehen

Dr.-Ing. Sven Grieger
ENE EcologyNet Europe GmbH, Wiesbaden

Schriftenreihe des
Fachgebietes Abfalltechnik
Universität Kassel
Kassel 2009

Gliederung

- Erfahrungen mit der Umsetzung der WEEE Direktive
- Abstromwege und Sammelquoten
- Altgerätereycling heute
- Standards zu Qualitätssicherung
- Einflüsse auf das Elektronik-Recycling
- Erweiterte und individuelle Herstellerverantwortung



Erfahrungen nach Umsetzung der WEEE Direktive

- ca. **9,3 Mio t** elektrische und elektronische Geräte werden in EU-27 jährlich in Verkehr gebracht
- ca. **9 Mio t WEEE** fallen jährlich in der EU an ➡ **24 kg /EW×a**
- **12,3 Mio t WEEE** werden 2020 anfallen



Abstromwege in der Praxis: Altgeräte aus privaten Haushalten in den Niederlanden

Product categories	Recycling Systems	Municipal leakage	Reuse + installers	Waste bin	Retail & uncertain	WEEE (total)
1a Large Household Appliances	0.82	1.25	3.3	-	2.64	8.0
1b Household Cooling Appliances	1.55	-	-	-	0.28	1.8
3a IT and Telecom	In 3b	-	-	-	-	-
3b Personal Computer	1.25	0.95	-	0.30	0.19	2.7
5 lighting (energy saving lamps)	0.02	-	-	0.07	-	0.1
2 Small Household Appliances	In 4	-	-	-	-	-
4 Consumer Equipment	1.73	0.30	0.3	1.11	1.58	5.1
6 Tools	0.35	-	-	0.37	-	0.7
7 Toys	0.02	-	-	0.18	-	0.2
TOTAL	5.7	2.5	3.6	2.0	4.7	18.5

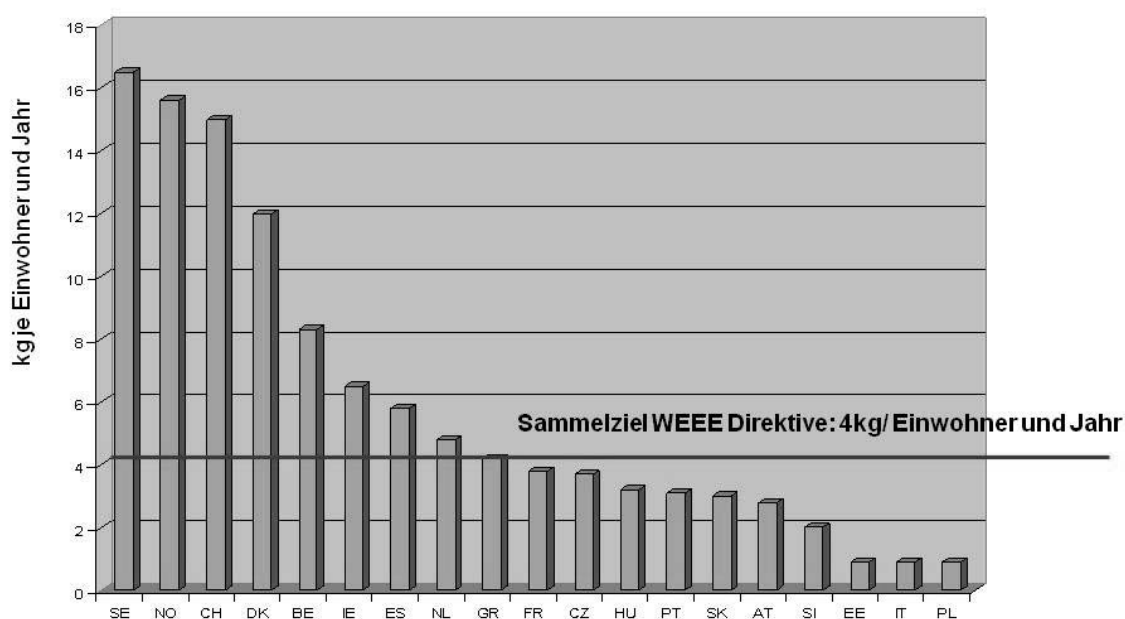
Angaben in kg/ Einwohner und Jahr

Quelle:

Witteveen+Bos, Onderzoek naar complementaire afvalstromen voor e-waste in Nederland, 10 April 2008



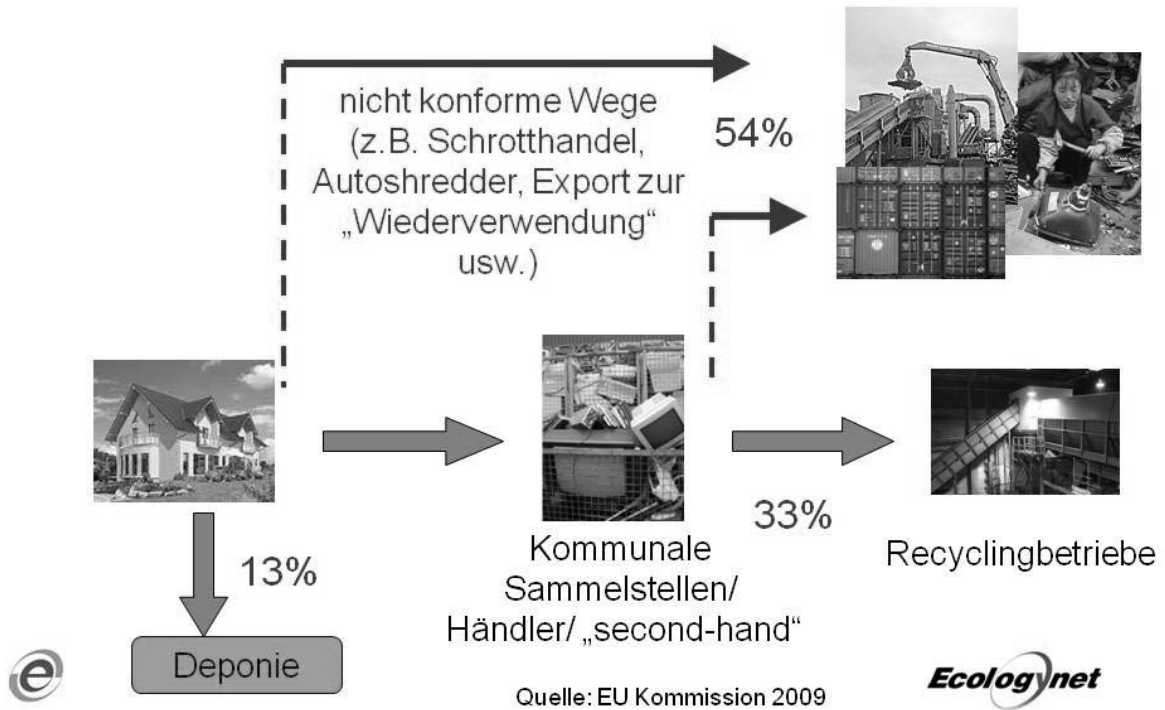
WEEE Sammelmengen, WEEE Forum Mitglieder



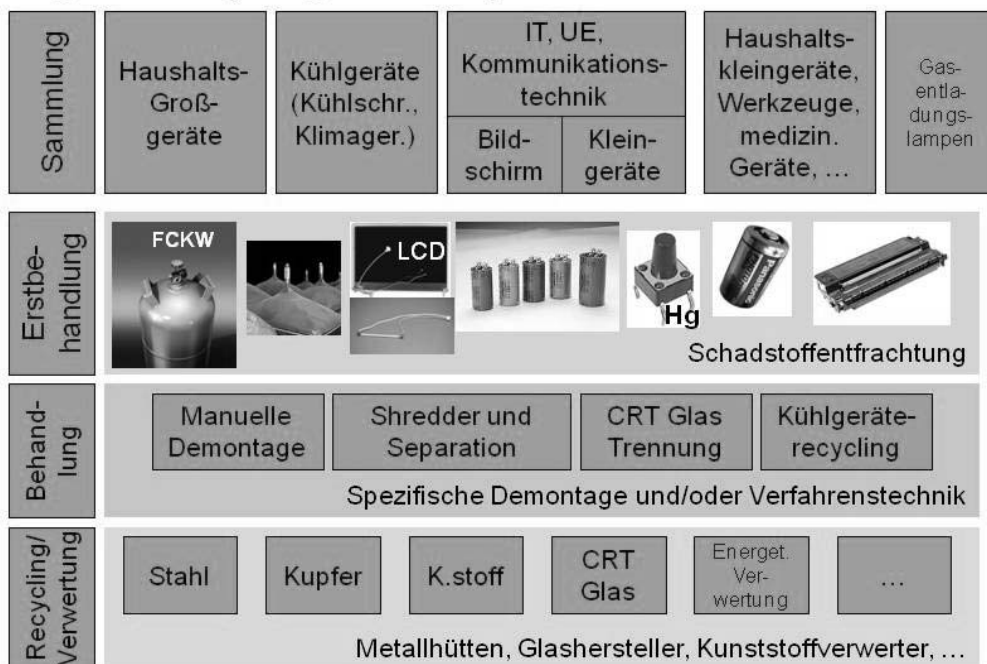
Quelle: 2008 Key Figures, WEEE Forum 2009



Abstromwege in der EU - derzeitige Situation



Altgeräterecycling – Gesamtprozess heute



Ecologynet

Sammlung - wünschenswert



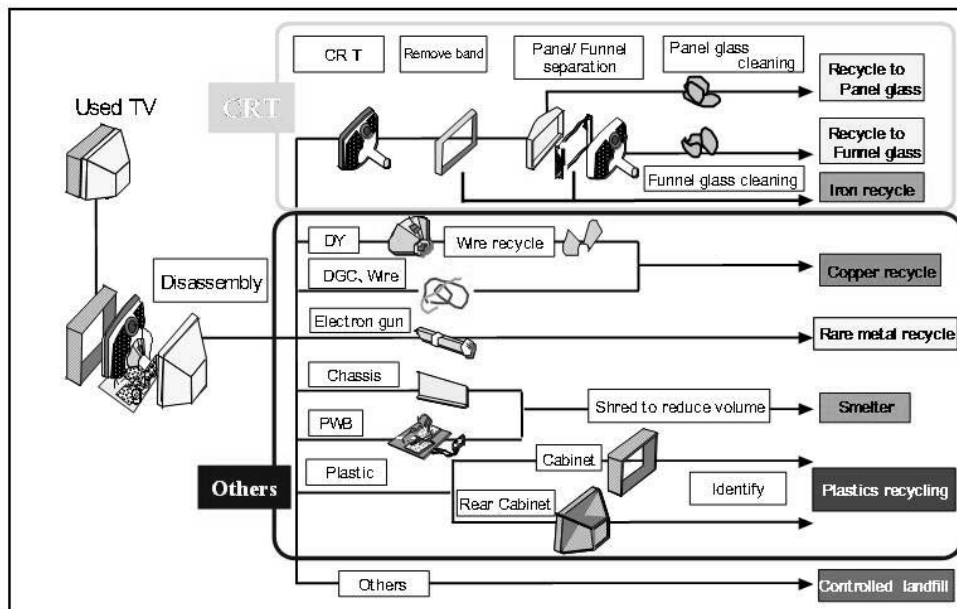
Ecologynet

Sammlung - Praxis



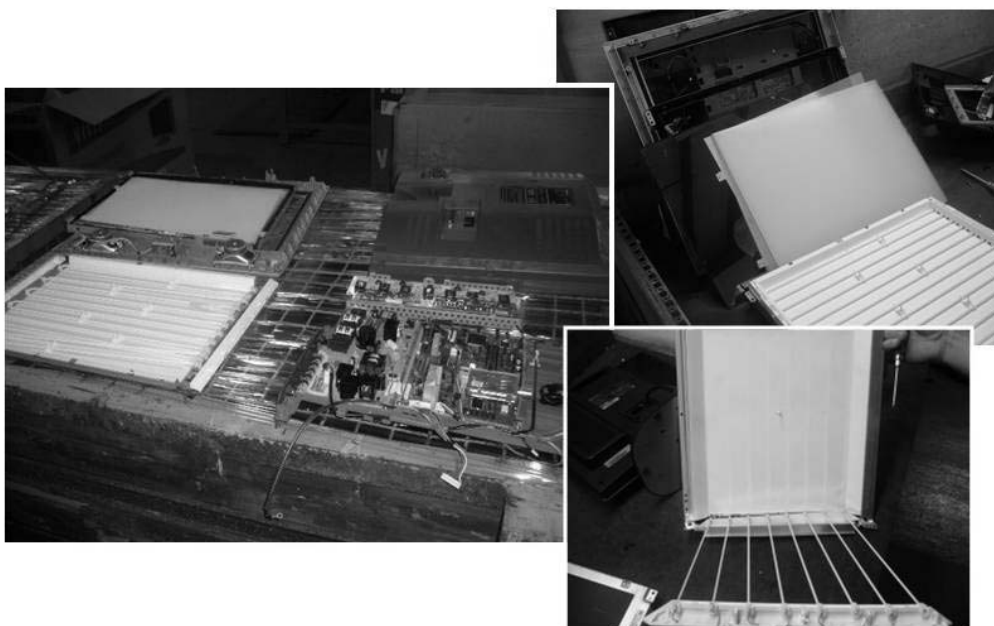
Ecologynet

Erstbehandlung/ Zerlegung: Beispiel CRT-TV



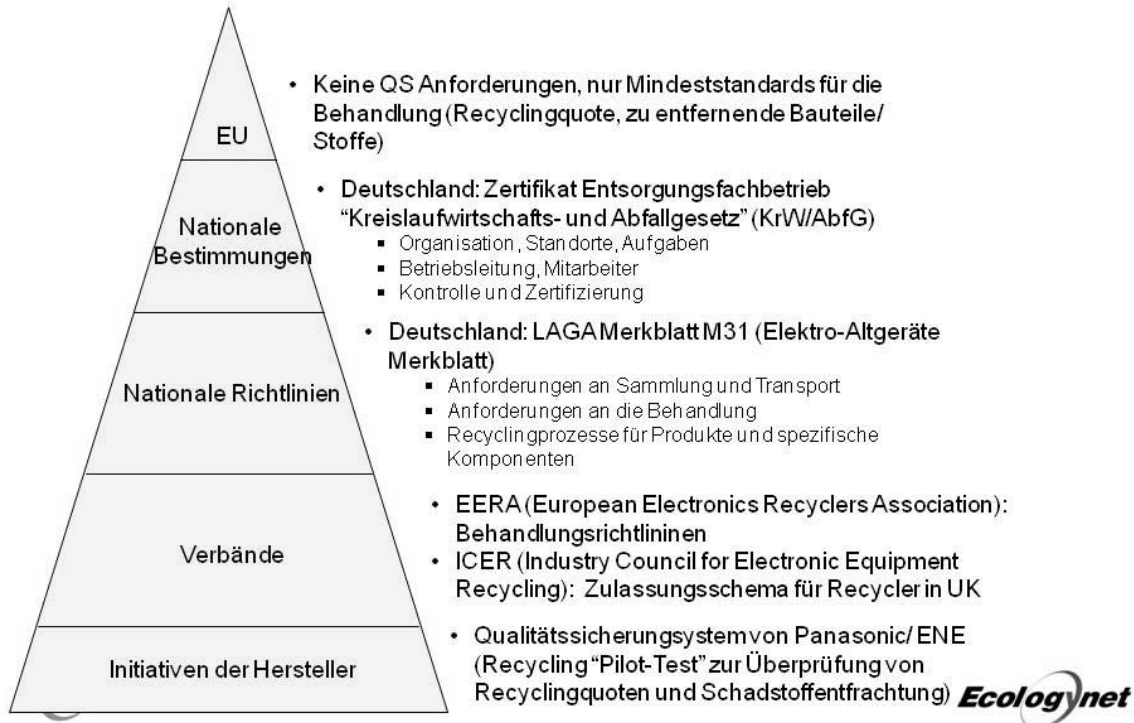
Ecologynet

Erstbehandlung/ Zerlegung: Beispiel LCD-TV



Ecologynet

Verwertungsstandards, Qualitätssicherung



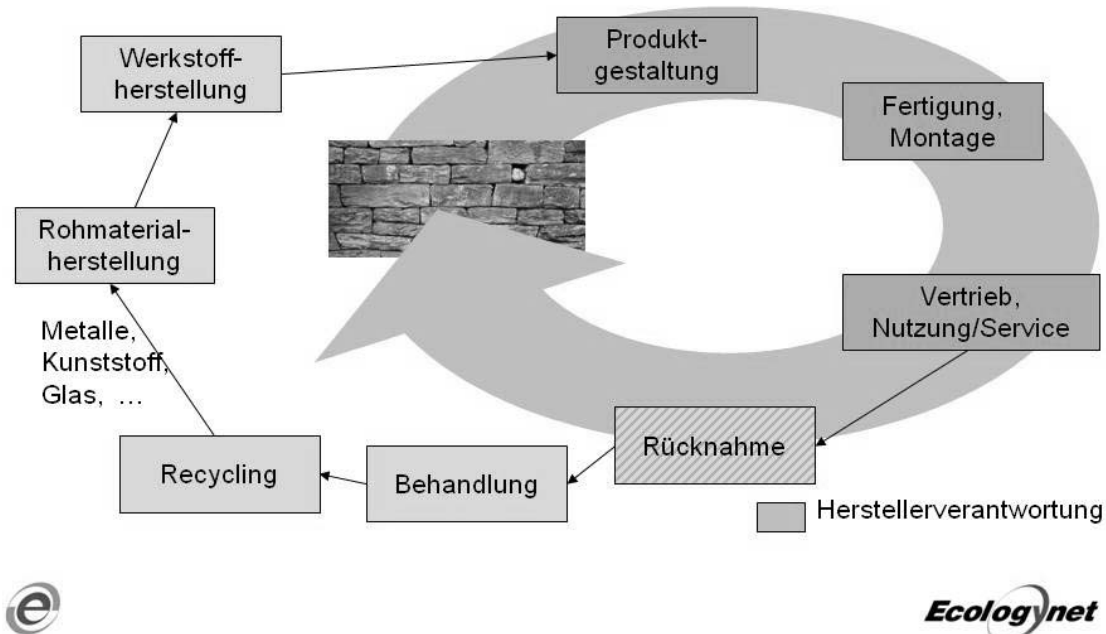
Einflussfaktoren auf das Elektronik-Recycling

PROZESSSCHRITT	Anforderung	Beeinflusst durch
Sammlung	Prozess-spezifische Sortierung	Sammelsystem
Transport	Bruchsicherheit	
Erstbehandlung	Leichte Entnehmbarkeit von schadstoffhaltigen Komponenten	Produktdesign
Behandlung	Trennbarkeit	Produktdesign, Recyclingtechnologie, Markt für Sekundärmaterialien
Verwertung	Kompatibilität	
Vermarktung	Spezifikation	

EINFLUSSFAKTOR HERSTELLERVERANTWORTUNG ?



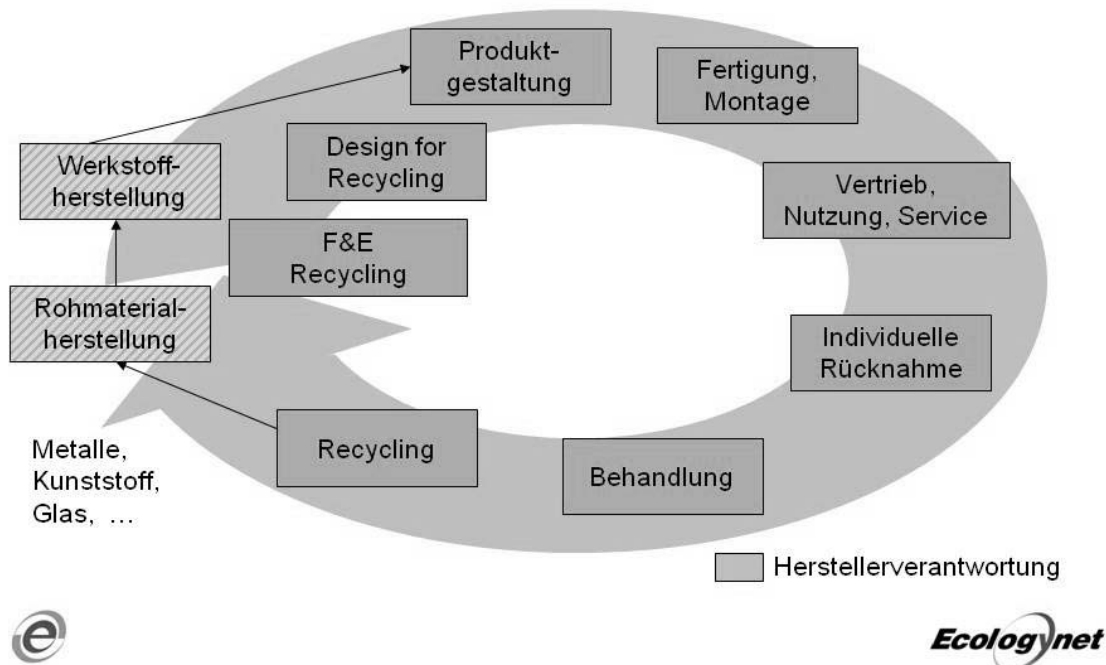
Erweiterte Herstellerverantwortung



Erweiterte Herstellerverantwortung - Konsequenzen

1. Auch wenn die Verantwortung der Hersteller von gesetzlicher Seite Rücknahme, Behandlung und Recycling mit einschließt, so wird der Hersteller nach der Produktnutzung nicht automatisch Eigentümer des Altgerätes. Damit verliert der Hersteller die Chance, wieder in den Besitz „seines“ spezifizierten Materials zu kommen und es direkt in den eigenen Prozessen wieder einzusetzen.
2. Recyclinggerechte Produktgestaltung im Hinblick auf die erleichterte Rückgewinnung von Materialien oder auch Komponenten kommt dem Recyclingsystem zugute. Einen individuellen Wettbewerbsvorteil kann der einzelne Hersteller im B2C-Bereich schwer erzielen.

Modell der individuellen Herstellerverantwortung



Individuelle Herstellerverantwortung - Chancen

1. Für Schlüsselmaterialien, wie beispielsweise für Kunststoffe, können produktspezifische Recyclingtechnologien entwickelt werden, mit starken Einsparpotentialen bei Materialbeschaffung und Produktion.
2. Die Kreislaufführung seltener Elemente wie z.B. Indium aus LCDs, kann für die Zukunftsfähigkeit des Unternehmens von entscheidender Bedeutung sein.
3. Die Rückgewinnung auch von Rohstoffen wie Kupfer und Edelmetallen würde die Hersteller unabhängiger von internationalen Rohstoffmärkten machen.
4. Die Wiederverwendung von Komponenten kann die Verfügbarkeit von Ersatzteilen stark erhöhen.

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

RFID als Medium einer innovativen Kreislaufwirtschaft

Dipl.-Ing. Stephan Löhle
Dipl.-Ing. Henriette Groh
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Arnd I. Urban
Fachgebiet Abfalltechnik, Universität Kassel

Schriftenreihe des
Fachgebietes Abfalltechnik
Universität Kassel
Kassel 2009

1 Einleitung

Radio Frequency Identification oder kurz RFID wird bereits in vielen Wirtschaftsbereichen erfolgreich eingesetzt. Hervorzuheben sind Anwendungen in logistischen Prozessen und dem Supply Chain Management, in denen die Einführung der RFID-Technologie weit fortgeschritten ist. Überwiegend sind bei diesen Anwendungen die Ladungsträger (z. B. Paletten und Kisten) oder die Umverpackungen mit RFID-Transpondern ausgestattet und automatisieren so die weitere Organisation und den Umgang mit den enthaltenen Gütern.

RFID hat sich z. B. in der Unterstützung der Entsorgungslogistik für Siedlungsabfälle vielerorts durchgesetzt, indem Müllbehälter mit RFID-Transponder ausgerüstet werden und dadurch die Anzahl der Leerungen und Standorte rückvollzogen werden können. Für RFID-Anwendungen auf Ladungsträgerebene sind die Auswirkungen oder der mögliche Nutzen dieser Technologie in die Kreislaufwirtschaft gering, da Informationen über den Müllbehälterinhalt wie z. B. dessen Zusammensetzung nach wie vor nicht bekannt sind.

Wirklich interessant wird RFID für die Entsorgungswirtschaft vor allem dann, wenn für einzelne Produkte die zugehörigen spezifischen Daten berührungslos und ohne direkten Sichtkontakt am Ende ihrer Lebensphase dem Entsorger übermittelt werden, um sie für eine zielgerichtete Entsorgung einzusetzen. Die dafür benötigte Massenanwendung von RFID ist bisher nicht erreicht. Technische Entwicklungen im RFID-Sektor, sinkende Transponderkosten sowie Pilotstudien in speziellen Bereichen wie der Bekleidungs- oder Automobilindustrie führen dazu, dass RFID-Transponder vermehrt auf Einzelprodukten angebracht und potenziell nutzbar für die Entsorgungswirtschaft werden.

Ist bzw. wird RFID ein Medium einer innovativen Kreislaufwirtschaft? Wenn ja, welche Voraussetzungen sollen für die Nutzung von RFID in der Entsorgungswirtschaft gelten, welche Einsatzpotenziale ergeben sich für bestimmte Abfallfraktionen und wie kann ein solches System aussehen? Diese und weitere Fragen sollen im nachfolgenden Artikel beantwortet werden.

2 Wie funktioniert RFID und was sind typische Anwendungen von RFID-Systemen?

RFID ist eine innovative aber nicht gänzlich neue Form automatischer Identifikationssysteme (Auto-ID Systeme). Gegenüber den anderen Auto-ID-Varianten wie Barcodesystemen, Optical Character Recognition (OCR) oder Chipkarten hat RFID den besonders für die Entsorgungswirtschaft wichtigen Vorteil, Informationen berührungslos und ohne notwendigen direkten Sichtkontakt zu übertragen. Dazu erzeugt das

RFID-Lesegerät über seine Antenne einen Auslesebereich z. B. in Form eines elektromagnetischen Feldes. Gerät nun ein auf oder in einem Objekt integrierter Transponder in die Reichweite dieses Feldes, empfängt dieser über seine Transponderantenne elektromagnetische Wellen. So angesprochen ist der Transponder in der Lage, über eine Luftschnittstelle Daten an das Lesegerät zu senden oder beschrieben zu werden. Die RFID-Antenne empfängt dieses Signal und das RFID-Lesegerät liest die Daten aus, die über Computer mit geeigneter Software ausgewertet und weiter verarbeitet werden können.

Dies ist eine vereinfachte Funktionsbeschreibung der RFID-Technologie, die je nach Anwendungszweck sehr unterschiedlich ausgestaltet sein kann. Umfangreiche technische Grundlagen sind Fachbüchern [Finkenzeller 2008 und Kern 2007] zu entnehmen. Da die verschiedenen Frequenzbereiche, in denen RFID-Systeme betrieben werden, unterschiedlich auf Umgebungseinflüsse wie durch Metall oder Nässe reagieren und deutliche Unterschiede in der Reichweite haben, gibt es kein universelles RFID-System, welches für jeden erforderlichen Anwendungszweck optimal zu betreiben ist. Vielmehr wird ein passendes RFID-System speziell auf die Bedingungen am Einsatzort zugeschnitten, wodurch eine große Vielzahl an RFID-Lösungen am Markt existiert.

Aufgrund der immer weiter fortschreitenden Technologieentwicklung und des zunehmenden Standardisierungsgrads wird RFID aktuell bereits in sehr vielen Lebens- und Wirtschaftsbereichen eingesetzt. Die Anwendungszwecke reichen von einfachen Anwendungen wie der Elektronischen Artikelsicherung (EAS) bis hin zu komplexen Einsätzen in Produktions- und Logistikprozessen. Der funktionale Einsatz liegt im Grunde aber immer in der Identifikation von Objekten [BSI 2004]. Bild 1 benennt einige ausgewählte Anwendungen von RFID und zeigt einen zeitlichen Verlauf der technischen Entwicklungen [nach Kern 2007]. Darüber hinaus ist das Bild 1 um zu erwartende zukünftige Entwicklungen ergänzt, die verdeutlichen, dass RFID ein zentrales Element des Ubiquitous Computing, also der Allgegenwärtigkeit der Informationstechnik im Alltags- und Wirtschaftsleben, sein wird.

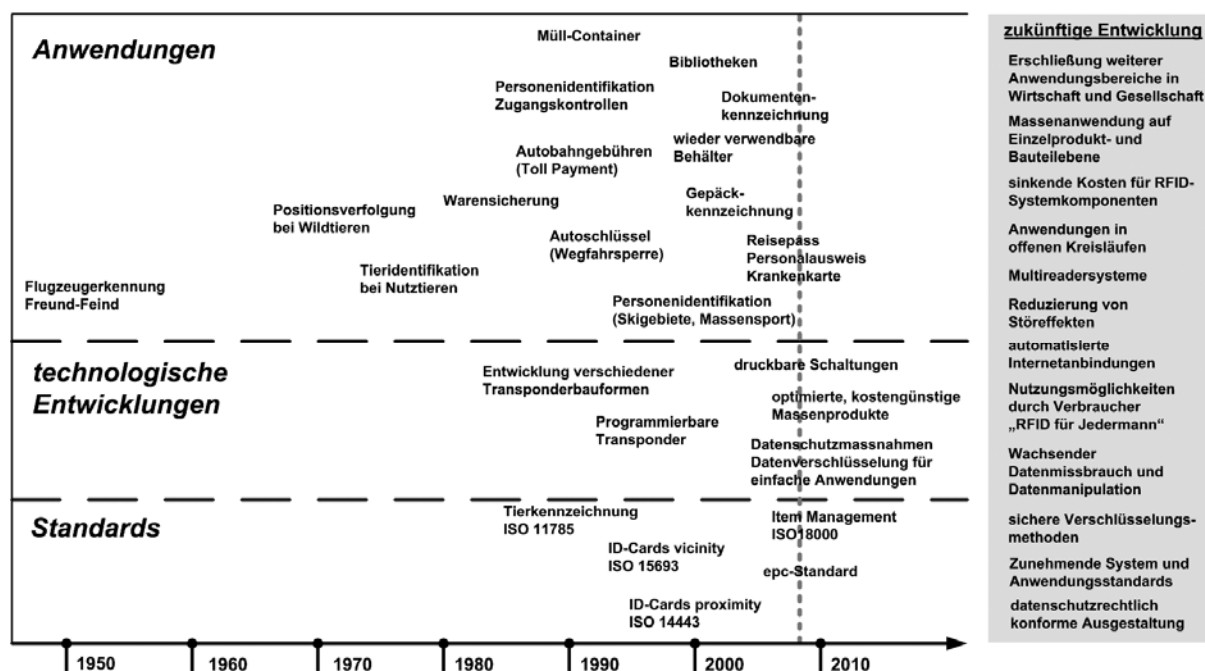


Bild 1: Exemplarische zeitliche Übersicht über Anwendungen, technologische Entwicklung, Standardisierungen [nach Kern 2007] sowie zu erwartende zukünftige Entwicklung von RFID

3 Wofür wird RFID in der Entsorgungswirtschaft bereits eingesetzt?

Momentan beschränkt sich der Einsatz von RFID in der Entsorgungswirtschaft ausschließlich auf entsorgungslogistische Zwecke. RFID wird bereits seit den 90iger Jahren in der Entsorgungswirtschaft eingesetzt, um Abfallbehälter eindeutig zu identifizieren. Dafür wurden in zahlreichen deutschen Gebietskörperschaften sämtliche Müllbehälter mit RFID-Transpondern ausgestattet. Die Gründe für die Einführung eines RFID-Systems sind unter anderem die Schaffung eines verursachergerechten Gebührensystems, die Aufzeichnung und Optimierung von Touren, die Kostenreduktion durch Entsorgungs- und Leistungstransparenz und die Umsetzung eines Behältermanagements für alle Behältertypen.

In der Regel werden read-only-Transponder verwendet, auf denen lediglich eine eindeutige Kennung gespeichert ist. In einer Datenbank im Entsorgungsbetrieb wird die Transponderkennung dem Besitzer der Mülltonnen zugeordnet und kann mit weiteren Daten, z. B. Behälterart, -größe und Abfuhrhythmus verknüpft werden. An der Schüttung des Sammelfahrzeuges befindet sich die Antenne mit dem Lesegerät. Das Identifizierungssystem kann mit einer Wiegung der Behälter an der Schüttung des Sammelfahrzeuges kombiniert werden. Die bei der Leerung erfassten Daten werden über einen mobilen Datenträger oder über Funk an den Entsorgungsbetrieb zur Auswertung übermittelt.

RFID wird in der deutschen Abfallentsorgung nicht flächendeckend eingesetzt. Vielmehr haben die städtischen und kommunalen Abfallbetriebe Einzellösungen

umgesetzt und verwenden zudem verschiedene Frequenzen (125 kHz, 128 kHz, 134,2 kHz, 868 MHz, 4 MHz) für ihre RFID-Systeme. Der vom Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft (BDE) eingesetzte Arbeitskreis EDV-Einsatz in der Abfallsammlung hat Standards für die Erfassung, Übertragung und Kommunikation der Daten festgelegt, um die Vielzahl oftmals nicht kompatibler Einzellösungen der Soft- und Hardwareanbieter zu vereinheitlichen. Standards für die Identifikation der Abfallgefäße sind in der DIN 30745 „Elektronische Identifikation von Abfallsammelbehältern durch Transpondertechnologie mit Frequenzen unter 135 kHz“ und auf europäischer Ebene in der DIN EN 14803 „Identifikation und/oder Mengenbestimmung von Abfall“ normiert.

4 Der Transponder ist also an der Mülltonne – aber woher weiß man, was tatsächlich drin ist?

Durch die Ausrüstung der Müllbehälter kann zwar der entsorgungslogistische Prozess maßgeblich unterstützt und vereinfacht werden, offen ist aber weiterhin, was sich in den Müllbehältern befindet, d. h. der eigentliche Abfallstrom bleibt weitgehend intransparent und limitiert aufgrund lückenhafter produktspezifischer Informationen besonders bei langlebigen und komplexeren Produkten wie beispielsweise Elektronikgeräten die Effizienz entsorgungstechnischer Prozesse.

Der Schlüssel, wie RFID weiterführend im Abfallsektor verwendet werden kann, ist die Kennzeichnung von Einzelprodukten, das sogenannte „item-tagging“. Erst hier kommt das wesentliche Potenzial der RFID-Technologie zur Geltung, indem im Abfallstrom enthaltene Einzelprodukte durch ihren RFID-Transponder eindeutig identifizierbar sind. Durch das Auslesen der Transponder wird der Zugang zu entsorgungsrelevanten Daten ermöglicht. Die Akteure der Entsorgungswirtschaft können mit einer ausreichenden Kenntnis über diese Daten im Entsorgungsprozess zielgerichtet auf das Altprodukt eingehen. Welche Potenziale sich für die Entsorgungswirtschaft durch diese „erweiterte“ Transparenz der Abfallströme ergeben, ist bereits ausführlich beschrieben worden [Löhle, Urban 2008].

Im optimalen Fall werden für den Datentransfer in die Entsorgungsphase die gleichen Transponder verwendet, die bereits bei der Herstellung dieser Produkte für den Einsatz in der Produktion, Distribution oder Logistik angebracht wurden. Dies ist vor allem deshalb sinnvoll, da der jeweilige Hersteller des Einzelproduktes über die in der Entsorgungsphase oftmals benötigte Kenntnis, z. B. über die verbauten Materialien und Inhaltsstoffe, verfügt. Bild 2 skizziert diesen Zusammenhang anhand der gewählten Produktbeispiele „Automobile“ und „Elektro(nik)geräte“ [Groh et al. 2009a].

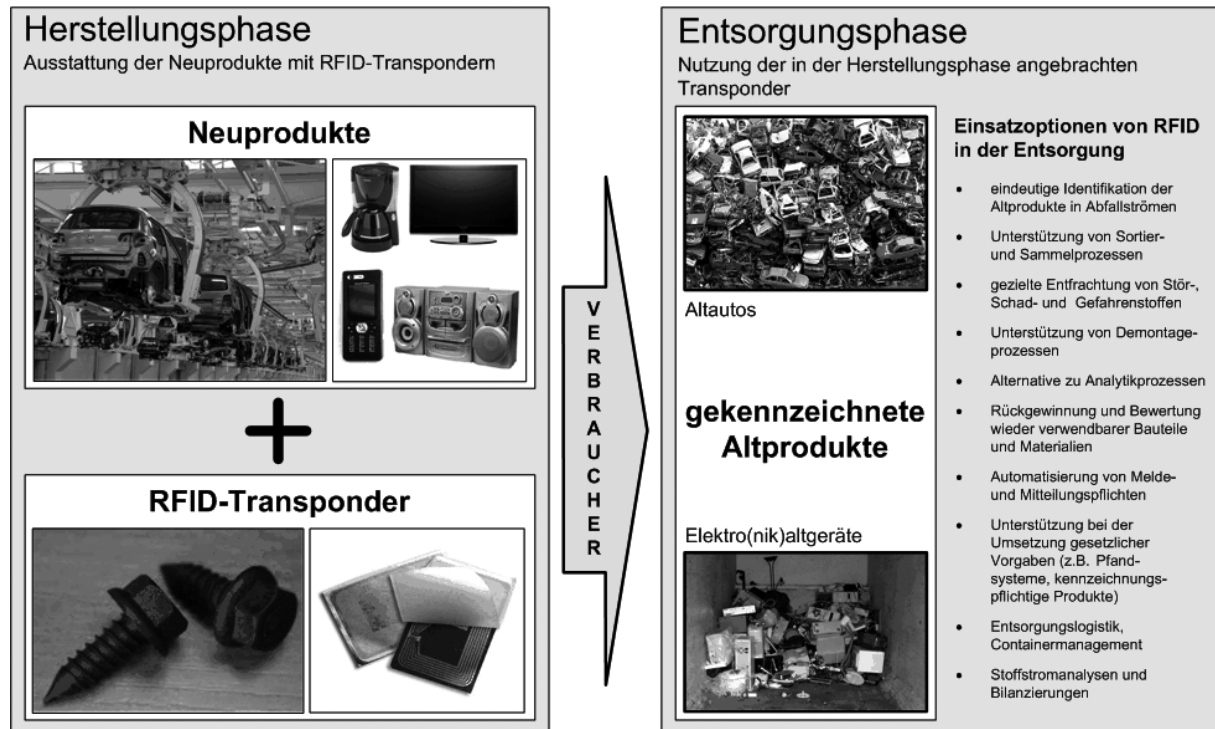


Bild 2: Ausrüstung und Einsatzoptionen gekennzeichnete Produkte in der Entsorgung [Groh et al. 2009a]

Unerlässlich für die eindeutige Identifizierung von Altprodukten ist, dass der Transponder als Informationen übertragendes Medium bis in die Entsorgungsphase auf den Artikeln verbleibt und weiterhin funktionsfähig ist, selbst wenn der ursprüngliche Nutzungszweck in den vorangegangenen Lebensphasen, z. B. im Rahmen der Produktion oder Distribution, bereits erreicht und abgeschlossen ist. Mit anderen Worten – eine von Verbraucherschützern wiederholt geforderte Zerstörung oder Ablösung des Transponders nach Verkauf eines Neuproduktes verhindert mögliche Nutzenpotenziale der RFID-Technologie in der zeitlich nachgelagerten Entsorgungswirtschaft wie sie exemplarisch in Bild 2 aufgeführt sind.

5 Werden bald alle Produkte mit RFID-Transpondern gekennzeichnet sein?

Die Annahme, dass jedes Einzelprodukt oder jede einzelne Verpackung in Kürze mit RFID-Transpondern ausgestattet sein wird, erscheint unrealistisch. Besonders die mit 10 bis 15 US Cent „teuren“ einfachen, passiven RFID-Transponder sind für den oftmals beschriebenen Joghurtbecher noch deutlich zu kostspielig. Darüber hinaus bestehen verschiedene technische Herausforderungen hinsichtlich der Systemperformance. So können metallische Bestandteile oder Flüssigkeiten in den Produkten das Auslesen des Transponders derzeit noch behindern.

Der RFID-Transponder, der zukünftig für eine Massenanwendung geeignet ist, soll vor allem kostengünstig, passiv und für verschiedene Anwendungen ausreichend

auslesefähig sein. Wichtige Schritte dahin sind die Massenfertigung gedruckter Antennen sowie die Polymer-Chip- und Polymer-Antennen-Entwicklung, die zu einer deutlichen Verringerung der in Milliarden-Stückzahlen benötigten Transponder führen soll. Ab Kosten von etwa 1 US Cent scheint derzeit die Massenverwendung von RFID auf Artikel- und Verpackungsebene greifbar.

Momentan bietet sich der Einsatz im Konsumgüterbereich somit vornehmlich bei hochwertigen Produkten wie Elektronikprodukten, Textilien, CDs, DVDs oder Parfum bzw. deren Verpackungen an, da hier die Transponderkosten in Relation zum Produktpreis gering sind (siehe Bild 3). Hier wird RFID für das Lagermanagement, den Markenschutz oder zur elektronischen Sicherung der Waren eingesetzt.

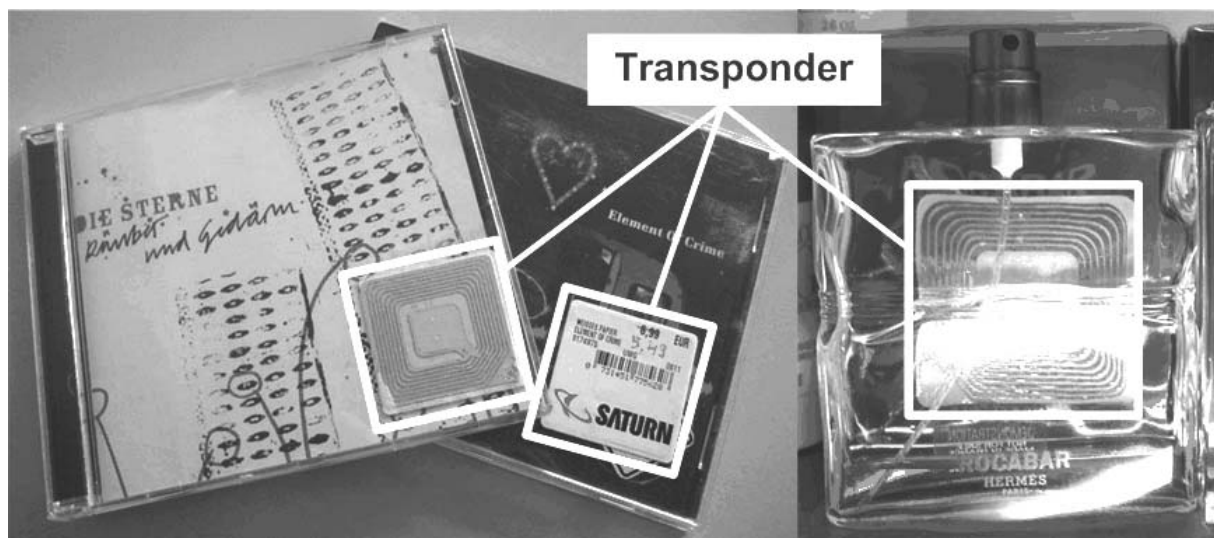


Bild 3: Mit Transpondern gekennzeichnete hochwertige Konsumgüter

Verschiedene Entwicklungen fördern einen verstärkten Einsatz von RFID auf Artikel-ebene. Besonders sinkende Transponderpreise erlauben zunehmend auch aus ökonomischen Gesichtspunkten die Ausstattung einzelner Produkte. Der technische Fortschritt im RFID-Sektor ermöglicht dabei auch den Einsatz in offenen Anwendungen (open loops), wie er in der Entsorgungswirtschaft erforderlich ist. Bei diesen offenen Anwendungen nutzen mehrere Akteure denselben RFID-Transponder für teilweise unterschiedliche Zwecke entlang des gesamten Lebenszyklus. Besonders technologische Entwicklungen wie Multifunktionslesegeräte, die Transponder verschiedener Frequenzbereiche auslesen können, oder on-metal-Transponder, die auch in einer metallischen Umgebung ausgelesen werden können, begünstigen besonders die Verwendung in dem speziellen Anwendungsgebiet der Entsorgungswirtschaft.

Mit dem elektronischen Produktcode (EPC) besteht bereits eine standardisierte Datenstruktur von Handelsartikeln. Durch den EPC sollen weltweit Produkte eindeutig gekennzeichnet werden, wobei zusätzliche Informationen wie

- Daten über Konstruktion, Produktion, Versand, Verkauf, Wartungs- bzw. Verfallsdaten,
- Echtheitszertifikat, Gebrauchsanweisung,
- Auslieferung des Objektes auf bestimmten Paletten sowie sein Verbleib in der Lieferkette,

dezentral gespeichert und durch das Internet zur Verfügung gestellt werden. Diese Informationen werden in verwalteten, globalen Netzwerken den Herstellern und Verbrauchern zur Verfügung gestellt [BMBF 2007]. Eine eindeutige Identifikation in dieser Form sowie die dargebotenen Serviceelemente ließen sich auch in der Entsorgungswirtschaft verwenden, sofern die Datenübertragung an RFID-Lesegeräten in der Entsorgungsphase gewährleistet ist und entsorgungsrelevante Informationen über diesen Weg zuständigen Entsorgern verfügbar gemacht werden.

6 Wie können die Informationen gekennzeichnete Produkte in der Entsorgungswirtschaft ausgelesen werden?

Ein Transponder und damit das verbundene Produkt werden in der Regel mit einer eindeutigen Kennung in Form einer Transponderidentifikationsnummer oder standardisierten Formen wie einem EPC beschrieben. Über diese Kennung ist das Produkt eindeutig identifizierbar und autorisierten Nutzern wird es möglich, auf im Internet bereitgestellte Datenbanken mit weiterführenden Informationen zuzugreifen. RFID kann im Entsorgungswesen für ein gezieltes Stoffstrom- und Informationsmanagement eingesetzt werden, soweit folgende Voraussetzungen gewährleistet sind [Groh et al. 2009b]:

- die Ausstattung von Produkten und Verpackungen mit RFID-Transpondern, dem sogenannten „item-tagging“,
- die Speicherung entsorgungsrelevanter Informationen auf den Transpondern und/oder auf zugreifbaren Datenbanken,
- die Funktionsfähigkeit dieser Transponder in der Entsorgungsphase und der Verbleib am Produkt,
- die Installation kompatibler RFID-Systeme in den Teilprozessen der Entsorgungswirtschaft, z. B. in Erfassungs- und Behandlungsprozessen.

Die grundsätzlichen Voraussetzungen sind pauschal formuliert. Besonders in der Entsorgungswirtschaft, in der verschiedenste Altprodukte und Materialien vermisch in Abfallströmen erfasst werden und mitunter extreme Umgebungsbedingungen herrschen können, ist ein sehr robustes und umfassendes RFID-System erforderlich. Neben diesen noch bestehenden technischen Herausforderungen besteht ein Bedarf nach Standardisierungen im Bereich des item-taggings. Darüber hinaus müssen die im Internet bereitgestellten Datenbanken aufgebaut und verwaltet werden.

Grundlage für die Verwendung von RFID in der Entsorgungsphase oder in Entsorgungsprozessen bilden die Erfahrungen von RFID-Anwendern anderer Wirtschaftszweige. Aus etablierten Anwendungen und eventuell vorhandenen Standards können Erkenntnisse auf die jeweilige Problemstellung im Entsorgungsbereich abgeleitet und eine Implementierung maßgeblich erleichtert werden. Ein Beispiel dafür ist die Ausstattung von Müllbehältern mit RFID-Transpondern zur Erhebung verursachergerechter Abfallgebühren, bei deren Einführung auf die Erfahrungen logistischer Anwendungen zurückgegriffen werden konnte [Löhle, Urban 2008].

Ein anderes Beispiel, von dem sich Funktionsprinzipien auf den Entsorgungsbereich ableiten lassen, ist der Einsatz von RFID in Bibliotheken. RFID-Systeme werden bei der Registrierung, Abrechnung und Sortierung zurückgegebener Bücher in Bibliotheken verwendet. Sämtliche Bücher sind mit smart labels ausgestattet, die an zentralen Rückgabeorten von RFID-Lesegeräten erkannt, automatisch rückgebucht und für das spätere Einstellen in das Regal vorsortiert werden können. Diese Anwendung ist auf Abfallströme übertragbar, wo Sortierprozesse und automatische Dokumentationen unerlässlich sind. Neben bepfandeten Produkten könnte ein ähnliches Funktionsprinzip bei der Rücknahme z. B. von Batterien oder Elektroaltgeräten eingesetzt werden.

7 Bei welchen Produktbereichen respektive Abfallfraktionen bietet sich der Einsatz von RFID in der Entsorgungswirtschaft an?

Die Beantwortung dieser Fragestellung kann aus verschiedenen Sichtweisen erfolgen. Zum Beispiel bieten sich Produktbereiche an, in denen RFID bereits verstärkt auf Artekelebene eingesetzt wird. Hierzu zählen u. a. der Textil- und Automobilsektor.

Der Textilhandel nutzt RFID auf Produktebene, z. B. als Plagiat- und Diebstahlschutz, zur Verbesserung der logistischen Prozesse beim Transport, im Lager und im Verkaufsraum. Der Vorteil von Textilien ist, dass das Auslesen der Transponder durch den Stoff mit heutigen RFID-Lesegeräten zuverlässig möglich ist. Die Transponder werden in Stoffetiketten eingewebt und in die Kleidung eingenäht oder befinden sich im Verkaufsetikett. Eingenähte Transponder werden beim Verkauf vom Händler nicht entfernt und verbleiben an der Kleidung, so dass sie bei der Entsorgung der Kleidung benutzt werden können. In der Entsorgungsphase könnten die Informationen die Sortierung der gesammelten Alttextilien unterstützen und erlauben die Gewinnung sortenreiner Fraktionen für die weitere Verarbeitung.

Auch im Automobilbereich ist die Verwendung der RFID-Technologie bereits weit fortgeschritten. Transponder werden z. B. zur Identifizierung von Autos auf großen Plätzen, zur Kennzeichnung von Behältern, für Materialabrufe an den Fertigungsstraßen und zur stellplatzgenauen Ortung von Objekten eingesetzt. In der Herstellung findet RFID Verwendung im Rohbau, beim Lackieren, in der Montage, bei der

Fahrzeugdistribution und wird teilweise bereits für die Identifizierung einzelner Bauteile eingesetzt. In der Automobilindustrie sind Ansätze für den lebenszyklusübergreifenden Einsatz von RFID bereits erkennbar. Der Verband der Automobilindustrie hat z. B. die VDA-Empfehlung 5520 herausgegeben, die den Einsatz von RFID-Komponenten zwischen Hersteller, Logistik-Dienstleister und Händler standardisiert. Teilweise werden bei der Herstellung der Bauteile (z. B. Cockpits oder Stoßfänger) RFID-Transponder verwendet, die nach der Herstellung am Bauteil verbleiben und sich damit auch während der Nutzung und der späteren Entsorgung im Auto befinden. Wenn einzelne Bauteile mit Transpondern gekennzeichnet und nutzbar sind, könnte der Autoverwerter im Demontageprozess darauf zugreifen. Jedes Teil ist somit bereits vor der Demontage eindeutig identifizierbar und der Automobilhersteller kann dem Autoverwerter über den Transponder Demontageanweisungen und Hinweise über die Kompatibilität der Bauteile übermitteln. Zusätzlich können die immer wiederkehrenden Inspektionen, Wartungen und Reparaturen vermerkt werden, so dass der Autoverwerter schließlich eine Entscheidungshilfe bekommt, ob sich der Ausbau des Bauteils zur Verwendung als Gebrauchtteil oder wegen seiner Materialzusammensetzung lohnt. Soll das Bauteil wiederverwendet werden, kann der Autoverwerter seinerseits auf den Transponder nach einer Qualitätsprüfung vermerken, welche Qualitätsklasse das Gebrauchtteil nach VDI-Richtlinie 4080 erfüllt. Der Autoverwerter kann außerdem die ohnehin an den Bauteilen befestigten Transponder nutzen, um sein Lager zu verwalten.

In beiden angeführten Produktbereichen könnte der bereits im Herstellungsprozess angebrachte Transponder für die jeweilige Einsatzoption in der anschließenden Entsorgungsphase „nachträglich genutzt“ werden. Vorstellbar ist aber auch, dass aufgrund von umweltrechtlichen Zielsetzungen der Gesetzgeber eine Anbringung von RFID-Transpondern an Neuprodukte für den vornehmlichen Zweck des Einsatzes in der Entsorgung stärker verfolgt. Dies bietet sich vor allem in inhomogenen und schadstoffhaltigen Abfallgemischen wie Elektro- und Elektronikaltgeräten (EAG) an.

8 Wie kann der Einsatz von RFID im Elektroaltgeräte recycling zukünftig aussehen?

Mögliche Treiber für eine flächendeckende Kennzeichnung von Elektro(nik)produkten mit RFID können u. a. steigende Preise und die mangelnde Verfügbarkeit metallischer Rohstoffe sein. Der Produktverantwortliche hat gemäß § 13(6) ElektroG die Verpflichtung, über sämtliche in Verkehr gebrachte Elektro(nik)geräte produktspezifische und entsorgungsrelevante Informationen den Akteuren der Erstbehandlung von EAG verfügbar zu machen. Um die Wertschöpfung enthaltener Materialien zu steigern und die bisher vernachlässigte Wiederverwendung von kompletten EAG oder deren Bauteile stärker zu priorisieren, kann diese Informationsübermittlung über das Medium RFID erfolgen. Mit der in § 7 ElektroG vorgeschriebenen Kennzeichnungs-

pflicht hat der Gesetzgeber das für den RFID-Einsatz im Elektroaltgeräte-recycling notwendige Grundgerüst bereits vorgegeben. Anstelle der ausschließlich optischen Kennzeichnung wird diese um elektronisch verfügbare Informationen ergänzt. Im Folgenden wird skizziert, wie ein zukünftiges Szenario der Nutzung von RFID beim Elektroaltgeräte-recycling aussehen kann.

Auf den Transpondern ist eine standardisierte, eindeutige Identifikationsnummer hinterlegt, die in der Zahlenfolge Hersteller, Gerätekategorie und Gerätetyp benennt und den Zugang auf im Internet bereitgestellte Datenbanken ermöglicht. Diese enthalten detaillierte Informationen zum jeweiligen Produkt, wie z. B. Angaben über das Herstellungsdatum, Gewicht, Materialzusammensetzung, oder auch umfangreiche Demontageanleitungen. Diese Informationen können sich z. B. an der öffentlich verfügbare Spezifikation PAS 1049 orientieren, die eine standardisierte Form der „Übermittlung recyclingrelevanter Informationen zwischen Herstellern und Recycling-unternehmen“ in Form eines Recyclingpasses vorschlägt. Im Einzelnen beinhaltet der Recyclingpass Informationen über Lage, Art und Menge von Komponenten und Bauteilen,

- die zu entfernen sind (inkl. Zerlege-Reihenfolge und Hinweisen zur schnelleren Demontage),
- die gesondert behandelt werden müssen,
- die den Recyclingprozess stören,
- die Erlöse als Ersatzteile bzw. Wertstoffe erzielen

sowie Aussagen über die Eignung der verbauten Materialien zum Recycling, für die energetische Verwertung sowie für die Beseitigung (siehe www.recyclingpass.com der KERP Engineering GmbH).

Nach der Sammlung der EAG durch den Handel oder öffentlich rechtliche Entsorgungsträger, wird der Inhalt eines Altgerätecontainers nach der Anlieferung durch den zentralen Altgeräteeingangspunkt geführt, an dem eine Vorsortierung der gekennzeichneten Einzelgeräte per RFID stattfindet. Höhere Stückzahlen werden per Gurtförderer durch stationäre RFID-Lesegeräte gefahren (siehe Bild 4 – links), die als gate ausgestaltet sind, und anschließend vollautomatisch in die entsprechende Behandlungsschiene geschickt. Größere Geräte wie Waschmaschinen oder Kühlgeräte können durch den Mitarbeiter per Handlesegerät oder smarterer Arbeitskleidung, wie einem vom Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF) konstruierten Handschuh, der gleichzeitig RFID-Lesegerät ist (siehe Bild 4 – rechts), ausgelesen werden.

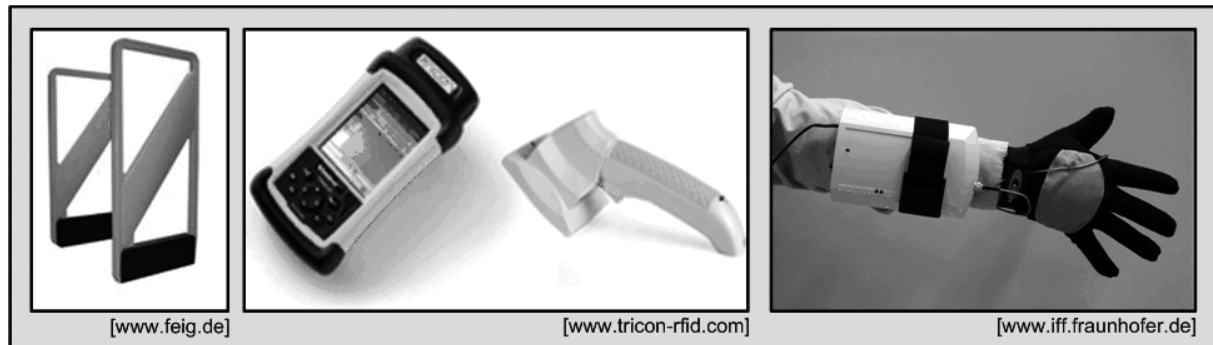


Bild 4: Verschiedene technische Ausgestaltungen von RFID-Lesegeräten: stationäres gate (links), mobile Handlesegeräte (Mitte), in Arbeitskleidung integriertes Lesegerät (rechts)

Die Übermittlung der Geräteart und der produktspezifischen Materialzusammensetzung beim Altgeräteeingang ermöglicht die Bilanzierung im Entsorgungsbetrieb auf Stoff- und Produktebene und dokumentiert die notwendigen Nachweispflichten. Über eine Bewertungsmatrix am Eingang des Behandlungsprozesses wird aufgrund der unterschiedlichen Materialzusammensetzung der jeweiligen EAG der optimale weitere Behandlungsprozess vorgegeben. Die Vorsortierung erfolgt in drei Kategorien:

- Altgerät zur möglichen Wiederverwendung: Eignet sich ein EAG aufgrund seiner Merkmale (z. B. Alter, Typ, Hersteller) für eine mögliche Wiederverwendung, wird es dem Abfallstrom entzogen und einem separaten Arbeitsplatz zugeführt, an dem das Gerät auf Funktionsfähigkeit geprüft, repariert und gesäubert wird.
- Altgerät zur Wert- und Schadstoffentfrachtung: In diesen Behandlungsweg gelangen EAG, die ein erhöhtes Schadstoffpotenzial bzw. Komponenten aufweisen, die vor einer weiteren Behandlung im Aufbereitungsprozess entfernt werden müssen (z. B. Tonerkartuschen aus Kopiergeräten, Akkumulatoren – weitere gemäß Anhang 3 ElektroG). Die Lage und Art des Schadstoffes sind durch die übermittelten Informationen bekannt, wodurch sich der Aufwand für die Prüfung und Demontage potenziell schadstoffhaltiger Geräte verringert. Weisen die EAG einen besonderen Wertstoffgehalt z. B. in Form von Leiterplatten auf, werden diese in einer weitgehend zerstörungsfreien Demontage manuell oder automatisiert aus dem Gerät entfernt. Bei entsprechenden Sortierkriterien werden so auch Bauteile und Materialien gewonnen, die seltene Metalle in Kleinstmengen enthalten.
- Altgerät ohne differenzierten Arbeitsaufwand (Shredderfraktion): Bestimmte EAG haben weder einen auffälligen Wertstoff- noch Schadstoffgehalt (z. B. Haushaltskleingeräte wie Kaffeemaschine, Toaster, ...) und können direkt den Aufbereitungsprozessen (Shredder) zugeführt werden, um aufwändige Sichtungen und Prüfungen zu vermeiden.

Die Darstellung in Bild 5 verdeutlicht, an welchen Prozessschritten in der Behandlung von EAG die RFID-Technologie eingesetzt wird (punktiert umrandet).

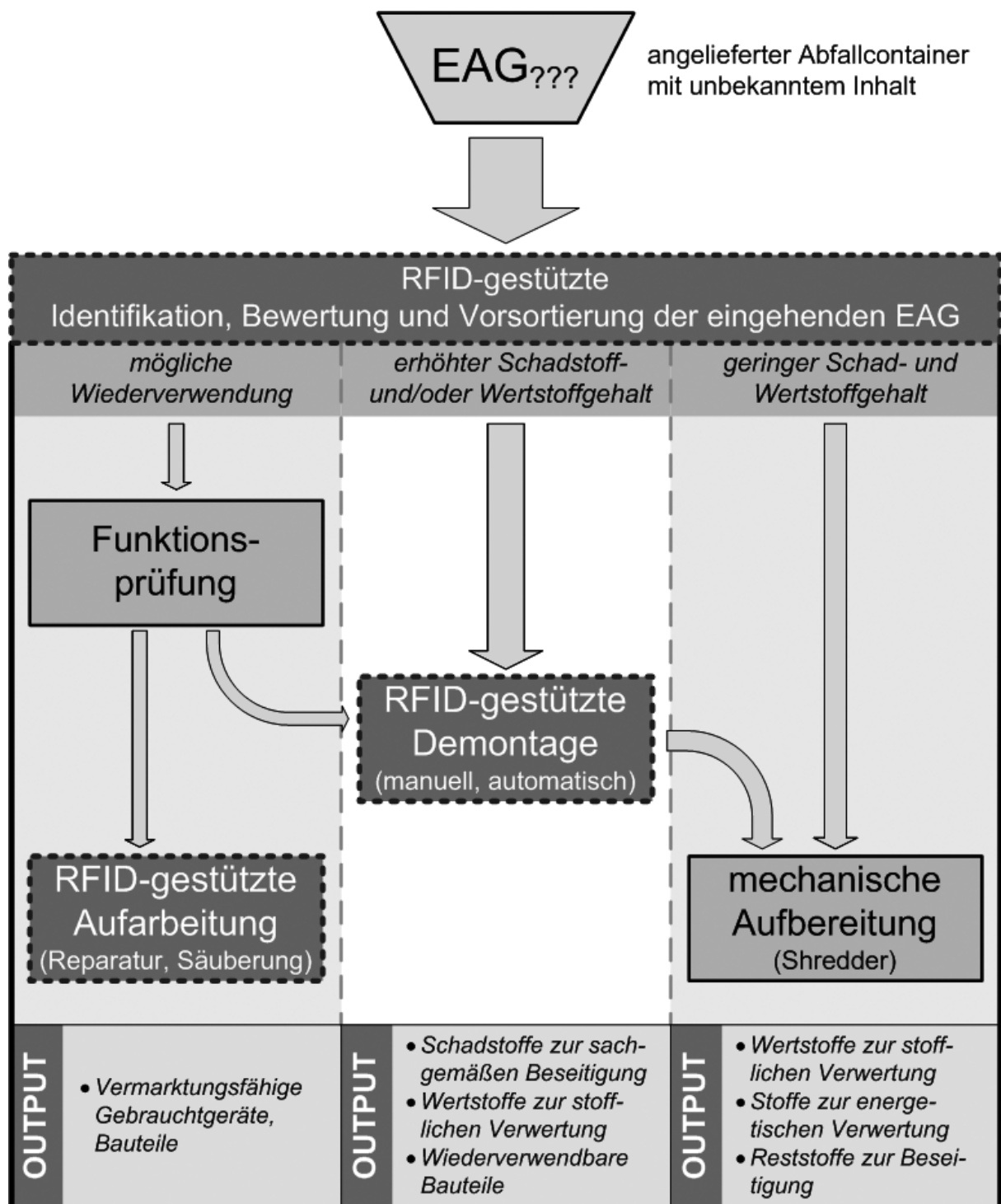


Bild 5: Verfahrensablauf einer RFID-unterstützten Elektro(nik)altgerätebehandlung

Die Unterstützung des Behandlungsprozesses ist aber nur eine Facette, wie RFID nutzbringend implementiert werden kann. RFID bietet für die Hersteller von Elektro(nik)geräten das Potenzial, ihre Herstellerverantwortung verstärkt wahrzunehmen, indem ihre jeweiligen EAG in einem kollektiv gesammelten Altgerätestrom eindeutig identifiziert und gegebenenfalls sogar zurückgeführt werden können, um diese Geräte separiert von den Geräten anderer Hersteller zu behandeln.

Zumindest für Teilfraktionen kann zukünftig bei zunehmender Kennzeichnung von Elektro(nik)geräten mittels RFID eine „Echtzeitentsorgungskostenzuweisung“, d. h. die Zuordnung der Entsorgungskosten der tatsächlich im Rücklauf befindlichen EAG, umgesetzt werden. Menge und Art der per RFID eindeutig identifizierten Altgeräte können bei der Sammlung oder Erstbehandlung automatisch dokumentiert werden. Die Vergütung der Entsorgungsleistung erfolgt dann auf Basis der sich tatsächlich im Rücklauf befindlichen Geräte des Herstellers [Kuhnhenh, Urban 2006]. Diese Mengen müssten aus der bisher verfolgten Entsorgungskostenberechnung über entsprechende Nachweise ausgenommen werden. Eine Datenbereitstellung über Erfassungszeitpunkt und -ort der Altgeräte seitens der Entsorgungswirtschaft gibt dem Hersteller wichtige Informationen über die Verbreitung seiner Produkte, ihren Verbleib während des Lebenszyklus sowie ihre Lebensdauer [Löhle et al. 2009].

9 Fazit – ist oder wird RFID ein Medium für eine innovative Kreislaufwirtschaft?

RFID ist bereits ein Medium der bestehenden Kreislaufwirtschaft. Die Verwendung ist allerdings derzeit auf den Einsatz gekennzeichnete Ladungsträger im Rahmen der Entsorgungslogistik beschränkt. Einen innovativen Charakter bekommen Anwendungen von RFID in der Kreislaufwirtschaft dann, wenn das einzelne Produkt „intelligent“ – also in der Lage ist, selbst Daten zu übermitteln, die für seine Verwertung, Weiterverwendung oder Beseitigung erforderlich sind. Dabei treten RFID-Transponder bereits in verschiedensten Abfallströmen auf, doch deren Potenzial liegt derzeit noch brach, da über diese Transponder keine Übermittlung verwertbarer Informationen erfolgt. Schlimmer noch – diese zusätzlich angebrachten Transponder erzeugen einen Sekundärabfall, der unter Umständen negative Einflüsse auf bestehende Verwertungsprozesse hat [Erdmann, Hilty 2009].

Der vollständige Zugriff auf produktspezifische Daten ist für die Kreislauf- und Abfallwirtschaft äußerst vielversprechend. Mittlerweile haben sich die Erwartungen an die RFID-Technologie allgemein relativiert und abgeschwächt. Dies hat den durchaus positiven Effekt, dass nicht wie zuvor versucht wird, RFID als Allheilmittel in die verschiedenen Prozesse zu implementieren, sondern zielgerichtet bestehende Problemstellungen spezifisch zu lösen. Ähnlich wird es auch in der Kreislaufwirtschaft sein. Das dargebotene Potenzial des Transfers produktspezifischer Daten in die Entsorgungsphase ist immens. Es muss aber hinterfragt werden, bei welchen Teilbereichen oder Abfall- bzw. Altproduktströmen RFID sinnvoll eingesetzt werden kann. Abfallströme, für die das der Fall sein kann, sind mit Alttextilien, Automobilen und Elektro(nik)altgeräten beispielhaft benannt.

Auch wenn über die gekennzeichneten Einzelprodukte entsorgungsrelevante Informationen übermittelt werden können, hat RFID in erster Linie eine unterstützende

Funktion in den bereits bestehenden Aufbereitungs- und Behandlungsprozessen. RFID erlaubt an dieser Stelle, flexibler mit dem jeweiligen Abfallstrom umzugehen, indem z. B. bestimmte sortenreine und vermarktungsfähige Materialien abgezogen oder Schadstoffe gezielt entfrachtet werden können. Das geht aber nur, wenn produktspezifische Daten von den Herstellern zur Verfügung gestellt werden und der Verbraucher nicht aufgrund datenschutzrechtlicher Bedenken auf die Deaktivierung des Transponders besteht. Ersteres erfordert eine starke Vernetzung zwischen Produktion und Entsorgung und die Schaffung beiderseitiger Anreize, letzteres eine umfangreiche Aufklärung hinsichtlich des ökologischen Nutzens und der datenschutzrechtlichen Unbedenklichkeit.

RFID kann zukünftig Medium einer innovativen Kreislaufwirtschaft sein. Auf dem Weg dorthin müssen die Akteure der Kreislaufwirtschaft frühzeitig in die technologischen Entwicklungen und Standardisierungen einbezogen werden.

10 Literatur

- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): RFID-Studie – Technologieintegrierte Datensicherheit bei RFID-Systemen (2007) 146 S.
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnologie (BSI) (Hrsg.): Risiken und Chancen des Einsatzes von RFID-Systemen (2004) 128 S.
- Erdmann, L.; Hilty, L.: Einfluss von RFID-Tags auf die Abfallentsorgung“, Texte 27 im Auftrag des Umweltbundesamtes (2009) 190 S.
- Finkenzeller, K.: RFID-Handbuch, 5. Auflage, Hanser Verlag, München Wien (2008) 528 S.
- Groh, H.; Jandt, S.; Löhle, S.: Funksignale aus dem Abfall, Müllmagazin Nr. 2 (2009) 48/52
- Groh, H.; Jandt, S.; Löhle, S.: Dem Abfall auf der Spur, RECYCLINGmagazin, Ausgabe 8 (2009) 30/31
- Kern, C.: Anwendungen von RFID-Systemen, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin (2007) 242 S.
- Löhle, S.; Groh, H.; Urban, A.: Wahrnehmung der individuellen Herstellerverantwortung und Verfahrensoptimierung durch RFID-Technologie, Bilitewski, Werner, Janz (Hrsg.) Beiträge zu Abfallwirtschaft / Altlasten Band 62, Tagungsband zur Fachtagung Brennpunkt ElektroG - Umsetzung, Defizite, Notwendigkeiten am 23. April (2009) 47/58
- Löhle, S.; Urban, A.: Neue Wege: Potenziale von RFID in der Entsorgungswirtschaft, Müllhandbuch (Loseblattsammlung), Band 1 Kennziffer 0155 (2008) 23 S.
- Kuhnhenh, K.; Urban, A.: Individuelle Produktverantwortung für Elektroaltgeräte – Durch RFID zum Ziel?, Müll und Abfall, Heft 12 (2006) 638/644

Verwendete Rechtsnormen, Richtlinien und Empfehlungen

Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (Elektro- und Elektronikgerätegesetz - ElektroG) vom 16. März 2005

(BGBl. I S. 762), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 19. Juli 2007 (BGBl. I S. 1462)

Publicly Available Specification (PAS) 1049: Übermittlung recyclingrelevanter Produktinformationen zwischen Herstellern und Recyclingunternehmen - Der Recyclingpass, Dezember 2004

Verband der Automobilindustrie (VDA) Empfehlung 5520: RFID in der Fahrzeugdistribution, SFVR – Standardisierung von Fahrzeug-Versand-Informationen für den RFID-Einsatz, September 2008

Verein Deutscher Ingenieure (VDI) Richtlinie 4080: Automobilverwertung, Qualität von Kfz-Gebrauchtteilen, Juli 2005

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

Der Einsatz der RFID-Technologie im Einzelhandel Fallstudie: Karstadt Warenhaus GmbH

Tom Vieweger
RF-iT Solutions GmbH, Düsseldorf

Schriftenreihe des
Fachgebietes Abfalltechnik
Universität Kassel
Kassel 2009

1 Einleitung

Die allgemeine Kaufzurückhaltung vieler Konsumenten, aufgrund der Unsicherheit am Arbeitsmarkt sowie in der persönlichen Zukunftsplanung, hat in weiten Teilen des Einzelhandels zu einer Umsatzstagnation auf gleichzeitig wachsenden Flächen geführt. Der Kampf um Marktanteile ist intensiver geworden, die Margen fallen entsprechend knapp aus.

Kurz: Der Wettbewerb ist härter geworden, Konsumenten werden zunehmend kritischer und zurückhaltender. Das erfordert auf Seiten des Handels zum einen die Optimierung der Geschäftsabläufe, um damit Einsparungspotenziale zu heben und zum anderen neue Konzepte zu entwickeln und neue Technologien zu etablieren, um sich verändernde Kundenbedürfnisse besser befriedigen zu können.

Beispiele dafür sind alternative Bewirtschaftungsformen, Demand- und Supply Chain Management Systeme sowie der Einsatz der zukunftsweisenden RFID-Technologie. Innovative Ideen sind die beste Antwort auf die Herausforderungen von heute und ein strategisch wichtiger Schritt für eine erfolgreiche Zukunft.

2 Praxisbeispiel: Karstadt Warenhaus GmbH

Die Karstadt Warenhaus GmbH, eines der führenden Warenhausunternehmen in Europa, hat mit RF-iT Solutions das Warenmanagement mit modernster RFID-Technologie optimiert und ist mit der für den textilen Einzelhandel maßgeschneiderten Lösung You-R[®] RETAIL Initiator des Projektes „RFID - Optimierung Verkaufsprozesse“.

Im Laufe der mehr als 125jährigen Unternehmensgeschichte wurde der Name Karstadt zum Synonym für das Warenhaus in Deutschland. Mit 90 Warenhäusern, darunter auch die großen Luxuskaufhäuser KaDeWe, Alsterhaus und Oberpollinger, sowie 32 Sporthäusern ist Karstadt heute in vielen deutschen Innenstädten die Einkaufsstätte Nummer 1.

Auf Verkaufsflächen von insgesamt 1,664 Mio. Quadratmetern, die täglich von bis zu 3 Millionen Kunden besucht werden, präsentiert sich modernes Ambiente, herausragendes Serviceniveau und ein Sortiment mit Marken im mittleren bis oberen Preissegment.

Mit dem RFID Projekt auf Artekelebene übernimmt das Handelsunternehmen eine weltweite Pionierrolle. Die Karstadt Warenhaus GmbH startete bereits im Jahr 2007, Filialprozesse in textilen Warenbereichen durch die Nutzung der innovativen RFID Technologie zu optimieren.

Rainer Jilke, Projektleiter RFID bei Karstadt:

„Dieses Projekt ist wegweisend und erzeugt einen Mehrwert für Kunden und Unternehmen.“

Auf 2.500 Quadratmetern sind in der Abteilung Herrenbekleidung des Düsseldorfer Warenhauses sämtliche Einzelartikel mit RFID Etiketten ausgestattet. Der gesamte Warenfluss wird mit seinen Teilprozessen über RFID gesteuert, mit dem Ziel Verkaufsprozesse zu optimieren und größtmögliche Bestandstransparenz zu schaffen.

Nicht nur das Unternehmen selbst, das nun einen vollständigen Überblick über alle Bestände hat, sondern auch die Karstadt-Kunden, die ihr gewünschtes Produkt mit allen Größen und Farben jederzeit am Point of Sale vorfinden, profitieren von den Vorteilen der neuen Technologie.

Ziel ist es, die Warenverfügbarkeit deutlich zu steigern, damit die Ware für den Kunden präsent ist. Stehen die Artikel nicht zur richtigen Zeit in der richtigen Menge auf der Verkaufsfläche zur Verfügung, so besteht das Risiko, dass die Ware überhaupt nicht oder nur zu einem reduzierten Preis verkauft werden kann. Durch RFID ergeben sich hier große Nutzensvorteile im Bestandsmanagement durch mehr Präzision in den Inhouse-Logistik Prozessen.

Die RFID Etiketten werden im Pilotzeitraum in einem Verteilzentrum an die Ware angebracht. Damit ist gewährleistet, dass das gesamte Herrenbekleidungssortiment für die Filiale Düsseldorf „getaggt“ ist. Eine erste Erfassung der Artikel findet am Wareneingang des Lagers statt. Anschließend wird am Wareneingang der Filiale die Lieferung automatisch über RFID Antennen-Gates erfasst und mit einem elektronischen Lieferavis abgeglichen. Eine detaillierte Wareneingangskontrolle wird somit durchgeführt. Heute ist eine Leserate von 99,6% nach Aussagen des Unternehmens erreicht.

In der Vergangenheit wurden vollständige Bestandsaufnahmen wegen des sehr hohen Aufwands oft nur einmal im Jahr durchgeführt. Heute ist es mit Hilfe der RFID-Technologie und einem mobilen Handlesegerät möglich, Bestandsaufnahmen regelmäßig, in kurzen Intervallen und ohne großen Aufwand durchzuführen. Anhand der exakten Datenbasis werden nahezu Echtzeit Bestandsdaten zur Verfügung gestellt – die Voraussetzung für exakte automatische Nachbestellungen und eine hohe Warenpräsenz.

3 Integration in die bestehende IT-Infrastruktur

Die wichtigsten Herausforderungen an moderne IT-Systeme sind die Unterstützung bei Prozessoptimierung, Expansion und Kundenbindung. Entsprechend wichtig ist die Integration neuer Technologien in die bestehende Infrastruktur unter der Vorgabe, bestehende Prozesse weiter zu verbessern.

Das RFID-System im Karstadt-Projekt ist derzeit als sog. Stand-Alone-Lösung konzipiert. Das bedeutet, dass die Software unabhängig von den vorhandenen IT-Systemen arbeitet. Einzelne Schnittstellen wurden zum Karstadt-Warenwirtschaftssystem geschaffen, bspw. zur Übertragung von Artikelstammdaten oder Lieferavisen.

4 Zusammenfassung

Herausforderung

- Zeitersparnis: Durch Automatisierung von Zählvorgängen sollen Prozesse beschleunigt werden.
- Transparenz: Durch Detailierung der Lagerorte soll die Warenverfügbarkeit für die Kunden erhöht werden.
- Genauigkeit: Durch schnelle und häufigere Aufnahmen soll die Datenqualität verbessert werden.

Lösungsansatz

- Einsatz von UHF Gen 2 Technologie
- DC und Geschäft sind mit RFID Druckern, Eingangsgates, Handhelds, Smart Shelf und Tablet Readern ausgestattet und via You-R® OPEN gesteuert
- Pre-integrated You-R® RETAIL Lösungen unterstützen verschiedenste Identifikationspunkte
- EPCIS unterstützt

Vorteile

- Verbesserung von Geschwindigkeit und Genauigkeit in Logistikprozessen
- Rechtzeitige Produktverfügbarkeit im Regal erhöht die Verkaufszahlen
- Effiziente Inventarisierung mit Smart Shelf und Handheld ermöglicht Lagerinformation in Echtzeit
- Online-Verbindung der Handheld-Anwendung mit der Master-Datenbank ermöglicht Soll/Ist-Vergleich in Echtzeit
- Hohe Übereinstimmung zwischen Lagerstand und Systemdaten ermöglicht effiziente Prozesskontrolle
- RFID hilft, unproduktive Arbeitsabläufe zu beschleunigen

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

RFID-Funktionalität für Pharmafaltschachteln zum Schutz vor Plagiaten

Dipl.-Ing. Lennart Schulz
Institut für Transport- und Automatisierungstechnik (ITA) an der Leibniz Universität
Hannover

Schriftenreihe des
Fachgebietes Abfalltechnik
Universität Kassel
Kassel 2009

1 Einleitung

In den letzten Jahren hat die Produktpiraterie in der pharmazeutischen Industrie drastisch zugenommen. Allein im Jahr 2008 stieg die Anzahl der an den EU-Außengrenzen beschlagnahmten pharmazeutischen Artikel um 57 % im Vergleich zum Jahr 2007 (über 4 Mio. Stück) an. Die Tatsache, dass gefälschte Arzneimittel eine potentielle Bedrohung für die Gesundheit der Verbraucher darstellen, macht die ansteigende Zahl an sichergestellten Plagiaten in besonderem Maße besorgniserregend. Dass Medikamente in den letzten Jahren immer häufiger Gegenstand von Fälschungen geworden sind, ist auf die hohen Gewinnchancen zurückzuführen. Hierbei werden insbesondere Lifestyle-Präparate nachgeahmt, da sie keinen preislichen Regulierungen unterliegen. Im Rahmen des Projekts EZ-Pharm wird auf Basis der RFID-Technologie ein elektronisches Echtheitszertifikat für Medikamentenverpackungen entlang der Pharmaversorgungskette entwickelt. Das vom Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe (PTKA-PFT) betreute und vom BMBF geförderte Verbundprojekt besteht aus Industrie- und Forschungspartnern, welche in einem Konsortium zusammengeschlossen sind. Das Institut für Integrierte Produktion Hannover entwickelt zusammen mit der Gesellschaft für Standardprozesse im Gesundheitswesen und dem Faltschachtelhersteller Bretschneider eine gesicherte Prozesskette. Für die Entstehung einer elektronisch geschützten Faltschachtel sind sowohl der Präzisionsautomatenhersteller Asem, der Druckmaschinenhersteller Koenig & Bauer als auch der Faltschachtelhersteller Bretschneider und das Institut für Transport- und Automatisierungstechnik der Leibniz Universität Hannover verantwortlich. Seit dem 1. Januar 2008 wird gemeinsam über einen Zeitraum von zweieinhalb Jahren an einem System zur Kennzeichnung und Verfolgung (Tracking & Tracing) von Faltschachteln geforscht.

2 Herstellung einer elektronisch gesicherten Faltschachtel mit RFID

RFID (Radio Frequency Identification) ist ein kontaktloses Identifikationsverfahren. Die Kopplung zwischen Lesegerät und RFID-Transponder geschieht z. B. auf Basis eines magnetischen Feldes (HF – High Frequency) oder über eine elektromagnetische Welle (UHF – Ultra High Frequency) und ist somit ohne Sichtverbindung möglich.

Ein RFID-Transponder (auch RFID-Tag) besteht im Wesentlichen aus einem Chip und einer Antenne. Der Chip wird mit Hilfe von an seinen Anschlüssen vormontierten Kontaktflächen (zusammen als Strap bezeichnet) auf der Antenne fixiert. Die Antenne wird im Rahmen von EZ-Pharm drucktechnisch in einer Offset-Druckmaschine mit Flexo-Druckwerk direkt auf der Innenseite der Verpackung erzeugt. Silberpartikel in der Druckfarbe sorgen hierbei für die erforderliche elektrische Leitfähigkeit. Ein entscheidender Vorteil gegenüber herkömmlichen Verfahren ist die nicht zerstörungsfrei

ablösbare, direkt auf die Faltschachtel gedruckte Antennenstruktur. Bei diesen werden RFID-Tags zum Beispiel zur Prävention vor Ladendiebstahl mit Hilfe einer Klebefolie auf Verpackungen appliziert, die jedoch wieder abgelöst werden kann. Außerdem ist eine gedruckte Antenne deutlich preisgünstiger herzustellen als bei den meisten gebräuchlichen Klebe-Tags, bei denen die Antennenstruktur durch einen Ätz- oder Sputterprozess erzeugt wird. Sie kann im gleichen Produktionsschritt, in dem auch die Beschriftung erzeugt wird, auf die Faltschachtel aufgedruckt werden. Jedoch ist die Herstellung leitfähiger Strukturen im Rahmen eines Flexo-Druckprozesses besonders komplex. Dieses auf hohen Durchsatz ausgelegte Druckverfahren bedient sich fließfähiger also niederviskoser Druckfarben. Diese niederviskosen Farbbestandteile neben den in der leitfähigen Farbe enthaltenen Silberpartikeln werden vom Kartonmaterial anteilig aufgesogen. Somit stehen sie für den anschließenden Trocknungsprozess nicht mehr als Bindeglied zwischen den Silberpartikeln zur Verfügung. Die Leitfähigkeit der drucktechnisch erzeugten Antennenstruktur ist somit signifikant von der Qualität und den technischen Eigenschaften der Druckfarbe abhängig.

Bei der Umsetzung des Konzepts wird auf Basis der UHF-Technologie zwischen Lesegerät und RFID-Tag kommuniziert. Der entscheidende Vorteil ist die durch die elektromagnetische Welle maximal erzielbare Reichweite. Sie wird maßgeblich durch das Antennendesign, die vom Lesegerät emittierte Leistung und durch auftretende Wellenreflexionen beeinträchtigt bzw. bestimmt. Dennoch ist sie deutlich größer als die eines Systems, welches mit Hilfe eines magnetischen Feldes kommuniziert (HF). Hier ist vor allem die Größe der von der Chip-Antenne aufgespannten Fläche von Bedeutung. Je besser sie von einem magnetischen Feld durchsetzt werden kann, desto größer ist die Reichweite des Systems.

Das verwendete UHF-System ermöglicht eine Auslesung der Transponder im Pulk, also die Erfassung mehrerer Transponder in einem Vorgang. Diese Eigenschaft ist vor allem für die praktische Anwendbarkeit des Systems wichtig. So wird dem Distributor eine Erkennung sich in einer Umverpackung befindlichen, elektronisch gekennzeichneten Faltschachteln ermöglicht. Auf diese Weise ist zum Detektieren der elektronischen Faltschachtel entlang der Logistikkette kein Sichtkontakt und auch keine Vereinzelung nötig. Eine Herausforderung stellen hierbei jedoch Flüssigkeiten und metallische Gegenstände dar. Sie können die elektromagnetischen Wellen reflektieren oder sogar absorbieren. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass zurückgeworfene Wellen miteinander interferieren. Diese Interferenzen können stärkenden oder schwächenden Charakter haben und im Extremfall zur vollständigen Auslöschung führen.

Die Prävention vor in den Markt eingebrachten Medikamentenfälschungen wird zum einen durch die geschützte Pharmaversorgungskette gewährleistet. Bereits bei der Herstellung der Medikamente und der anschließenden Verpackung wird jede

Faltschachtel individualisiert und so verschlossen, dass ein zwischenzeitliches Öffnen detektiert werden kann. Der Transponder-Chip wird mit Tracking-Informationen beschrieben, welche mit einer Datenbank synchronisiert werden. Dieser Prozess wird an sämtlichen Distributionspunkten, welche die Faltschachtel durchläuft, wiederholt, wodurch ein einzigartiges bei jeder Faltschachtel unterschiedliches Profil erzeugt wird. Bei der Ausgabe des Medikaments an den Endverbraucher wird das Profil der Faltschachtel mit der Datenbank abgeglichen und somit die Echtheit sichergestellt.

2 Untersuchung der Transponder-Performance

Mit Hilfe eines vollautomatisierten RFID-Prüfstandes (siehe Bild 1) kann am ITA die Leistungsfähigkeit der neu entwickelten Transponder untersucht werden. Anhand von definierten Koordinaten lassen sich systematische und reproduzierbare Messungen durchführen. Der Prüfstand bietet die Möglichkeit, neben der translatorischen Bewegung durch das Leseportal den Ladungsträger für die Faltschachteln, ebenfalls mit einer Rotation zu beaufschlagen. Die RFID-Leseantennen können hierbei horizontal und vertikal um den Ladungsträger herum beliebig positioniert werden. Bei der Verwendung von mehreren Leseantennen werden diese zentral von einem Reader gesteuert. Hierdurch kann bei gezielter Anordnung der Antennen eine deutlich verbesserte Lese- und Schreibfähigkeit der im Pulk vorliegenden RFID-Tags erreicht werden.



Bild 1: RFID-Prüfstand am ITA

Zur Bewertung der Leistungsfähigkeit (Performance) wurden Transponder der ersten Entwicklungsstufe mit gedruckter Antennenstruktur (PAS) zunächst in Einzellesungen untersucht und mit standardisierten selbstklebenden Transpondern (SSA) verglichen. Im Anschluss daran wurden auch Transponder der zweiten Entwicklungsstufe hinzugezogen und alle drei Typen hinsichtlich ihrer Performance bei Pulklesungen gegenübergestellt.

2.1 Einzelperformance

Zur Ermittlung der Einzelperformance der ersten Transponder-Entwicklungsstufe wurden die Transponder horizontal und vertikal (face to face) gegenüber der Lesenantenne ausgerichtet. Bei einer zirkularen Polarisierung und einer Leistung von 2 W (EIRP) wurde die Leserate bei zunehmender Lesedistanz für PAS- und SSA-Transponder ermittelt. Neben inhaltsleeren wurden mit Wasser gefüllte gläserne Tropfflaschen als Faltschachtelinhalt untersucht. Im Fokus der Untersuchungen stand somit die streuende und absorbierende Wirkung von Flüssigkeiten auf die vom Reader abgestrahlte elektromagnetische Welle.

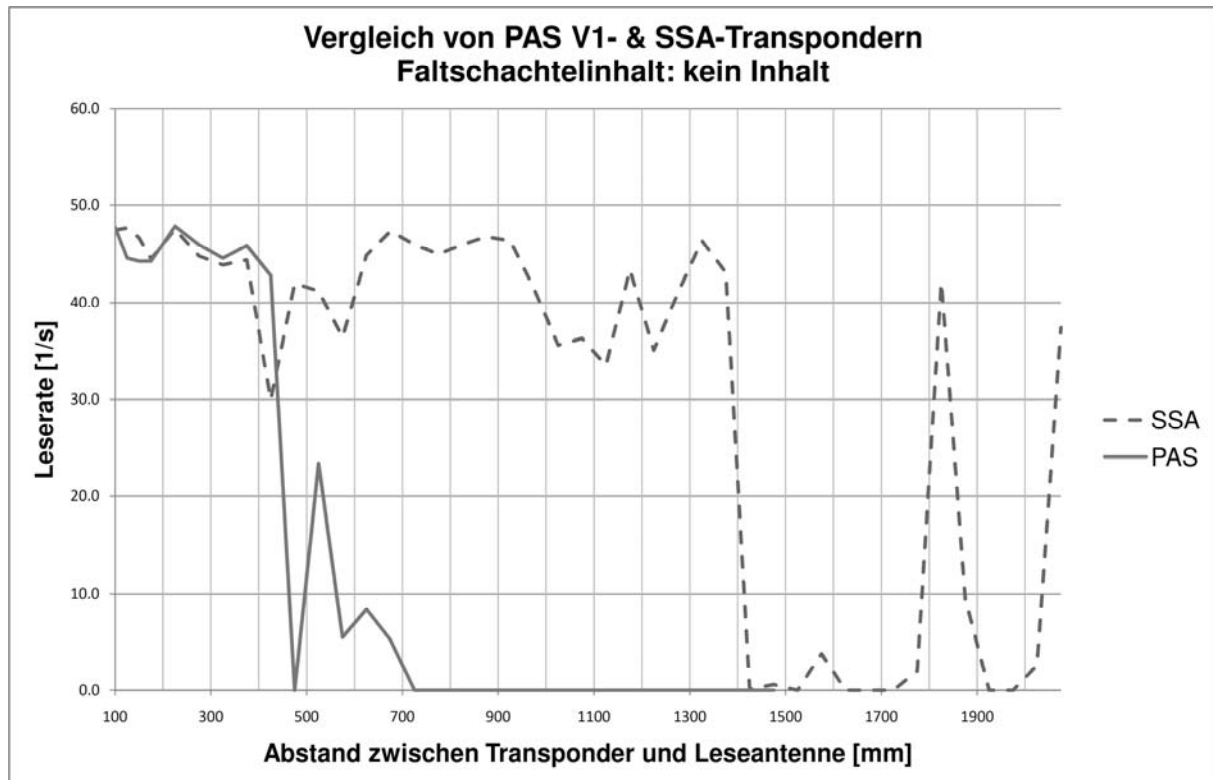


Bild 2: Performance von PAS V1- und SSA-Transpondern bei inhaltsleeren Faltschachteln

Wie aus Bild 2 ersichtlich, kann eine starke Diskrepanz der Performance bei inhaltsleeren Faltschachteln zwischen PAS- und SSA-Transpondern festgestellt werden. Bei einem Abbruchkriterium von 50 % der Ausgangsleserate ermöglichen die standardisierten selbstklebenden Transponder (SSA) eine zuverlässige Lesung bis zu einer Distanz von 1400 mm. Die Transponder mit drucktechnisch hergestellter Antennenstruktur (PAS) erreichen unter gleichen Bedingungen nur eine Lesedistanz von 450 mm.

Betrachtet man nun die Untersuchungsergebnisse von mit wassergefüllten Tropfflaschen (siehe Bild 3) als Faltschachtelinhalt verringert sich der zuvor gravierende Unterschied in den Performances. Die PAS-Transponder erzielen wegen des speziell auf den vorliegenden Anwendungsfall zugeschnittenen Antennendesigns eine vergleichbare Reichweite (430 mm) wie ohne Faltschachtelinhalt. Die Performance der SSA-Transponder verschlechtert sich hingegen maßgeblich. Die maximale Lesedistanz für eine zuverlässige Kommunikation zwischen Reader und Transponder liegt bei Berücksichtigung des o. g. Abbruchkriteriums nur noch bei 630 mm. Es ist also nur noch ein geringer Unterschied in den Performances zwischen den SSA- und PAS-Transpondern feststellbar.

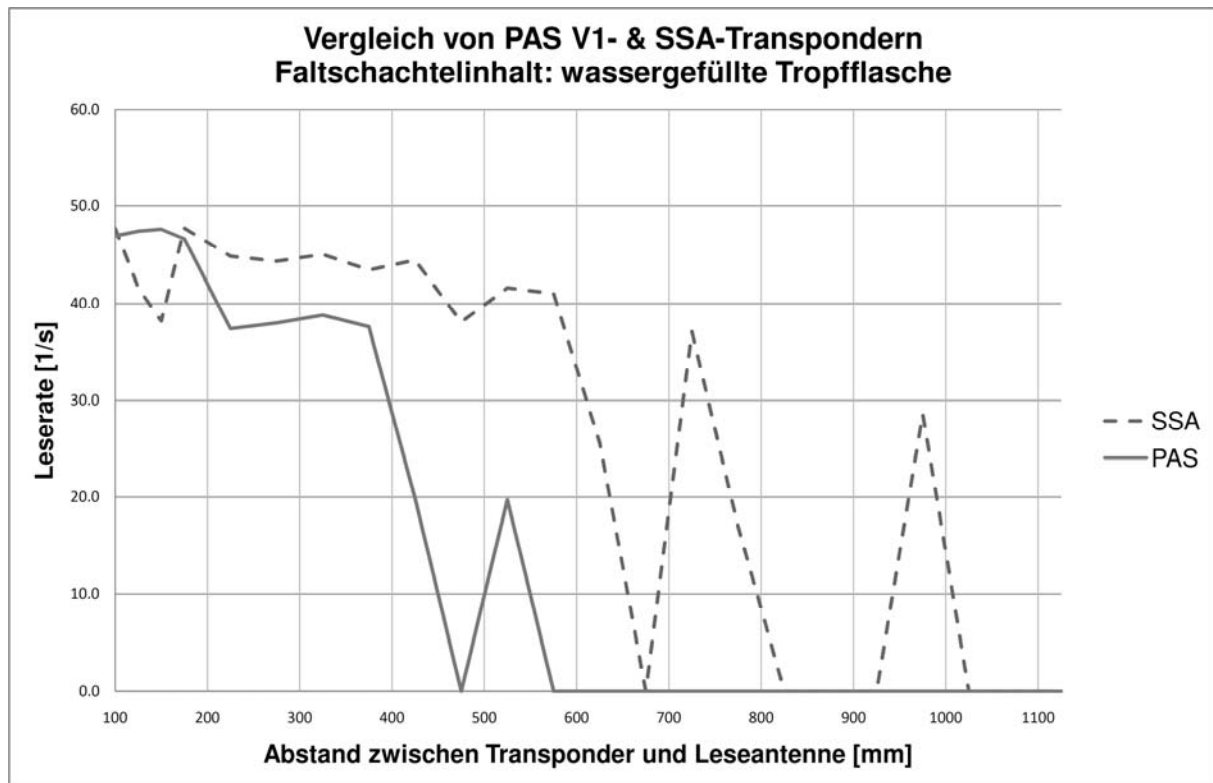


Bild 3: Performance von PAS V1- und SSA-Transpondern bei wassergefüllten Tropfflaschen als Faltschachtelinhalt

Zusätzlich zu der Leserate bei steigender Lesedistanz wurden die Antennenwiderstände der untersuchten PAS-Transponder ermittelt. Aus Bild 4 ist eine starke Korrelation zwischen Antennenwiderstand und Leserate ersichtlich. Diese mit einer Konstantstromquelle bestimmten ohmschen Widerstände fungieren somit als Richtwert für die jeweilige Transponder-Performance. Gegenüber der ersten Transponder-Entwicklungsstufe (25-200 Ω) konnten in der zweiten Entwicklungsstufe Antennenwiderstände $< 10 \Omega$ erzielt werden.

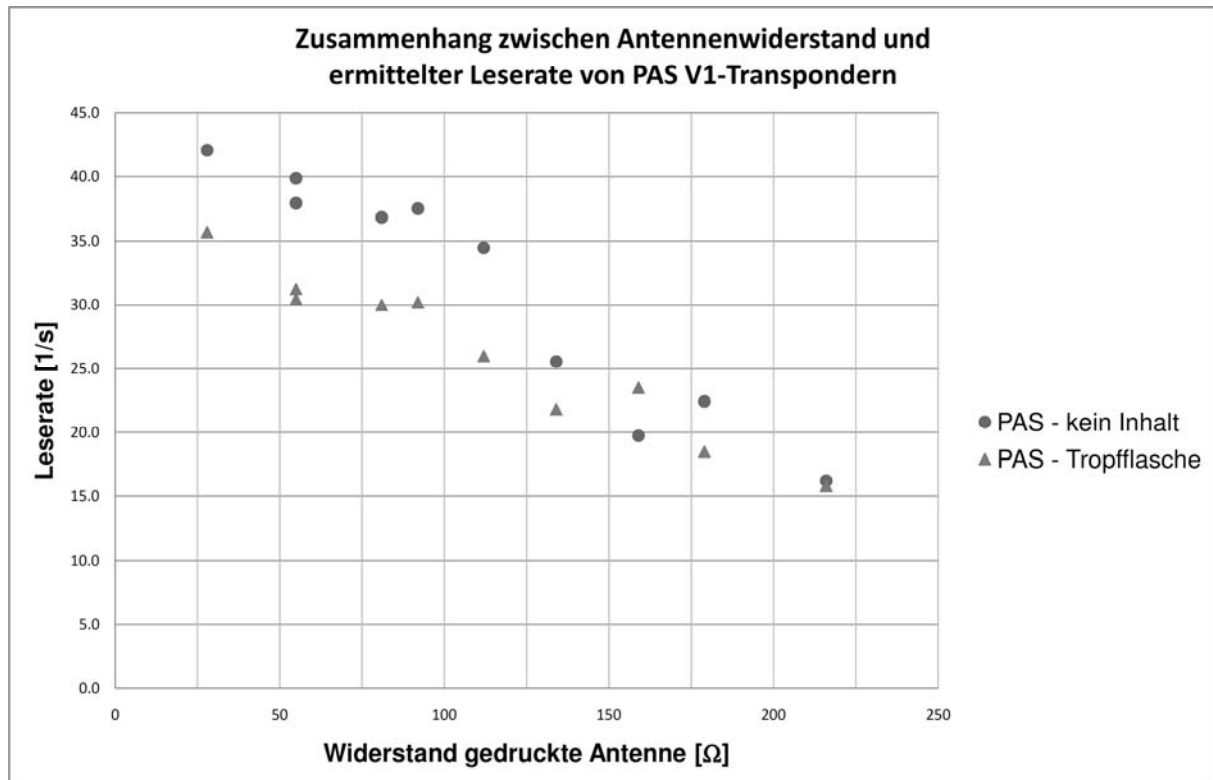


Bild 4: Antennenwiderstand in Abhängigkeit der Leserate von PAS V1-Transpondern

2.2 Pulkperformance

Zur Ermittlung der Pulkperformance wurden drei Leseantennen am Lesegate aktiviert, welche ebenfalls vertikal und horizontal zu den untersuchten Transpondern positioniert sind. Die mit Transpondern (SSA und 1./2. Entwicklungsstufe PAS) ausgestatteten Faltschachteln wurden hierbei im 10er-Pulk (5x2) mit 0°-Querausrichtung und 90°-Längsausrichtung (siehe Bild 5) auf dem Palettenwagen angeordnet. In dieser Versuchsreihe wurden zusätzlich zu den bereits in den Untersuchungen zur Einzelperformance verwendeten wassergefüllten Tropfflaschen eine Kunststoffdose (TwistOff) mit Medikamentenkapseln und Faltschachteln mit einem oder drei Blisterverpackungen als Inhalt betrachtet. Als Streckenstaffelung für die stetig zunehmende Distanz zwischen Palettenwagen und Lesegate wurde ein Weg von 100 mm gewählt. An jedem angefahrenen Messpunkt wird der Palettenwagen mit einer 360°-Rotation beaufschlagt während das Lesegate versucht alle sich im Feld befindenden Transponder zu detektieren. Am ersten Messpunkt befindet sich der Palettenwagen direkt mittig im Lesegate.

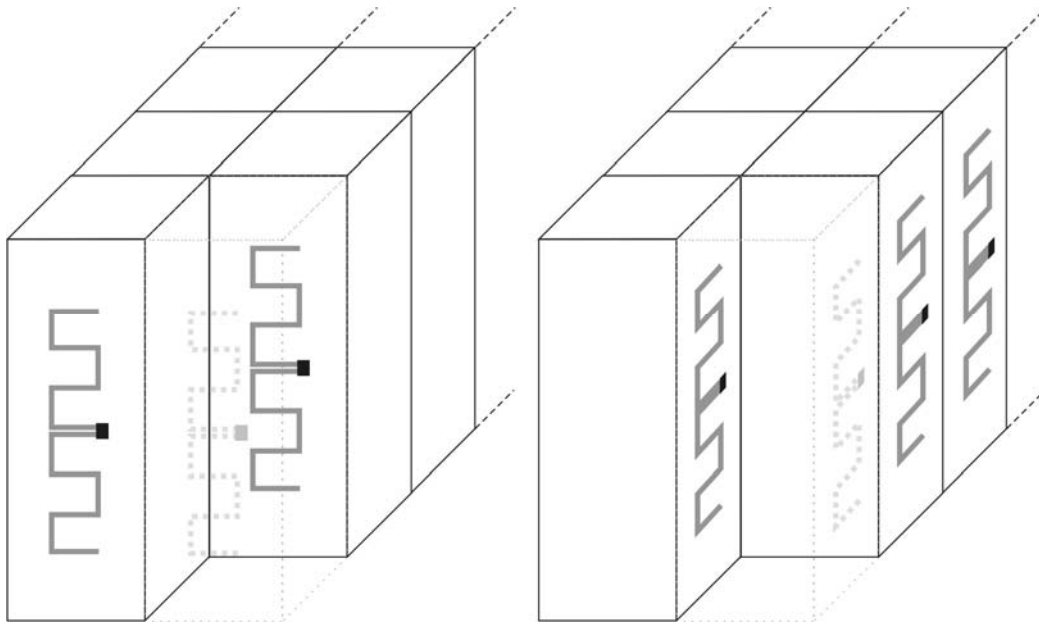


Bild 5: Transponderausrichtung im 10er-Pulk 0° (links) und 90° (rechts)

In Bild 6 ist die Pulkperformance der drei Transpondervarianten für die TwistOff-Verpackung als Faltschachtelinhalt dargestellt. Die standardisierten selbstklebenden Transponder (SSA) zeigen bei beiden Orientierungen (Pos. 1 und Pos. 2) die beste Performance. Aber auch die Transponder mit drucktechnisch erzeugten Antennenstrukturen der zweiten Entwicklungsstufe (PAS V2) zeigen gute Ergebnisse. Gegenüber der ersten Entwicklungsstufe (PAS V1) ist ein signifikanter Leistungsunterschied zu erkennen. Diese sind bei Lesewahrscheinlichkeiten < 30 % nur bis zu einer Distanz von 0,4 m detektierbar und zeigen somit eine sehr schwache Performance. Dieser signifikante Leistungsunterschied stellt zugleich das Entwicklungspotential in Bezug auf drucktechnisch hergestellte elektrisch leitfähige Strukturen dar. Die deutlich verbesserte Performance der zweiten Entwicklungsstufe konnte durch ein angepasstes Antennendesign und einen optimierten Druckprozess erreicht werden.

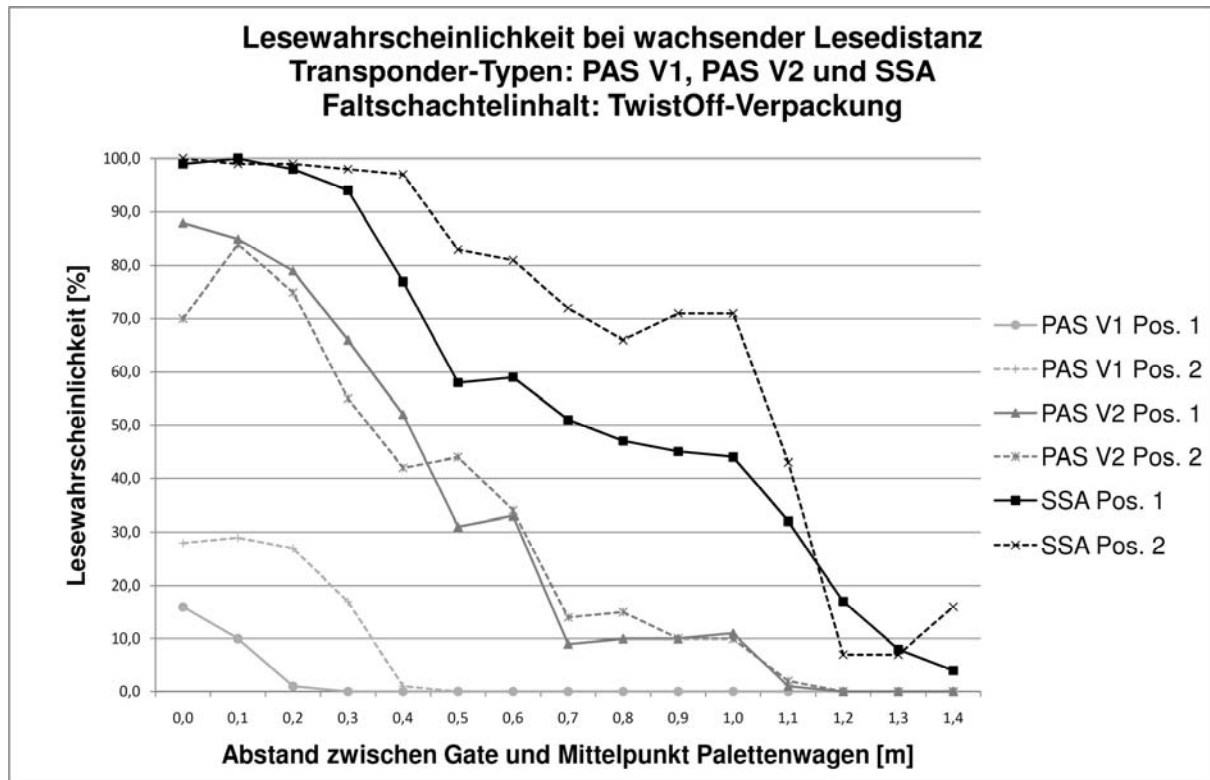


Bild 6: Performance von PAS V1, PAS V2- und SSA-Transpondern bei TwistOff-Verpackungen als Faltschachtelinhalt

3 Die Pilotphase – EZ-Pharm im Praxistest

Nach Abschluss der Untersuchungen bezüglich der Transponder-Performance und einer weitergehenden Optimierung des Antennendruck- und Kontaktierungsprozesses, wird das entwickelte System in der Praxis in Kooperation mit einer Krankenhausapotheke erprobt. Während dieser Pilotphase sollen vor allem die Praxistauglichkeit, die Zuverlässigkeit und die Sicherheit des Konzepts überprüft werden. In der Krankenhausapotheke werden Medikamente in großen Mengen angeliefert. Nachdem die eingegangenen Faltschachteln zunächst vereinzelt wurden, werden sie anschließend stationsspezifisch kommissioniert. Hierzu werden die verschiedenen Präparate in einer Polybox zusammengestellt. Genau dieser Anwendungsfall der Krankenhausapotheke bildet eine Vielzahl an realistischen Prozessen ab und ist somit gut für die Pilotphase geeignet.

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

RFID im Abfallbereich – Behältermanagement und automatische Wägesysteme

Hans-Martin Kröll
Entsorgungsbetriebe der Landeshauptstadt Wiesbaden

Schriftenreihe des
Fachgebietes Abfalltechnik
Universität Kassel
Kassel 2009

Beitrag lag leider bei Drucklegung noch nicht vor

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

Das Total Waste Concept

Raoul Janssen
Envicomp Systemlogistik GmbH & Co. KG, Bielefeld

Schriftenreihe des
Fachgebietes Abfalltechnik
Universität Kassel
Kassel 2009

1 Einleitung

In der heutigen Welt, die gekennzeichnet ist durch Globalisierung, wachsende Bevölkerung und „Wegwerf-Mentalität“, wird es immer wichtiger Konzepte zu entwickeln, die sich diesen Anforderungen der ansteigenden Müllmengen stellen können. Unter den Prämissen, dass die „totalen Entsorgungskosten“ (Entsorgung, Verarbeitung, Recycling, usw.) sehr stark ansteigen werden und der Abfall in der Zukunft ein Luxusartikel sein wird, hat Envicomp sich die Aufgabe gestellt, pragmatische Lösungen zu entwickeln.

Folgende neue Technologien stehen zur Verfügung:

- Identifizierung mittels RFID Technologie
- Telekommunikationsmöglichkeiten wie GPRS oder UMTS
- Software, sowohl stand-alone, aber vor allem webbased Technologien
- Entsorgung mittels herkömmlichen Entsorgungssystemen wie Entsorgungsfahrzeuge oder auch mittels innovativer Unterflursysteme.

Hierzu hat Envicomp ein neues Konzept entwickelt: das “Total Waste Concept”.

Die Zielsetzungen dieses Konzeptes:

- Kostenstabilität
- die Verbesserung der Effizienz
- gerechte Verteilung der Entsorgungskosten
- einfaches System
- sehr hohes Servicelevel zum Endkunden
- Transparenz der Abfallströme

Wie schaut jetzt die Ausarbeitung des Konzeptes aus?

- Wichtig ist die Sammlung von Informationen.

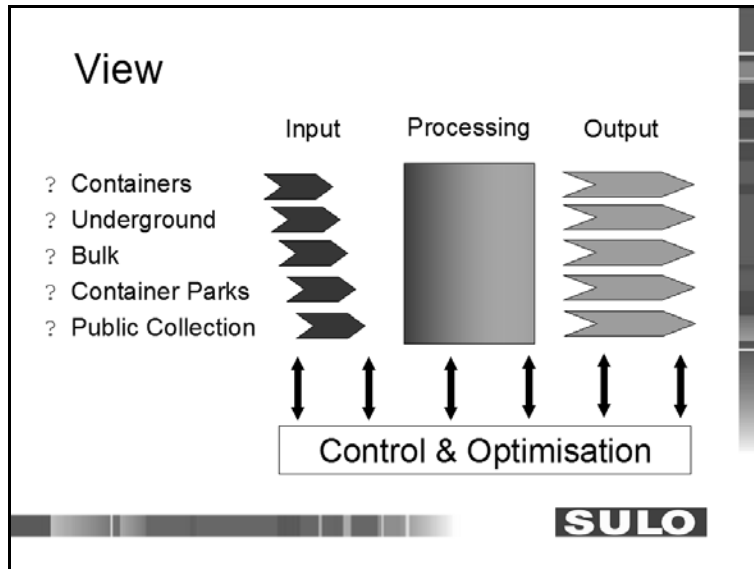


Bild 1: Projektabbildung

Informationen sind die Basis um Optimierungen zu realisieren. Auch kann man so den ganzen Prozess steuern und beherrschen. Die Informationen erhält man durch das Identifizieren von Behältern, Einsatz von intelligenten unterirdischen Abfallanlagen, Frequentierung der Containerparks, Abholung von Sperrmüll, usw.

Für diese Identifizierung werden kontaktlose Tags verwendet, die in die Behälter eingebracht oder in Chipkartenformat an den Bürgern geliefert werden. Die Mengenstromerfassung geschieht über Volumen- oder Gewichtsmessung.

Die Erfassung der Daten erfolgt über Ram-Karten, USB-Stick oder über GSM/GPRS/UMTS. Nach der Registrierung kann man den Prozess steuern, beherrschen und optimieren. Es wird klar sein, dass in diesem Teil Software und Datenkommunikation sehr wichtige Elemente sind.

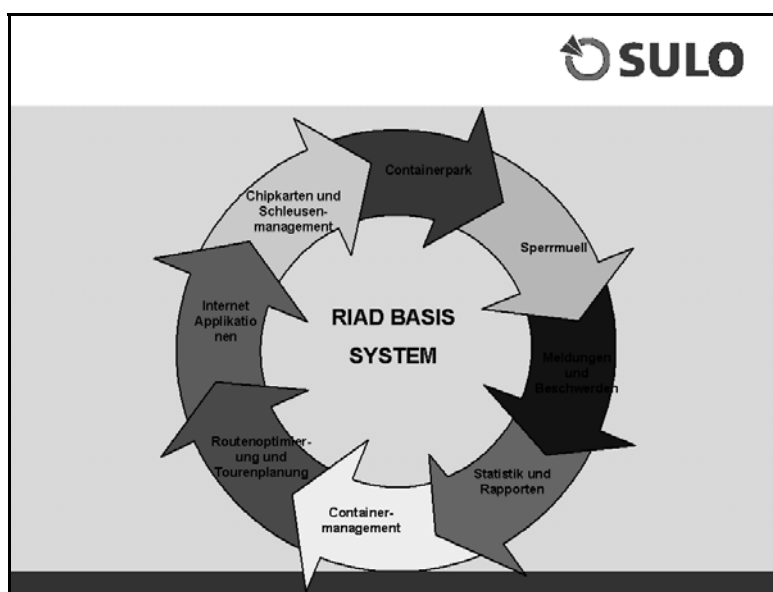


Bild 2: RIAD Basis System

GPRS und UMTS-Lösungen geben die Möglichkeit on-line und real-time Daten zu sammeln, die direkteres Eingreifen in die Entsorgungsaktivität ermöglichen.

Der letzte Schritt im Softwarebereich ist, dass jeder Bürger eine Rechnung erhält, aus der er verursachungsgerecht alle Entsorgungskomponenten entnehmen kann.

Der Mix von Entsorgungskomponenten muss pro Kommune ausgearbeitet werden. So kann man mittlerweile schon nachfolgendes anbieten:

- Müllbehälter in den verschiedensten Größen
- Unterfluranlagen
- Unterfluranlagen mit Presse
- Unterfluranlagen mit Hebebühne
- Containerparks
- Sperrmüll
- usw.

Wenn man noch einen Schritt weitergeht, wird auch die komplette Dienstleistung herangezogen.

Dabei muss man nicht nur an Entsorgung denken, sondern auch an folgende Dinge:

- Tauschen von Behältern
- Reparaturen an den Behältern (basierend auf Telefonaten von Bürgern, aber auch über Informationen aus der Entsorgungstour)
- Zentrale Datenverarbeitung für die Kommune
- Service Telefon für den Bürger (Beschwerden, Information, usw.)
- Waschen von Behältern (Registrierung und Abrechnung über den Chip im Behälter)
- Internetzugang für den Bürger, Informationen, individuelle Informationen über Abfallmengen, Füllstand der unterirdischen Behälter, usw.
- Finanzielle Konstrukte als ultimative Lösung. Die Kommune zahlt einen Betrag pro Anschluss und pro Jahr, dadurch ist keine finanzielle Überraschung zu erwarten, was für die Kommune sehr wichtig ist.

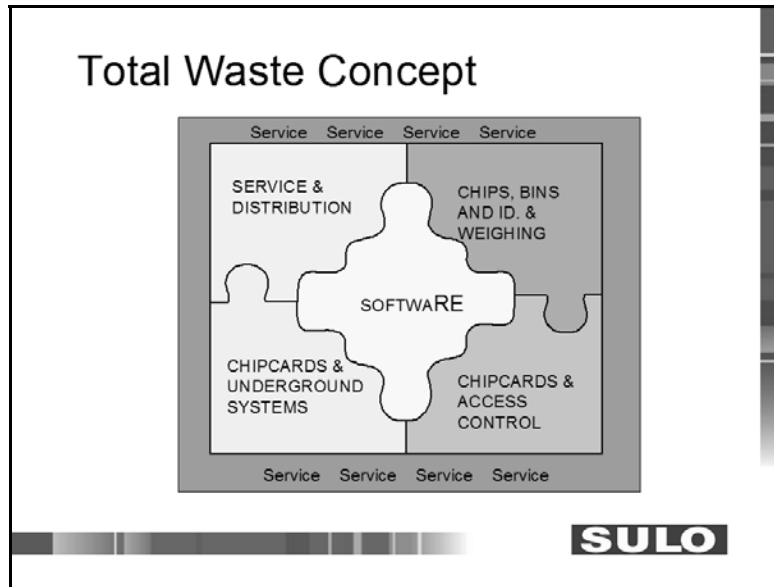


Bild 3: Komponenten „Total Waste Concept“

Um das Total Waste Concept zu realisieren, ist nicht nur die Lieferung von Hardware und Software erforderlich, sondern auch die Begleitung des Kunden in die neue Struktur. Envicomp stellt sich dieser Aufgaben und bietet mit dem Einsatz von geschulten Projektleitern und Spezialisten folgende Hilfen zur Verfügung:

- Die Ausarbeitung von spezifischen Konzepten für den Kunden
- Die Beratung für die verschiedenen Abteilungen des Kunden (Steuern, Entsorgung, ICT, PR, etc.)
- Die Überwachung des vollständigen Projektes
- Die Koordination der drei Parteien: Kunde, Lieferant und Envicomp

Mit dem Total Waste Concept wird Envicomp zu einem Lieferant von Komplettlösungen im Bereich Entsorgungs- und Dienstleistungskonzepten.

Wie mit dem Total Waste Concept dargestellt, ist aus Sicht des RFID Lieferanten ein „Projekt“ viel mehr als nur ein Chip in einer Mülltonne. Es ist viel mehr!

Das Total Waste Concept ist erstmals im Projekt Zoetermeer umgesetzt worden. Der nächste Abschnitt geht tiefer in die Details vom Projekt.

2 Das Projekt Zoetermeer (Niederlanden)

Die Kommune Zoetermeer in den Niederlanden (130.000 Einwohner) liegt in der Nähe von Den Haag. Man hat sich 2001 entschieden ein Abrechnungsprojekt für Hausmüll einzuführen.

Für die 50 % der Einwohner die in „normalen“ Häusern leben, ist dies kein Problem. Durch Nutzung von RFID Technologie werden Tags in Mülltonnen identifiziert. Dies ist eine bekannte und bewährte Technologie – also kein Problem.



Bild 4: Müllentsorgung mit ID-System

55.000 Behältern, die bei den Bürgern standen, wurden ausgestattet mit einem Chip. Da aber die restlichen 50 % der Einwohner in Mehrfamilienhäusern/Hochhäuser leben, musste hierfür eine individuelle Entsorgungslösung gefunden werden. Diese Lösung fand man in einem Unterflursystem. Die Unterflursysteme wurden ausgestattet mit RFID Technologie. Die betroffenen Einwohner bekamen eine Chipkarte, welche den Zugang zu dem Unterflursystem an einer zentralen Bedienungssäule gestattet. Die Säule ist ausgestattet mit RFID Technologie und kontrolliert, ob der Benutzer der Karte das Unterflursystem öffnen darf. Wenn ja, öffnet sich die Klappe des Unterflursystems, wenn nicht, bleibt die Klappe geschlossen.



Bild 5: Underground ID System

Die Entsorgung der Unterflursysteme geschieht durch Müllfahrzeuge mit Telekran.

Ziel war es, zur Entsorgung der Unterflursysteme keine statischen Touren zu fahren, sondern nur die Unterflursysteme anzufahren die einen bestimmten Füllungsstand überschritten haben. Dies bedeutet jeden Tag eine dynamische Tour. Die Daten werden über GSM-Verbindungen an das Büro des Tourenplaners übermittelt.

Zoetermeer beinhaltet auch ein Konzept für die Containerparks. Auf dem Containerpark können die verschiedenen Abfallfraktionen angeliefert werden. Ein Teil des Parks ist der gebührenfreie Teil, der andere gebührenpflichtig. Dieser wurde ausgestattet mit Schranken und Wiegebrücken. Bürger sollen sich beim Containerpark mittels einer Chipkarte identifizieren. Jeder Bürger hat nur Zugang mit dieser Karte.

2.1 Eckdaten des Projekts

- Öffentlichkeitsarbeit für die Verteilung der Chipkarten und das Nachrüsten der Behälter mit Chips
- 55.000 Chipkarten bedrucken, verteilen, inklusive personalisieren, verpacken und verteilen
- 55.000 Mülltonnen ausstatten mit einem Chip
- Kontrolle, ob der Chip in der richtigen Tonne und beim richtigen Bürger installiert wurde

- An mehr als 500 Orten in der Stadt wurden über 700 Unterflursysteme und über 700 Biococons installiert. Vorort Untersuchung, ob Kabel oder Leitungen im Boden vorhanden sind. Bautechnische Arbeiten um die Betonwannen für die Unterflursystemen zu installieren.
- Vorort Installation der RFID Elektronik
- Realisieren von 500 Stromversorgungspunkten
- Elektronische Entwicklungen, wie voice-activating, grafisches Displays und Induktionskupplungen mussten realisiert werden
- Mechanische Entwicklungen, wie ein komplett neues Design der Einwurfsäule, musste realisiert werden
- Bauen und realisieren mit Zugangskontrolle (Wiegebrücken und Schranken) des kompletten Containerparks
- Komplette Realisierung der Software und Schnittstellen zu existierenden Systemen
- Komplettes Konzept betreffend der Hardware und Infrastruktur im Büro
- Komplettes Konzept für die Abfertigung der Datenkommunikation

Für die Realisierung waren 18 Monaten geplant.

2.2 Die Rolle des Projektleiters

Was in 13 Punkten kurz beschrieben ist, war ein „Hell of a Job“ um das Projekt zu realisieren. Die Gründe dafür sind ganz deutlich:

- Viele Personen involviert
- Von verschiedenen Abteilungen und „Disziplinen“ in der Kommune
 - Finanz
 - Entsorger
 - Bauamt
 - EDV
 - PR und Service
- Viele Lieferanten
 - Bauunternehmer
 - Werbeagentur
 - Lieferant des Unterflursystems
 - Lieferant der Säulen
 - Elektrizitätswerk
 - EDV Hardware Lieferant
 - Software Entwickler
 - Wirtschaftsprüfer

- Die eigene Firma Sulo / Envicomp
 - Finanz Abteilung
 - Geschäftsführung
 - EDV Abteilung
 - RFID Abteilung
 - Vertrieb

Ohne involviert zu sein, können Sie sich eine Vorstellung machen, was für ein enormer Aufwand es ist, das Projekt auf den richtigen Weg zu bringen.

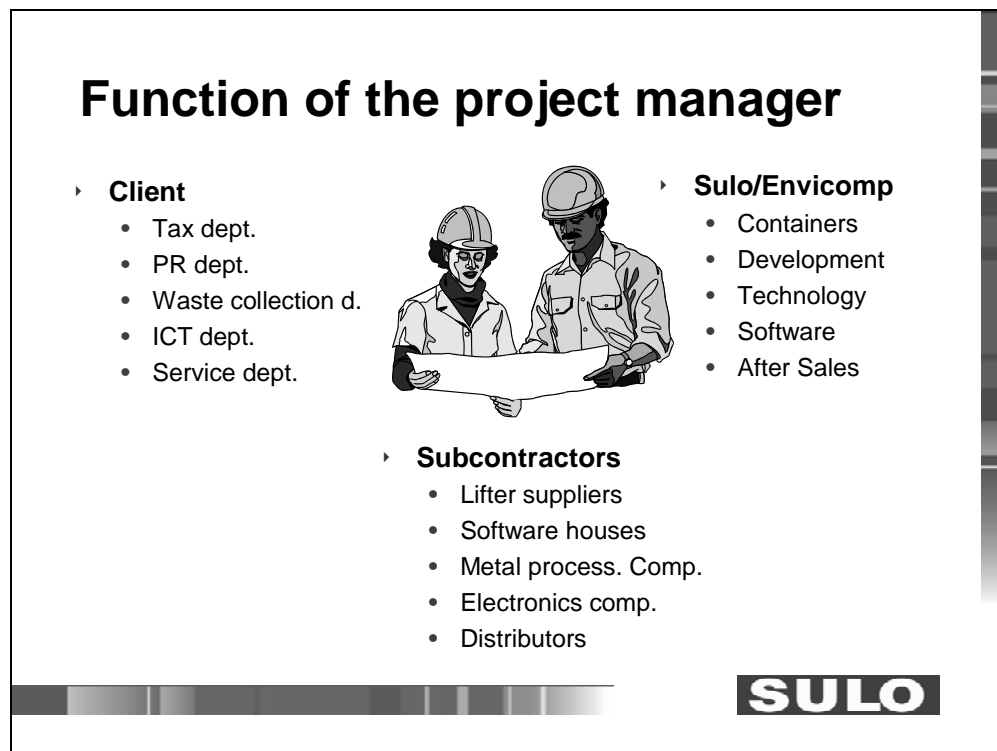


Bild 6: Funktionen des Projekt Managers

Das geht nur, wenn man einen Projektleiter dafür benennt. Öfters liest man das der Projektleiter hauptsächlich verantwortlich ist für:

- Budget – im Budget bleiben
- Zeit – im Zeitrahmen bleiben

Es gibt aber viel mehr Punkte, die wichtig sind. Vor allem in diesem Projekt, wo während der Implementierung auch neue Produkte entwickelt worden sind, ist der Projektleiter, da um bei Verzögerungen den Kunden zu beruhigen und ihm das Vertrauen zu geben, dass alles rechtzeitig geschieht.

Der Projektleiter ist die Spinne im Netz. Er hat alle Kontakte und zieht an den Fäden wenn es nötig ist.

Weil er (eine Sie darf es natürlich auch sein) ein engen Draht zum Kunden hat, weiß er genau was die Wünsche sind und kann dann diese Wünsche auch in die Neuentwicklungen implementieren. Neben dieser „freundlichen“ Seite ist der Projektleiter auch derjenige, der die Schläge abkassiert. Sein Hauptproblem ist, dass er selber nichts „MACHEN“ kann, er ist abhängig von anderen und das macht diese Aufgabe schwer.

Ein Projektleiter sollte sich NIE verstecken hinter Aussagen wie: „Ich kann nichts dafür, der Lieferant ist zu spät.“.

Der Projektleiter soll über ganz viele persönliche Eigenschaften verfügen, wie z. B.:

- Geschmeidiger Umgang mit Kunden und Lieferanten, manchmal erreicht man mehr mit einem „freundlichem Wort“ im richtigen Augenblick, als einer Drohung mit Vertragsstrafen
- Überzeugend
- Die Fähigkeit mit jedem reden zu können:
 - ob hoch angesiedelt in der Organisation oder niedrig
 - ob EDV Spezialist oder Unterflurentwickler
 - ob Lieferant, Kunde oder eigene Organisation
 - usw.
- Vertrauen geben an dem Kunden
- Eine dicke Haut
- Verantwortung übernehmen

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

Zukünftige Risiken des Eintrags von RFID-Tags in die Siedlungsabfallentsorgung

Dipl.-Ing. Lorenz Erdmann
Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH, Berlin

Schriftenreihe des
Fachgebietes Abfalltechnik
Universität Kassel
Kassel 2009

1 Einleitung

Der gegenwärtige Einsatz von Radio Frequency Identification (RFID) - Anwendungen stellt die derzeitigen Entsorgungssysteme für Siedlungsabfall in Deutschland vor keine nennenswerten Herausforderungen. Vor dem Hintergrund der rasant zunehmenden Verbreitung von RFID-Tags stellt sich jedoch erstens die Frage nach zukünftigen Risiken eines massenhaften Eintrags von RFID-Tags in die Siedlungsabfallentsorgung und zweitens die Frage, ob Maßnahmen gemäß des Vorsorgeprinzips notwendig sind.

Dieser Beitrag behandelt den Eintrag von RFID-Tags in die Entsorgungspfade für die Glas-, Papier/Pappe/Karton- und Leichtverpackungs-Getrenntsammlungen sowie für die Restmüllbehandlung, einschließlich des Eintrags von RFID-Tags in Ersatzbrennstoffe und Sekundärbaustoffe. Die Untersuchung bezieht sich auf die Siedlungsabfallentsorgung in Deutschland und hat einen Zeithorizont bis 2022.

Grundlage ist das F+E-Vorhaben „Prognose möglicher Auswirkungen eines massenhaften Einsatzes von RFID-Tags im Konsumgüterbereich auf die Umwelt und die Abfallentsorgung“. Es wurde im Rahmen des UFOPLANs 2007 unter der Kennziffer 3707 33 302 vom Umweltbundesamt gefördert und vom Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT), Berlin, und von der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), St. Gallen, bearbeitet. Die Laufzeit des F+E-Vorhabens war von November 2007 bis Oktober 2008. Mit dem Schlussbericht liegt erstmalig eine systematische und quantitative Darstellung des zukünftigen Einflusses von RFID-Tags auf die Siedlungsabfallentsorgung unter enger Einbeziehung der betroffenen Akteure vor [Erdmann und Hilty 2009].

In Abschnitt 2 wird die heutige und zukünftige stoffliche Beschaffenheit von RFID-Tags beschrieben. Abschnitt 3 widmet sich dem Mengengerüst für den zukünftigen Eintrag von RFID-Tags in die Entsorgungssysteme. Abschnitt 4 verknüpft die beiden vorigen Abschnitte zu Szenarien für den Eintrag von RFID-Tags in die Siedlungsabfallsysteme. Die daraus resultierenden möglichen Risiken eines Eintrags von RFID-Tags in die Siedlungsabfallentsorgung sind Gegenstand von Abschnitt 5. Die Schlussfolgerungen in Abschnitt 6 münden in Vorschläge für Maßnahmen gemäß dem Vorsorgeprinzip.

2 RFID-Tags heute und in Zukunft

Radio Frequency Identification (RFID) bezeichnet eine Transponder-Technologie zur Identifizierung von Objekten, Tieren oder Personen über Funk. Ein Transponder-System besteht aus zwei Hauptkomponenten, dem Transponder (mobiler Datenträger, auch „Tag“ genannt) und dem Lesegerät (kann die Daten vom Tag auslesen und

ggf. auch verändern). Das Lesegerät ist meist mit einer weiteren Dateninfrastruktur verbunden. Der Tag besteht aus einem Mikrochip mit einem Schaltkreis für einen miniaturisierten Receiver/Transmitter und einer Antenne, die auf einem Substrat befestigt ist.

Die RFID-Technologie ist eine Querschnittstechnologie, deren Anwendungspotenziale in fast allen Wirtschafts- und Lebensbereichen liegen. Der Einsatz von RFID-Systemen eignet sich überall dort, wo automatisch gekennzeichnet, erkannt, registriert, gelagert, überwacht oder transportiert werden muss. Folgende Anwendungsgebiete von RFID sind im Hinblick auf den Eintrag von RFID-Tags in den Siedlungsabfall hervorzuheben:

- Logistik – Tracking und Tracing (Post, Fluggepäck, etc.),
- Supply Chain Management und Inventory Management (Paletten, Kartons, etc.),
- Produktauthentifizierung und Diebstahlsicherung (Kleidung, Kosmetika, etc.),
- Produktbezogene Dienstleistungen (Mehrweg, Leihen, Archivieren, etc.) und
- Personenbezogene Anwendungen (Authentifizierung, Zugang, Zutritts- und Routenkontrollen, etc.).

RFID-Systeme erweitern die Funktionalitäten und Einsatzmöglichkeiten anderer Auto-ID-Systeme (Barcode-System, Chip-Karten, Optical Character Recognition und Biometrie) und bieten Effizienzsteigerungspotenziale.

Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal von RFID-Tags ist die Art ihrer Energieversorgung. Passive RFID-Tags sind ohne elektrische Aktivität, bis sie durch das (elektro-) magnetische Feld des Lesegerätes mit Energie versorgt werden. Aktive Systeme verfügen über eine eigene Energiequelle und ermöglichen im Vergleich zu passiven Systemen weitere Funktionalitäten, indem z. B. Sensoren integriert werden. Semi-passive Systeme haben eine Batterie als Energiequelle, z. B. um periodisch Daten aufzuzeichnen, geben sie aber nur bei Aktivierung durch das Lesegerät ab. Für den massenhaften Einsatz im Konsumgüterbereich kommen nur passive und in Zukunft ggf. semi-passive Tags in Frage. Aktive Transponder eignen sich aufgrund hoher Kosten, des Wartungsbedarfs und begrenzter Lebensdauer der Batterie nicht für einfache Kennzeichnungsaufgaben.

Es gibt eine Fülle an Größen, Inhaltsstoffen und Bauformen von RFID-Tags. Mit den Angaben zur stofflichen Zusammensetzung von heutigen passiven RFID-Tags gemäß dem Technischen Report ISO/IEC TR 24729-2:2007 steht eine verlässliche Quelle für Stoffflussanalysen zur Verfügung.

Tabelle 1: Stoffliche Zusammensetzung von heutigen passiven RFID-Tags

Komponente	Material	Masse [mg]		
		76,2 mm x 76,2 mm Tag	15 mm x 97 mm Tag	15 mm x 148 mm Tag
Deckschicht	PP	270	65	100
	Papier	525	130	200
Klebstoff	Acrylat	115	30	45
IC	Silizium	0,5	0,5	0,5
ACP*	Epoxy-basiertes Material	0,8	0,8	0,8
ACP* Metall	Nickel	0,1	0,1	0,1
Klebstoff	Polyur-ethan	40	10	15
Antenne	Kupfer	340	105	140
	Aluminium	50	15	20
	Silber (gedruckt)	36,3***	10,9	14,5***
	Bonding Agent (ge-(ge-druckt)**	15,3***	4,6	6,1***
Substrat	PET	410	100	155
Klebstoff	Acrylat	155	40	60
Gesamt	Tag (ohne Deck-schicht)	Cu-Antenne: 1021,4 Al-Antenne: 731,4 Ag-Antenne: 733,0***	Cu-Antenne: 286,4 Al-Antenne: 196,4 Ag-Antenne: 196,9	Cu-Antenne: 401,4 Al-Antenne: 281,4 Ag-Antenne: 282,0***

Quelle und Anmerkungen: ISO/IEC TR 24729-2:2007; * ACP – Anisotrope Conductive Paste (anisotrope Leitpaste); ** Bonding Agent enthält auch Silber (FhG-IZM 2006); *** Berechnungen des IZT in Analogie zu Aluminium und Kupfer.

Passive RFID-Tags sind in verschiedenen Bauformen erhältlich. Das Gewicht der Deckschicht von Smart Labels liegt in der Größenordnung des eigentlichen RFID-Tags. RFID-Inlays werden ohne Deckschicht auch direkt in Objekte wie Elektrogeräte oder Smart Tickets integriert. Passive RFID-Tags wiegen ohne Deckschicht typischerweise zwischen 200 und 1000 mg. Das Gesamtgewicht wird wesentlich durch das Antennenmaterial, das Substrat und die Tag-Fläche bestimmt.

Zu den Hauptentwicklungsfeldern von RFID-Tags mit stofflicher Relevanz gehören die Basistechnologie, das Antennendesign, neue Substratmaterialien sowie die Energieversorgung mit Integration weiterer Komponenten.

- Basistechnologie: Gedruckte Mikroelektronik auf Polymerbasis soll zur drastischen Verringerung der Kosten im Vergleich zur Silizium-Chip-Technologie führen; eine weitreichende Verdrängung der Silizium-Chip-Technologie ist jedoch derzeit nicht absehbar. Aus stofflicher Sicht würden kleine Mengen an Silizium durch kleine Mengen an Spezialpolymeren ersetzt.
- Antennendesign: Die Materialeinsparungspotenziale beim Antennendesign werden in naher Zukunft ausgereizt sein, da der Miniaturisierung durch die erforderlichen elektromagnetischen Eigenschaften enge Grenzen gesetzt sind. Auch zukünftig werden Kupfer und Aluminium als Antennenmaterial eine wichtige Rolle spielen. Für den kostengünstigeren Druck von Antennen werden Leitpasten benötigt. Der Einsatz anderer als silberbasierter Leitpasten ist aus heutiger Sicht eher unwahrscheinlich. Auch ein kostengünstiges polymeres Antennenmaterial mit ausreichenden elektrischen Eigenschaften ist derzeit nicht in Sicht.
- Substratmaterialien: Für das RFID-Substrat steht mit PET ein preisgünstiger Massenkunststoff zur Verfügung. Substratmaterialien auf Polymerbasis werden kontinuierlich weiterentwickelt und erprobt. In Zukunft ist der verstärkte Einsatz von Spezialpapieren für gedruckte Elektronik wahrscheinlich. Auch textil-integrierte Transponder mit gewebter Antenne haben ein Massenmarktpotenzial. In fernerer Zukunft wird es eventuell möglich sein, den RFID-Tag direkt auf ein Produkt oder eine Verpackung aufzudrucken, wobei dann kein Substrat mehr erforderlich ist.
- Energieversorgung mit Integration weiterer Komponenten: Von der Realisierbarkeit neuer Energieversorgungskonzepte hängt auch die Integration weiterer Funktionalitäten in den RFID-Tag ab. Zu den marktnahen möglichen Massenanwendungen gehört der Einsatz von Batterien und Sensoren für eine temperaturgeführte Logistik. Weitaus unsicherer sind marktf fernere Konzepte wie z. B. die Integration bistabiler polymerer Displays in RFID-Tags. Flexible Batterien und Displays aus Spezialpolymeren könnten neue stoffliche Fragestellungen aufwerfen, ebenso die Integration von Elektronikmaterialien zum Energiebezug aus der Umwelt sowie für Sensoren und Aktoren.

Aus stofflicher Sicht ist die Abtrennbarkeit der RFID-Tags von den getaggten Objekten von hoher Bedeutung. Die Anhaftung der RFID-Tags am Objekt soll in der Regel fest sein. Bei den mengenmäßig in Zukunft dominierenden Smart Labels wird die Ablösbarkeit vom Objekt durch die Eigenschaften des Klebstoffs bestimmt. Beim Inmold von RFID-Tags sind diese fest in die Kunststoffmasse integriert. Teilweise ist in einem definierten Prozessschritt auch eine Abtrennung der RFID-Tags vom Objekt erwünscht, so wie beim Bezahlvorgang für Kleidung im Einzelhandel.

Abgesehen von solchen aus Funktionalitätsgründen realisierten Einzelbeispielen findet sich in den zentralen Technologie-Roadmaps für RFID kein Ecodesign-Entwicklungsschwerpunkt, z. B. zur separaten Behandlung der Fraktionen RFID-Tag und Objekt in der Entsorgung [EPoSS 2007, iNEMI 2008].

3 Anwendungen und Märkte

In den letzten Jahren sind einige Marktanalysen und -prognosen für RFID-Systeme entstanden. Derzeit gibt es aber keine umfassenden Studien zum heutigen und zukünftigen RFID-Markt in Deutschland. Zur Analyse des RFID-Marktes in Deutschland haben wir deshalb behelfsweise auf quantitative Studien zum globalen [IDTechEx 2007, 2008] und europäischen Markt [Bridge 2007] zurückgegriffen und diese mittels qualitativer Informationen für den deutschen RFID-Markt spezifiziert. Folgende Tabelle zeigt ausgehend von 2007 die Referenzprojektion für 2012, 2017 und 2022, sowie das geschätzte theoretische Potenzial. Es sind nur diejenigen Marktsegmente aufgeführt, die für den Eintrag in den Siedlungsabfall relevant sind.

Tabelle 2: Referenzprojektion der Stückzahlen passiver RFID-Tags in Deutschland von 2007 bis 2022 (Mio. St.)

Anwendung	2007	2012	2017	2022	Potenzial
Distribution					
Pakete	5	100	250	1.000	3.000
Briefe und sonstige Post	0	0	900	3.000	20.000
Fluggepäck	1	10	60	120	150
Einwegverpackungen					
Großgewerbe	13,5	180	900	3.600	60.000
Lebensmittel PEV*	0	180	1.800	10.000	170.000
Bedarfsgegenstände PEV*	2,5	175	875	2.000	30.000
Medikamente PEV*	1,5	60	400	1.500	4.000
Kleidung PEV*	1	20	100	200	3.000
EE-Geräte PEV*	1	20	100	200	2.000
CDs/DVDs PEV*	0,5	10	50	100	3.000
Mehrwegsysteme					
Kühlkette	0	1	20	100	k. A.
Großgewerbe (sonstige)	1,5	19	80	300	s.o.
Büchereien	5	10	20	30	350
Archivierung	0,3	10	500	1.000	k. A.
Konsumgüter					
Kleidung	0	10	50	200	3.000
EE-Geräte	0	10	50	200	2.000
CDs/DVDs	0	5	25	100	3.000

Anwendung	2007	2012	2017	2022	Potenzial
Personenbezogene Anwendungen					
Smart Cards	50	60	80	100	k. A.
Smart Ticket Verkehr	0	10	60	600	4.000
Smart Ticket Freizeit	10	10	20	150	1.000
Gesamt	92,8	900	6.340	24.000	

Quelle und Anmerkung: [Erdmann und Hilty 2009]; * PEV – privater Endverbrauch

Der Markt für RFID-Tags in Deutschland wird ausgehend von knapp 100 Mio. Stück im Jahr 2007 ein starkes Wachstum bis auf 24 Mrd. Stück im Jahr 2022 erfahren. Voraussetzung für das starke Marktwachstum ist eine drastische Kostenreduktion der RFID-Tags, die einen breiten Einsatz auf Einwegverpackungen für den privaten Endverbrauch und im Postsektor ermöglicht.

4 Szenarien für den Eintrag von RFID-Tags in die Siedlungsabfallsysteme

Szenarien sind konsistente und plausible Bilder möglicher Zukünfte, die eine Strategiedebatte unterstützen sollen [EEA 2009; Kosow und Gaßner 2009]. Damit heben sich Szenarien von Ansätzen, die nur eine mögliche zukünftige Entwicklung betonen, deutlich ab. Die Spreizung der einzelnen Szenarien und ihre Interpretation im Dialog mit den beteiligten Kreisen erlauben es, den Gestaltungsspielraum für eine Systemoptimierung auszuloten und zu bewerten. Die Szenarien adressieren hier explizit die Komplexität und Unsicherheit, die das Verhältnis zwischen der Entwicklung von RFID-Systemen und der Abfallentsorgung bis 2022 charakterisieren. Variiert werden insbesondere die RFID-Technologie- und die Marktentwicklung sowie das Verhalten der Stakeholder, wohingegen die Rahmenbedingungen des Entsorgungssystems in den Szenarien konstant gehalten werden.

Tabelle 3: Eckpunkte der vier Szenarien

Faktor	Referenz	Technisch-ökonomischer Push	Staatliche Regulierung	Selbstregulierung
Technologie	Technologie-Roadmaps	Durchbrüche gelingen rascher	Entwicklung verlangsamt	Technologie-Roadmaps
Antennenmaterial	Träge Verschiebung	Verschiebung zunächst zu Silber, dann zu Aluminium	Verschiebung zu Aluminium	Träge Verschiebung

Faktor	Referenz	Technisch- ökonomischer Push	Staatliche Regulierung	Selbstregulierung
Marktvolumen	Referenzprojektion	Dynamischere Entwicklung	Moderatere Entwicklung	Referenzprojektion
Entsorgung	Wie heute	Wie heute	Wie heute	Punktueller Anpassung durch Stakeholder

Quelle: [Erdmann und Hilty 2009]

Für die Quantifizierung der Stoffflüsse der RFID-Tags in den vier Szenarien wurde ein Stoffstrommodell mit Hilfe der Modellierungssoftware Umberto erstellt. Das Modell simuliert den Stofffluss der RFID-Tags und ihrer Inhaltstoffe über den gesamten Lebenszyklus, von der Herstellung der Tags über die Bauform-Herstellung (z. B. Smart Label), die Nutzung, den Eintrag in den Siedlungsabfall, Sammel- und Sortierprozesse, das Recycling und die Reststoffverwertung und schlussendlich die Beseitigung.

Tabelle 4: Entwicklung des Eintrags von RFID-Tags in Entsorgungspfade für Siedlungsabfall im Referenz-Szenario von 2007 bis 2022 (Mio. St.)

Fraktion	2007	2012	2017	2022
PPK-Getrenntsammlung	18,2	439	3.020	11.500
Glas-Getrenntsammlung	0,04	11,3	98,0	496
LVP-Getrenntsammlung	3,04	155	1.170	5.410
Restmüll	64,7	239	1.370	5.930
RFID-Tags im System	86	840	5.700	23.300

Quelle und Anmerkungen: [IZT und EMPA 2009]; PPK- Papier/Pappe/Karton; LVP-Leichtverpackungen

Tabelle 4 zeigt die Stückzahlen an RFID-Tags, die im Referenz-Szenario in die vier Abfallfraktionen gelangen. Alle vier Entsorgungspfade müssen sich in Zukunft auf deutlich steigende RFID-Einträge einstellen. Die Gesamtzahlen von RFID-Tags im Entsorgungssystem für ein fixes Jahr sind nicht mit den Gesamtzahlen für den RFID-Markt identisch, da Bestandlager auf- und abgebaut werden.

5 Mögliche Risiken im Recycling

RFID-Materialien werden hauptsächlich in folgende Stofffraktionen eingetragen:

- Verunreinigung von Deponie- und Versatzmaterial,
- Verunreinigung von Siedlungsabfall-Rezyklaten,
- Verunreinigung von Ersatzbrennstoffen (EBS) und Sekundärbaustoffen aus der Verbrennung (SBS) und
- Rezyklierung der RFID-Materialien.

Im Folgenden werden die besonders relevanten Verunreinigungen von Siedlungsabfall-Rezyklaten, EBS und SBS behandelt.

Bei einigen Sekundärrohstoffen existieren Grenzwerte für Fremdstoffanteile. Die folgenden Abschätzungen sollen illustrieren, dass im Referenz-Szenario bei einigen Stoffeinträgen durch RFID-Tags Größenordnungen erreicht werden, bei denen Probleme für das Recycling nicht ausgeschlossen werden können.

Tabelle 5: Stoffströme im Referenz-Szenario von 2007 bis 2022 und Qualitätsanforderungen an den Sekundärrohstoffinput (Auswahl)

Sekundärrohstoff-Input	Einheit	2007	2012	2017	2022	Grenzwert*
Glas-Recycling						
Aluminium	g/t	0,00012	0,032	0,22	0,85	< 5,0 g/t
Silizium	g/t	7,6 E-06	0,0020	0,016	0,044	< 0,01 g/t
Mono-Kunststoff-Recycling						
andere Polymere	ppm	0,0205	1,0	5,6	35	< 10-500 ppm
Metalle	ppm	0,0087	0,36	1,4	6,3	< 10-50 ppm
Aluminium-Recycling						
Kupfer	Gew.-%	1,7 E-05	0,00069	0,0031	0,0097	< 0,03 Gew.-%
Weißblech-Recycling						
Kupfer	Gew.-%	1,9 E-06	7,9 E-05	0,00036	0,0011	< 0,3 Gew.-%
Ersatzbrennstoffe						
Kupfer in Spuckstoffen**	mg/kg TS****	0,48	9,3	39	98	< 350 mg/kg TS
Kupfer in Kunststoffresten***	mg/kg TS****	0,63	25,4	115	351	< 350 mg/kg TS
Sekundärbaustoffe						
Kupfer	mg/kg TS****	1,2	9,0	37	100	< 400 mg/kg TS

Quellen und Anmerkungen: [Erdmann und Hilty 2009]; * Qualitätskriterien von GGA (Glas), RAL-GZ (Verbundkarton, PET, PS, PE, PP, Ersatzbrennstoffe), Herstellerspezifikation (Aluminium), Europäische Stahlschrottliste (Weißblech) und LAGA (Sekundärbaustoffe); Glasrecycling: Silizium klassifiziert im Hinblick auf den Grenzwert von nicht schmelzbaren Materialverbindungen; Aluminiumrecycling: Dose-zu-Dose-Recycling; Weißblechrecycling: Grenzwert gilt auch u. a. für Nickel (Menge vernachlässigbar); ** Spuckstoffe aus dem Papier- und Verbundkarton-Recycling; *** Kunststoffreste aus der LVP-Sortierung und dem werkstofflichen Kunststoffrecycling; **** TS – Trockensubstanz

Keiner der volkswirtschaftlichen Durchschnittswerte überschreitet die quantitativen Qualitätskriterien für Sekundärrohstoffe im Jahr 2007 und auch nicht im Jahr 2012. Beim Glasrecycling wird der Grenzwert von 0,01 g/t durch den Siliziumeintrag von RFID-Tags zwischen 2012 und 2017 überschritten. Beim Mono-Kunststoffrecycling von PE, PP und PS wird der Grenzbereich des Eintrages von Fremdpolymeren zwischen 2017 und 2022 überschritten. Allerdings ist hier einzuschränken, dass im Stoffstrommodell die verschiedenen Kunststofffraktionen nur aggregiert dargestellt sind; die im konkreten Fall vorliegenden Dichteverhältnisse zwischen Fremdpolymer und Rezyklat können die Trennbarkeit und damit die tatsächlichen Stoffströme stark beeinflussen. Es handelt sich bei diesen Betrachtungen um Zusatzfrachten durch Inhaltstoffe von RFID-Tags, d.h. dass der Spielraum durch Fremdstoffe anderer Herkunft bereits teilweise ausgeschöpft sein kann. Darüber hinaus handelt es sich hier um volkswirtschaftliche Durchschnittswerte. Recyclingunternehmen für Verpackungs- und andere Siedlungsabfälle beziehen ihre Sekundärrohstoffe jedoch in der Regel aus begrenzten Regionen. Deshalb können bei einzelnen Verfahren auch bei deutlicher Unterschreitung der volkswirtschaftlichen Frachten durch lokale Spitzen Probleme im Recycling auftreten.

Zieht man zudem die Unsicherheiten der Verteilungsfunktionen der einzelnen Tag-Bestandteile in den Prozessen und die Unsicherheiten der Entwicklung der Antennenmärkte in Betracht, so sind in der Referenzentwicklung mindestens folgende Stoffströme als kritisch einzuschätzen:

- Aluminium im Glasrecycling,
- Silizium im Glasrecycling,
- Fremd-Polymere im Mono-Kunststoffrecycling,
- Metalle im Mono-Kunststoffrecycling,
- Kupfer im Aluminiumrecycling,
- Kupfer in Ersatzbrennstoffen und
- Kupfer in Sekundärbaustoffen.

Hier wurden nur die Stoffe und Verfahren betrachtet, für die auch Grenzwerte existieren. Dies ist z. B. aber bei Kupfer und Silber im Glasrecycling nicht der Fall. Schon im ppm-Bereich kommt es zu Verfärbungen durch Kupfer und Silber im Glas – Werte, die in der Referenzentwicklung durchaus erreicht werden können. Auch die LAGA-Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen haben zwar einen Grenzwert für Kupfer, aber keinen für Silber. In einigen Rezyklaten kommt es zu langfristigen Akkumulationen von Fremdstoffen, die die Qualität des Sekundärrohstoffes schleichend, aber dauerhaft mindern können. Prominentes Beispiel ist die Akkumulation von Kupfer in Stahl. Auch Probleme mit Klebstoffen im PPK-Recycling sind nicht durch Grenzwerte geregelt.

Folgende Tabelle gibt einen qualitativen Überblick über mögliche Auswirkungen des Eintrags von RFID-Tags auf die Rezyklate.

Tabelle 6: Mögliche Auswirkungen des Eintrags von RFID-Tags auf die Rezyklate

Stoff	Glas	PPK und Verbundkarton	Kunststoffe	Aluminium und Weißblech	EBS und SBS
Silizium	Bruch	Verunreinigung	Verunreinigung	Verunreinigung	keine
Kupfer	Verfärbungen	Verunreinigung	Verunreinigung	Verunreinigung	Verunreinigung
Aluminium	Bruch	Verunreinigung	Verunreinigung	Düngung/ keine	Verunreinigung
Silber	Verfärbungen	Verunreinigung	Verunreinigung	?	Verunreinigung
PET	keine	keine	Verunreinigung, Düngung (PET)	keine	Brennstoff/ keine
Acrylat	keine	Verklumpungen („Stickies“)	Verunreinigung	keine	Brennstoff/ keine
Sonstige*	Verfärbungen (ggf. Lote)	Verunreinigung	Eintrag von Loten	Legierung (ggf. Nickel)	-

Quelle und Anmerkungen: [Erdmann und Hilty 2009]; * Verbindungsmaterialien (u. a. Nickel, Epoxy-basiertes Material, Polyurethan, Bonding Agent, Lote)

Die möglichen Auswirkungen von RFID-Tags im Recycling sind vielfältig. Generell sind Verunreinigungen des Sekundärrohstoffs unerwünscht, insbesondere bei Glas ist aber durch Bruch und Verfärbungen eine drastische Qualitätsverschlechterung des Rezyklates möglich. Die Verklumpungen durch „Stickies“ beim PPK-Recycling sind eine alt bekannte Problematik, die nicht spezifisch für den Eintrag von RFID-Tags ist. Sowohl beim Eintrag von Aluminiumantennen ins Aluminiumrecycling, als auch beim Eintrag von PET-Substraten ins PET-Recycling entsteht ein isoliert gesehen wünschenswerter Eintragseffekt („Düngung“). PET und Acrylat-Klebstoff sind in Ersatzbrennstoffen als Energieträger grundsätzlich erwünscht. Wissenslücken hinsichtlich der Auswirkungen bestehen insbesondere bei größeren Einträgen von Silber in das Aluminium- und Weissblechrecycling.

Dies alles sind mögliche Auswirkungen eines zukünftigen massenhaften Einsatzes von RFID-Tags auf die Abfallentsorgung. Doch wie verhält es sich mit realistischen Entwicklungen; welche Auswirkungen sind unter den in den Szenarien formulierten Bedingungen zu erwarten?

Tabelle 7: Hauptwirkungsmuster der Szenarien auf die Stoffströme

Szenario	Hauptwirkungsmuster	Mögliche Grenzwertüberschreitungen für Sekundärrohstoffe
Referenz	Eintreten heute absehbarer Technologie- und Marktentwicklungen Keine Anpassungen des Entsorgungssystems an den RFID-Eintrag Belastungen der Recyclingprozesse durchweg zwischen den Extremen	Glasrecycling (Si, Al) Kunststoffrecycling (Fremdpolymere, Metalle) Kupfer im Aluminiumrecycling, in EBS und SBS
Technisch-ökonomischer Push	Stückzahlenwachstum stärkster Faktor für die Eintragsmengen in die Rezyklate Größerer Anteil an Silber-Antennen und Polymerchips Durchgängig die höchsten Belastungen für die Recycling-Verfahren	Früher und deutlicher Ggf. neue Probleme durch andere Stoffe (u. a. Spezialpolymere, Tantal, Lithium)
Staatliche Regulierung	Gehemmte technologische Entwicklung verringert Stückzahlen Keine Entlastung des Glasrecyclings durch Ersatz von Siliziumchips durch Polymerchips Doppelte Wiederverwendungsquote für Verpackungen im Großgewerbe entlastet PPK- und KS-Recycling	Später oder gar nicht
Selbstregulierung	Getrenntsammlung Smart Tickets entlastet PPK-Recycling Ausschleusung von RFID-Tags aus Glasrecycling durch konstruktive Maßnahmen Abtrennung der RFID-Tags in der LVP-Sortierung entlastet alle LVP-Recyclingprozesse	Entschärfung beim Glasrecycling (Si, Al) Entschärfung beim Kunststoffrecycling (Fremdpolymere, Metalle) Entschärfung beim Kupfer im Aluminiumrecycling Kupfer in EBS und SBS mittelbar entlastet

Quelle: [Erdmann und Hilty 2009]

Im Szenario Selbstregulierung sind Maßnahmen zur vorbeugenden Entschärfung des Problemendrucks formuliert und im Stoffstrommodell quantifiziert worden. Die Maßnahmen erwiesen sich in der Modellrechnung als effektiv.

Die möglichen Probleme eines massenhaften Eintrags von RFID-Tags in das Recycling können mit vergleichsweise einfachen Strategien wirksam entschärft werden:

- Durch Ecodesign können die RFID-Tags separierbar und/oder massenstromtauglich gestaltet werden.
- Die Recyclingprozesse können so angepasst werden, dass sie die RFID-Tags besser detektieren und ausschleusen.
- Wie in der Sekundärrohstoffverwertung üblich kann die Konzentration von Fremdstoffeinträgen durch Verschnitte mit unbelasteten Fraktionen verringert werden. Bei einem zukünftigen ubiquitären Einsatz von RFID-Tags wird diese Option aber erschwert.

Je nach Recyclingprozess sind verschiedene Maßnahmen auszuwählen und zu kombinieren.

6 Schlussfolgerungen

Insgesamt entscheidet das Zusammenspiel von RFID-Tags, Verpackung/Objekt und Entsorgungsprozessen über die Auswirkungen der RFID-Technologie auf das Entsorgungssystem. Es bestehen große Unsicherheiten über die tatsächlichen zukünftigen Auswirkungen der RFID-Technologie auf das Entsorgungssystem.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die durch ein hohes Aufkommen von RFID-Tags im Entsorgungssystem zu erwartenden Probleme beherrschbar sind, wenn vorsorgende Maßnahmen ergriffen werden. Das Engagement der beteiligten Branchenverbände aus der Informations- und Kommunikationstechnikbranche und der Entsorgungsbranche ist eine vielversprechende Basis zur Vermeidung und Begrenzung der potenziellen Probleme.

Im Laufe des F+E-Vorhabens haben wir vier Basisstrategien herausgearbeitet, die wir aus heutiger Sicht für hinreichend, aber auch für notwendig halten, um das Vorsorgeprinzip zu operationalisieren [Erdmann und Hilty 2009]:

- **Monitoring:** Die dynamische Entwicklung der RFID-Technologie und der Märkte für RFID-Tags hat uns zu dem Schluss geführt, dass die Thematik RFID-Tags in der Abfallentsorgung nicht – auch nicht mit dieser Studie – abschließend bis zum Jahr 2022 behandelt werden kann. Die Entwicklungen der RFID-Technologie und -Märkte müssen deshalb gemäß dem Vorsorgeprinzip beobachtet werden.
- **F+E-Bedarf:** Im F+E-Vorhaben konnte der für die Fragestellung relevante aktuelle Wissensstand weitgehend zusammengestellt, gebündelt und bewertet werden. Es verbleiben erhebliche Kenntnislücken, wie z. B. über den Verbleib von verschiedenen RFID-Tag-Komponenten in Verbrennungsprozessen.

Vorsorgliches Handeln ist aus verschiedenen Gründen in Teilbereichen auf die Behebung solcher Wissensdefizite angewiesen.

- Getrennthaltung: Trotz bestehender Wissensdefizite hat das F+E-Vorhaben deutlich gezeigt, dass eine Separierung der RFID-Tags von den Recyclingstoffströmen aus ökologischen Gründen wünschenswert ist. Grundsätzlich ist in Recyclingprozessen und Rezyklaten jeder Fremdstoff unerwünscht. Der Fremdstoffgehalt hat wiederum erhebliche Auswirkungen auf die ökonomische Rentabilität des Recyclings.
- Massenstromtaugliche Gestaltung: Die Feinverteilung der potenziell ubiquitären RFID-Tags erschwert eine gezielte Adressierung der RFID-Tags in der Entsorgung. Ohne im Einzelfall zu wissen, ob bestimmte RFID-Tags in bestimmte Entsorgungsprozesse gelangen und diese schädigen, ist die massenstromtaugliche Gestaltung ein wichtiger Ansatz zur weitreichenden Operationalisierung des Vorsorgeprinzips.

Diese vier Basisstrategien können in konkrete Aktivitäten überführt werden, die im Laufe des F+E-Vorhabens identifiziert, bewertet und präzisiert worden sind.

Für Deutschland gibt es kein Monitoring, welche RFID-Tags in welchen Stückzahlen und Anwendungsbereichen eingesetzt werden. Grundsätzlich erfolgt das Monitoring von Technologie- und Marktentwicklungen meist aus betriebs- und volkswirtschaftlichem Interesse. Aus Sicht des Umweltschutzes ist eine Integration in bestehende Monitoring-Aktivitäten zu prüfen, wobei sich insbesondere die Frage nach der Erhebung stofflicher Parameter stellt.

Im Laufe des F+E-Vorhabens sind zahlreiche Wissensdefizite zu Tage gekommen. Der weitere Forschungs- und Entwicklungsbedarf kann grob in drei Bereiche eingeteilt werden: praktische Erprobung, ganzheitliche Bewertung und innovatives Tag-Design. Praktischer Erprobungsbedarf besteht insbesondere in der vertieften Analyse der Wechselwirkungen zwischen Detektionsverfahren, Aufbereitungs- und Verwertungsprozessen einerseits und der Beschaffenheit von RFID-Tags und ihrer Aufbringungsart andererseits. Nur durch Feldversuche in Zusammenarbeit mit den betroffenen Akteuren können die Auswirkungen des Eintrags von RFID-Tags in die Entsorgung zweifelsfrei geklärt werden. Die praktische Erprobung sollte realistische Szenarien des RFID-Eintrags unter Einbeziehung von Wirtschaftlichkeitsaspekten aufgreifen. Das F+E-Vorhaben fokussiert auf mögliche Auswirkungen eines massenhaften Eintrags von passiven RFID-Tags in die Abfallentsorgungssysteme. Im Sinne einer ganzheitlicheren Bewertung sehen wir Forschungsbedarf beim Eintrag von RFID-Tags auf Textilien in die Abwasserentsorgung und beim Entsorgungspfad Bioabfälle. Auch die Bewertung des Eintrags alternativer RFID-Inhaltsstoffe in die Siedlungsabfallentsorgung und der indirekten Umwelteffekte der RFID-Nutzung sind wichtige Elemente einer ganzheitlichen Umweltbewertung. Der zukünftige Einfluss von RFID-Tags auf die Abfallentsorgung und die Umwelt kann durch das Design der

RFID-Tags wesentlich beeinflusst werden. Prioritärer Forschungsbedarf besteht insbesondere bei der Gestaltung der RFID-Tags selbst (insbesondere der Antennenmaterialien) und ihrer Separierbarkeit vom Objekt (insbesondere Klebstoffe, konstruktive Maßnahmen und Direktdruck).

Die Getrennthaltung der RFID-Tags vom restlichen Objekt- oder Stoffstrom kann an einigen Stellen mit vermutlich geringem Aufwand erfolgen, in anderen Bereichen ist dies sehr aufwändig. Aus dem F+E-Vorhaben ergibt sich folgende Hierarchie:

- Bei einigen quasi-offenen RFID-Tag Anwendungen mit klar lokalisierter Anfallstelle, wie z. B. Smart Cards, Smart Tickets im ÖPNV und RFID-Tags für die Fluggepäcklogistik, ist darauf hinzuwirken, dass separate Sammelsysteme geschaffen werden.
- Konstruktive Lösungen wie die Integration des Tags in den Deckel von Kunststoff- oder Glasflaschen (z. B. Smart Corque), in die Banderole oder in andere separierbare Teile von Verkaufsverpackungen sind zu bevorzugen, wenn separate Sammelsysteme für RFID-Tags nicht möglich sind.
- Leicht lösliche Klebstoffe für Tags verbessern die Separierbarkeit und eignen sich für die Aufbringung auf Kunststoff-, Weißblech-, Aluminium- und Glasverpackungen; der Abtrennungsprozess wird dadurch vereinfacht und einer Qualitätsverschlechterung der Rezyklate wird vorgebeugt.
- Insbesondere bei Inmold von RFID-Tags in Kunststoffe ist die Separierung erheblich erschwert. Eine Materialzusammensetzung von RFID-Tags, die die spektroskopische Detektierbarkeit in der LVP-Sortierung begünstigt, könnte für die Ausscheidung von Tag-Bestandteilen aus den Flakes sortenreiner Kunststoffe grundsätzlich von Vorteil sein.

Realistische Möglichkeiten zur partiellen Rückgewinnung der in RFID-Tags enthaltenen Metalle bestehen nur, wenn durch weiter stark steigende Metallpreise die Wirtschaftlichkeit gegeben ist. Ansonsten sind die metallischen Wertstoffe durch Dissipation verloren.

Die zielsicherste Maßnahme für eine – aus Sicht des Recyclingprozesses – Best-Case-Situation wäre ein massenstromtaugliches Design. Aus heutiger Sicht sollten folgende stoffliche Brennpunkte vordringlich entschärft werden:

- Aluminium auf Objekten aus Glas,
- Kupfer auf Objekten aus Aluminium und
- Substrat-Polymere, die sich von den Polymeren des etikettierten Kunststoff-Objekts in ihrer Dichte nur wenig unterscheiden (erschwerter Dichtesortierung).

Zu Silizium-Mikrochips als störendem Eintrag ins Glasrecycling gibt es derzeit keine praktische Alternative, da die Alternativen entweder unverhältnismäßig teuer sind

(z. B. Galliumarsenid) oder sich noch im Entwicklungsstadium befinden (z. B. Polymer-Mikrochips). Das Design der RFID-Tags, und damit auch die Wahl des Antennenmaterials und des Substrates, unterliegt jedoch vorwiegend funktionalen und ökonomischen Anforderungen. Zum Eintrag größerer Mengen an Silber in die Abfallentsorgung liegen keine praktischen Erfahrungen vor, weshalb diese Empfehlungen nur vorläufigen Charakter haben können.

Für die Behandlung möglicher zukünftiger Probleme durch den Eintrag von RFID-Tags in das Recycling ist mit dem Multi-Stakeholder-Ansatz in der ISO/IEC-Norm TR 24729-2:2007 „Recycling and RFID-Tags“ ein Handlungsrahmen geschaffen worden.

Grundsätzlich ist sowohl in der RFID-Branche, als auch in der Entsorgungsbranche Bereitschaft vorhanden, potenzielle Probleme durch RFID-Tags im Recycling in einem kooperativen Verfahren zu entschärfen, sofern gewisse Bedingungen wie klare Problemdefinition und vertretbarer Aufwand gegeben sind. Etwaige Maßnahmen fallen deshalb derzeit in ein günstiges Zeitfenster. Insgesamt stehen die Chancen zumindest für einen reduzierten Multi-Stakeholderansatz gut. Eine solche Zusammenarbeit zwischen Siedlungsabfallwirtschaft und Industrie wäre beispielhaft und könnte ggf. auch für weitere Themen genutzt werden.

7 Referenzen

- Bridge. 2007. European Passive Smart Label Market Sizing 2007-2022. LogicaCMG and GS1. Bridge Project.
- EEA (European Environmental Agency). 2009. Looking back on looking forward: a review of evaluative scenario literature. EEA Technical report. No 3/2009. EEA.
- EPoSS (European Technology Platform on Smart Systems Integration). 2007. Strategic Research Agenda. Version 1.3, November 30, 2007. EPoSS.
- Erdmann, L. und L.M. Hilty. 2009. Einfluss von RFID-Tags auf die Abfallentsorgung. Prognose möglicher Auswirkungen eines massenhaften Einsatzes von RFID-Tags im Konsumgüterbereich auf die Umwelt und die Abfallentsorgung. Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT), Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa). UBA-Texte 27/2009.
- FhG-IZM (Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration Berlin), Hueck-Foils, Motorola & Zeiler. 2006. Analysis Methods and First Results of Si-based Transponders. PolyApply IST-IP-507143, WP D5.1.1 final.
- IDTechEx. 2007. RFID market projections 2007-2017. IDTechEx. Download unter www.idtechex.com am 5.3.2008.
- IDTechEx. 2008. RFID market projections 2008-2018. IDTechEx. Download unter www.idtechex.com am 5.3.2008.

- iNEMI (International Electronics Manufacturing Initiative). 2008. RFID Roadmap for Item-Level Tag. Draft. February 2008. iNEMI.
- ISO/IEC TR 24729-2:2007. Information Technology – Radio frequency identification for item management – Implementation guidelines – Part 2: Recycling and RFID tags. Technical report, First edition, Proof/épreuve.
- Kosow, H. and R. Gaßner. 2008. Methods of future and scenario analysis: overview, assessment, and selection criteria. Institute for Futures Studies and Technology Assessment (IZT). German Development Institute (Ed.).

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

Datenschutzrecht in RFID-unterstützten Entsorgungsprozessen

Dr. Silke Jandt
Universität Kassel

Schriftenreihe des
Fachgebietes Abfalltechnik
Universität Kassel
Kassel 2009

1 Einleitung

Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Entsorgungswirtschaft und dem Datenschutzrecht? In der Vergangenheit konnte diese Frage mit einer knappen Antwort beschieden werden. Der bisher nahezu einzige datenschutzrechtliche Aspekt, der die Abfallentsorgung betrifft, ist das datenschutzkonforme Schreddern von Akten und Datenträgern. Sofern deren Dokumente personenbezogene Daten enthalten, müssen sie derart vernichtet werden, dass die Wiederherstellung und die Kenntnisnahme der Daten durch unberechtigte Personen ausgeschlossen ist. Wird die RFID-Technologie zukünftig zur Optimierung des Recyclings eingesetzt, führt dies dazu, dass im Abfallentsorgungsprozess zahlreiche automatisierte Datenverarbeitungsvorgänge stattfinden; diese müssen datenschutzkonform erfolgen. Durch die Einführung dieser Technologie erlangt daher das Datenschutzrecht, das im Entsorgungsbereich bisher allenfalls ein Randthema war, eine zentrale Bedeutung für die Entsorgungsunternehmen.

Der Beitrag zeigt die datenschutzrechtlichen Risiken auf, die durch den Einsatz der RFID-Technologie hervorgerufen werden. Des Weiteren geht er auf die Besonderheiten ein, die in der Entsorgungswirtschaft gegenüber anderen Einsatzbereichen von RFID-Tags berücksichtigt werden müssen. Schließlich werden Lösungsansätze für einen datenschutzkonformen und effizienten Einsatz der RFID-Technologie in Entsorgungsprozessen aufgezeigt.

2 Datenschutzrechtliche Risiken

RFID ist eine innovative, aber nicht vollkommen neue Form automatischer Identifikationssysteme (Auto-ID-Systeme). Gegenüber anderen Auto-ID-Verfahren, wie Barcodesystemen, besitzen RFID-Tags den Vorteil, dass Informationen berührungslos und ohne notwendigen direkten Sichtkontakt übertragbar sind. Zudem können RFID-Tags in unmittelbarer Verbindung zu einer umfangreichen Hintergrunddatenbank eingesetzt werden. Welche Vorteile der unkomplizierte Zugang zu Informationen mittels RFID für ein effektives Recycling bieten kann, wurde bereits eingehend dargestellt. Auf den Punkt gebracht erhält der Entsorger alle spezifischen Informationen der unterschiedlichsten Abfallprodukte, die er für eine hochwertige und zielgerichtete Kreislaufwirtschaft benötigt. Hierfür müssen mehrere Voraussetzungen erfüllt sein: Die Hersteller müssen alle Produkte und Verpackungen mit RFID-Tags versehen, auf denen eine eindeutige Kennung gespeichert ist. Die entsorgungsrelevanten Informationen, die Aufschluss über Produktzusammensetzung, Demontagemöglichkeiten, umweltschädliche Komponenten und wieder verwertbare Rohstoffe geben, werden bezogen auf diese Kennung in Hintergrunddatenbanken gespeichert. Schließlich müssen sich die Transponder im Zeitpunkt der Entsorgung noch an den Abfallprodukten befinden und funktionsfähig sein.

Die RFID-Technologie besteht nicht allein aus RFID-Tags, sondern wird ergänzt durch eine beliebige Anzahl von RFID-Readern und vor allem einem Datenbanksystem, in dem die von den RFID-Tags übermittelten Daten gesammelt werden. Durch dieses Kommunikationssystem kann jeder mit einem RFID-Tag versehene Gegenstand eindeutig identifiziert werden und es ermöglicht den Zugang zum Internet der Dinge. Mit den allgemeinen Datenschutzproblemen des Internet der Dinge wird sich der Vortrag von Alexander Roßnagel befassen.

Die Kommunikationsvorgänge in dem RFID-System erfolgen rein automatisch und ohne Mitwirkung der Besitzer der Dinge. Daher kann das RFID-System als Hintergrundtechnologie bezeichnet werden. Es ermöglicht grundsätzlich die heimliche Durchführung von Datenverarbeitungsprozessen. Dies ist dadurch bedingt, dass der RFID-Chip aufgrund seiner geringen Größe kaum wahrgenommen wird und zusätzlich in jedes Produkt so integriert werden kann, dass er nicht sichtbar ist. Außerdem kann auch der Auslesevorgang ohne Wissen und ohne Willen des Besitzers des RFID-Tags vorgenommen werden. Die Möglichkeit Datenverarbeitungsvorgänge ohne Kenntnis des Betroffenen vornehmen zu können, leistet grundsätzlich einem datenschutzwidrigen Umgang mit personenbezogenen Daten Vorschub.

Die datenschutzrechtlichen Risiken des RFID-Einsatzes in der Entsorgungswirtschaft betreffen nicht allein die Entsorgungsphase, sondern können bereits ab dem Anbringen der Transponder in der Herstellungsphase entstehen. Eine datenschutzrechtliche Gefährdung setzt aber grundsätzlich voraus, dass bei dem elektronischen Datenverarbeitungsvorgang solche Daten verwendet werden, die einen eindeutigen Bezug zu einer natürlichen Person aufweisen. Nach dem geltenden Datenschutzrecht sind alle RFID-Anwendungen unproblematisch, bei denen kein Umgang mit personenbezogenen Daten erfolgt. Ein datenschutzrechtliches Risiko entsteht jedoch, wenn entweder in dem RFID-System selbst personenbezogene Daten verwendet werden oder die Herstellung des Personenbezugs dieser Daten in bestimmten Konstellationen vorstellbar ist.

Für die Zielsetzung der Entsorgungsoptimierung ist es ausreichend, wenn auf dem RFID-Transponder nur eine eindeutige Produktnummer, z. B. der standardisierte Elektronische Produktcode (EPC) gespeichert wird. Diese Einzelinformation ist nicht personenbezogen und damit datenschutzrechtlich unbedenklich. Die Produktkennung ermöglicht aber während des gesamten Produktlebenszyklusses nicht nur die individuelle Identifizierung jedes getaggten Gegenstands, sondern in vielen Fällen kann über diese auch eine Person fortlaufend identifiziert werden, wenn z. B. beim Kauf eines Produkts der EPC zusammen mit den Daten der EC-Kartenzahlung in einer Datenbank gespeichert wird. Vor allem bei persönlichen Gegenständen, die regelmäßig mitgeführt werden, beispielsweise Autoschlüssel, Portemonnaie und Mobiltelefon, ist es theoretisch denkbar, über ein „Verfolgen“ (sog. Tracking) der

getaggten Gegenstände Verhaltensmuster und Bewegungsprofile der Person zu erstellen. Somit begründen die getaggten Gegenstände gerade in der Nutzungsphase ein erhebliches datenschutzrechtliches Risiko.

Außerdem können während der Nutzungsphase des Gegenstands auf dem RFID-Transponder – je nach dessen konkreten technischen Ausgestaltung – zusätzliche Daten gespeichert werden, oder es kann eine Verknüpfung mit weiteren, in anderen Datenbanken hinterlegten Daten erfolgen. Für Produkte, die eine längere Lebensdauer besitzen und gegebenenfalls mehrfach weiterveräußert werden, ist es z. B. möglich, eine Historiendatenbank anzulegen. In dieser können Bedienungshinweise, Eigentümerwechsel, Reparaturen und Informationen zur „Geschichte“ des Produkts gespeichert werden; auch diese Daten können einen Personenbezug aufweisen.

In der Entsorgungsphase selbst kann der RFID-Einsatz insbesondere für die Mitarbeiter des Entsorgungsunternehmens und des Erstbehandlers datenschutzrechtliche Risiken bergen. Die RFID-Tags können nicht nur für die Optimierung des Recyclings, sondern auch für die Mitarbeiterkontrolle und sonstige interne Zwecke, z. B. die Realisierung prämiendotierter Leistungsquoten, eingesetzt werden.

Die höhere Verarbeitungsgeschwindigkeit des elektronischen Auslesevorgangs, die Automatisierung des Auslesevorgangs und dessen vereinfachte – weil ohne Sichtkontakt mögliche – Durchführung bergen weitere datenschutzrechtliche Risiken.

3 Produktbezogene Risikobewertung

Die datenschutzrechtlichen Risiken, die durch die RFID-Kennzeichnung entstehen, sind zudem unterschiedlich stark ausgeprägt, je nachdem, welche Eigenschaften die Produkte aufweisen. Zur Erstellung von Profilen über das Konsumverhalten sind prinzipiell alle Produkte geeignet. Das Risiko, aussagekräftige Bewegungsprofile zu generieren, besteht – wie bereits erwähnt – dagegen nur, wenn die Nutzungsphase des Produkts eine gewisse Dauer aufweist und das Produkt regelmäßig von einer Person mit sich geführt wird. Potenziell geeignet sind alle Gegenstände, die als „ständiger Begleiter im Alltag“ bezeichnet werden können, wie mobile Endgeräte, Schlüssel, Portemonnaie, Schminkutensilien und Fahrzeuge. Nicht geeignet sind dagegen z. B. elektrische Haushaltsgeräte, die zwar vielfach eine deutlich längere Nutzungsdauer aufweisen, sich aber an einem festen Standpunkt befinden. Mit Kleidungsstücken lässt sich nur ein sehr lückenhaftes Bewegungsprofil erstellen, da sie in der Regel nicht jeden Tag oder zumindest nur saisonal getragen werden.

Produktspezifische Risiken ergeben sich zudem, wenn die Produkte Rückschlüsse auf die Person zulassen, die datenschutzrechtlich als besondere Arten von personenbezogenen Daten zu werten sind. Dies sind gemäß § 3 Abs. 9 BDSG alle

Angaben über die rassische und ethnische Herkunft, politische Meinungen, religiöse oder philosophische Überzeugungen, Gewerkschaftszugehörigkeit, Gesundheit oder Sexualität. In diesem Zusammenhang können insbesondere Bücher, Zeitschriften und Medikamente relevant sein. Es kann allerdings keine spezifische Produktgruppe bestimmt werden.

Vergleichbar dem bereits in der Vergangenheit bestehenden datenschutzrechtlichen Problem bei der Vernichtung von Akten und Datenträgern können Elektrogeräte mit Datenspeicher als weitere Produktgruppe mit hohen datenschutzrechtlichen Risiken eingestuft werden. Das „Elektrogesetz“ misst der Wiederverwendung von Altgeräten höchste Priorität zu. In den Datenspeichern wird nahezu immer – sofern sie nicht vom Voreigentümer gelöscht worden sind – eine Vielzahl personenbezogener Daten abgelegt sein. Diese dürfen vom Entsorger beim Verkauf der Geräte nicht an Dritte weitergegeben werden. Denn auch diese Handlung stellt eine Datenübermittlung gemäß § 3 Abs. 4 Nr. 3 BDSG dar, die nur aufgrund einer gesetzlichen Erlaubnis oder einer Einwilligung des Betroffenen zulässig ist. Abfallrechtlich besteht zwar die primäre Pflicht zur Wiederverwendung der Altgeräte, diese erfordert aber nicht die Weitergabe personenbezogener Daten.

4 Datenschutzrechtliche Pflichten

Problematisch ist allerdings die Frage, welche datenschutzrechtlichen Pflichten diese Risiken konkret begründen. Die Datenschutzgesetze greifen erst dann ein, wenn ein Umgang mit personenbezogenen oder personenbeziehbaren Daten erfolgt. Beim Einsatz der Technologie zur Optimierung der Entsorgungswirtschaft werden ausschließlich produktbezogene Informationen benötigt. Solange weder auf den RFID-Tags selbst, noch in der Hintergrunddatenbank personenbezogene Daten gespeichert werden, treffen somit weder den Hersteller, der die Produkte mit den RFID-Tags versieht, noch den Entsorger besondere datenschutzrechtliche Pflichten. Sollten die RFID-Tags insbesondere während der Nutzungsphase für andere Zwecke eingesetzt werden, die auch den Umgang mit personenbezogenen Daten beinhalten, ist diejenige Stelle oder Person datenschutzrechtlich verantwortlich, die den Datenverarbeitungsvorgang mittels RFID veranlasst. Dies kann z. B. der Betreiber eines Kaufhauses sein, wenn im Eingangsbereich RFID-Lesegeräte aufgestellt sind und die Informationen des RFID-Tags in Bezug auf eine bestimmte Person ausgelesen werden.

Der Einsatz von RFID-Tags stellt aber nicht primär ein Risiko für die informationelle Selbstbestimmung dar, weil Gegenstand der Datenverarbeitung im RFID-System personenbezogene Daten sind. Das datenschutzrechtliche Risiko entsteht vielmehr bereits dadurch, dass eine Technologie, die potenziell für die Datenverarbeitung personenbezogener oder personenbeziehbarer Daten geeignet ist, massenhaft in

Alltagsgegenstände integriert wird. Diese Infrastruktur ermöglicht erst konkrete Datenverarbeitungsvorgänge, die weder dauerhaft von der verantwortlichen Stelle durchgeführt, noch in Bezug auf ihre Zweckbindung kontrolliert werden können. Es wird zudem möglich, dass Alltagsgegenstände rein automatisiert und untereinander Daten austauschen und der Personenbezug gegebenenfalls erst zu einem deutlich späteren Zeitpunkt entsteht. Das Risiko, dass diese technische Infrastruktur für die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung personenbezogener Daten „missbraucht“ wird, ist als sehr hoch einzuschätzen. Durch die Integration dieser Technik in nahezu alle Alltagsgegenstände wird somit eine abstrakte Gefährdungssituation für die informationelle Selbstbestimmung begründet. Bisher enthalten die Datenschutzgesetze keine Regelungen für eine Vorsorge zur Verhinderung derartiger datenschutzrechtlicher Risiken. Die grundsätzliche Forderung an den Gesetzgeber entsprechende Vorsorgeregelungen zu erlassen, besteht allerdings schon seit mehreren Jahren. In Bezug auf die Videoüberwachung öffentlich zugänglicher Räume ist der Gesetzgeber dieser Forderung bereits durch den Erlass von § 6b BDSG nachgekommen. Durch diese Vorschrift werden dem Verwender optisch-elektronischer Einrichtungen Transparenzpflichten auferlegt, obwohl aufgrund der Anonymität der gefilmten Personen keinerlei Daten mit Personenbezug aufgezeichnet werden.

Der Erlass zusätzlicher Vorsorgeregelungen würde zum einen zur Erweiterung der datenschutzrechtlichen Pflichten führen. Diese könnten bereits eingreifen, wenn Dritten durch das Inverkehrbringen einer technischen Infrastruktur ein unkontrollierbarer Umgang mit personenbezogenen Daten potentiell ermöglicht wird. Zum anderen müssten die Grundregeln der Verantwortlichkeit entsprechend ausgedehnt werden. Die datenschutzrechtlich verantwortliche Stelle wäre dann nicht nur die (personenbezogene) Daten verarbeitende Stelle, sondern zusätzlich jede Stelle, die eine zur massenhaften und unkontrollierten Verarbeitung personenbezogener Daten geeignete technische Infrastruktur der Allgemeinheit zugänglich macht. An die verschiedenen verantwortlichen Stellen sind allerdings abgestufte Anforderungen zu stellen. Diese sind anhand verschiedener Kriterien, wie Nähe zum Umgang mit den personenbezogenen Daten, Zielsetzungen sowie Interessen an der Verarbeitung personenbezogener Daten und Möglichkeiten zur technischen Vermeidbarkeit, zu spezifizieren.

Obwohl nach der aktuellen Gesetzeslage datenschutzrechtliche Pflichten erst entstehen, wenn ein Umgang mit personenbezogenen Daten erfolgt, sollte der für den Entsorgungsbereich angestrebte RFID-Einsatz datenschutzkonform erfolgen. Der für die Entsorgungswirtschaft positive Synergieeffekt, der durch die „Wiederverwendung“ der bereits durch die Hersteller in die Produkte integrierten RFID-Tags entsteht, kann nur realisiert werden, wenn diese im Zeitpunkt der Entsorgung noch funktionsfähig sind. Bisher wurde von Datenschützern fast einhellig gefordert, dass Endverbraucher die RFID-Tags deaktivieren können müssen. Dieser datenschutzrechtliche Gestaltungsvorschlag macht die angestrebte Anwendung unmöglich. Insofern müssen die Verbraucher durch alternative Maßnahmen datenschutzkonformer RFID-Tags von

der Notwendigkeit überzeugt werden. Ohne die Akzeptanz der Verbraucher ist der nutzbringende Einsatz der RFID-Tags für ein optimiertes Recycling nicht denkbar.

5 Datenschutzrechtliche Anforderungen

Unter Berücksichtigung dieses Vorsorgegedankens ist das RFID-System für den Einsatzbereich der Abfallentsorgung technisch so zu gestalten, dass es keine unmittelbare oder mittelbare Beeinträchtigung der informationellen Selbstbestimmung zur Folge hat. Eine datenschutzkonforme Ausgestaltung kann nur erreicht werden, wenn trotz der genannten Eigenschaften die wesentlichen datenschutzrechtlichen Grundsätze beachtet werden. Soweit personenbezogene Daten in dem RFID-System verwendet werden, muss der Betroffene selbst darüber entscheiden können, welche Informationen er an welche Daten verarbeitende Stelle zu welchem Zweck weitergeben will. Außerdem muss verhindert werden, dass die technische Infrastruktur für einen unkontrollierten und massenhaften Umgang mit personenbezogenen Daten eingesetzt wird.

Die Tatsache, dass RFID-Transponder „heimlich“ und von jedem, der über ein RFID-Lesegerät verfügt, ausgelesen werden können, führt dazu, dass grundsätzlich das Gebot der Zweckbindung der Datenverarbeitung gefährdet ist. Dieses soll sicherstellen, dass der Einzelne darauf vertrauen kann, dass die Datenverarbeitung nur zu dem von ihm – mittels Einwilligung – oder durch Gesetz erlaubten Zweck erfolgt. Die Zweckbindung muss durch die verantwortliche Stelle gewährleistet werden. Gemäß § 3 Abs. 7 BDSG ist jede Person oder Stelle verantwortlich, die personenbezogene Daten für sich selbst erhebt, verarbeitet oder nutzt oder dies durch andere im Auftrag vornehmen lässt. Dies werden nicht unbedingt die Hersteller oder Entsorger sein, sondern Dritte, die sich der vorhandenen RFID-Technologie bedienen. Da sich die Transponder während der Nutzungsphase außerhalb des Einflussbereichs der Hersteller und Entsorger befinden werden, können die Akteure nur sehr eingeschränkt Maßnahmen zur Sicherung der Zweckbindung in Bezug auf die Datenverarbeitung durch Dritte treffen.

Dieselbe technische Eigenschaft führt dazu, dass keine Transparenz der Datenverarbeitungsvorgänge gewährleistet ist. Führen Verbraucher ein getaggttes Produkt bei sich, kann der Transponder grundsätzlich von jedem RFID-Leser ausgelesen werden. Diese können an beliebigen Orten von verschiedenen verantwortlichen Stellen installiert werden. Da die RFID-Transponder sehr klein sind und unsichtbar in Produkte integriert werden können, ist für den Verbraucher weder erkennbar, ob ein Produkt mit einem RFID-Tag ausgestattet ist, noch muss der Vorgang des Auslesens des Tags von ihm bemerkt werden. Die Kenntnis darüber, dass überhaupt Datenverarbeitungsvorgänge stattfinden, ist aber die Grundvoraussetzung dafür, dass der Verbraucher die Rechtmäßigkeit der Verarbeitung seiner personenbezogenen Daten

überprüfen kann. Zudem kann er nur von seinen Betroffenenrechten Gebrauch machen, wenn er um den Umgang mit seinen personenbezogenen Daten weiß.

Werden die RFID-Tags dazu eingesetzt, Verhaltensmuster und Bewegungsprofile von Personen zu erstellen, wird insbesondere das Verbot der Profilbildung nicht eingehalten.

Unabhängig von dem Einsatz von RFID-Tags besteht eine weitere datenschutzrechtliche Anforderung in Bezug auf Elektro- und Elektronikgeräte mit Datenspeicher. Wie bereits dargelegt, sollen diese vorrangig wiederverwendet werden. Eine Legitimation zur Weitergabe der Datenspeicher, auf denen sich regelmäßig personenbezogene Daten befinden, besteht allerdings weder aufgrund einer gesetzlichen Vorschrift, noch wird im Regelfall eine Einwilligung des Betroffenen vorliegen. Der Entsorger ist daher verpflichtet, die Datenspeicher der zur Wiederverwendung geeigneten Altgeräte vollständig zu löschen oder zu entfernen.

6 Datenschutzkonforme Gestaltung

Aus den ermittelten datenschutzrechtlichen Risiken von RFID und den zur Sicherung der informationellen Selbstbestimmung erforderlichen datenschutzrechtlichen Anforderungen lassen sich Gestaltungsvorschläge für den Einsatz der RFID-Technologie zur Optimierung von Entsorgungsprozessen ableiten. Gestaltungsmöglichkeiten bestehen einerseits hinsichtlich der RFID-Tags und der Datenspeicherung, andererseits hinsichtlich der mit ihnen agierenden Hintergrundsysteme. Alle Gestaltungsvorschläge richten sich nicht primär an die Entsorger, sondern es ist der gesamte Lebenszyklus der mit RFID-Tags versehenen Abfallprodukte zu betrachten. Dies ist aber insofern sachgerecht, als die Hersteller hinsichtlich einer umweltschonenden Entsorgung ihrer Produkte verantwortlich sind. Bei den Gestaltungsanforderungen ist darauf zu achten, dass die Interessen der Entsorgungswirtschaft berücksichtigt werden müssen. Sollten sich alternative Möglichkeiten für eine datenschutzkonforme Gestaltung ergeben, ist diejenige zu wählen, die das Ziel der Optimierung des Recyclings optimal unterstützt.

6.1 RFID-Tags und Datenspeicherung

Die auf dem Markt verfügbaren RFID-Tags unterscheiden sich wesentlich in ihren Leistungsmerkmalen. Das datenschutzrechtliche Risiko der RFID-Tags ist umso höher, je mehr und umfangreicher sie Datenverarbeitungsvorgänge ermöglichen. Für die vorgesehene Anwendung ist es ausreichend, wenn auf dem RFID-Tag ausschließlich eine Produkt-Identifikationsnummer gespeichert werden kann. Diese muss – und darf – während der Lebensdauer des Produkts nicht verändert werden.

Insofern sollten nur einmal beschreibbare Transponder mit einer geringen Speicherkapazität verwendet werden, bei denen die Datenübertragung nur in eine Richtung erfolgen kann (sog. Low-End-Systeme).

RFID-Systeme sind datenschutzrechtlich unbedenklich, solange auf dem RFID-Tag keine personenbezogenen Daten gespeichert werden. Ziel der RFID-Kennzeichnung der Abfallprodukte ist es, dem Entsorger alle produktspezifischen Informationen zur Verfügung zu stellen, die er für eine ressourcenoptimierte Entsorgung benötigt. Dies werden primär Informationen sein über die der Hersteller verfügt. Die Bereitstellung dieser Informationen für den Entsorger erfordert nicht, dass die entsorgungsrelevanten Informationen auf dem RFID-Tag selbst gespeichert werden. Ausreichend ist vielmehr die Speicherung einer Identifikationsnummer, zu der alle weiteren Informationen in einer Hintergrunddatenbank hinterlegt sind. Da die abfallrelevanten Informationen der Produkte eines Produkttyps jeweils einheitlich sind und hinsichtlich des konkreten Einzelprodukts nicht variieren, ist eine Kennzeichnung der Produkttypen der individuellen Produktkennzeichnung vorzuziehen. Denn dadurch wird die Möglichkeit der eindeutigen Zuordnung eines getaggtten Produkts zu einer Person verhindert. Es ist aber auch zu berücksichtigen, dass der Hersteller die RFID-Tags für logistische Zwecke einsetzt und daher eine eindeutige Produktkennzeichnung benötigt. Um eine Beeinträchtigung der Logistikkette zu verhindern, wäre es ausreichend, die Seriennummer des EPC, die der eindeutigen Produktkennung dient, zu löschen, sobald der Endverbraucher das Produkt erworben hat. Voraussetzung ist, dass diese Möglichkeit technisch auch bei nicht wiederbeschreibbaren RFID-Tags besteht.

Vereinzelt kann es erforderlich sein, dass die produktspezifischen, abfallrelevanten Herstellerinformationen um weitere Informationen über das Produkt aus der Nutzungsphase ergänzt werden. Eine zusätzlich erforderliche abfallrelevante Information könnte z. B. die Tatsache sein, dass ein Einzelteil eines Elektrogeräts bei einer Reparatur ausgewechselt wurde, wodurch sich die Schadstoffzusammensetzung verändert. Diese Informationen sollten eindeutig produktbezogen in der Hintergrunddatenbank hinterlegt werden, so dass wiederum die Speicherung einer individuellen Produktkennzeichnung auf dem RFID-Tag erforderlich ist. Ob auf dem RFID-Tag nur der Produkttyp oder eine eindeutige Produktkennzeichnung für die Entsorgungszwecke zu speichern ist, kann von Produkt zu Produkt unterschiedlich zu bewerten sein. Entsprechend dem datenschutzrechtlichen Grundsatz der Erforderlichkeit sollte daher eine differenzierte Kennzeichnung erfolgen.

Nur im Ausnahmefall sollten bei ausgewählten Produkten RFID-Tags mit einer höheren Datenverarbeitungskapazität eingesetzt werden, wenn die Notwendigkeit besteht, auf dem RFID-Chip direkt oder während der Nutzungsphase noch weitere Daten zu speichern. Das im Vergleich zu einmal beschreibbaren RFID-Tags höhere datenschutzrechtliche Risiko kann weitgehend durch den Einsatz kryptografischer

Verfahren ausgeglichen werden. Dadurch lässt sich verhindern, dass die auf dem RFID-Tag gespeicherten Daten von jedem ausgelesen werden und es ist nur ein eingeschränkter Zugriff autorisierter Nutzer, z. B. der Entsorgungsunternehmen möglich. Für die Massenanwendungen in der Entsorgungswirtschaft ist der Einsatz von Autorisierungsverfahren aber nur bezüglich einzelner wertvoller Produkte eine technische Gestaltungsalternative. Denn hierfür werden RFID-Tags der mittleren und hohen Leistungsklasse benötigt, die für nicht wertvolle Produkte zu kostenintensiv sind.

Datenschutzrechtliche Vorgänge werden regelmäßig transparent, wenn der verantwortlichen Stelle Informations- und Hinweispflichten gegenüber den Betroffenen obliegen. Die allgemeinen Informationspflichten gemäß § 4 Abs. 3 und § 33 BDSG sind gesetzlich vorgeschrieben von jeder Stelle zu erfüllen, die mittels der RFID-Infrastruktur personenbezogene Daten erhebt. Da datenschutzrechtlich auch die Stellen zur Verantwortung gezogen werden sollten, die aufgrund des massenhaften Inverkehrbringens der RFID-Tags eine Gefährdungssituation begründen, ist eine Hinweispflicht auf getaggte Produkte, vergleichbar der Vorsorgeregelung des § 6b Abs. 2 BDSG, zu empfehlen. Diese kann am einfachsten und effektivsten durch den Aufdruck eines (international einheitlichen) Piktogramms erfolgen. Durch eine derartige Kennzeichnung werden die Verbraucher auf die integrierte Technologie hingewiesen und können bei Bedarf weitere Informationen über deren Funktionsweise und Risikopotential einholen.

6.2 Hintergrundsysteme

Für die informationstechnischen Hintergrundsysteme gilt zunächst derselbe Grundsatz wie für die RFID-Tags selbst. Diese fallen aus dem Anwendungsbereich des Datenschutzrechts heraus, wenn keine personenbezogenen Daten gespeichert werden. Die Entsorger benötigen für eine Optimierung des Recyclings ausschließlich produktspezifische Informationen, die keinen Personenbezug aufweisen. Die Hersteller können die Datenbanken zudem nutzen, um bereits bestehende verwertungsspezifische Kennzeichnungs- und Mitteilungspflichten z. B. nach dem Elektroggesetz, den Gefahrstoff-, Verpackungs- und Altfahrzeugverordnungen zu erfüllen.

Es besteht allerdings auch die Möglichkeit, mit dem Einsatz der RFID-Technologie weitere abfallwirtschaftliche Ziele als nur die optimierte Abfallbehandlung durch die Entsorger zu verfolgen. Gemäß § 22 Krw-/AbfG umfasst die Produktverantwortung, dass Personen, die Erzeugnisse entwickeln, herstellen, be- und verarbeiten oder vertreiben, verpflichtet sind, zur Erfüllung der für die Kreislaufwirtschaft geltenden Ziele, insbesondere die Abfallvermeidung und die Wiederverwertung, beizutragen. Konkretisiert wird dieser Grundsatz für einzelne Bereiche in Spezialgesetzen, wie z. B. dem Elektroggesetz. Um diese Personen für Recycling und Entsorgung zur

Verantwortung ziehen zu können, müssten in den Hintergrunddatenbanken zusätzlich Informationen über die genannten Personen gespeichert werden. Wird mit der Datenverarbeitung diese zusätzliche Zielsetzung verfolgt, werden auch personenbezogene Daten gespeichert, so dass die Vorschriften der Datenschutzgesetze eingreifen. Eine datenschutzfreundliche Alternative, die gleichzeitig das Interesse berücksichtigt, die abfallrechtliche Produktverantwortung zu gewährleisten, wäre die Speicherung von Pseudonymen, die bei Bedarf aufgedeckt werden können.

Die Zweckbindung kann bei den Hintergrundsystemen ohne weiteres durch Zugriffsschutzmechanismen und Authentifizierungsverfahren erreicht werden. Sofern die RFID-Tags für ganz unterschiedliche Zwecke eingesetzt werden sollen, neben der Entsorgungsoptimierung z. B. für Anwendungen zur Verbesserung von Reparatur und Wartung, zur Bereitstellung von produktspezifischen Zusatzinformationen, die dem Kunden einen Mehrwert bieten, sollten jeweils zweckspezifische Datenbanken angelegt werden. Anderenfalls würde ein begrenzter Zugriff nahezu leerlaufen. Die Aufsplittung in einzelne Datenbanken hätte aber auch den Vorteil, dass diese aufgrund des geringeren Datenbestandes leichter recherchierbar sind und nicht so große Rechenkapazitäten benötigen.

7 Akzeptanz durch Technikgestaltung

Die RFID-Technologie kann für die Abfallwirtschaft einen wesentlichen Fortschritt bei der Optimierung des Recyclings bringen. Voraussetzung ist allerdings die datenschutzrechtliche Unbedenklichkeit, um die notwendige Akzeptanz der Verbraucher zu erreichen. Datenschutz kann durch gesetzliche Vorschriften nur begrenzt erreicht werden, weil deren Einhaltung nicht immer gewährleistet ist. Wird eine Technologie und ihre Anwendung von vornherein datenschutzkonform gestaltet, kann Datenschutz häufig deutlich effektiver realisiert werden.

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

Wirklich ein gläserner Kunde? – RFID und die Verbraucherakzeptanz

Dr. Sergei Evdokimov
Humboldt-Universität zu Berlin

Schriftenreihe des
Fachgebietes Abfalltechnik
Universität Kassel
Kassel 2009

Beitrag lag leider bei Drucklegung noch nicht vor

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

RFID Datenerhebung als Sicherheitsrisiko

Florian Kerschbaum
SAP Research, Karlsruhe

Schriftenreihe des
Fachgebietes Abfalltechnik
Universität Kassel
Kassel 2009

RFID Sicherheit hat sich ursprünglich mit zwei Problemen beschäftigt: Datenschutz und Authentifizierung. Im Datenschutz wird ein ordnungsgemäß funktionierender Tag von einem nicht autorisierten Leser angegriffen und bei der Authentifizierung wird einem ordnungsgemäß funktionierenden Leser ein gefälschter Tag untergeschoben. Das Problem des Datenschutzes wurde durch RFID Authentifizierungsprotokolle weitestgehend gelöst. Der Grundgedanke eines sicheren RFID Authentifizierungsprotokoll ist: Ich sag' Dir wer Du bist und Du sagst ja. Nur kann man dies geschickter lösen als für jeden Rateversuch einen Lesevorgang mit dem Tag durchzuführen. Stattdessen interagiert man einmal mit dem Tag und löst dann die Rateversuche lokal. Die bisherige Schlussfolgerung für Authentifizierung, also gefälschte Tags, ist das RFID Tags nur geringe Hardwaresicherheit bieten und es durchaus möglich ist diese zu fälschen.

Beim Einsatz von RFID in der Lieferkette ergibt sich ein völlig anderes Bild von Sicherheit. Im betrieblichen Einsatz besteht der Vorteil von RFID zum großen Teil aus der eindeutigen Identifizierbarkeit von Waren und die Risiken werden anders bewertet. Es gilt die Kosten für die Identifizierbarkeit soweit wie möglich zu reduzieren und Tags mit komplizierten Sicherheitsfunktionen sind daher oft nicht wirtschaftlich. Die unerlaubte Nachverfolgung von Waren durch heimliches Lesen der Tags ist ein Angriff, der mit der Menge der Waren praktisch nicht skaliert. Erst wenn die Waren den Endverbraucher erreichen und damit personenbezogene Daten entstehen, wird das Problem relevant. Dafür gibt es aber eine Vielzahl an Lösungen. Im einfachsten Fall wird der Tag entfernt. Auch die Fälschung von RFID Tags spielt nur dann eine Rolle falls einzig die Tags zur Fälschungssicherheit eingesetzt werden. Man kann Fälschungen von Waren mit RFID Tags auch durch Datenerhebung erkennen. Diese Datenerhebung besteht aus der Speicherung eines jeden Lesevorgangs. Als minimale Datenbasis wird das Tripel (Leser Nummer, Tag Nummer, Zeitstempel) erhoben und in einer Datenbank gespeichert. Jeder Leser ist einer Organisation und einem Ort zugeordnet. Viele weitere Daten über den Prozess können zusätzlich erhoben werden. Die Auswertung dieser Daten ermöglicht die lückenlose Rückverfolgung eines Produktes. Sie bildet die Grundlage für viele Anwendungen von RFID in anderen Industrien, z. B. der Pharma Industrie.

Um den größten Vorteil aus der Datenerhebung zu ziehen, müssen die Daten unter allen Unternehmen der Lieferkette ausgetauscht werden. Dies kann im einfachsten Fall durch eine zentrale Datenbank erfolgen. Allerdings muss dieser zentralen Partei von allen Teilnehmern vertraut werden, denn sie ist es, die Zugriffsrechte durchsetzt. Um die Kontrolle über die Verwaltung der eigenen RFID Daten zu behalten, setzen deshalb viele Unternehmen auf verteilte Datenbanken: Jedes Unternehmen der Lieferkette speichert seine eigenen Daten. In diesem Fall ist es schon ein grundsätzliches Problem, diejenigen Unternehmen zu identifizieren, die eine bestimmte Ware besessen haben und die entsprechenden Datenbanken zu lokalisieren. Ein Ansatz hierzu ist der „Discovery Service“, der zentral diese Information vorhält und dann an

die Anfrager weiterleitet. Ein Angreifer kann allerdings wiederholt Anfragen an diesen Service stellen und durch die konstante Beobachtung die oben angesprochenen Tripel sehr gut annähern, so dass auf die RFID Daten so gut wie keinerlei Zugriffsschutz mehr besteht.

Ein weiteres Problem des Zugriffsschutzes auf diese Daten besteht aus der reinen Menge der Daten. Nehmen wir folgende Situation an: Zwei Abfallcontainer werden vom lokalen Versorger an einen Verwerter geliefert. Dieser bringt einen zu einer überregionalen Müllverbrennungsanlage und einen zu einer Deponie. Sowohl Deponie als auch Müllverbrenner würden gerne auf die Daten des Versorgers zugreifen. Darf die Deponie den Container an den Müllverbrenner sehen? Wie macht der Versorger die Entscheidung, obwohl er beide Container an den gleichen Verwerter geliefert hat?

Die Schlussfolgerung ist, dass die Zugriffsentscheidung pro RFID Tag fallen muss und für die Zugriffsentscheidung Daten und Aktionen anderer Teilnehmer wichtig sein können. Durch die Zugriffsentscheidung pro Ware entsteht eine riesige Zugriffsmatrix aus Unternehmen x Ware x Recht. Diese Zugriffsrechte effizient und korrekt zu verwalten ist eine Herausforderung für den Administrator. Sollte man zum Beispiel die Zugriffsmatrix als solche speichern, würden die Zugriffsrechte mehr Speicherplatz beanspruchen als die RFID Daten selbst.

Die RFID Daten stellen eine wahre Goldmine an Informationen über das operationale Geschäft eines Unternehmens dar. Zugriffsschutz ermöglicht offensichtliche Angreifer fernzuhalten, aber kann man den Partnern in der eigenen Lieferkette diese Daten anvertrauen? Viele Unternehmen sind mit dieser Entscheidung im Unklaren, da es nicht offensichtlich ist, welche Informationen direkt und indirekt preisgegeben werden. Eine mögliche Lösung wäre die Daten selbst Unternehmen in der eigenen Lieferkette nicht zur Verfügung zu stellen. Man will aber dennoch nicht auf die Vorteile der RFID Datenerhebung verzichten. Ansätze aus der Kryptographie wie sichere Mehrparteienberechnungen und homomorphe Verschlüsselung können diese beiden Ziele verbinden. Sie erlauben Funktionen auf verteilten Eingaben so zu berechnen, dass die Eingaben jedem anderen Teilnehmer verborgen bleiben, aber alle Teilnehmer Zugriff auf das Ergebnis erhalten.

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

Internet der Dinge – Leben in einer vernetzten Welt

Prof. Dr. Alexander Roßnagel
Universität Kassel

Schriftenreihe des
Fachgebietes Abfalltechnik
Universität Kassel
Kassel 2009

1 Das Internet der Dinge und die Entsorgungswirtschaft

Die Entsorgungswirtschaft beschäftigt sich mit der letzten Station im Lebenszyklus der Dinge. Sie verfolgt dabei die gesetzlichen Zielsetzungen der Wiederverwendung, der stofflichen und energetischen Verwertung und der umweltverträglichen Entsorgung. Für die Erfüllung dieser Aufgaben würde eine völlig neue Grundlage geschaffen, wenn die Dinge ein eigenes Internet hätten. Diese pointierte Ausdrucksweise steht für die technische Möglichkeit, jedes Ding zu identifizieren, Angaben zu jedem Ding zu speichern, die Geschichte eines jeden Dings zu protokollieren und den Zugriff auf all diese Informationen über das Internet verfügbar zu machen.

Ein Internet der Dinge könnte mehrere Vorteile für die Entsorgungswirtschaft bieten. Zum einen könnte die Identifizierung eines Produkts und der Zugriff auf individuelle Informationen zu diesem im Internet der Entsorgungswirtschaft genauen Aufschluss über Wiederverwendungsmöglichkeiten, Demontageverfahren, Zusammensetzungen des Produkts, umweltschädliche Komponenten und wiederverwertbare Rohstoffe, stoffliche und energetische Verwertungsmöglichkeiten und Hindernisse geben. Diese Angaben könnten erheblich zu einer Effizienzsteigerung im Entsorgungsprozess und zur Entwicklung eines Sekundärmarkts für gebrauchte Dinge beitragen. Darüber hinaus ergeben sich Chancen aus der kontinuierlichen Verknüpfung mit Hintergrundsystemen. So ließe sich etwa erfassen, welchen Umwelteinflüssen ein Produkt ausgesetzt ist oder wer zu welchem Zeitpunkt erforderliche Wartungs- oder Reparaturarbeiten vorgenommen hat. Des Weiteren könnten vielfältige Produktkennzeichnungs-, -melde- und -kontrollpflichten quasi automatisch erfüllt werden. Außerdem könnten die Produkte besser verfolgt und der illegalen Entsorgung von Abfällen vorgebeugt werden. Schließlich könnte eine individuelle Zurechnung des Abfalls zu den Verantwortlichen hergestellt, eine am Verursacherprinzip orientierte Kostenanlastung realisiert und die Herstellerverantwortung in effektiver Weise umgesetzt werden.

Ob diese Möglichkeiten für die Entsorgungswirtschaft Wirklichkeit werden, hängt mindestens von zwei Entwicklungen ab, die sie allenfalls indirekt beeinflussen kann. Erstens muss das Internet der Dinge möglichst viele – entsorgungsrelevante – Dinge umfassen und zweitens muss das Internet auch noch für die Dinge bestehen, wenn sie in die Entsorgungsphase kommen.

Die erste Bedingung wird dann erfüllt sein, wenn die Vision einer allgegenwärtigen Datenverarbeitung wahr wird, wenn also viele Alltagsgegenstände mit Identifikatoren sowie mit Sensor-, Kommunikations- und Informationstechnik ausgestattet sind, in der die Datenverarbeitung zwar allgegenwärtig, aber in den Hintergrund getreten ist. Der Mensch hat nicht mehr nur ein einziges für die Datenverarbeitung bestimmtes Gerät (Computer), vielmehr ist seine gesamte Umgebung mit der Kapazität zur Datenverarbeitung und zur Kommunikation ausgestattet. Die ihn umgebenden Dinge können (durch Sensoren) ihre Umgebung wahrnehmen. Jedem Ding ist eine Web-

seite zugeordnet, auf der diese Informationen gespeichert und abgerufen werden können. Im Internet der Dinge erhalten die Gegenstände ein „Gedächtnis“ und können ihre Informationen (Nutzungsgeschichte, Gebrauchsanweisung, Reparaturanleitung und ähnliche Informationen) dem Nutzer mitteilen.

Die Realisierung dieser Vision setzt voraus, dass die Menschen mit „Ubiquitous Computing“ lieber leben als ohne es. Die Dinge identifizieren, für jedes von ihnen Informationen zusammentragen und während seiner gesamten „Lebenszeit“ sammeln und zur Verfügung stellen, werden die Menschen nicht, wenn es nur um die Entsorgung geht. Sie werden es nur tun, wenn die Nutzung dieser Technik ihnen in der Herstellungs-, in der Distributions- und vor allem in der Nutzungsphase des Dings mehr Vor- als Nachteile bringt oder zumindest verspricht. Hierfür benötigen sie ausreichendes Vertrauen dafür, dass die Vorteile ihnen zugutekommen und sie keine gravierenden Nachteile erleiden.

Die zweite Bedingung wird dann erfüllt sein, wenn die Nutzer von Ubiquitous Computing die Möglichkeiten, das Ding zu identifizieren, mit ihm zu kommunizieren und alles Interessante über es zu erfahren, auch nach der Nutzungsphase noch zulassen. Auch hier gilt, dass diese Möglichkeiten ihnen mehr Vor- als Nachteile bringen müssen. Sofern keine Vergünstigungen für die Nutzer, die Dinge mit intakter Identifikations-, Informations- und Kommunikationsmöglichkeit in die Entsorgungsphase zu geben, geschaffen werden, kann hier allenfalls mit ideellen Motiven (Schutz einer gesunden Umwelt) gerechnet werden. Umso wichtiger wird sein, dass die potentiellen Risiken für die Nutzer extrem gering sind. Dies setzt ein ausreichendes Vertrauen voraus, dass die Identifikations-, Informations- und Kommunikationsmöglichkeit der Dinge, die sie zur Entsorgung geben, für sie keinen Nachteil bewirken können.

Für beide Bedingungen spielt der Datenschutz, der Schutz also der informationellen Selbstbestimmung der Nutzer, eine wesentliche Rolle. Wenn die Nutzer befürchten müssen, dass personenbezogene Daten durch die Nutzung des Internet der Dinge gegen sie verwandt werden oder werden können, werden sie weder Ubiquitous Computing nutzen noch Dinge mit Identifikations-, Informations- und Kommunikationsmöglichkeit bewusst und gewollt in die Entsorgungsphase geben. Um die Chancen und Risiken für ein Internet der Dinge aufzuzeigen, beschreibt der Beitrag die Träume und Alpträume, die mit allgegenwärtiger Datenverarbeitung verbunden sind (2.), stellt die Anforderungen informationeller Selbstbestimmung dar (3.) und untersucht die Möglichkeiten, diese Anforderungen in einer vollständig vernetzten Welt zu erfüllen (4.). Abschließend werden Vorschläge angedeutet, wie die festgestellten Grundprobleme des Datenschutzes in einer Welt allgegenwärtiger Datenverarbeitung gelindert werden könnten (5.). Der Beitrag beschränkt sich weitgehend auf die erste Bedingung, einer für die Nutzer weitgehend risikofreien Nutzung von Ubiquitous Computing. Die spezifischen Datenschutzprobleme eines Internet der Dinge in der Entsorgungsphase werden in dem Beitrag von Silke Jandt untersucht.

2 Träume und Alpträume allgegenwärtiger Datenverarbeitung

Weltweit wird in unzähligen Laboren geforscht und entwickelt, um eine Welt allgegenwärtiger Datenverarbeitung Wirklichkeit werden zu lassen. Viele konzeptionelle Untersuchungen und szenarienhafte Darstellungen beschreiben die Zielsetzung dieser Forschung und Entwicklung als eine Zukunft, in der die Informationstechnik lang gehegte Menschheitsträume erfüllt.

2.1 Träume

Der Traum verspricht zum einen eine Erweiterung der Sinne. Vielfältigste Alltagsgegenstände nehmen am Arbeitsplatz, im Privatbereich oder in der Öffentlichkeit über Sensoren, Mikrofone oder Minikameras Veränderungen in ihrer Umgebung wahr und bestimmen über Ortungsgeräte ihren jeweiligen Aufenthaltsort. Diese Angaben können sie aufgrund eines Modells ihrer Umwelt einordnen und bewerten. Sie bieten dem Nutzer über das Internet der Dinge quasi „mitdenkend“ kontextbezogen umfangreiche Zusatz- und Hintergrundinformationen an. Die Kommunikation zwischen Mensch und Gegenstand erfolgt durch der Situation angepasste Eingabemedien wie Sprach-, Handschrift- und Bilderkennung sowie durch Ausgabemedien wie Sprache, Projektionen auf Wände oder die Netzhaut oder leuchtfähiges Plastik. Dadurch kann die körperliche Welt um zusätzliche Informationen angereichert werden. So kann etwa ein Produkt dem Transporteur mitteilen, wohin es mit welchen anderen Produkten zusammen gebracht werden muss.

Der Traum betrifft zum anderen die Erweiterung des Gedächtnisses. Die Dinge können ihre „Erfahrungen“ protokollieren und dadurch ein eigenes „Gedächtnis“ entwickeln. Diese Inhalte stehen dem Nutzer zur Verfügung. Durch die Fähigkeit, sich selbst zu erklären, können etwa Produkte über das Internet der Dinge über Verfallsdatum, Gebrauchshinweise oder Unverträglichkeiten informieren. Das Auto und die Heizung können ihren Nutzer erkennen und sich von selbst auf ihn einstellen (Spiegel, Sitz, Temperatur, Luftfeuchtigkeit). Dinge können ihre Nutzer an Orte, Personen, Ereignisse oder Zustände kontextbezogen erinnern, etwa durch Nachrichten auf sein mobiles Endgerät, wenn der Nutzer die Wohnung verlässt, ohne ein Gerät ausgeschaltet, ein anderes eingeschaltet und in einem dritten bestimmte Einstellungen vorgenommen zu haben.

Der Traum verspricht drittens eine Befreiung von Arbeit. Allgegenwärtige Datenverarbeitung entlastet vor allem am Arbeitsplatz von Routineaufgaben und Alltagsentscheidungen. Die Möglichkeit, Dinge zu identifizieren, erlaubt etwa, viele Funktionen der Logistik zu automatisieren. Dinge vermögen sich gegenseitig zu identifizieren, sich ihre Zustände mitzuteilen, Umweltvorgänge zu erkennen und in einer vielfach sich selbst organisierenden Weise kontextbezogen zu reagieren.

2.2 Alpträume

Allgegenwärtige Datenverarbeitung ist aber auch der Stoff für Alpträume. Auf Potenziale und Risiken gesellschaftlicher Kontrolle und individueller Fremdsteuerung wurde nicht nur literarisch, sondern auch in wissenschaftlich fundierten Szenarien aufmerksam gemacht. Wird der Einzelne durch die Datenverarbeitung in seiner Umgebung und den Alltagsgegenständen allgegenwärtig begleitet, wird sie unmerklich Teil seines Verhaltens und seines Handelns. Die Vielfalt der Datenverarbeitung führt zu einer exponentiellen Zunahme von personenbezogenen Daten mit hoher Aussagekraft. Sie erlauben, individuelles Verhalten ebenso detailliert nachzuvollziehen wie kollektive Lebensstrukturen. Die Individualisierung der Unterstützung zwingt zu detaillierten Profilen mit Angaben zu Verhaltensweisen, Beziehungen, Einstellungen und Vorlieben.

Allgegenwärtige Datenverarbeitung erfordert eine Infrastruktur zur ständigen Erhebung und situationsadäquaten Auswertung personenbezogener Daten, deren Kern das Internet der Dinge ist, die zwangsläufig eine potenziell perfekte Überwachung ermöglicht. Interessiert an diesen Daten könnten zum Beispiel Anbieter von Waren und Dienstleistungen, Arbeitgeber, Versicherungen, Auskunftsteien oder staatliche Überwachungsbehörden, aber auch der neugierige Nachbar oder ein eifersüchtiger Liebhaber sein.

2.3 Der Schutz der Persönlichkeit und der Demokratie

Die weltweite technologische Entwicklung drängt zu vielfältigen Anwendungen der allgegenwärtigen Datenverarbeitung. Diese müssen jedoch akzeptiert und akzeptabel sein. Sowohl die Akzeptanz dieser Anwendungen, also ihre faktische Annahme im Alltag, als auch ihre Akzeptabilität, die normative Vertretbarkeit dieser Technikanwendungen, setzen voraus, dass es gelingt, die Potenziale zur Verwirklichung der Träume von den Potenzialen zur Realisierung der Alpträume zu trennen. Freiheit, Entfaltung und Demokratie zu fördern und – auch gegen technische Sachzwänge – zu schützen, ist die Aufgabe von Staat und Recht. Gegenwärtig erfüllen beide diese Aufgabe durch das Datenschutzrecht und dessen Vollzug. Ob dies in der vernetzten Welt des Internet der Dinge ausreichen kann, ist im Folgenden zu prüfen.

Hierfür wird – kurz – das Schutzgut und das Schutzkonzept des Datenschutzrechts beschrieben, sodann untersucht, welchen Herausforderungen des Internet der Dinge es gerecht werden kann und von welchen es überfordert werden dürfte. Schließlich werden einige neue Ansätze erörtert, die die Chancen, Selbstbestimmung auch in dieser neuen Welt zu ermöglichen, verbessern könnten.

3 Normativer Schutz der informationellen Selbstbestimmung

Datenschutz ist eigentlich ein irreführender Begriff. Durch Datenschutz und Datenschutzrecht sollen nämlich nicht die Daten (des Datenbesitzers) geschützt werden, sondern die informationelle Selbstbestimmung (des Betroffenen – vorrangig gegen den Datenverarbeiter). Datenschutz ist daher keine Frage des Schutzes von Verfügungsrechten, sondern der Freiheit.

Als die verfassungsrechtliche Antwort auf „die modernen Bedingungen der Datenverarbeitung“ hat das Bundesverfassungsgericht die informationelle Selbstbestimmung als Grundrecht aus Art. 1 Abs. 1 und Art. 2 Abs. 1 GG abgeleitet. „Das Grundrecht gewährleistet die Befugnis des Einzelnen, grundsätzlich selbst über die Preisgabe und Verwendung seiner persönlichen Daten zu bestimmen.“ Die informationelle Selbstbestimmung hat eine subjektive und eine objektive Schutzrichtung.

Die informationelle Selbstbestimmung schützt einmal die selbstbestimmte Entwicklung und Entfaltung des Einzelnen. Diese kann nur in einer für ihn kontrollierbaren Selbstdarstellung in unterschiedlichen sozialen Rollen und der Rückspiegelung durch die Kommunikation mit anderen gelingen. Dementsprechend muss der Einzelne in der Lage sein, selbst zu entscheiden, welche Daten er über sich in welcher Rolle und in welcher Kommunikation preisgibt.

Informationelle Selbstbestimmung ist zugleich die Grundlage einer freien und demokratischen Kommunikationsverfassung. Selbstbestimmung ist „eine elementare Funktionsbedingung eines freiheitlich demokratischen Gemeinwesens“, das „auf Handlungs- und Mitwirkungsfähigkeit seiner Bürger“ begründet ist. Sie zielt somit auf eine Kommunikationsordnung, die einen selbstbestimmten Informationsaustausch und eine freie demokratische Willensbildung ermöglicht.

Um das Grundrecht wirksam werden zu lassen, hat das Bundesverfassungsgericht in mehreren Entscheidungen Anforderungen zu seinem Schutz abgeleitet. Die Vorschriften des Datenschutzrechts können vielfach als Umsetzung dieses normativen Schutzprogramms verstanden werden. Danach ist jeder Umgang mit personenbezogenen Daten ein Eingriff in das Grundrecht auf informationelle Selbstbestimmung. Er soll daher soweit möglich vermieden werden. Zulässig ist er nur, wenn der Gesetzgeber oder der Betroffene ihn hinsichtlich Umfang und Zweck gebilligt haben. Er muss dem Betroffenen gegenüber transparent gemacht werden, um ihm die Überprüfung der Rechtmäßigkeit und die Geltendmachung seiner Mitwirkungsrechte zu ermöglichen. Der Umgang mit den Daten ist auf den gebilligten Zweck beschränkt und darf nur soweit und solange erfolgen, wie dies für die Erreichung dieses Zwecks erforderlich ist. Diese Grundsätze sind durch technisch-organisatorische Maßnahmen abzusichern.

4 Informationelle Selbstbestimmung im Internet der Dinge

Ob dieses normative Schutzkonzept im Prinzip einen adäquaten Schutz der informationellen Selbstbestimmung bewirken kann, hängt von den künftigen Umständen ab. Seine Beschränktheit wird nicht mit dem ersten Einsatz eines RFID-Tags, eines Sensors oder einer Homepage für ein Produkt ins Auge springen. Vielmehr wird es einen schleichenden Übergang von vereinzelt Anwendungen bis hin zu hochkomplexen und intensiv vernetzten Anwendungen eines Internet der Dinge geben. Idealtypisch können zwei Situationen unterschieden werden:

4.1 Einfach strukturierte Herausforderungen

Das Datenschutzrecht enthält zwar keine speziellen Regelungen für Anwendungen allgegenwärtigen Rechnens. Sein normatives Schutzkonzept kann aber grundsätzlich auch für diese Anwendungen taugliche normative Lösungen bieten, die erwartbare Interessenkonflikte in akzeptabler Weise regeln. Dies setzt aber voraus, dass

- nur wenige Instanzen mit klarer Rollenzuweisen beteiligt sind. Soweit der Staat Überwachungsdaten erhebt, der Arbeitgeber mit Logistikdaten auch Daten seines Arbeitnehmers speichert, der Vermieter in seinem Haus Daten über den individuellen Energieverbrauch seiner Mieter verarbeitet, der Verkäufer dem Kunden nur mit RFID-Marken versehene Waren anbietet, oder die Autoversicherung das Fahrverhalten der Versicherungsnehmer für die Prämienberechnung aufzeichnet, besteht eine klare und einfache „Frontstellung“ zwischen Datenverarbeiter und Betroffenen.
- die Verhältnisse überschaubar sind. Soweit nur wenige Beteiligte einzelne Schritte der Datenerhebung, Verarbeitung und Nutzung durchführen und damit eindeutige Zwecke verfolgen, herrschen klar strukturierte Prozesse, deren Wirkungen einzelnen Verantwortlichen zuzurechnen sind.
- die zu beurteilenden Handlungen nur Einzelfälle betreffen. Soweit der Umgang mit den Daten bekannt oder aufklärbar ist und die Zusammenhänge und Verantwortlichkeiten durchschaubar sind, können der Betroffene oder die Datenschutzaufsicht sich auf das Ereignis konzentrieren und ihre Kontrollrechte geltend machen.

In solchen Konstellationen wird das Internet der Dinge die Möglichkeiten der Interessendurchsetzung zwischen den Beteiligten verschieben und für die Datenverarbeiter auch neue Missbrauchsmöglichkeiten eröffnen. Dennoch entsprechen die neuen Problemstellungen dem „Erwartungshorizont“ des Datenschutzrechts und es ist weiterhin möglich, die rechtliche Erlaubnis einer Datenverwendung zu überprüfen und datenschutzrechtliche Grundsätze wie Transparenz für den Betroffenen sowie

Zweckbindung und Erforderlichkeit der Datenverarbeitung zur Anwendung zu bringen.

4.2 Hochkomplexe Vernetzung

Allgegenwärtiges Rechnen schafft aber nicht nur neue Handlungsmöglichkeiten zur Interessendurchsetzung und zum Datenmissbrauch. Es verändert auch die Form der Interaktion des Menschen mit Informationstechnik grundsätzlich und schafft dadurch Verhältnisse, in denen

- viele Beteiligte mit ständig wechselnden Rollen beteiligt sind,
- vielfältige Zwecke gleichzeitig verfolgt werden,
- Daten auch in privaten oder gemischt privat/geschäftlichen Kontexten verwendet werden,
- die Datenverarbeitung spontan von den Techniken selbst organisiert wird,
- die Datenverarbeitung für den Betroffenen unbemerkt erfolgt und in ihren Wirkungen undurchschaubar ist.

Auf diese neuen Verhältnisse sind die Grundsätze des datenschutzrechtlichen Schutzprogramms kaum anwendbar. Die Ziele, die mit dem Internet der Dinge verfolgt werden, widersprechen den Zielen, die mit den Prinzipien des Datenschutzrechts verfolgt werden. In dem Konflikt zwischen beiden dürfte entscheidend sein, dass die Anwendungen des Internet der Dinge den Betroffenen in den meisten Fällen nicht aufgedrängt – in diesem Fall dürften die Datenschutzprinzipien greifen –, sondern von diesen gewollt werden. Sie wollen sich mit ihrer Hilfe die Träume erfüllen, die mit Ubiquitous Computing verbunden sind. Sie werden dann als Konsequenz auch damit einverstanden sein müssen, dass die Hintergrundsysteme die notwendige Kenntnis über ihre Lebensweise, Gewohnheiten, Einstellungen und Präferenzen erhalten. In diesen neuen Verhältnissen wird das bisherige Schutzprogramm als solches in jedem seiner Bestandteile in Frage gestellt. Dies soll am Beispiel der Prinzipien der Transparenz, der Zweckbindung und der Erforderlichkeit näher untersucht werden.

Transparenz

Der Grundsatz der Transparenz fordert, die Daten grundsätzlich bei dem Betroffenen zu erheben und ihn zuvor zu unterrichten. Bei jeder neuen Speicherung ist er zu benachrichtigen. Gegenüber der verantwortlichen Stelle hat er Auskunftsrechte.

Diese Instrumente der Transparenz stoßen künftig an subjektive Grenzen. Allein die zu erwartende Vervielfachung der Datenverarbeitungsvorgänge in allen Lebensbereichen übersteigt die mögliche Aufmerksamkeit um ein Vielfaches. Zudem soll die allgegenwärtige Rechner-technik gerade im Hintergrund und damit unmerklich den Menschen bei vielen Alltagshandlungen unterstützen. Niemand würde es akzeptieren, wenn er täglich tausendfach bei meist alltäglichen Verrichtungen Anzeigen, Unterrichtungen oder Hinweise zur Kenntnis nehmen müsste. Würde das Recht dennoch auf solchen Zwangsinformationen bestehen, würde es das Gegenteil von Aufmerksamkeit und Sensibilität erreichen. Und selbst wenn der Betroffene dies wollte, stehen für die Alltagsgegenstände meist keine oder keine adäquaten Ausgabemedien zur Verfügung.

Außerdem setzen hohe Komplexität und vielfältige Zwecke der möglichen Transparenz objektive Grenzen. Statt eines einfachen Datensatzes (z. B. Postadresse) würde dem Betroffenen eventuell ein komplexes Sensordestillat präsentiert, das darüber hinaus in den meisten Fällen eher eine Vermutung als eine Tatsache darstellt, dass dieses den Betroffenen betrifft. Für viele Anwendungen wird bei Datenerhebung unklar sein, ob die Daten personenbezogen sind. Sie erhalten den Personenbezug oft viel später. Eine einzelne Erhebung mag irrelevant erscheinen, besondere Bedeutung wird sie oft erst dadurch erlangen, dass sie nachträglich mit vielen anderen Daten zusammengeführt wird. Dann besteht aber keine Möglichkeit mehr, den Betroffenen zu benachrichtigen. Für andere Anwendungen kann der Zweck der Datenverarbeitung mehrfach wechseln und sich auch unvorhergesehen einstellen. Vielfach wird eine unerwünschte (Mit-)Erhebung durch die mobilen Geräte anderer Kooperationspartner erfolgen. Viele Anwendungen werden ineinander greifen und verteilte Ressourcen nutzen (z. B. Mitnutzung des Ausgabemediums eines anderen Gegenstands). Andere Anwendungen müssen zu ihrer Funktionserfüllung benötigte Daten austauschen (z. B. Ereignisdienst braucht externe Information über Ereigniseintritt). Eine Erhebung beim Betroffenen und erst recht seine Unterrichtung über die zu erhebenden Daten und den Zweck ihrer Verarbeitung wird daher vielfach unmöglich oder sehr schwierig sein.

Sensoren an Alltagsdingen, die mit den Sensoren benachbarter Dinge sich zu einem drahtlosen Sensornetz spontan vernetzen, ihre Arbeit untereinander abstimmen und relevante Daten austauschen, ermöglichen eine flexible und nahezu unsichtbare Beobachtung der Umwelt. Die einzelne Datenerhebung ist weitgehend irrelevant, sie kann auch nicht im Einzelfall angezeigt werden. Eine nachträgliche Auskunft über alle verarbeiteten Daten ist prinzipiell möglich, würde aber eine Speicherung aller erhobenen und verarbeiteten Daten voraussetzen, um im Ausnahmefall eines Auskunftsbegehens die Daten des Anfragenden herausdestillieren zu können.

Zweckbindung

Die Zweckbindung soll dem Betroffenen ermöglichen, die Preisgabe von Daten entsprechend seiner sozialen Rolle im jeweiligen sozialen Kontext selbst zu steuern. Mit ihr ist ein Zugriff Unberechtigter auf die Daten, eine Datenverarbeitung auf Vorrat und die Bildung umfassender Profile nicht zu vereinbaren.

Bereits das Ziel, die Datenverarbeitung zu steuern und auf den festgelegten Zweck zu begrenzen, widerspricht der Idee einer unbemerkten, komplexen und spontanen technischen Unterstützung. Je vielfältiger und umfassender die zu erfassenden Alltagshandlungen sind, umso schwieriger wird es, den Zweck einzelner Datenverarbeitungen vorab festzulegen und zu begrenzen.

Daher stellt sich die Frage, ob der bereichsspezifisch, klar und präzise festgelegte Zweck, den das Bundesverfassungsgericht fordert, noch das angemessene Kriterium sein kann, um die zulässige Datenverarbeitung abzugrenzen. Soll etwa „Ad-Hoc-Kommunikation“ als eine Form der Telekommunikation zugelassen werden, für die sich die Infrastruktur jeweils situationsabhängig und ständig wechselnd mit Hilfe der Endgeräte der Kommunikationspartner und unbeteiligter Dritter bildet, kann nicht vorherbestimmt werden, welche Beteiligten zu welchen Zwecken welche Daten erhalten und verarbeiten. Jeder kann ein solches mobiles Ad-Hoc-Netz sozial betrachtet für beliebige Zwecke benutzen. Jeder kann in diesem Netz technisch betrachtet – zeitweise und abwechselnd – als Sender, Mittler und Empfänger wirken. Werden dabei die Vorgänge in verschiedenen Lebensbereichen miteinander verknüpft oder werden technische Funktionen miteinander verschmolzen, wechselt der Zweck, zu dem Daten anfänglich erhoben und verarbeitet wurden, mehrfach – ohne dass dies dem vom Gesetzgeber oder dem Betroffenen gewünschten Ziel widerspricht. Sensornetze, die sich aus in die Umwelt eingebrachten Sensoren spontan bilden, sollen ihre Umwelt beobachten und flexibel für vielfältige Zwecke des Umweltmonitorings benutzt werden. Sie können etwa für die Beobachtung von Umweltbelastungen, Bewegungen, Materialveränderungen und viele andere Zwecke genutzt werden, ohne dass dies bei der Erhebung eines einzelnen Datums feststehen muss oder kann.

Werden aber Daten für vielfältige und wechselnde Zwecke erhoben, sind eine an einem begrenzten Zweck orientierte Abschottung von Daten, ein daran anknüpfender Zugriffsschutz und eine auf der Zweckunterscheidung aufbauende informationelle Gewaltenteilung schwierig zu verwirklichen, vielfach sogar unpassend. Ähnlich verhält es sich mit dem Verbot einer Datenhaltung auf Vorrat und einer Profilbildung. Wenn viele Anwendungen ineinander greifen, Daten aus anderen Anwendungen übernehmen, für den Nutzer Erinnerungsfunktionen für künftige Zwecke erfüllen sollen, die noch nicht bestimmt werden können, sind Datenspeicherungen auf Vorrat nicht zu vermeiden. Wenn die Umgebungssysteme kontextsensitiv und selbstlernend

sein sollen, werden sie aus den vielfältigen Datenspuren, die der Nutzer bei seinen Alltagshandlungen hinterlässt, und seinen Präferenzen, die seinen Handlungen implizit entnommen werden können, vielfältige Profile erzeugen. Für Profile, die die informationelle Selbstbestimmung gefährden, und Profile, die eine optimale Befriedigung der Nutzerinteressen gewährleisten, bedarf es weiterer Unterscheidungskriterien, die nicht allein an der Tatsache einer Profilbildung anknüpfen können.

Das Problem der Zweckbindung könnte formal durch eine weite Fassung der Zweckbestimmung gelöst werden. Dadurch wird aber die Steuerungswirkung der Zweckbestimmung nicht verbessert. Im Gegenteil – Generalklauseln wie das „berechtigete Interesse“ in §§ 28 und 29 BDSG und Gebote zur Abwägung mit „schutzwürdigen Interessen“ des Betroffenen wären für die informationelle Selbstbestimmung kontraproduktiv, weil sie praktisch die Datenverarbeitung freigeben und für den Betroffenen unkontrollierbar machen. Bleiben solche Generalklauseln bestehen, werden sie bei einer allgegenwärtigen Datenverarbeitung mit neuen Bedeutungen gefüllt. Sie werden in der Praxis die „Freikarte“ für alle Interessierten sein, die vielfältigen und umfassenden Datenspuren für ihre Zwecke zu verarbeiten. Die geforderte Abwägung mit den „schutzwürdigen Interessen“ des Betroffenen und dessen Widerspruchsrecht werden hieran nichts ändern können, weil ihm im Regelfall die Datenverarbeitung verborgen bleibt.

Mit der vielfältigen – oft unbewussten – Verfügbarkeit über personenbezogene Daten könnten sich faktisch neue Offenbarungspflichten ergeben, die zu einer nachträglichen Zweckänderung führen. Wenn die Dinge vieles um sie herum registrieren und speichern, könnte man durch Zusammenführung der gespeicherten Daten die Vergangenheit rekonstruieren und damit in vielen Fällen der Wahrheitsfindung dienen. Soll in der Familie, im Wohnumfeld, am Arbeitsplatz, im Rahmen der öffentlichen Sicherheit oder der gerichtlichen Beweisaufnahme geklärt werden, wie sich ein Ereignis zugetragen hat, könnte sich jeder verpflichtet fühlen oder verpflichtet werden, die Daten seiner Gegenstände zur Verfügung zu stellen.

Allgegenwärtige Datenverarbeitung bringt umfangreiche und aussagekräftige personenbezogene Daten hervor, die für Sicherheitsinstitutionen von größtem Interesse sind. Bisher haben die Gesetzgeber früher oder später ihrem Drängen, auch auf die Daten neuer Anwendungen zugreifen zu können, immer nachgegeben. Daher muss damit gerechnet werden, dass alle personenbezogenen Daten, die in Alltagsgegenständen verarbeitet werden, über kurz oder lang entgegen ihrem ursprünglichen Verarbeitungszweck diesen Institutionen zur Verfügung gestellt werden müssen. Die Verpflichtung zur Vorratsdatenspeicherung bei Anbietern öffentlicher Kommunikationsdienste ist nur ein Schritt auf diesem Weg.

Erforderlichkeit und Datensparsamkeit

Da das Prinzip der Erforderlichkeit, das inhaltlich, modal und zeitlich die Datenverarbeitung begrenzen soll, am Zweck der Datenverarbeitung ausgerichtet ist, erleidet es die gleiche Schwächung wie das Prinzip der Zweckbindung. Soll die Datenverarbeitung im Hintergrund ablaufen, auf Daten zugreifen, die durch andere Anwendungen bereits generiert wurden, und gerade dadurch einen besonderen Mehrwert erzeugen, wird es schwierig sein, für jede einzelne Anwendung eine Begrenzung der zu erhebenden Daten oder deren frühzeitige Löschung durchzusetzen. Auch die Einbeziehung von Umweltbedingungen mittels Sensortechnik in einer dynamischen, also laufend aktualisierenden Weise begrenzt zudem die Begrenzungsfunktion des Erforderlichkeitsprinzips. Sensorbestückte Gegenstände und Umgebungen sind fast immer aktiv und erheben eine Unmenge Daten, um den Nutzern nach ihrem – sich ständig ändernden – Bedarf jederzeit ihre Dienste anbieten zu können.

Das „Gedächtnis“ der Gegenstände ermöglicht, eine Art „Fahrtenschreiber“ der Dinge zu entwickeln und ihre „Lebensspur“ zu rekonstruieren, immer zu wissen, wo sich ein Ding aufhält und verlorene Dinge immer wieder zu finden. Werden mehrere „Lebensspuren“ mit einander abgeglichen, kann der gemeinsame Kontext verschiedener Dinge ermittelt werden – und damit auch ihrer Besitzer. Nutzen die Betroffenen diese Gedächtnisfunktion der Gegenstände, um dadurch ihr eigenes löchriges Gedächtnis zu erweitern, lässt dies das Erforderlichkeitsprinzip gänzlich leer laufen. Für diese Funktion sind alle Daten für sehr lange Zeit erforderlich, weil niemand wissen kann, an was man sich irgendwann einmal erinnern möchte.

Aus vergleichbaren Zwängen stößt auch der Grundsatz, möglichst keine oder wenige personenbezogene Daten zu erheben, zu speichern und zu verarbeiten, an Grenzen. Oft kann erst eine Vielzahl langfristig gespeicherter Daten die gewünschte Unterstützungsleistung bieten. Auch die Verarbeitung anonymer und pseudonymer Daten kann ungeeignet sein, weil die Daten oftmals unmittelbar erhoben werden: Eine Kamera, ein Mikrofon oder ein Sensor nehmen anders als ein Webformular den Benutzer direkt wahr und können vielfach nicht ohne Offenlegung der Identität des Benutzers verwendet werden. Indirekte Sensoren wie zum Beispiel druckempfindliche Bodenplatten können auch ohne direkte Wahrnehmung durch Data-Mining-Techniken Menschen an ihrem Gang identifizieren. Die enge Verknüpfung der Sensorinformation mit Ereignissen der realen Welt erlaubt selbst bei konsequenter Verwendung von Pseudonymen in vielen Fällen eine einfache Personenidentifikation. So können zum Beispiel bei einem Indoor-Lokalisierungssystem die pseudonymen Benutzer anhand ihres bevorzugten Aufenthaltsortes identifiziert werden.

5 Ansätze zur Bewahrung informationelle Selbstbestimmung

Durch das Internet der Dinge können somit die zentralen Grundsätze des datenschutzrechtlichen Schutzprogramms ausgehöhlt oder überspielt werden. Dies stellt nicht die Zielsetzung der informationellen Selbstbestimmung in Frage. Denn die vernetzte Welt des Internet der Dinge wird nur dann human und lebenswert sein, wenn sie gewährleistet ist. Allerdings muss das Schutzprogramm für dieses Grundrecht den neuen Herausforderungen angepasst werden, wenn es dazu beitragen soll, die Verwirklichung der beschriebenen Alpträume zu verhindern. In welche Richtung diese Modernisierung des Datenschutzrechts gehen muss, soll kurz angedeutet werden:

5.1 Gestaltungs- und Verarbeitungsregeln

Die Zulassungsregeln müssen durch Gestaltungs- und Verarbeitungsregeln ergänzt werden. Statt das Schwergewicht auf eine einmalige, lange vor der Datenverarbeitung liegende Zulassungsentscheidung durch Zwecksetzung des Gesetzgebers oder des Betroffenen zu legen, sollte Datenschutz künftig vorrangig durch Gestaltungs- und Verarbeitungsregeln bewirkt werden, die permanent zu beachten sind. So könnte zum Beispiel Transparenz statt auf einzelne Daten stärker auf Strukturinformationen bezogen sein und statt durch eine einmalige Unterrichtung durch eine ständig einsehbare Datenschutzerklärung im Internet gewährleistet werden. Eine andere Transparenzforderung könnte sein, von allen Alltagsgegenständen eine technisch auswertbare Signalisierung zu fordern, wenn sie Daten erheben. Statt einer Einwilligung könnte als Opt-in auch anzusehen sein, wenn der Betroffene freiwillig seine individuellen Fähigkeiten unterstützende und verstärkende Techniksysteme und Dienste nutzt. Zum Ausgleich müssten diese so gestaltet sein, dass sie über Datenschutzfunktionen verfügen, die er auswählen und für sich konfigurieren kann.

5.2 Datenschutz durch Technikgestaltung

Die Gestaltungs- und Verarbeitungsregeln sind auf eine technische Umsetzung angewiesen. Selbstbestimmung muss durch Infrastrukturen unterstützt werden, die ermöglichen, auf Gefährdungen automatisch zu reagieren, ohne dass dies aufdringlich oder belästigend wirkt. Ein Beispiel: Die Einhaltung von Verarbeitungsregeln zu kontrollieren, darf nicht die permanente persönliche Aufmerksamkeit erfordern, sondern muss automatisiert erfolgen. Wenn die datenverarbeitenden Alltagsdinge ein Signal aussenden, kann dies von einem Endgerät des Betroffenen erkannt werden und zu einer automatisierten Auswertung der zugehörigen Datenschutzerklärung führen. Entsprechend der voreingestellten Datenschutzpräferenzen kann ein P3P-ähnlicher Client eine Einwilligung erteilen oder ablehnen. In Zweifelsfällen kann das

Gerät je nach Voreinstellung den Betroffenen warnen und ihm die Erklärung in der von ihm gewählten Sprache anzeigen oder akustisch ausgeben. Die Hinweis- und Warndichte muss einstellbar sein. Die Durchsetzung von Verarbeitungsregeln muss im Regelfall durch Technik und nicht durch persönliches Handeln des Betroffenen erreicht werden. Technischer Datenschutz hat gegenüber rein rechtlichem Datenschutz Effektivitätsvorteile: Was technisch verhindert wird, muss nicht mehr verboten werden. Gegen Verhaltensregeln kann verstoßen werden, gegen technische Begrenzungen nicht. Datenschutztechnik kann so Kontrollen und Strafen überflüssig machen.

5.3 Vorsorge für informationelle Selbstbestimmung

Wie in anderen Rechtsbereichen muss Vorsorge die Gefahrenabwehr ergänzen, zum einen durch die Reduzierung von Risiken und zum anderen durch präventive Folgenbegrenzungen potenzieller Schäden. Die Risiken für die informationelle Selbstbestimmung sind in einer Welt allgegenwärtiger Datenverarbeitung nicht mehr ausreichend zu bewältigen, wenn nur auf die Verarbeitung personenbezogener Daten abgestellt wird. Vielmehr sind im Sinn vorgreifender Folgenbegrenzung auch Situationen zu regeln, in denen noch keine personenbezogenen Daten entstanden sind. So bedürfen zum Beispiel die Sammlungen von Sensorinformationen, Umgebungsdaten oder von pseudonymen Präferenzen einer vorsorgenden Regelung, wenn die Möglichkeit oder gar die Absicht besteht, sie irgendwann einmal mit einem Personenbezug zu versehen. Auch sind zur Risikobegrenzung Anforderungen an eine transparente, datensparsame, kontrollierbare und missbrauchsvermeidende Technikgestaltung zu formulieren. Ebenso entspricht es dem Vorsorgegedanken, die einzusetzenden Techniksysteme präventiven (freiwilligen) Prüfungen ihrer Datenschutzkonformität zu unterziehen und diese Prüfung zu dokumentieren.

5.4 Technikgestalter als Regelungsadressaten

Regelungen, die sich nur an Datenverarbeiter richten, dürften viele Gestaltungsziele nicht erreichen. In viel stärkerem Maß sind daher die Technikgestalter anzusprechen. Diese sollten vor allem Prüfpflichten für eine datenschutzkonforme Gestaltung ihrer Produkte, eine Pflicht zur Dokumentation dieser Prüfungen für bestimmte Systeme und Hinweispflichten für verbleibende Risiken treffen. Auch sollten sie verpflichtet werden, ihre Produkte mit datenschutzkonformen Defaulteinstellungen auszuliefern.

5.5 Anreize und Belohnungen

Die datenschutzgerechte Gestaltung der künftigen vernetzten Welt fordert die aktive Mitwirkung der Entwickler, Gestalter und Anwender. Sie werden hierfür aber nur zu gewinnen sein, wenn sie davon einen Vorteil haben. Daher sollte die Verfolgung legitimen Eigennutzes in einer Form ermöglicht werden, die zugleich auch Gemeinwohlbelangen dient. Datenschutz muss daher zu einem Werbeargument und Wettbewerbsvorteil werden. Dies ist möglich durch die freiwillige Auditierung von Anwendungen, die Zertifizierung von Produkten und die Präsentation von Datenschutzerklärungen. Werden diese von Datenschutzeempfehlungen a la „Stiftung Warentest“, von Datenschutzrankings oder durch die Berücksichtigung bei öffentlichen Auftragsvergaben begleitet, kann ein Wettbewerb um den besseren Datenschutz entstehen. Dann werden die Gestaltungsziele beinahe von selbst erreicht.

5.6 Institutionalisierte Grundrechtskontrolle

Der Schutz der informationellen Selbstbestimmung bedarf schließlich einer objektiven Ordnung, die in der Praxis mehr und mehr an die Seite individueller Rechtswahrnehmung tritt. Die Einhaltung von Datenschutzvorgaben kann künftig immer weniger von der individuellen Kontrolle des Betroffenen abhängig gemacht werden. Sie muss in noch viel stärkerem Maß stellvertretend Kontrollverfahren und Kontrollstellen übertragen werden, die das Vertrauen der Betroffenen genießen. Gegenstand der Kontrolle müssen Systeme mit ihren Funktionen und Strukturen sein, nicht so sehr die individuellen Daten. Ziel der Kontrolle muss es sein, die individuellen und gesellschaftlichen Wirkungen der technischen Systeme zu überprüfen und diese datenschutzgerecht zu gestalten.

6 Künftige Chancen der Selbstbestimmung

Das Internet der Dinge ermöglicht Erleichterungen und Unterstützungen durch Delegation von unerwünschten Aufgaben an Technik, kontextbezogene Assistenz und Ergänzung unserer körperlichen und geistigen Fähigkeiten. Es ermöglicht aber auch eine umfassende Überwachung und Rekonstruktion vieler oder gar aller Ereignisse im Leben eines Menschen. Dadurch kann nicht nur der große Bruder gestärkt werden, auch viele kleine Schwestern sind möglich. Ob wir mit dieser Technologie besser leben als ohne sie, ist letztlich eine Frage des Datenschutzes.

Auf das Datenschutzrecht kann nur begrenzt vertraut werden, weil die Entwicklung zu einer vernetzten Welt des Internet der Dinge vielfach dessen gegenwärtiges Schutzprogramm leer laufen lässt. Bedingung für die künftige Verwirklichung informationeller Selbstbestimmung ist ein modifiziertes und ergänztes Schutzprogramm,

in dem die Konzepte und Instrumente des Datenschutzes der Allgegenwärtigkeit der Datenverarbeitung angepasst sind. Notwendig ist eine objektivierte Ordnung der Datenverarbeitung und -kommunikation bei professioneller Kontrolle, mit vorsorgender Gestaltung von Strukturen und Systemen, der Inpflichtnahme von Herstellern zur Umsetzung von Datenschutz in Technik sowie der Nutzung von Eigennutz durch Anreize zu datenschutzgerechtem Handeln. Diese Bedingung ist eine notwendige, aber keine hinreichende. Hinzukommen müssen bei den Individuen das Bewusstsein, dass informationelle Selbstbestimmung ein hohes, aber gefährdetes Gut ist, und der Wunsch, es zu bewahren, und in der Gesellschaft die Erkenntnis, dass hierfür Strukturänderungen erforderlich sind, und der politische Wille, sie auch umzusetzen.

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

RFID – quo vadis? Aktueller Stand und zukünftige Entwicklung von RFID- und anderen AutoID-Technologien

Wolf-Rüdiger Hansen
AIM-D e.V., Lampertheim (Germany)

Schriftenreihe des
Fachgebietes Abfalltechnik
Universität Kassel
Kassel 2009

AIM – die globale AutoID-Community



❖ AIM Global (USA)

- Internationale Community der AutoID-Industrie und -Forschung
- 1972 in USA gegründet, über 700 Mitglieder in 43 Ländern weltweit
- Berechtigt zum Einreichen von Standards bei der ISO

❖ AIM-D e.V. Deutschland – Österreich – Schweiz

- 166 Mitglieder
 - Über 130 innovative Mittelständler (KMU)
 - Über 10 internationale Konzerne wie Siemens, NXP, Infineon, Texas Instruments, Toshiba ...
 - Über 20 assoziierte Forschungsinstitute und andere Verbände
- Ein „lebendiges“ Industrie-Netzwerk



❖ Marktausrichtung

- **AutoID:** Barcode, 2D Code, RFID, Sensorik
- Mobile IT-Infrastrukturen, Software, Dienstleistungen, Systemintegration
- Neue Technologien: 3D-Ortung, Stimmenerkennung, Biometrie, GPS / Galileo, MeshedNetworks u.a.

www.AIM-D.de - www.AIMglobal.org

© AIM-D – nov 2009 wrh

RFID – quo vadis?



Inhalt

- ❖ AutoID: Vielfalt und Komplementarität der Ident-Technologien
- ❖ Internet der Dinge: Status und Ausblick
- ❖ Überblick über AutoID-Anwendungen in verschiedenen Branchen
- ❖ Aktuelles zu RFID in Europa
- ❖ Vision

- ❖ Anhang: Literatur

www.AIM-D.de - www.AIMglobal.org

© AIM-D – nov 2009 wrh

Ziele mit dem Internet der Dinge und mit AutoID/RFID



- ❖ Mehr Transparenz in den Lieferketten
- ❖ Höhere Termintreue bei Lieferungen
- ❖ Zeitnähere Informationen über Planabweichungen
- ❖ Mehr Produkt- und Fälschungssicherheit
- ❖ Kostenreduktion
 - durch genauere Bedarfsanpassungen von Materialbestellungen und – Lieferungen - Reduktion des Bullwhip- (Peitschenschlag-) Effektes
 - Verhinderung von leeren Regalen (OSA: On Shelf Availability)
- ❖ Erhöhung der Fertigungsqualität
 - Zur Unterstützung von Produktionsverfahren wie JIS (Just in Sequence)
 - Höhere Qualität beim Verladen
- ❖ Höhere Auslastung von Transporthilfsmitteln
- ❖ Bessere Authentifizierung bei der Weitergabe von Informationen

RFID: zwei Sachverhalte in einem Begriff



Hauptziele mit RFID: Sichere Identifikation von Objekten
durch automatische Lesevorgänge ohne Sichtverbindung und im Pulk

* RFID = Radio Frequency Identification

AutoID: Oberbegriff über alle ID-Technologien



Automatische ... Identifikation

AutoID*

Automatische ID-Verfahren:

- (1) Mit optischen Techniken:
Scanner für klassische Barcodes und RSS bzw. GS1 Data Bar,
Imager für 2D Codes wie QR und Data Matrix
- (2) Mit Radiofrequenzen:
Reader für RFID
- (3) Sensorik, Aktuatorik :
RFID-Erweiterung
- (4) GPS, GPRS

Eindeutige Identifikationsnummern

mit Blick auf die organisatorische Reichweite: Unternehmen, Konzern, Lieferkette, Branchensektor, Nato, Welt.
Standardisiert von ISO, DIN, ODETTE, VDA...
... EPCglobal / GS1, HIBC ...

Generelles Ziel mit AutoID:

Sichere und automatische Identifikation von Objekten

* Engl. auch AIDC: Automatic Identification and Data Capture

www.AIM-D.de - www.AIMglobal.org

© AIM-D – nov 2009 wrh

Optischer 2D Code und das Mobiltelefon: neue Business- und Consumer-Interaktion



Von unterwegs mobil einchecken.
Die Bordkarte papierlos per Handy empfangen.
Um das Wichtigste zu nutzen, nämlich Zeit.
Alles für diesen Moment.

Jetzt die Mobile Boardkarte per Handy empfangen. Einfach Code mit dem QR Reader Ihres Handys abtastieren. Oder eine Boardkarte per "Push" an Ihr Handy senden.
*Anwendungsfälle gemäß Geschäftsmodell.

There's no better way to fly. **Lufthansa**
A STAR ALLIANCE MEMBER

Aktuelle Beispiele für den Einsatz des zwei-dimensionalen QR Codes (Quick Response)

Papierlose Bordkarte
„Elektrifizierter“ optischer Code: Bordkarte im Mobiltelefon, Abbildung des Codes auf dem Display, Lesen mit dem Reader wie vom Papier.

Interaktive Werbung
Die Antwort auf die Frage wird eingeholt, indem der QR Code von der Kamera des Mobiltelefons gelesen und eine Verbindung zum Internet hergestellt wird.

Muss ich in der Stadt wohnen – nur weil ich in der Stadt arbeite?

QR-Code mit dem Handy scannen und mehr über unser innovatives Projekt erfahren.

Unsere integrierten Mobilitätslösungen verbinden Straßen- und Schienenverkehr optimal. Das spart Zeit und Nerven.
Weltweit pendeln jeden Tag Hunderte Millionen Menschen zur Arbeit in die Stadt und wieder nach Hause. Eine intelligente Vernetzung der Verkehrsmittel bedeutet für sie weniger Stress und für die Umwelt weniger Emissionen.

siemens.com/answers **SIEMENS**

Werbanzeigen im SPIEGEL u. a. Magazinen

www.AIM-D.de - www.AIMglobal.org

© AIM-D – nov 2009 wrh

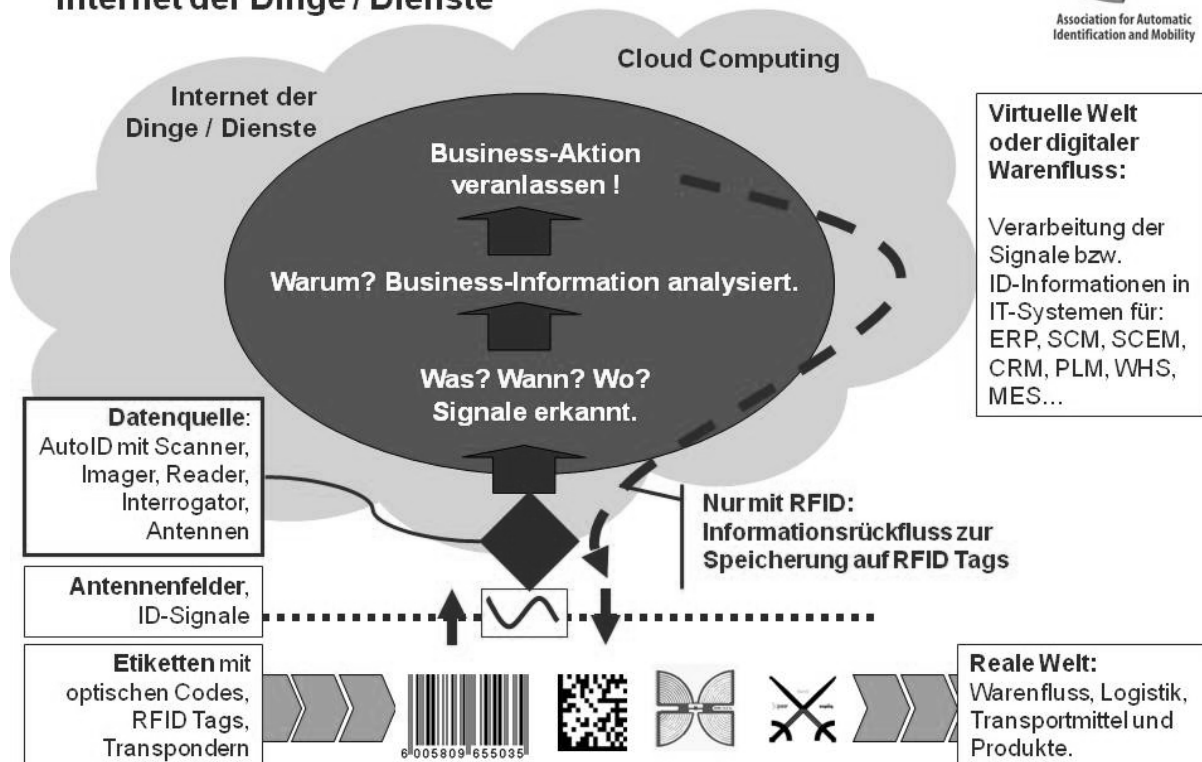
AutoID-Techniken: Positionierung



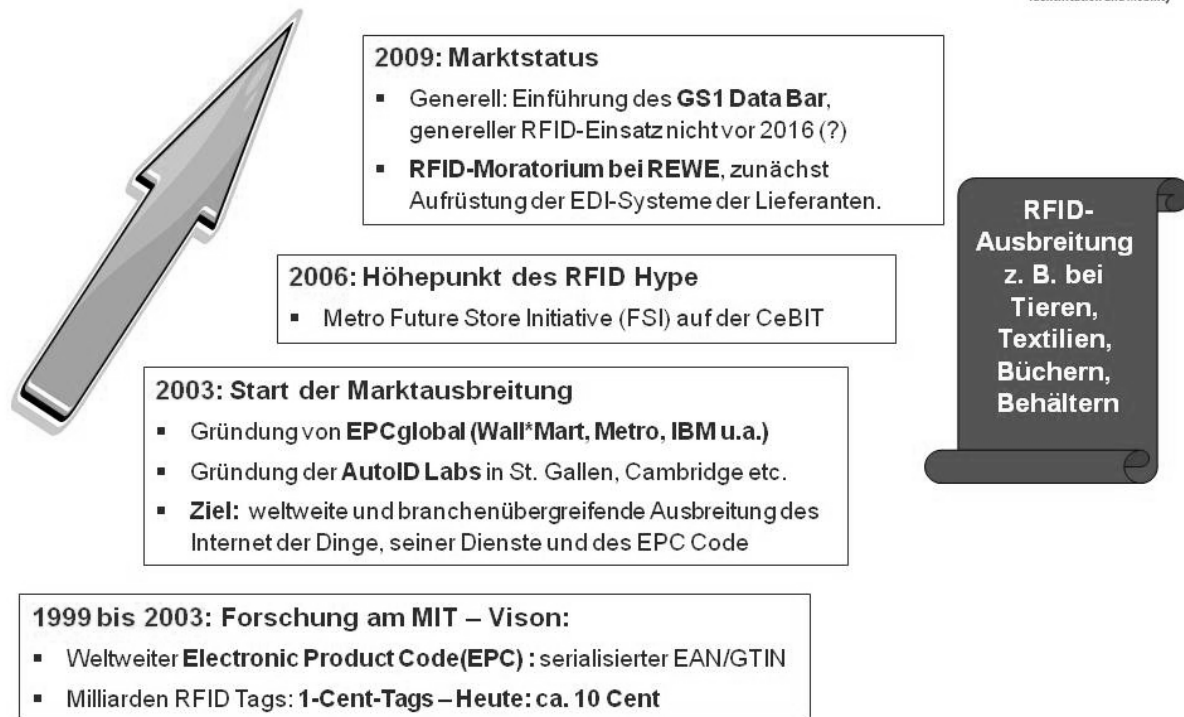
AutoID-Technik*	Vorteile	Nachteile
1D Barcode z.B.: EAN / GTIN	<ul style="list-style-type: none"> • Weit verbreitet. Leser (Scanner) vorhanden. • Wird erweitert mit GS1 Data Bar. 	Sichtverbindung zum Etikett nötig; begrenzte Kapazität.
2D Codes z.B.: Data Matrix, QR (Quick Response Code), Neu: Bokode	<ul style="list-style-type: none"> • Braucht wenig Fläche • Kann viele Daten speichern wie RFID Tags. • Billig zu drucken, abbildbar auf Handy Displays • Direktmarkierung auf Metalloberflächen mit Laser oder Stanzer (DPM): lange Haltbarkeit 	Sichtverbindung zum Etikett nötig; braucht neue Leser (Imager).
RFID (Radio Frequenz Identifikation)	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Sichtverbindung zum Reader nötig. • Bulk Reading unterstützt. • Kann Daten speichern (Produktgedächtnis). • Hohe Lesereichweiten ggf. mit aktiven Transpondern • Kopplung mit Sensoren für Temperatur, Schock, Feuchtigkeit usw. 	Wird durch Metalle und Flüssigkeiten abgeschirmt; meist kein Vorteil bei vereinzelter, manueller Lesung.
GPS/GPRS	<ul style="list-style-type: none"> • Keine lokalen Antennen nötig. • Weltweit einsetzbar. 	Abschirmung in Gebäuden; teuer, nur für größere Objekte wirtschaftlich, z. B. Container

* Alle liefern Daten für das Internet der Dinge. Auswahl im Kontext mit Prozessen und Wirtschaftlichkeit.

AutoID/RFID: Datenquelle für das Internet der Dinge / Dienste



Das EPCglobal-Projekt und RFID-Status im Handel



www.AIM-D.de - www.AIMglobal.org

© AIM-D – nov 2009 wrh

Neue AutoID/RFID-Anwendungen



Automotive:

VW optimiert Materiallogistik

- ❖ 3000 Spezialbehälter mit RFID ausgerüstet, z. B. für Schiebedächer
- ❖ RFID-Antennen an Halleneinfahrten und Gabelstaplern, Handheld Reader
- ❖ 4 Paletten gleichzeitig auf einem Gabelstapler erkannt
- ❖ 80% Verringerung des manuellen Aufwandes im Wareneingang
- ❖ **Ziel:** beleglose Fertigungs- und Logistikkette im gesamten Konzern.
- ❖ **Aber:** Keine branchenweite Vorgehensweise in Sicht.
- ❖ Nummernschlüssel unter Koordination von VDA und Odette (Rolle des EPC ungewiss)

Produktionssteuerung:

- ❖ RFID und Sensorik für neue Prozessverfahren im Fortschritt: Just-in Sequence, Kanban
- ❖ Oft geschlossene, wettbewerbsrelevante Prozesse ohne Abstimmungsbedarf mit externen Instanzen

Interessante Aussage eines Militärlogistikers vom DoD mit branchenübergreifender Bedeutung*:

- RFID für die Verfolgung von Transport-Behältern.
- 2D Codes für das Product Lifecycle Management (PLM)

*Auf dem AIM Global Summit, Chicago, USA, April 2009.

Weitere Beispiele in den Sektoren Aviation, Healthcare, usw.

www.AIM-D.de - www.AIMglobal.org

© AIM-D – nov 2009 wrh

RFID in Europe



COMMISSION RECOMMENDATION on RFID Privacy of 12.5.2009

provides guidance on measures to be taken for the deployment of RFID. According to that document Member States should:

- ❖ Ensure that industry, in collaboration with relevant civil society stakeholders, develop a **framework for privacy and data protection impact assessments (PIA)**...
- ❖ Ensure that operators conduct **PIAs** for every RFID application
- ❖ Designate a person or group of persons **responsible for reviewing** the assessments...
- ❖ Ensure that operators take steps to inform individuals of the presence of readers with a **Common European RFID Sign**. Suggestions for that sign:

AIM's proposal:
Take the ISO RFID Emblem (FDIS 29160) and add two textlines below.



Proposal of the Informationsforum RFID:



RACE networkRFID: Current EU project with 7 Workpackages including:

- ❖ Technology Roadmap and Market Analysis / database of exemplary case and pilot studies / Harmonisation and Related Projects / Public Awareness / Industry Sectors and SME Awareness
- www.race-networkrfid.eu

Vision: AutoID/RFID und das Internet der Dinge



* Zukunftsszenario der Nano-Roboter, nachzulesen bei Michael Crichton: „Prey“ / „Die Beute“

Literatur



Internet der Dinge, Leitfaden zur Realisierung neuer RFID-gestützter Prozesse in Wirtschaft und Verwaltung, BMW-Dokumentation Nr. 581, Mai 2009.

Das EPCglobal-Modell, erweiterte Vorschläge der HU Berlin, kritische Würdigung von Marktexperten.

Commission Recommendation of 12.5.2009 on the implementation of privacy and data protection principles in applications supported by RFID, Brussels

„4. Member States should ensure ... a framework for privacy and data protection impact assessments...“

Stefan Heng: RFID-Funkchips – Vehikel für den effizienten Informationsaustausch, Deutsche Bank Research, 2008, www.dbresearch.de

„Enorme Potentiale beim weltweiten RFID-Umsatz, 25% Wachstum p.a. bis 2016.“

Tobias Rhensius, Matthias Deindl: Metastudie RFID, Hrsg. Prof. Dr. G. Schuh und Dr. V. Stich, FIR Aachen, 2008, www.fir.rwth-aachen.de

140 Fallbeispiele und mehr als 20 empirische Studien.

Jens Strüker u.a.: RFID Report 2008 – Optimierung von Geschäftsprozessen in Deutschland, Institut für Informatik und Gesellschaft, Universität Freiburg, Sonderpublikation der VDI-Nachrichten www.iig.uni-freiburg.de

Befragung von 283 Unternehmen, davon 102 RFID-Anwender mit 492 RFID-Anwendungen, Ergebnis: RFID ist eine branchenübergreifende Erfolgsgeschichte

Wolfram, Gampl, Gabriel (Hrsg.): „The RFID Roadmap: The Next Steps for Europe“, Springer 2008

With the RFID Reference Model for different industry sectors.

Hansen, Gillert: „RFID for the Optimization of Business Processes“, Wiley, London, 2008 (Deutsch im Hanser Verlag, München, 2007)

Komplementäre AutoID-Sicht und Prozess-Kontext.

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

RFID in der Kreislaufwirtschaft – Tatsachen und Prognosen

Dr. Ing. Marc Schneider
Dipl.-Ing. Frank Steinwender
Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, Dortmund

Schriftenreihe des
Fachgebietes Abfalltechnik
Universität Kassel
Kassel 2009

1 Einleitung

RFID (Radio Frequency Identification) ist eine Technologie zur Übertragung und Speicherung von Daten und wird in der Logistik hauptsächlich zur Identifizierung von Systemkomponenten verwendet. Der so genannte RFID Tag besteht aus einem Prozessor, einem Speicher und einer Antenne mit der Daten und Energie für die Stromversorgung des Chips über eine Luftschnittstelle übertragen werden. Hierzu wird eine elektromagnetische Welle verwendet. Diese hat die gleiche physikalische Form wie z. B. das sichtbare Licht, Röntgenstrahlen oder Funk und Fernsehsignale. Der Unterschied ist alleine die verwendete Frequenz.

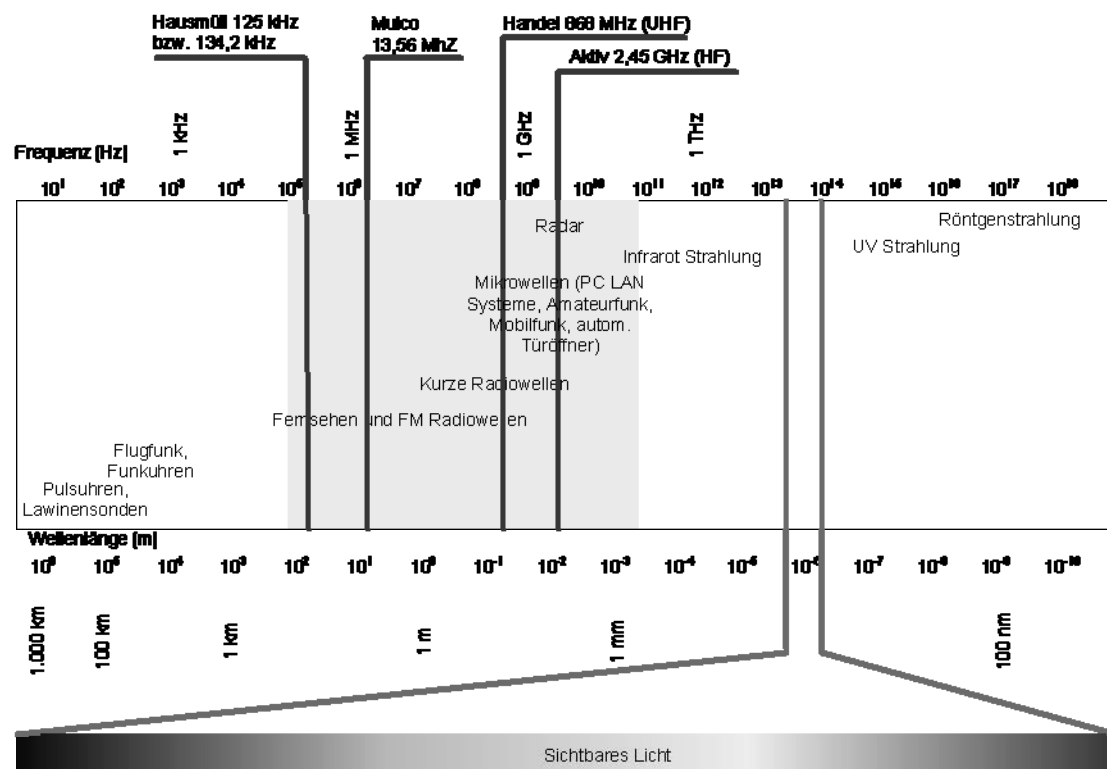


Bild 1: Einsatzbereiche verschiedener Frequenzen elektromagnetischer Wellen

Somit handelt es sich bei RFID um die Nutzung von bekannten physikalischen Eigenschaften. Dabei unterliegt die Technologie sowohl auf technischer (Polymertechnik, Netzwerke), als auch auf organisatorischer Ebene (Standardisierung) einer schnellen Weiterentwicklung. In der Hausmüllsammlung ist die Verwendung von RFID zur Behälteridentifikation schon seit langem Standard. Derzeitig erfährt die RFID Technik in der Logistik eine rasante Entwicklung. Insbesondere sehen die großen Handelsunternehmen weitreichende Potenziale für ihre Logistikprozesse durch den Einsatz von RFID. Allerdings ist eine Massennutzung derzeit noch fraglich, da es zu Rohstoffengpässen kommen wird, sollte jeder Jogurtbecher mit einem Tag ausgestattet werden.

2 Welchen Nutzen hat nun diese Technologie in der Kreislaufwirtschaft?

RFID wird nicht zum Selbstzweck eingeführt, sondern ist eine Möglichkeit Komponenten in einem Logistiksystem zu identifizieren oder diesen Komponenten Informationen mitzugeben. Konkret kann ein Abfallbehälter, ein Mitarbeiter, ein Fahrzeug oder möglicherweise auch Wirtschaftsgüter/Abfälle Informationen über sich, an einen an ihm haftenden RFID Tag bereitstellen. So kann ein Behälter einem Abfallerzeuger zugeordnet werden, wenn dieser eindeutig identifizierbar ist. Hierzu wird in der Regel eine eindeutige Nummer verwendet. Möglich ist aber auch die Kombination aus einer Adresse und einem Namen. Nun gibt es verschiedene Möglichkeiten diese Identifikationsinformationen (ID) an dem Behälter anzubringen: Entweder in Klartext durch Aufkleber, als Aufdruck auf den Behälter oder durch die Anbringung eines Barcode. Teilweise werden Behälternummern auch in Form von Schweißnähten auf den Behältern aufgebracht. Natürlich stehen RFID Tags oder RFID Label ebenfalls zur Verfügung. Was ist der Unterschied? Der wichtigste Aspekt ist die elektronische Lesbarkeit. Diese ist über RFID, den Barcode und mit entsprechenden Scannern auch über den Klartext möglich.

RFID hat aber noch weitere theoretische Vorteile. So ist kein Sichtkontakt zum Auslesen des Tags erforderlich, denn die Funkwellen breiten sich auch „gekrümmt“ aus. Dies bedeutet aber auch die Möglichkeit des „heimlichen“ Auslesens. Des Weiteren kann ein Tag mit neuen Informationen beschrieben werden, und somit z. B. Lebensdaten oder Sensordaten speichern. Zusätzlich lassen sich mehrere Tags gleichzeitig auslesen, was zum Beispiel bei der Warenannahme von großem Vorteil ist. Allerdings liegt die Leserate meistens unter 100 %, was einen Einsatz mit dieser Funktionalität (Bulklesung) meistens unmöglich macht. Je nach Frequenz und Transpondertyp sind Lesereichweiten von wenigen Zentimetern bis zu mehreren Metern möglich.

Anhand der Eigenschaften der verschiedenen Technologien und aufgrund der Anforderungen durch die Geschäftsprozesse kann eine Entscheidung für eine Identifizierungstechnik gefällt werden. In den meisten Fällen ist dies heute eine elektronische Identifizierung. RFID verbreitet sich immer weiter, teilweise ist aber auch der Barcode immer noch vorteilhafter, da diese Technik beispielsweise deutlich günstiger ist.

Die Abfallwirtschaft besitzt ein paar Merkmale, die die Integration einer Identifizierungstechnik entscheidend prägen. So sind die rauen Umgebungen ein wichtiger Aspekt. Ob ein Barcode oder ein Transponder länger in Funktion bleibt, hängt vom Einsatzbereich ab. In der Regel aber findet die Identifikation an einem Fahrzeug, also mobil ohne ein Kabelnetz statt. Die Daten aus dem Transponder müssen erst ausgelesen, lokal gespeichert und dann in zentrale Softwaresysteme übertragen werden. Das Fahrzeug benötigt somit einen Bordrechner und eine Datenschnittstelle, ein so genanntes Telematiksystem. RFID einführen heißt damit auch oftmals ein Telematiksystem einzuführen. Wenn im Folgenden von dem Nutzen von RFID oder der Prozess-

integration von RFID die Rede ist, dann ist dies in der Regel in Kombination mit einer Telematikanwendung gemeint.

Definition Telematik:

Telematik ist das Mittel der Informationsverknüpfung von verschiedenen Komponenten mit Hilfe von Telekommunikations-Systemen, sowie einer speziellen und auf die jeweiligen Belange angepassten Datenverarbeitung.

Für die Anwendung von RFID ist die Integration der Identifikation und der Softwareanwendung auf dem Fahrzeug in den Geschäftsprozess von besonderer Bedeutung. Ist dies erfolgreich geschehen, werden die Entsorgungsleistungen über die gesamte Prozesskette transparent und steuerbar. Insbesondere die wertschöpfenden Tätigkeiten z. B. die Sammlung, der Transport, der Umschlag und die Aufbereitung bzw. Entsorgung sind damit digital erfasst und dokumentiert.

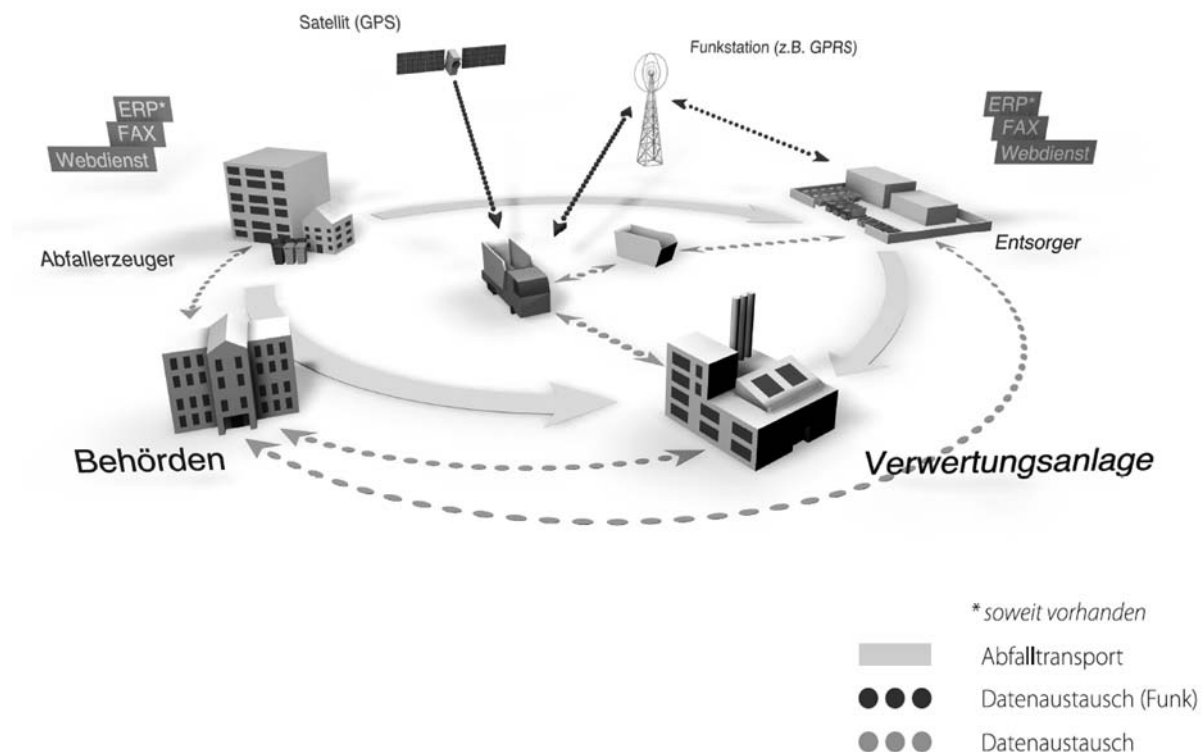


Bild 2: Geschäftliches Umfeld von Entsorgungslogistik

Die große Bedeutung wird klar, wenn das Fahrzeug inkl. der Behälteridentifikation mittels RFID in seinem geschäftlichen Umfeld dargestellt wird. Viele Akteure, vom Kunden über Anlagen bis zu den Behörden erwarten Informationen oder liefern Vorgaben für die logistische Leistung. Das Abfallfahrzeug steht im Mittelpunkt, war aber bisher und ist es meistens heute noch, völlig unzureichend in die Geschäftsprozesse eingebunden. Die Abrechnung (Gebührenbescheid oder Rechnung) ist in der Regel direkt mit den Leistungen an einem Behälter verbunden. Daher ist die Identifikation,

insbesondere mittels RFID, von hoher Wichtigkeit und wird zukünftig eine deutlich höhere Verbreitung haben als bisher.

Das Fraunhofer IML betreibt zur weiteren Etablierung neuer Innovationen ein Labor, mit welchem RFID Technologien in der Kombination mit Telematikkomponenten für die Kreislaufwirtschaft effizient nutzbar gemacht werden. So steht beispielsweise ein Multicar als mobile Plattform für die Demonstration und Weiterentwicklung von Telematik und RFID Komponenten in der Abfallwirtschaft zur Verfügung.

3 In welchen Bereichen in der Kreislaufwirtschaft wird RFID heute eingesetzt?

Die heutigen und zukünftigen Anwendungen von RFID beziehen sich auf alle Dienstleistungen in der Kreislaufwirtschaft. Allerdings ist in jedem Unternehmen zu klären, welcher Nutzen jeweils mit dem RFID Einsatz verbunden ist. Der Nutzen hängt direkt von den Geschäfts- und Logistikprozessen ab. Immer dann wenn eine Einzelabrechnung der Entsorgungsleistung erfolgt, ist eine möglichst elektronische Dokumentation der Leistung von Vorteil. Der Einsatz von RFID ist bei folgenden Dienstleistungen denkbar: Da sind zunächst die Anwendungen die heute schon Stand der Technik sind und eine Verbreitung haben. Dies sind der Hausmüllbereich und der Gewerbeabfall, der in Umleertouren gesammelt wird. In naher Zukunft werden auch automatische RFID Ident-Lösungen für Containerdienste am Markt verfügbar sein. Stoffstrommanagement, also die Verfolgung von z. B. Kunststoffballen in Aufbereitungsanlagen, ist ebenfalls in naher Zukunft denkbar. Ebenso die Identifikation von Mitarbeitern und Fahrzeugen in Anlagen und Betrieben. In ferner Zukunft könnten auch einzelne Abfallgüter mittels RFID auf Stückgutebene identifizierbar sein.

Das Fraunhofer IML hat für verschiedene Szenarien und Dienstleistungen eine Analyse über den Einsatz von Telematik und insbesondere über den Einsatz von RFID durchgeführt. Dies sind die haushaltsnahe Sammlung (z. B. Hausmüll, gelbe ..., grüne Tonne, blaue Tonne), gewerbliche Umleertouren (1,1 m³) und die Containerdienste (Absetzmulden). Im Ergebnis konnten die Kosten-, Qualitäts- und Zeitvorteile dargestellt werden. Herausragend waren die Vorteile des RFID Einsatzes bei der Hausmüllsammlung. Alleine durch die Vermeidung von Schwarzleerungen bzw. durch eine erhöhte Gebührenabrechnung, macht sich auch die nachträgliche Einführung eines RFID Systems nach wenigen Jahren bezahlt. Aber auch im Containergeschäft und bei den Umleertouren lassen sich Kostenvorteile errechnen. Allerdings sind hier die Zeiten für den Return of Invest deutlich länger.

4 Warum ist der RFID Einsatz in der Hausmüllsammlung so weit verbreitet?

Die Entsorgungslogistik war mit diesem Segment schon vor etwa 10 bis 15 Jahren eine der führenden Branchen für den Einsatz von RFID. Ursprünglich von der Tieridentifikation kommend wurden Hausmüllbehälter mittels RFID eindeutig identifiziert und somit erstmalig eine bürgergenaue Leistungsdokumentation möglich gemacht. Damit war bekannt, welche Tonne geleert wurde bzw. welche Tonne nicht geleert werden durfte. So sind derzeit etwa 30 % aller bundesdeutschen Haushalte mit RFID an den Hausmülltonnen ausgestattet. Damit gehört die Abfallwirtschaft mit zu den führenden Branchen in der Anwendung der RFID Technologie. Entscheidend für die erfolgreiche Innovation waren die Standardisierungsaktivitäten vom Arbeitskreis EDV in der Kreislaufwirtschaft von BDE und VKS. Hier wurde der so genannte BDE Transponder definiert. Das heißt Festlegung auf eine Frequenz, Bauform und Nummernkreis. Damit konnten die Unternehmen standardisierte Technologien verschiedener Anbieter einkaufen und nutzen.

Sollen zukünftig in anderen Bereichen auch RFID Komponenten eingesetzt werden, dann wird der Erfolg auch wieder von der Etablierung von Standards abhängen. Derzeit erarbeiten das Fraunhofer IML und das IFEU aus Iserlohn einen Vorschlag für die Nutzung von RFID Transpondern mit 868 MHz für Containerdienste.

5 Welche Entwicklungen wird die Zukunft bringen?

Kurzfristig werden automatische Identifizierungssysteme für Großcontainer am Markt verfügbar sein. Damit ist ein effizientes Behältermanagement erstmalig automatisiert möglich. Des Weiteren wird RFID analog zu anderen Branchen ihren Einsatz bei der Identifikation von Mitarbeitern und Fahrzeugen erfahren. Insbesondere die Prozesssteuerung auf Betriebsgeländen der Entsorgungsbetriebe kann damit optimiert werden. In ferner Zukunft sind neue Abfallbehandlungsverfahren aufgrund von individuellen Produktinformationen am Stückgut denkbar. Diese wiederum befinden sich auf RFID Transpondern auf dem Produkt oder in einer Datenbank. Die Informationen werden dann über eine eindeutige Nummer im RFID Chip zugeordnet. Allerdings müssen hierzu die Hersteller erst einmal die relevanten Informationen, wie Schadstoffe/Wertstoffe oder Demontageanleitungen zur Ihren Produkten veröffentlichen. Dies wird wohl nur über entsprechende gesetzliche Vorgaben möglich werden. In einem zweiten Schritt müssen Standards für diese Daten und deren Austausch festgelegt werden. Die Hindernisse für eine solche Anwendung sind also eher organisatorischer als technischer Natur.

Es gibt auch noch limitierende Faktoren zu berücksichtigen. So stellt sich auf der einen Seite die Frage nach dem Lebensende der RFID Tags. Werden diese

gesammelt und einer gesonderten Verwertung zugeführt oder verbleiben die Tags im Restmüll? Letzteres ist derzeitig der Fall und wird bei einer massenhaften Anwendung an verschiedenen Stellen zu weitreichenden Problemen führen. So sagt die Studie „Auswirkung eines RFID-Masseneinsatzes auf Entsorgungs- und Recyclingsysteme“ der Universität Dortmund u. a. folgende Auswirkungen voraus:

- Negative Auswirkung auf Glas-, Aluminium-, und Kunststoffrecycling sowie bei der Restmüllverwertung
- Überschreiten der jeweils zulässigen Grenzwerte für Kupfer, Silber und Chloride bei der Verbrennung
- Recycling, insb. der materialintensiven Antennen ist erforderlich
- Entwicklung technischer Verfahren zur Trennung und Aufbereitung

Ein weiterer kritischer Aspekt ist die Frage nach den verwendeten Rohstoffen für RFID Tags. So wird derzeitig, insbesondere für die Antenne Silber oder Kupfer verwendet. Alleine für die Herstellung von RFID Komponenten wird 1 t Silber pro Jahr eingesetzt. Dr. Michael Scharp erwartet für 2030 einen Bedarf von 5.700 t pro Jahr. Dies entspricht etwa einem Viertel der Silberproduktion von 2006. Bei einer solchen Nachfrage wird der Preis die Kosten für RFID extrem nach oben getrieben. Möglicherweise werden Innovationen auf Basis von Polymeren (elektrisch leitende Kunststoffe) hier Abhilfe schaffen. Dies ist derzeitig aber nicht absehbar.

6 Wie könnte die Zukunft langfristig durch die RFID Technologie beeinflusst werden?

In der Zukunft werden alle Behälter, Fahrzeuge, Personen und Produkte eine (IP) Adresse und einen Chip besitzen. D. h. das Fahrzeug oder das Elektroaltgerät sind (jederzeit) ansprechbar, besitzen einen Webserver und können kommunizieren. Fragen wie wer, wo, wie alt „bin ich“ oder aus welchen Materialien bestehe „ich“, werden auf einfachste Art automatisch beantwortet. Ob RFID dann noch RFID heißt oder ob dann die Rede von dem Internet der Dinge ist, bleibt an dieser Stelle offen.

Autoren- und Referentenverzeichnis

Dr. Ralf Brüning
Dr. Brüning Engineering
Kirchenstr. 26
D-26919 Brake

Dipl.-Inform./-Kfm. Daniel Dünnebacke
Forschungsinstitut für Rationalisierung
e.V. (FIR) an der RWTH Aachen
Pontdriesch 14/16
D-52062 Aachen

Knut Ehring
deister electronic GmbH
Hermann-Bahlsen-Str. 11-13
D-30890 Barsinghausen

Dipl.-Ing. Lorenz Erdmann
IZT - Institut für Zukunftsstudien
und Technologiebewertung gGmbH
Schopenhauerstraße 26
D-14129 Berlin

Dr. Sergei Evdokimov
Humboldt-Universität zu Berlin
Spandauer Straße 1
D-10178 Berlin

Dr. Sven Grieger
ENE Ecologynet Europe GmbH
Hagenauer Straße 43
D-65203 Wiesbaden

Dipl.-Ing. Henriette Groh
Universität Kassel
Mönchebergstrasse 7
D-34127 Kassel

Dipl.-Ing. Gerhard Halm
Die Stadtreiniger Kassel
Am Lossewerk 15
D-34123 Kassel

Wolf-Rüdiger Hansen
AIM-D e.V.
Richard-Weber-Straße 29
D-68623 Lampertheim
Martin Hartwigsen
deister electronic GmbH
Hermann-Bahlsen-Str. 11-13
D-30890 Barsinghausen

Dr. jur. Silke Jandt
Universität Kassel
Wilhelmshöher Allee 64-66
D-34109 Kassel

Raoul Janssen
Envicomp Systemlogistik GmbH & Co.
KG
Bielitzer Strasse 42
D-33699 Bielefeld

Dr. Christian Kern
InfoMedis AG
Brünigstrasse 25
D-6055 Alpnach

Dr. Florian Kerschbaum
SAP Research CEC Karlsruhe
Vincenz-Prießnitz-Straße 1
D-76131 Karlsruhe

Hans-Martin Kröll
Entsorgungsbetriebe der Landes-
hauptstadt Wiesbaden
Unterer Zwerchweg 120
D-65205 Wiesbaden

Dipl.-Ing. Stephan Löhle
Universität Kassel
Mönchebergstrasse 7
D-34127 Kassel

Martin Plumeyer
Siemens AG
Healthcare Sector
Siemensstraße 1
D-91301 Forchheim

Dipl.-Ing. Frank Steinwender
Fraunhofer-Institut für Materialfluss
und Logistik IML
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2-4
44227 Dortmund

Dipl.-Wirt.-Ing. Tobias Rhensius
Forschungsinstitut für Rationalisierung
e.V. (FIR) an der RWTH Aachen
Pontdriesch 14/16
D-52062 Aachen

Prof. Dr.-Ing. Arnd I. Urban
Universität Kassel
Mönchebergstrasse 7
34127 Kassel

Dr.-Ing. Bernd Rosemann
Universität Bayreuth
Universitätsstraße 30
D-95447 Bayreuth

Tom Vieweger
RF-iT Solutions GmbH
Königsallee 106
40212 Düsseldorf

Prof. Dr. jur. Alexander Roßnagel
Universität Kassel
Nora-Platiel-Straße 5
D-34127 Kassel

Dr.-Ing. Marc Schneider
Fraunhofer-Institut für Materialfluss
und Logistik IML
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2-4
D-44227 Dortmund

Christiane Schnepel
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
D-06844 Dessau

Dipl.-Ing. (FH) Lennart Schulz
Leibniz Universität Hannover
An der Universität 2
D-30823 Garbsen

Dipl.-Kffr. Jenny Steinborn
Technische Universität Braunschweig
Katharinenstr. 3
D-38106 Braunschweig

Schriftenreihe
Fachgebiet Abfalltechnik an der Universität Kassel

Herausgeber: Arnd I. Urban

Dissertationen

- Band 1 Konsequenzen für die thermische Restabfallbehandlung verursacht durch die TASI und das KrW-/AbfG
M. Friedel
Kassel 2001, ISBN 3-89792-057-3
- Band 2 Angepasste Abfallentsorgung für Schwellen- und Entwicklungsländer
A. Mohamad
Kassel 2002, ISBN 3-937022-00-7
- Band 5 Untersuchungen zur Bestimmung des Verbrennungsverhaltens von festen Abfallstoffen
H. Seeger
Kassel 2005, ISBN 3-89958-144-X
- Band 6 Hygienisierung von Kompost – Möglichkeiten zum Nachweis einer erfolgreichen Abtötung von Pathogenen und Unkrautsamen
M. Idelmann
Kassel 2005, ISBN-10: 3-89958-203-9
- Band 8 Abfalltausch Reduzierung von Siedlungsabfalltransporten mit Lkw unter ökologischen und ökonomischen Aspekten
M. Weber
Kassel 2007, ISBN 978-3-89958-363-2

Information:

Universität Kassel

Fachgebiet Abfalltechnik

34109 Kassel

www.uni-kassel.de/fb14/abfalltechnik

Schriftenreihe
Fachgebiet Abfalltechnik an der Universität Kassel

Herausgeber: Arnd I. Urban

UNIK-AT

- Band 3 Verwertung von Baustellenabfällen
 Hrsg.: A. I. Urban, I. Hetz-Yousseau
 Fachtagung
 Kassel 2004, ISBN 3-937722-03-1
- Band 4 Optimierung der Abfall-Logistik
 Kasseler Abfall-Logistik-Tage
 Hrsg.: A. I. Urban, G. Halm, M. Weber
 Fachtagung
 Kassel 2005, ISBN 3-89958-145-8
- Band 5 Stoffströme der Kreislaufwirtschaft
 Hrsg.: A. I. Urban, G. Halm, R. M. Morgan
 Fachtagung
 Kassel 2006, ISBN 978-3-89958-244-4
- Band 7 Weiterentwicklung der Abfallsammlung
 Abfallwirtschaft ohne Duale Systeme?
 Hrsg.: A. I. Urban, G. Halm, R. M. Morgan
 Fachtagung
 Kassel 2007, ISBN 978-3-89958-300-7
- Band 9 Kasseler Modell – mehr als Abfallentsorgung
 UNIK-AT 2009
 Hrsg.: A. I. Urban, G. Halm
 Fachtagung
 Kassel 2009, ISBN 978-3-89958-692-3

Information:

Universität Kassel
Fachgebiet Abfalltechnik
34109 Kassel
www.uni-kassel.de/fb14/abfalltechnik

Schriftenreihe

Fachtagung Thermische Abfallbehandlung

Herausgeber: Bernd Bilitewski, Martin Faulstich, Arnd I. Urban

- Band 1 Thermische Restabfallbehandlung
ISBN 3-503-03915-5, 1. Fachtagung, Dresden, 1996
- Band 2 Thermische Abfallbehandlung
Entwicklung von Technik und Kosten in einer Kreislaufwirtschaft
ISBN 3-88122-892-6, 2. Fachtagung, Kassel, 1997
- Band 3 Thermische Abfallbehandlung
ISSN 0942-914X, 3. Fachtagung, Garching bei München, 1998
- Band 4 Thermische Abfallbehandlung
Co-Verbrennung
ISBN 3-9805174-7-0, 4. Fachtagung, Dresden, 1999
- Band 5 Thermische Abfallbehandlung
Zukunft in Deutschland und Europa
ISBN 3-89792-003-6, 5. Fachtagung, Kassel, 2000
- Band 6 Thermische Abfallbehandlung
ISSN 0942-914X, 6. Fachtagung, Garching bei München, 2001
- Band 7 Thermische Abfallbehandlung
ISBN 3-934253-09-1, 7. Fachtagung, Berlin, 2002
- Band 8 Thermische Abfallbehandlung
ISBN 3-937022-01-5, 8. Fachtagung, Berlin, 2003
- Band 9 Thermische Abfallbehandlung
ISBN 3-937022-02-3, 9. Fachtagung, Berlin, 2004
- Band 10 Thermische Abfallbehandlung
ISBN 3-934253-33-4, 10. Fachtagung, Berlin, 2005
- Band 11 Thermische Abfallbehandlung
ISBN 978-3-89958-198-0, 11. Fachtagung, München, 2006
- Band 12 Thermische Abfallbehandlung
ISBN 978-3-89958-274-1, 12. Fachtagung München, 2007
- Band 13 Thermische Abfallbehandlung
ISBN 978-3-89958-384-7, 13. Fachtagung München, 2008
- Band 14 Thermische Abfallbehandlung
ISBN 978-3-89958-662-6, 14. Fachtagung München, 2009

Information:

Universität Kassel

Fachgebiet Abfalltechnik

34109 Kassel

www.uni-kassel.de/fb14/abfalltechnik

