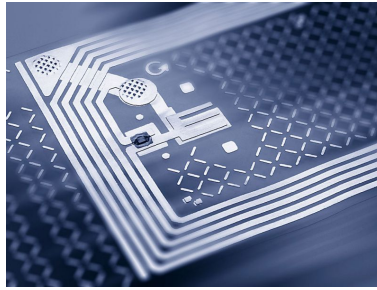


Seminar Datenverarbeitung

WS 2004/2005

RFID-Technologie



Autoren: Christina Schaefer
Michael Koof

Vorgelegt am: 8. Januar 2005

Betreuer: Benedikt Magrean

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen der RFID-Technologie	2
2.1	Definition von RFID	2
2.2	Entwicklungsgeschichte	2
2.3	Technik des RFID-Chips	3
2.3.1	Transpondertechnologie	3
2.3.2	Baugröße und Bauformen	4
2.3.3	Energieversorgung	4
2.3.4	Frequenzen	6
2.3.5	Kosten	6
2.3.6	Technische Grenzen	6
3	Praxisbeispiele	8
3.1	Electronic Product Code	9
3.2	Warenverwaltung	10
3.3	Anwendungsbereiche in der Logistik	11
3.4	Digitale Pässe mit RFID-Transpondern	13
4	Chancen und Risiken	16
4.1	Chancen	16
4.2	Risiken und Problematik	17
5	Perspektiven	20

1 Einleitung

In vielen Bereichen, wie z.B. der Dienstleistungsbranche, der Beschaffungs- und Distributionslogistik, sind automatische Identifikationsverfahren (Auto-ID) in den letzten Jahren immer mehr zum Einsatz gekommen. Sinn und Zweck dieser Systeme ist die Bereitstellung von Informationen zu verschiedenen Objekten, wie z.B. Waren und Tieren.

Am verbreitetsten sind heute die Barcode-ID-Systeme, die in fast allen Bereichen nicht mehr wegzudenken sind. Aufgrund der wachsenden Informationsmenge, die gespeichert und abgefragt werden muss, reichen diese Barcode-Streifen allerdings oftmals nicht mehr aus, so dass eine Alternative bzw. Weiterentwicklung notwendig wurde.

So hat man eine bereits seit den 60er Jahren bekannte Technologie aufgegriffen, die eine kontaktlose Übertragung der Daten zwischen dem Datenträger und dem Lesegerät ermöglicht, sie weiterentwickelt und revolutioniert. Diese kontaktlosen ID-Systeme werden als RFID-Systeme (Radio Frequency Identification) bezeichnet. Allgemein zugeordnet gehört die RFID-Technologie in den Bereich der automatischen Identifizierung und Datenerfassung, welches international auch als Automatic Identification and Data Capture (AIDC) bezeichnet wird.

In den letzten Jahren setzte sich die Radio Frequency Identification (RFID) auf Grund ihrer steigenden Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit durch, so dass sie auch in naher Zukunft dem Menschen als Kunden immer mehr in Erscheinung treten wird.

Diese Ausarbeitung wird sich mit der Funktionsweise, den Einsatzmöglichkeiten und den Chancen und Risiken der RFID-Technologie befassen.

2 Grundlagen der RFID-Technologie

2.1 Definition von RFID

Radio Frequency Identification, kurz RFID, bezeichnet eine Technik zur berührungslosen Identifikation von Gegenständen und Objekten durch Funksignale. Dabei setzt sich der Begriff aus den beiden Teilen RF und ID zusammen. „Radio Frequency“ steht für die Übertragung von Daten mittels Funkwellen und „Identification“ bezeichnet die eindeutige Identifikation von Objekten anhand von bestimmten gespeicherten Daten wie z.B. einer eindeutigen Seriennummer. Der Begriff RFID bezeichnet dabei allerdings nicht nur den RFID-Chip, sondern die komplette Infrastruktur, die zum drahtlosen Informationsaustausch nötig ist.

2.2 Entwicklungsgeschichte

Schon in den **60er Jahren** erschienen die ersten Vorläufer der RFID-Technologie auf dem Markt. Dabei handelte es sich um Warensicherungssysteme (engl. Electronic Article Surveillance, EAS), die Diebstähle in Kaufhäusern verhindern sollten. Es war dabei möglich, 1 Bit an Daten auf einem Chip zu speichern und diese per Funk zu übertragen, also z.B. einem Produkt eine Flagge zu geben, ob es verkauft oder noch nicht verkauft war. Diese ersten Systeme bauten auf der Mikrowellentechnik und der Induktion auf.

In den **70er Jahren** konzentrierte sich dann die Hauptentwicklung der RFID-Technologie darauf, Objekte zu identifizieren. Ausschlaggebend für die weitere Entwicklung war in den 80er Jahren die Entscheidung mehrerer amerikanischer Bundesstaaten sowie Norwegens, RFID für Mautsysteme einzusetzen.

Seit **1990** wurde die RFID-Technik dann verstärkt für Mautsysteme in den USA eingesetzt und es wurden neue Gebiete für den RFID-Einsatz erschlossen. So wurden die ersten Zugangskontrollen, Skipässe und Tankkarten entwickelt.

Ab dem **Jahr 2000** erfuhr die RFID-Technik durch die Massenproduktion einen starken Preisverfall. So wurde der Einsatz dieser Technologie auch für andere Anwendungen wie z.B. die Warenlogistik mit großen Stückzahlen wirtschaftlich rentabel. Bedeutende Handelsunternehmen wie z.B. Metro und Wal-Mart haben bereits Zeitpläne für die Einführung von RFID zur Unterstützung ihrer logistischen Verwaltung festgelegt.

Erst spät kristallisierte sich allerdings ein schwerwiegendes Problem heraus: Durch die enorm schnelle Entwicklung hatte man versäumt, Industriestandards zu definieren. So war die Kombination von verschiedenen bereits existierenden Systemen unmöglich. Im Jahr 2003 wurde dann begonnen, verschiede-

ne Normierungen der RFID-Technik zu entwerfen. Diese Diskussion hat dazu geführt, dass heute bereits in vielen Bereichen, wie z.B. in der Logistik, festdefinierte Standards vorhanden sind, die eine Kombination verschiedener Systeme ermöglichen.

2.3 Technik des RFID-Chips

Zu der in Kapitel 2.1 erwähnten Infrastruktur gehören neben dem an dem zu identifizierenden Objekt angebrachten RFID-Chip, auch RFID-Tag genannt, die Sende- und Empfangseinheit, mit welcher der RFID-Tag ausgelesen wird, und die daran angeschlossenen Systeme wie z.B. Server und Dienste.

2.3.1 Transpondertechnologie

Als Herzstück der RFID-Technologie fungiert der RFID-Chip, der sich der Transpondertechnik bedient (Transmitter + Responder = Transponder, also das „gleichzeitige“ Senden und Empfangen von Daten). Dieser besteht prinzipiell aus einer Antenne (Spule), einem analogen Schaltkreis zum Senden und Empfangen (Transponder), sowie einem digitalen Schaltkreis und einem einmal-beschreibbaren Speicher. Komfortablere Speicherarten sind mehrfach wiederbeschreibbar, verschlüsselbar oder mit verschiedenen Schreib- und Leserechten ausgestattet. Die gespeicherten Daten werden, nicht wie z.B. beim Barcode mit einem optischen Scanner, sondern per Funk ausgelesen. Dies hat den Vorteil, dass kein Sichtkontakt bestehen muss, die Übertragung also berührungslos und auch durch optische Barrieren hindurch erfolgen kann und es ist im Vergleich zu bisherigen Verfahren wesentlich schneller.

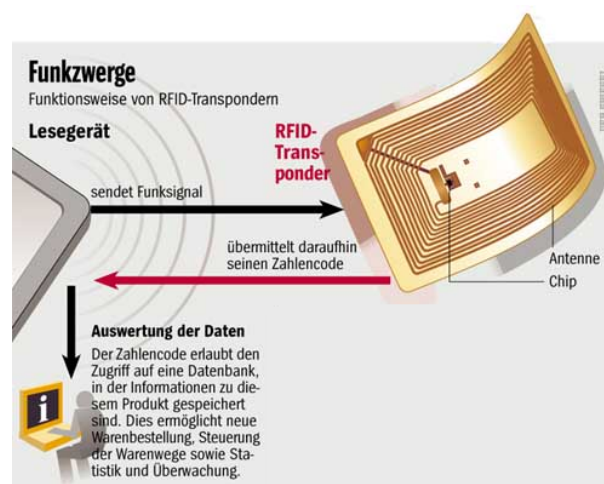


Abbildung 2.1: Funktionsweise von RFID-Transpondern [Spie 04]

2.3.2 Baugröße und Bauformen

Die Größe und Form eines RFID-Chips wird ausschlaggebend von der Größe der Antenne und dem Gehäuse bestimmt. Daher kann ein Chip verschiedene Formen und Größen haben. Je nach Anwendungsbereich kann das Modell und die Ausführung von wenigen Millimetern bis zu einigen Zentimetern groß sein. Es kann von rund und massiv bis flach und flexibel beliebig angepasst werden.

So ist der kleinste RFID-Chip mit dem bloßen Auge kaum zu erkennen, wobei andere hingegen die Größe von Büchern erreichen können. Gegenwärtig werden Transponder vorwiegend als Etiketten, Schlüsselanhänger (Wegfahrsperre), Glasröhrchen (Tieridentifikation), Nägel (Palettenidentifikation) oder Chipkarten (Zutrittskontrolle) produziert. Besonders etabliert haben sich dabei die stiftförmigen und checkkartenförmigen Varianten, die entweder laminiert oder mit einer selbstklebenden Schicht versehen sind, die sogenannten Smart Labels. Es handelt sich bei diesen Smart Labels um Transponder, die samt Antenne auf eine Folie geschweißt werden, die man bedrucken und wie Papier weiterverarbeiten kann. Diese eignen sich dann besonders gut, um z.B. Bücher o.ä. auszuzeichnen und zu identifizieren.



Abbildung 2.2: Bedrucktes Smart-Label [St 04]

2.3.3 Energieversorgung

Das deutlichste Unterscheidungsmerkmal stellt die Art der Energieversorgung dar.

Aktive RFID-Tags besitzen eine eigene Energieversorgung in Form einer Batterie o.ä. und der Speicher dieser Tags kann sowohl gelesen als auch beschrieben werden. Diese Chips befinden sich normalerweise im Ruhezustand, in dem sie keine Daten aussenden. Sie können von einem Sender mittels eines speziellen Aktivierungssignals „geweckt“ werden, woraufhin sie dann ihre gespeicherten Informationen senden. Diese Chips können, je nach Ausführung und Bauweise, bis zu 1 Million Bytes speichern und sind im Vergleich zu passiven Tags meist größer und teurer. Dafür erzielen sie aber eine wesentlich höhere Sendereichweite, die bis zu 30 Meter betragen kann. Einsatz finden solche Chips z.B. bei der Containerlogistik oder der Mauterfassung.

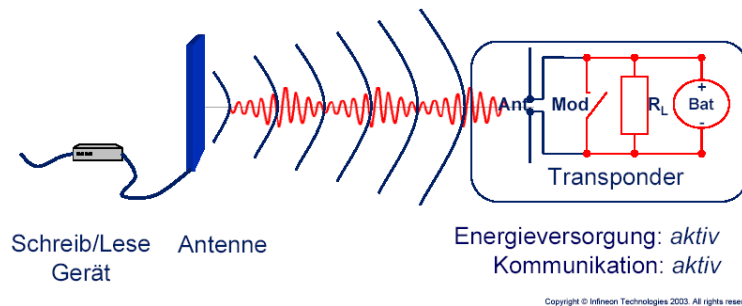


Abbildung 2.3: Funktionsweise eines aktiven RFID-Systems [Inf 03]

Passive RFID-Tags sind kleine Funkchips, die keine eigene Energieversorgung besitzen. Sie beziehen ihre Versorgungsspannung durch Induktion aus den Funksignalen des Lesegerätes bzw. der Basisstation. Sendet das Lesegerät ein Funksignal in Form eines elektromagnetischen Feldes aus und wird der Chip durch dieses Feld geführt, wird in der Spule mittels Induktion Strom erzeugt. Das hat zur Folge, dass der Chip reagiert und die gespeicherten Informationen aussendet, welche von dem Lesegerät empfangen und entsprechend weiterverarbeitet werden. Der Speicher dieser Chips kann im Vergleich zu aktiven Tags meistens nur ausgelesen werden, wobei die Speichergröße wesentlich geringer ist. Im Normalfall beträgt diese 96 Bit. Weitere Unterschiede sind die kleinere und leichtere Baugröße, die geringere Reichweite von wenigen Zentimetern bis ca. einem Meter, aber auch die günstigere Herstellung. So werden passive Tags überwiegend dort eingesetzt, wo eine eindeutige Identifikationsnummer abgefragt werden muss, z.B. bei der Produktauszeichnung.



Abbildung 2.4: Funktionsweise eines passiven RFID-Systems [Inf 03]

2.3.4 Frequenzen

Allgemein arbeiten RFID-Chips, wie z.B. die Smart Labels, mit mittleren Frequenzen in einem Frequenzbereich von 13,56 MHz. Daneben gibt es auch noch andere Transponder-Arten, die im Frequenzbereich von 125 KHz bzw. 868 MHz oder 2,5 GHz arbeiten. Abhängig von dieser Frequenz ist vor allem die Sendereichweite. Diese kann von wenigen Zentimetern bis zu mehreren Metern betragen.

2.3.5 Kosten

Die Kosten von (passiven) Chips belaufen sich zur Zeit auf ca. 3-10 Cent pro Stück, vorausgesetzt man ordert eine Auflage von 1 bis 10 Milliarden Stück, die z.B. zur Produktkennzeichnung in Supermärkten benutzt werden können. Bei ca. 10.000 Chips betragen die Kosten ca. 50 Cent bis 1 Euro je nach Modell und Ausführung. Aus diesem Grund haben viele Firmen das Prinzip des **Chip-Sharing** entwickelt. Mehrere Firmen, die an der Herstellung eines Artikels beteiligt sind, nutzen den RFID-Chip an einem Produkt gemeinsam und teilen sich somit die Kosten.

2.3.6 Technische Grenzen

Der Einsatz von RFID-Tags weist allerdings Grenzen auf, die man beim Einsatz beachten muss. So dürfen die Transponder z.B. während dem Datenaustausch nicht aus dem Feld bzw. Empfangsbereich des Schreib-/Lesegerätes geraten. Würde dies der Fall sein, wären die übertragenen Informationen nicht vollständig und somit unbrauchbar. Diese Tatsache wird aber meist „mechanisch“ verhindert, z.B. durch sogenannte Gate-Antennen, wie man sie in Abb. 2.5 sieht und wie man sie aus dem Ein-/Ausgangsbereich von Supermärkten und Einkaufshäusern als Sicherheitsschranken kennt. Diese Antennen verhindern, dass man den Erfassungsbereich des Lesegerätes umgehen kann und machen eine eindeutige Identifizierung möglich.



Abbildung 2.5: Gate-Antenne [Eh 04]

In der Industrie existieren bereits Gate-Antennen, die ganze Paletten von Artikeln auf einmal erfassen können. Eine solche Antenne sieht man in Abb. 2.6. Ein großes Problem dabei ist, dass die meisten RFID-Tags auf derselben

Frequenz senden und es so zu Überlagerungen und Kollisionen kommt. Um dies zu umgehen, benutzen die Gates spezielle Antikollisionsverfahren, die das sequentielle Auslesen der Tags ermöglichen.



Abbildung 2.6: Industrie-Gate-Antenne [Ae 04]

Weiterhin muss besondere Rücksicht auf Störsignale bzw. Störquellen genommen werden. So darf der RFID-Chip nicht abgeschirmt sein, z.B. durch einen Faraday'schen Käfig. Dies wäre der Fall, wenn man Produkte aus einem Supermarkt in den üblichen Einkaufswagen, die aus einem Drahtgestell bestehen, transportieren würde. Dieses Gestell würde wie ein Faraday'scher Käfig wirken, die Funkwellen abschirmen bzw. stark beeinflussen und eine Registrierung unmöglich machen. Ebenfalls kann es beim Einsatz der RFID-Tags auf Dosen oder Aluminium umhüllten Verpackungen zu Problemen der elektromagnetischen Abschirmung kommen, die eine Registrierung erschweren würden.

Allgemein kann man festhalten, dass es noch viele Feldversuche und aufwändige Tests geben muss, um alle Probleme mit den technischen und anwendungsbezogenen Randbedingungen zu klären.

3 Praxisbeispiele

Gehen wir nun von der Theorie in die Praxis über. Bereits in der heutigen Zeit kommt die RFID-Technologie in zahlreichen Gebieten zum Einsatz.

So dient sie in Deutschland seit 2004 der Tierkennzeichnung. Tiere werden nicht mehr mit einer Tätowierung oder anderen sichtbaren Markierungen zur Identifikation versehen, sondern bekommen einen kleinen RFID-Tag unter die Haut implantiert. Dieser Tag speichert eine 15-stellige Zahl, mit welcher das Tier dann eindeutig identifiziert werden kann. Somit ist die Gefahr, dass z.B. Hunde ihre Markierung verlieren oder dass Tätowierungen mit der Zeit nicht mehr lesbar sind, aufgehoben. Der Chip wird dem Tier bereits bei der ersten ärztlichen Untersuchung implantiert, wobei Kosten von ca. 10 EURO anfallen.

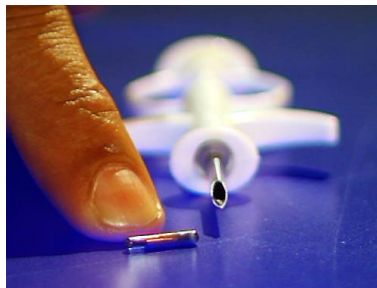


Abbildung 3.1: Glaskapsel-Transponder zur Tierkennzeichnung [Wdr 04]

In Wien wird die RFID-Technik in der neuen Hauptbücherei eingesetzt, um den Bestand der Bücher und Medien zu kontrollieren. Die RFID-Lesegeräte sind in der Lage, die Tags stapelweise auszulesen. Dieses Merkmal bezeichnet man auch als **Pulkerfassung**, welches das einzelne „Scannen“ von Artikeln überflüssig macht. In der Leihbücherei wird mittels RFID-Einsatz die korrekte Entleihe sichergestellt.

Weit fortgeschritteneren Einsatz findet RFID in Hong Kong. Dort dienen sogenannte **Octopus-Karten** als elektronisches Zahlungsmittel in Geschäften, Fast-Food-Restaurants und zur Benutzung von Parkplätzen. Aber auch der Gebrauch als berührungslos-auslesbare und wiederaufladbare Fahrkarte findet weitreichenden Einsatz im asiatischen Raum.

Die relativ niedrigen Preise für RFID-Chips und insbesondere Smart Labels bieten die Möglichkeit, die RFID-Technologie z.B. als Nachfolger des Barcodes einzusetzen. Deshalb wird im Folgenden besonders auf die Themengebiete **Warenverwaltung**, **Logistikeinsatz** und **Digitale Pässe** eingegangen.



Abbildung 3.2: Elektronische Verwaltung von Büchern und Medien [El 02]

3.1 Electronic Product Code

Der Elektronische Produktcode (EPC, englisch: electronic product code) wurde entwickelt, um eine weltweit eindeutige Kennzeichnung und Identifizierung von Waren zu ermöglichen. Dieser neue Standard ist als Nachfolger des EAN-Barcodes vorgesehen. Der EPC wird vor allem auf den in Abbildung 2.4 gezeigten passiven RFID-Tags gespeichert.

Im Unterschied zum EAN-Barcode, bei dem nur jede Artikelart eine eigene Nummer erhält, ist es beim EPC-System möglich, jedem einzelnen Artikel eine eindeutige Nummer zuzuweisen. Dabei besteht der Code aus einer Ziffernfolge mit einer Länge von 64 Bit (EPC-64), 96 Bit (EPC-96) oder 256 Bit (EPC-256), die folgende Informationen darstellt:

- Header: Kennzeichnung der EPC-Version
- EPC-Manager-Nummer: Kennzeichnung des Inverkehrbringers
- Object Class: Nummer des Produkts (z.B. Milchflasche 1 Liter)
- Seriennummer: Individuelle Kennzeichnung jedes einzelnen Produkts (z.B. jede 1 Liter Milchflasche erhält eine eigene Nummer)

Hierbei entspricht die EPC-Manager-Nummer der EAN-Basisnummer und die Object Class der EAN-Artikelnnummer, also ist die bisherige EAN-Barcode-Nummer auf jedem Electronic Product Code enthalten, was eine gewisse „Kompatibilität“ zulässt.

Weiterhin ist es möglich, genauere Produktinformationen zu erhalten. Dazu gibt es den Object Name Service, kurz ONS, welcher zu einer EPC-Nummer eine Internet-Adresse speichern kann, von der aus man zu genaueren Informationen über die Ware weitergeleitet wird. Diese „Produkt-Datenbank“ wird von *EPC-global* zur Verfügung gestellt, einer von den Standardisierungsorganisationen *UCC*¹ und *EAN International*² gegründeten Firma.

In Verbindung mit der RFID-Technik können so gekennzeichnete Waren und Objekte von der Herstellung über den Handel bis zum Verbraucher hin verfolgt werden.

¹Uniform Code Council

²European Article Numbering Association

3.2 Warenverwaltung

Die Einführung der RFID-Technik könnte die Warenerfassung nahezu vollständig automatisieren. In Supermärkten und Warenhäusern jeglicher Art wird es bei weiterer Verbreitung der RFID-Chips dann möglich sein, diese in Produktverpackungen und Etiketten zu integrieren. So ist es denkbar, auf einem normalen passiven 96-Bit-Chip, zu jedem Artikel eine Seriennummer (12-stellig), den Produkthersteller (8-stellig) und eine Warengruppe (5-stellig) zu speichern. Ein Lesegerät würde diese Informationen dann registrieren, in einer Produktdatenbank erkennen und wissen, dass es sich um einen Becher Joghurt der Marke xy zu einem bestimmten Preis handelt. So ist folgende Situation denkbar: Der Kunde fährt mit einem geeigneten Einkaufswagen durch eine sogenannte Gate-Antenne, die Produkte senden ihre IDs aus und das Warensystem berechnet in kürzester Zeit den Gesamtpreis aller Waren im Warenkorb. So würde das lästige Schlangestehen an der Kasse wegfallen, da das zeitaufwändige Ein-/Ausladen und das Scannen des Barcodes eines jeden einzelnen Produktes nicht mehr notwendig wäre.

Im Future Store der Metro in Rheinberg wird dieses Warenkorbsystem bereits eingesetzt. An einer so genannten Selbstbedienungskasse wird der Kunde an einem Touchscreen durch die verschiedenen Schritte geführt: Erfassen der Artikel, Anfordern der Gesamtrechnung und dann das Auswählen der Zahlungsart. Die Wartezeiten an den Kassen reduzieren sich so deutlich.



Abbildung 3.3: Selbstbedienungskasse im Future-Store der Metro AG [Fs 04]

In Verbindung mit dem Electronic Product Code, kurz EPC, wird es in Zukunft möglich sein, jedes einzelne Produkt mit einer weltweit eindeutigen Nummer zu versehen und jederzeit zu identifizieren.

Die RFID-Technik gewinnt somit auch als Nachfolger des Barcodes immer mehr an Bedeutung, wobei die automatische Berechnung des Verkaufspreises nur eine Randanwendung darstellt. Viel wichtiger ist die Kontrolle und Logistik ganzer Warenströme, angefangen beim Hersteller bis hin zum Endverbraucher. So kann die richtige Auslieferung von Produkten an Abnehmer kontrolliert werden, die korrekte Positionierung von Produkten in der Auslage oder das Verfallsdatum auf Überschreitung überprüft werden. Waren können automatisch nachbestellt werden, wenn der Vorrat zur Neige geht.

3.3 Anwendungsbereiche in der Logistik

Auf Grund der erwähnten Eigenschaften findet die RFID- Technik nicht nur im Einzelhandel vielseitigen Einsatz. Immer wichtiger werden auch die Einsatzgebiete in der Logistik. Basierend auf weltweit existierenden Standards hat sich bislang in der Lager- und Distributionslogistik der bekannte Barcode durchgesetzt, mit dessen Hilfe funktionstüchtige Techniken zur Sendungsverfolgung von Stückgutverkehr realisiert wurden. Da das Auslesen der Daten bei RFID bekanntlich automatisch und ohne Sichtkontakt erfolgt, ist der Einsatz dieser intelligenten Chips eine Möglichkeit zur Optimierung und Steuerung der eingesetzten Kapazitäten in den gesamten Logistikketten. Zu diesem Zweck werden alle Waren mit einem RFID-Label, das die wichtigsten Daten über das jeweilige Produkt enthält, versehen. Auf diese Weise sind die Etiketten individuell beschreibbar und die Identifikation und Ortung der Ware ist selbst über relativ weite Entfernungen ohne Sichtkontakt zwischen Tag und Lesegerät möglich. Das bedeutet, dass eine elektronische Etikettierung von Waren und die drahtlose Identifikation und Verfolgung in der gesamten Logistikkette, die auch **Supply-Chain** genannt wird, möglich ist.

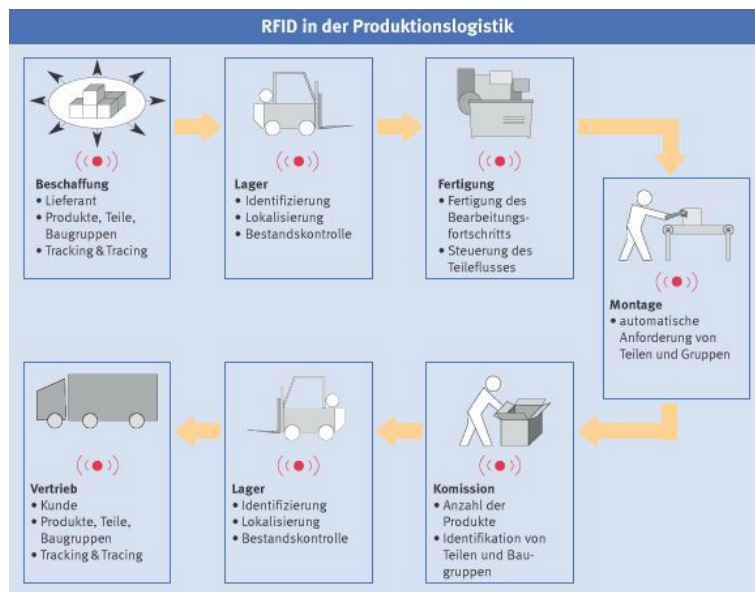


Abbildung 3.4: Ablauf einer mittels RFID unterstützten Logistikkette [Se 04]

Doch die RFID- Technologie umfasst in der Logistik nicht nur die allgemeinen Aufgaben des Logistikketten-Management, d.h. die grundlegende Organisation. Es gibt viel mehr einige Anwendungsbereiche, die besonders zu nennen sind:

Lagerlogistik: Diese beinhaltet die Erfassung, Verwaltung und Sicherung der eingelagerten Güter inklusive der Optimierung der Lagerraumnutzung. RFID-Chips liefern dabei z.B. die Verfallsdaten von Lebensmitteln. Nach Ablauf dieses Datums müssen die entsprechenden Waren sofort entsorgt werden und machen so wieder Platz für neue Lebensmittel.

Transportlogistik: In diesem Bereich geht es um die Steuerung und Verfolgung der Transportwege. Unabhängig von unterschiedlichen Verkehrsträgern (LKW, Bahn, Schiff, etc.) werden hier die Transportwege gekennzeichneten Einheiten, wie Mehrwegbehälter, Paletten, Container oder Stückgut, überwacht. Auf diese Weise kann der Bearbeitungs- und Versendestatus eines Objekts beobachtet werden. Sinn und Zweck dessen ist die Vermeidung von Diebstahl und Waren-Schwund, die durch mehrfaches Verladen und Fehler bei der Zustellung entstehen können.

Entsorgungslogistik: Die Aufgabe der Entsorgungslogistik ist die Kennzeichnung von Müllbehältern und das Lenken von Werkstoffcontainern, um ein nach Abfallgruppen sinnvolles Recycling zu ermöglichen.

Ersatzteillogistik: Wenn durch RFID-Tags defekte Geräte oder Waren gemeldet werden, ist dieser Teil der Logistik für die Bereitstellung von Ersatzteilen und die Überprüfung des korrekten Ein- und Ausbaus zuständig.

Frischelogistik: Transponder bieten gute Möglichkeiten zur Temperaturüberwachung der Kühlkette von Lebensmitteln, von medizinischen Produkten sowie von temperatursensitiven Chemikalien. Die so auslesbaren Daten können zur permanenten Überwachung dienen oder nur in definierten Intervallen gemessen und mit Vorgabewerten verglichen werden.

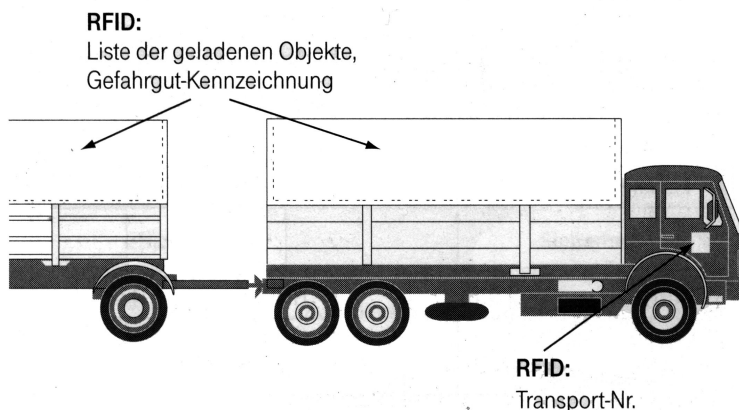


Abbildung 3.5: Eindeutige Zuordnung der Logistik-Objekte zum Transport
[Ub 03]

Bevor allerdings die Technologie in allen Bereichen der Logistik problemlos eingeführt und verwendet werden kann, sind noch einige Hindernisse zu bewältigen. Dazu gehören neben technischen Herausforderungen, die durch die aufkommenden Datenflut entstehen, auch die durch den Wechsel vom Barcode zum Chip entstehenden Kosten. Da aber durch die Massenproduktion von relevanten Bauteilen und Großbestellungen der Chips die Preise immer weiter sinken, wird sich zukünftig der RFID-Einsatz auf Grund der zu erwartenden Effizienzsteigerung dennoch lohnen.

Zusammenfassend ergeben sich im Bereich der Logistik für die Anwender enorme Vorteile. Es wird nicht nur möglich sein, die gesamte Logistikkette von Anfang bis Ende zu optimieren, so dass an jedem Ort wichtige Daten abrufbar sind, sondern es werden auch die einzelnen Prozesse, wie die Sortierung nach Zielort, schnelles Erfassen der Daten, deren Auswertung und Übermittlung, beschleunigt.

Außerdem können Lagerkapazitäten wesentlich besser genutzt werden. So kann durch Verbesserung der Einlagerung und des gezielten Zugriffs eine Erhöhung des Lagerdurchsatzes erzielt werden. Weiterhin können sowohl die Wahl der Transportwege als auch die Transport-Ressourcen flexibler gehandhabt und somit optimiert werden, wodurch die Auslastung der Transportmittel wie z.B. LKWs erhöht und die der Straßen verringert werden, um beispielsweise Staus zu minimieren.

Der Einsatz der RFID-Technik in der Logistik erweist sich heute als unentbehrlich.

3.4 Digitale Pässe mit RFID-Transpondern

Es ist allgemein bekannt, dass deutsche Personalausweise und Reisepässe nicht hundertprozentig fälschungssicher sind. Aus diesem Grund arbeiten Deutschland und viele andere Staaten an besseren Grenzkontrollsystemen zur eindeutigen Identifikation von Personen und Fahrzeugen. Grundvoraussetzung dafür sind natürlich fälschungssichere Ausweise um einen fehlerfreien Datenabgleich zu gewährleisten. Zur Zeit stellen Ungarn und Polen die fälschungssichersten Ausweise, bezüglich Material- und Verarbeitungssicherheit, her. Nach diesem Vorbild sollen auch in Deutschland bald sichere Ausweise hergestellt und mit RFID-Chips versehen werden.



Abbildung 3.6: Reisepass [Bd 04]

Damit ein Pass eine Person eindeutig identifizieren kann, sollen biometrische Daten auf einen Chip gespeichert und bei Bedarf ausgelesen werden. Zu diesen Merkmalen gehören das Passbild, die Fingerabdrücke und die Iris, wobei die beiden letzteren nur optionale Angaben sind. In den Niederlanden und in Irland gibt es bereits vergleichbare technisch aufgerüstete Pässe und Personalausweise, die aus Polycarbonat bestehen und in die ein RFID- Chip integriert ist.

Aus welchem Material die Pässe in Deutschland bestehen werden, ist noch nicht bekannt. Sicher ist aber, dass bei der Integration der Chips in die Pässe ein besonderes Augenmerk auf die fälschungssichere Herstellung gelegt werden muss. Denn zum einen müssen die Chips so in den Passumschlag oder das laminierte Deckblatt eingebracht werden, dass ein Auslösen die Chips oder ihre Antenne unweigerlich zerstört. Zum anderen könnte der Chip ein Sicherheitsmerkmal tragen. So könnte die bei Chipkarten charakteristische goldene Kontaktfläche mit einem eindeutigen und fälschungssicheren Erkennungsmerkmal versehen werden.

Unklar ist außerdem die Speicherkapazität des Chips und die damit verbundene Größe der Ausweise. Für die Chips wird mindestens eine Kapazität von 32 KB gefordert, die USA wollen sogar 64 KB einsetzen, um z.B. Abdrücke aller Finger abspeichern zu können. Die geforderten Größen ergeben sich aus dem benötigten Speicherplatz pro biometrischem Merkmal.

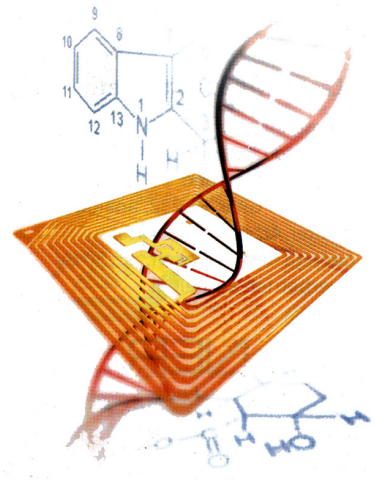


Abbildung 3.7: Biometrische Daten auf RFID-Chips [El 02]

Für den Rohdatensatz des Gesichts als primäres Merkmal werden 20 KB benötigt, die aber mit Hilfe der JPEG- Komprimierung auf 16 KB reduziert werden können. Da jedes Land in der Lage sein muss, das primäre Merkmal unabhängig von den Extraktionsmerkmalen auszulesen, darf dieses, im Gegensatz zu Fingerabdrücken und Iris, nicht als Template vorliegen. Der Speicherbedarf wäre dann zwar geringer, aber es wäre nicht mehr sichergestellt, dass die Passkontrollen in jedem Land korrekte Identifikationen liefern. Es sollen voraussichtlich 4-6 Fingerabdrücke pro Ausweis gespeichert werden, wobei jeweils 10 KB des Speichers gebraucht werden würden. Ein Fingerabdruck entspricht dabei den charakteristischen Punkten eines Fingers, den sogenannten Minutien. Zur Speicherersparnis werden auf dem Chip nur Templates der Abdrücke abgelegt, die etwa eine Größe von 250-270 Byte pro Finger haben. Ebenso verhält es sich bei der menschlichen Iris. Hier wird auch ein Template der Iris mit einer Größe von 512 Byte angelegt. Zum Vergleich, das Originalbild würde 30 KB des Speichers belegen. Außerdem werden auch noch persönliche Daten und Zusatzvermerke wie z.B. „Botschaftsangehöriger“ gespeichert.

Es ist offensichtlich, dass diese Informationen nicht im Klartext, sondern verschlüsselt auf den Chip geschrieben werden müssen. Momentan ist das das größte Hindernis vor der Einführung der neuen Pässe. Aktuelle Pässe sind zehn Jahre gültig, demnach müssten auch die Verschlüsselungsalgorithmen mindestens zehn Jahre sicher sein. Nach der deutschen Signaturverordnung dürfen die Zertifikate höchstens fünf, die Schlüssel müssen mindestens sechs Jahre gültig sein. Wenn ein Schlüssel vor Ablauf dieser Zeitspanne entschlüsselt werden würde, müsste es eine Art Notfallplan geben, wodurch alle Betroffenen so schnell wie möglich mit neuen Schlüsseln, d.h. mit neuen Ausweisen ausgestattet werden würden. Bei den momentan im Einsatz befindlichen Verschlüsselungsverfahren wird allerdings befürchtet, dass über kurz oder lang die Codierung der RFID-Chips geknackt werden kann.

Trotz der genannten, noch ungelösten Probleme und Risiken plant die EU die Einführung solcher biometrischen Reisepässe ab 2005. Sollte die Einführung wie geplant von statten gehen, so könnten Passkontrollen schon bald ganz anders aussehen. Die Beamten werden dann den Ausweis in einer Entfernung von maximal zehn Zentimetern über ein Lesegerät halten und die Daten des Inhabers werden ausgelesen und automatisch auf einem Bildschirm angezeigt. Somit ist ein einfacher Vergleich der angezeigten mit den gedruckten Daten und der realen Person möglich. Eine gleichzeitige Datenbankabfrage auf eventuell kriminelle Aktivitäten würde flüchtige Personen die Ausreise erheblich erschweren und bestenfalls verhindern.

Schätzungen zu Folge wird die Einführung der neuen Ausweisgeneration mit kontaktlosen Chips in Deutschland circa 670 Millionen Euro kosten. Es bleibt also abzuwarten, ob in absehbarer Zeit eine wirklich sichere Codierung für die Chips gefunden werden kann und ob Deutschland in der Lage ist, eine solche Summe für die neuen Pässe aufzubringen. Sollte dies möglich sein, so wären wir bald alle in Besitz eines digitalen, fälschungssicheren Ausweises.

4 Chancen und Risiken

4.1 Chancen

Bereits an den Praxisbeispielen wird deutlich, welche breit gefächerten Möglichkeiten die RFID-Technik zur Verbesserung und Veränderung in vielen Bereichen bietet.

Die wesentliche Funktion dieser Technologie ist die einfache und eindeutige Identifikation von Objekten und Lebewesen. Beispiele hierfür sind die Herstellung von fälschungssicheren Ausweisen, die biometrische Daten enthalten, oder die Implantation solcher Chips in die Haut von Tieren zur Herkunfts- und Gesundheitskontrolle. Vergleichbar ist auch die Integration der Chips in Ausweis-Karten, mit denen man z.B. den Zugang zu Gebäuden oder zu einzelnen Räumen beschränken und kontrollieren kann. Da diese Art der Identifizierung äußerst zuverlässig sein wird, entfällt die Kontrolle der Zugangsberechtigung durch den Menschen. Diese Überprüfung ist nicht nur zeitaufwändig, sondern auch fehlerbehaftet, da sich das menschliche Auge täuschen lässt.

Ein weiterer wichtiger Bereich, der in die Objekt-Kontrolle fällt, ist die optimierte Steuerung von Waren in der Logistikkette. Alle Waren können während des gesamten Verpackungs- und Versandprozesses von der Herstellung über den Lieferanten bis hin zum Empfänger kontrolliert und gesteuert werden. Auf Grund der Produktinformationen, die auf den jeweiligen Chips gespeichert sind, können Lagerbestände optimal sortiert und angeordnet werden. So ist z.B. eine Sortierung nach Zielort denkbar, was bessere Lieferbedingungen zur Folge hat. Lieferanten können ihre Waren schneller verladen und sie somit schneller beim Kunden abliefern. Da außerdem Prozesse, wie z.B. die Warenbestandaufnahme, komplett durch die RFID-Technik übernommen werden können, werden diese zum einen beschleunigt und zum anderen werden menschlich bedingte Fehlerquellen beseitigt.

Wie bereits von der Metro AG in ihrem Future Store gezeigt und im vorherigen Kapitel beschrieben, können die langen Schlangen vor den Kassen in Supermärkten minimiert werden.

Da die Entwicklung dieser Technologie weiter fortschreitet, werden auch immer neue Einsatzgebiete erschlossen und bieten so vielfältige Chancen für Verbesserungen und Komfort.

4.2 Risiken und Problematik

Wie jede Technologie hat auch die der RFID-Chips nicht nur Vorteile, sondern auch Nachteile, die berücksichtigt werden müssen.

Zurzeit gibt es noch keine System-Konzepte, die auf das Anwendungsgebiet einer jeden Firma ohne großen Aufwand angepasst werden können. D.h. jede Anwendung muss für den jeweiligen Kunden, der die neue Technik nutzen möchte, neu und individuell angepasst werden, was sehr aufwändig und kostenintensiv ist.

Außerdem ist fraglich, ob die in den Firmen und Geschäften vorhandenen Computer-Netzwerke und -systeme überhaupt mit den bei der RFID-Technologie aufkommenden Datenmengen zu Recht kommen. Sehr oft ist es der Fall, dass komplett neue IT-Strukturen installiert werden müssen, die im Stande sind, die großen Datenfluten zu bewältigen und zu verarbeiten. Folglich muss auch die bisher vorhandene Software fast komplett ausgetauscht werden, da nur die wenigsten vorhandenen Systeme mit der neuen Technik reibungslos zusammenarbeiten. In Kombination mit den notwendigen Investitionen in die RFID-Infrastruktur entstehen so Kosten, die bislang für viele Firmen (insbesondere kleinere) keine positive Kosten-Nutzen-Rechnung zulassen und so die Einführung verhindern.

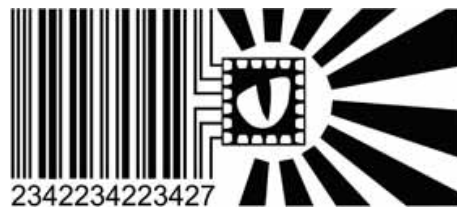


Abbildung 4.1: Kontrolle des gläsernen Menschen - RFID [Ph 04]

Der technischen Seite steht aber auch die menschliche gegenüber. Durch die RFID-Technik können besonders einfache Tätigkeiten automatisiert und von Computertechnik übernommen werden. So ist das Kassieren an der Kasse nicht mehr notwendig, und auch die Kontrolle des Lagerbestandes, insbesondere bei einer Inventur, entfällt. Alle diese Informationen sind durch die RFID-Technik jederzeit abrufbar. Menschen, die diese Tätigkeiten und Aufgaben vorher erledigt haben, werden damit für die Betriebe und Geschäfte nutzlos und werden letztendlich entlassen. Für diese Menschen wird es dann meist besonders schwer, eine neue Anstellung zu bekommen, da es sich bei derartigen Arbeitsplätzen hauptsächlich um solche handelt, für die man nur eine niedrige Qualifikation benötigt. Im Zuge der RFID-Einführung werden dann solche Arbeitsplätze wegrationalisiert und die bisher Beschäftigten haben kaum Aussichten auf vergleichbare neue Arbeit.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Gesundheitsgefährdung. Ähnlich wie bei der Datenübertragung bei Handys kommunizieren RFID-Chip und Lesegerät über Funkwellen. Bis heute ist jedoch noch nicht eindeutig geklärt, welche Auswirkungen solche Strahlung auf den menschlichen Körper hat. Sicher ist nur, dass eine Gefährdung durch weiteren Elektro-Smog nicht ausgeschlos-

sen werden kann. Besonders gravierend wird dies, wenn man bedenkt, dass die heutigen RFID-Chip nur eine begrenzte Reichweite von wenigen Metern haben. Um nun z.B. einen Supermarkt flächendeckend mit RFID-Technik auszustatten, müsste alle 2-3 Meter eine Sende-/Empfangsstation aufgestellt werden. Bei einer durchschnittlichen Verkaufsfläche würde die Anzahl dieser Stationen dann sehr schnell in den dreistelligen Bereich kommen, was einen enormen Zuwachs an Elektro-Smog bedeuten würde.

Ein zurzeit weitaus größeres Problem stellen der momentane Datenschutz und der Schutz der Privatsphäre eines jeden Einzelnen dar. Bisher gibt es noch keine klaren Richtlinien bzw. Gesetze, die die Datensammlung mittels der RFID-Technik regeln und einschränken. Anhand des Beispiels des gläsernen Menschen soll nun deutlich gemacht werden, welche Möglichkeiten zur Kontrolle und Überwachung der Menschen denkbar wären.

Der gläserne Mensch

Im Zusammenhang mit der RFID- Technologie bedeutet gläsern durchschaubar im Sinne von berechenbar und kontrollierbar. Würde diese Technologie in falsche Hände geraten oder gäbe es bei flächendeckender Einführung keine klaren Richtlinien für den Umgang mit den Chips und den gewonnenen Daten, könnte sehr bald der menschliche Albtraum der totalen Überwachung und Kontrolle wahr werden.



Abbildung 4.2: Gläserne Konsumenten durch RFID [Wdr 04]

Durch einfaches Anbringen der kleinen Chips an allen Waren, wie z.B. Lebensmitteln und Kleidung, an Geldscheinen und Checkkarten jeglicher Art können Informationen über Einkaufsgewohnheiten und Aufenthaltsorte gesammelt werden. Werden die unterschiedlichen Informationen in einer großen Datenbank zusammengeführt, entstehen große personenbezogene Datensätze, auf deren Grundlage Tagesabläufe oder Reiserouten rekonstruiert werden können. Bei entsprechend schnellen Systemen wäre es sogar denkbar, den momentanen Aufenthaltsort eines Menschen in einem gewissen Radius zu bestimmen. Um deutlich zu machen, wie einfach die Kontrolle ist und wie schwer es ist, diese überhaupt zu bemerken, geschweige denn zu unterbinden, soll folgendes Szenario deutlich machen:

Frau Meier ist nach ihrem Einkauf beim Kaufhof noch beim Real vorbei gefahren, um sich mit Proviant für den Abend zu versorgen. Unter anderem kauft

sie eine Tafel Schokolade, in deren Packung ein RFID-Chip integriert ist. An der Kasse lässt sich Frau Meier auch Punkte auf ihrer Payback Karte gutschreiben, ohne zu wissen, dass auch dieses Payback-System auf der RFID Technologie basiert. Mittels dieser zwei Chips wird Frau Meier namentlich ausgewiesen und in Kombination mit den gekauften Artikeln wird der Vorgang mit Uhrzeit und Ort in die Geschäftsdatenbank eingetragen. Aber auch wenn sie ihre Payback-Karte nicht vorgezeigt hätte, ist Frau Meier beim Betreten des Geschäfts erkannt worden. Denn diese Karte und die Chips, die in den Kaufhofwaren eingearbeitet sind, haben sich „ungefragt“ mit den Gate-Antennen am Eingang in Verbindung gesetzt und alle gespeicherten Informationen übertragen. Damit wurde eindeutig festgehalten, dass Frau Meier zum Zeitpunkt x im Kaufhof eingekauft und sich danach auf den Weg zum Real gemacht hat, um Lebensmittel zu besorgen. Außerdem werden Artikel mit Mengen und Preisangabe mit vermerkt oder vielleicht direkt ausgewertet und ein Käuferprofil erstellt.

Von all diesen Registriervorgängen merkt Frau Meier nichts, denn die Chips sind so geschickt angebracht, dass sie mit bloßem Auge so gut wie nicht zu finden sind und schon gar nicht zerstört werden können. Selbst wenn Kleidung, die mit der Technologie ausgestattet wurde, gewaschen wird, werden die kleinen „Spione“ nicht zerstört. Natürlich beinhaltet die Verpackung und nicht die Lebensmittel selbst die Chips, aber man kann nicht sicher sein, ob sich nicht auch im Mülleimer ein RFID-Lesegerät befindet, das prüft, was wann entsorgt wurde. So ist es auch nicht verwunderlich wenn Frau Meier eines Tages einen Brief von ihrer Krankenkasse bekommt, die ihr mitteilt, dass sie ihre Essgewohnheiten ändern muss. Ansonsten wird die Kasse für Folgeerkrankungen des selbstverursachten Übergewichts nicht aufkommen.

Dies ist nur ein kleines Beispiel dafür, was mit dieser Technologie alles möglich ist.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass es zum jetzigen Zeitpunkt noch keine rechtliche Grundlage für die Verwendung der Technologie gibt. Das heißt im Klartext, wer die Chips einsetzt, hat freie Entscheidungsgewalt darüber, wo er die Chips und die Lesegeräte anbringt, wie viele Daten er sammelt und was er damit macht. Die Menschen als Verbraucher sind damit weder in ihrer Privatsphäre geschützt, noch haben sie Einfluss auf die Verwendung der Daten. Aufgrund der minimalen Größe wird es kaum jemandem möglich sein zu erkennen, wo überall Lesegeräte und Chips versteckt sind. Und auch wenn er es wüsste, gibt es bisher keine zuverlässige Möglichkeit für den normalen Bürger, die Chips auszuschalten oder zu zerstören.

Sicherlich darf nicht außer Acht gelassen werden, dass eine gewisse Transparenz auch Vorteile mit sich bringt. Diebstähle könnten viel leichter aufgedeckt und die Diebe zur Verantwortung gezogen werden. Denn per RFID gekennzeichnete, gestohlene Produkte können einwandfrei und überall identifiziert werden. Aber auch diese Positiv-Nutzung funktioniert nur, wenn es klare Richtlinien und Gesetze für den Einsatz der neuen Technologie gibt. Daher ist Vorsicht vor zu früher Euphorie und Begeisterung über die RFID- Technologie geboten.

5 Perspektiven

Die RFID ist bereits heute eine eingeführte Technik mit zahlreichen Anwendungen.

Zwar ist die RFID-Technologie in einigen Bereichen der Logistik schon unentbehrlich, aber die Bewertung der Möglichkeiten und der potenziellen Optimierungschancen stellen gerade für viele kleine und mittlere Unternehmen immer noch ein Problem dar. Die Vielzahl an verschiedensten Veröffentlichungen, Meinungen und Prognosen über den damit verbundenen technischen Fortschritt und Bemühungen zur Vereinheitlichung von Datenstandards machen darüber hinaus die Beurteilung der Situation schwierig. Nach Einschätzungen von Analysten und Branchenkennern wird sich der RFID-Trend in der Logistik weiter fortsetzen und ganze Logistikketten steuern. Aber wann dies speziell auch für kleine und mittlere Unternehmen relevant wird, ist momentan noch unklar. Führend, und somit gewissermaßen ein Vorbild, ist in diesem Bereich die Automobilindustrie. Dort werden schon seit über 10 Jahren Anwendungen zur Prozesskontrolle eingesetzt, die auf der RFID-Technik basieren.

Die Einführung der Technik in weiteren Branchen setzt voraus, dass internationale Standards entwickelt werden, die eine Abhängigkeit von hersteller-spezifischen Lösungen verhindern. Diese Standards müssen kompatible Systeme definieren, die sich durch die Fähigkeit auszeichnen, dass die unterschiedlichen Endgeräte und Software-Produkte direkt miteinander kommunizieren können.

Die technische Entwicklung und die zunehmenden Stückzahlen werden zu erheblichen Kostensenkungen führen. Durch die Verfeinerung der Methoden zur Sicherung von Informationen werden auch die Anforderungen sehr anspruchsvoller Einsatzfälle an die Sicherheit und Vertraulichkeit erfüllt. Voraussetzung dafür sind allerdings Richtlinien und Gesetze, die die Hersteller und Betreiber zu wesentlich mehr Offenheit, Transparenz und Verantwortung verpflichten. Denn es muss sichergestellt werden, dass nur bestimmte Daten erfasst werden und die Datensammlungen nur von autorisierten Stellen eingesehen und ausgewertet werden können. Nur so kann die Angst vor totaler, unbemerkter und vor allem unbefugter Überwachung beseitigt werden.

Aus technischer Sicht ist für den Erfolg eine Kombination der RFID-Anwendung vor Ort und der Vernetzung über Kommunikations- und Informationssysteme entscheidend. Dabei wird die Vernetzung zunehmend über die einzelne Organisation oder das einzelne Unternehmen hinausgehen. Künftig werden für die globale Infrastruktur IP-basierte Lösungen vorherrschen, an deren Peripherie sich die RFID-Systeme einfügen werden.

Abschließend kann man sagen, dass die RFID-Technologie bereits Bestandteil vieler Anwendungen, wie z.B. dem E-Commerce, ist und in vielen weiteren Bereichen eine zunehmend wichtigere Rolle einnehmen wird.

Abbildungsverzeichnis

2.1	Funktionsweise von RFID-Transpondern [Spie 04]	3
2.2	Bedrucktes Smart-Label [St 04]	4
2.3	Funktionsweise eines aktiven RFID-Systems [Inf 03]	5
2.4	Funktionsweise eines passiven RFID-Systems [Inf 03]	5
2.5	Gate-Antenne [Eh 04]	6
2.6	Industrie-Gate-Antenne [Ae 04]	7
3.1	Glaskapsel-Transponder zur Tierkennzeichnung [Wdr 04]	8
3.2	Elektronische Verwaltung von Büchern und Medien [El 02]	9
3.3	Selbstbedienungskasse im Future-Store der Metro AG [Fs 04]	10
3.4	Ablauf einer mittels RFID unterstützten Logistik-Kette [Se 04]	11
3.5	Eindeutige Zuordnung der Logistik-Objekte zum Transport [Ub 03]	12
3.6	Reisepass [Bd 04]	13
3.7	Biometrische Daten auf RFID-Chips [El 02]	14
4.1	Kontrolle des gläsernen Menschen - RFID [Ph 04]	17
4.2	Gläserne Konsumenten durch RFID [Wdr 04]	18

Literaturverzeichnis

- [Ae 04] ASSION ELECTRONIC. www.assion-electronic.de
- [Bd 04] BUNDESDRUCKEREI. www.bundesdruckerei.de
- [Br 04] Bayerischer Rundfunk: *Im Supermarkt kassiert der Kunde ab.* 2004. www.br-online.de
- [Ct 04] c't Ausgabe 9/2004: *Elektronischer Pass.*
- [Df 04] DEUTSCHLANDFUNK: *Spule statt Balkencode.* 18.10.2004.
- [Ec 04] ECIN eLog-Center: *Die Grundlagen RFID.* 18.11.2004. www.ecin.de
- [Eh 04] EHAG Electronic Hardware AG. www.ehag.ch
- [El 02] ELEKTRONIK Ausgabe 15/2002: *Identifikationstechnik.*
- [Em 04] EMPA Prof. Dr. Lorenz M. Hilty: *Die Risiken der unbegrenzten Möglichkeiten von RFID.* 2004. www.empa.ch
- [Fs 04] METRO Group Future Store Initiative: *Self Check-out.*
- [Inf 03] BERGER, DOMINIK: *Technische Grundlagen der Transpondertechnologie.* Infineon Technologies AG. 2003
- [Ph 04] PHILOGNOSIE 2004: *RFID - Kontrolle des „gläsernen Menschen“.* www.philognosie.net
- [Se 04] SEEBURGER AG - Business Integration Solutions. www.seeburger.com
- [Spie 04] DER SPIEGEL Ausgabe 46/2004: *Das Internet der Dinge*
- [St 04] SMART-TEC GMBH & CO. KG. www.smart-tec.com
- [Ub 03] UNTERRICHTSBLÄTTER Jg. 56 3/2003: *Radio Frequency Identification.*
- [Wdr 04] WDR-Fernsehen: *RFID Identifizierung per Funk.* www.wdr.de
- [Wi 04] WIKIPEDIA-ENZYKLOPÄDIE: *Radio Frequency Identification.* www.wikipedia.de