



## ■ BITKOM RFID Guide 2006

Zusammengestellt von der  
BITKOM Projektgruppe RFID

## ■ Impressum

Herausgeber:  
BITKOM  
Bundesverband Informationswirtschaft,  
Telekommunikation und neue Medien e.V.  
Albrechtstraße 10  
10117 Berlin-Mitte

Telefon 030/27576-0  
Telefax 030/27576-400

[bitkom@bitkom.org](mailto:bitkom@bitkom.org)  
[www.bitkom.org](http://www.bitkom.org)

Expertengruppe:  
BITKOM Projektgruppe RFID

Ansprechpartner:  
Dr. Kai Kuhlmann  
030/27576-131  
[k.kuhlmann@bitkom.org](mailto:k.kuhlmann@bitkom.org)

# Inhaltsverzeichnis

## Vorwort 5

1	Einleitung.....	6
2	Marktsituation und Markttreiber.....	8
3	Personenidentifikation mit kontaktlosen Chipkarten .....	10
3.1	Historie .....	10
3.2	Freizeit und Sport.....	11
3.3	Zutrittskontrolle (physical access) .....	11
3.4	Transport (ÖPV).....	12
3.5	Grenzkontrolle und Reisedokumente.....	13
3.6	Bankenkarte (PayPass).....	15
3.7	Sichere Identifikation (Beispiel elektronischer Führerschein) .....	15
4	Intelligente Netzwerkdienste für RFID.....	17
4.1	Reader Management.....	17
4.2	Reader Virtualisierung.....	18
4.3	Netzwerkdienste.....	18
4.4	Filterung, Erfassung und Benachrichtigung .....	18
4.5	Intelligent Message Routing und Security.....	19
4.6	Komponenten des RFID-Netzwerks.....	19
5	Ubiquitous Computing mit dezentralen Prozessoren.....	21
5.1	RFID Reader Sicht .....	21
5.2	Reader der nächsten Generation.....	22
5.3	Meshed Networks zur Ergänzung von RFID.....	23
6	Lesequalität passiver UHF RFID Tags.....	25
6.1	Bewertung aktueller Ergebnisse zu Leserate und Lesereichweite .....	26
6.2	Physikalische Grenzen für Read Range und Leserate .....	28
6.3	Wechselwirkung von Tag-Antenne, Chip und Objekt .....	32
6.4	Aktuelle Entwicklungsarbeiten.....	33
6.5	Begriffe und Literatur.....	34
7	RFID in der Distribution und im Handel.....	37
7.1	Das EPC-Konzept .....	37
7.2	Die Distributionskette im Handel .....	38
7.3	RFID-Anwendungen in der Distributionslogistik und Handel .....	39
7.4	Nutzen von RFID .....	41
8	Tracking & Tracing mit Real-time-Enterprise- und Galileo-Services.....	43
8.1	Ortungsservices mit Galileo .....	43
8.2	RFID und Sensor Control Unit.....	44
8.3	Überwachung eines Tiefkühlprozesses .....	46
9	RFID-basiertes Asset Management .....	47
9.1	Hilfe durch Auto-ID-Technologie .....	47
9.2	Fünf Schritte zum optimierten Einsatz .....	48
9.3	Einsatzbeispiele und Nutzenpotentiale .....	48

10	Prozesse in der Fertigung.....	51
10.1	RFID als Mittel zur Rationalisierung in der Fertigung. ....	51
10.2	Einsatz von RFID in geschlossenen, offenen oder vernetzten Systemen.....	51
10.3	Standardisierung.....	53
10.4	Integration von RFID in die Prozesslandschaft von KMU.....	54
10.5	Beispiele aus der IT-Industrie .....	54
11	Regulierungsrahmen.....	56
11.1	Datensicherheit.....	56
11.2	Datenschutz .....	56
11.3	Sendeleistung & Strahlung .....	57
11.4	Regulierungsrahmen Europa.....	58
	Abbildung 1: Weltweit in 2005 verkaufte Chipkarten (Quelle: www.eurosmart.com)	11
	Abbildung 2: Erweiterungsphasen im IP-Netzwerk (Quelle: Cisco)	17
	Abbildung 3: Komponenten eines RFID-Netzwerkes (Quelle: Cisco)	20
	Abbildung 4: RFID-System vom RFID Tag bis zum ERP-System (Quelle: Intel)	21
	Abbildung 5: Meshed Network	23
	Abbildung 6: Radiofrequenzen (RF) und Wellenlängen im elektromagnetischen Spektrum	29
	Abbildung 7: Reflexion und Durchgang einer Welle durch eine dielektrische Schicht	30
	Abbildung 8: Dämpfung einer Welle bei Durchgang durch eine dielektrische Schicht	31
	Abbildung 9: Distributionskette im Handel (Quelle: GS1)	38
	Abbildung 10: Vergleich der Services Galileo und GPS (Quelle: T-Systems)	43
	Abbildung 11: Beispiel einer RFID/Sensor Control Unit, Quelle:T-Systems	45
	Abbildung 12: Aktivierung, Statusmitteilung und Deaktivierung (Quelle: T-Systems)	45
	Abbildung 13: Beispiel einer Lieferkette von der Produktion bis POS	46
	Abbildung 14: Kontrolle der Aktenentnahme mit einem RFID Reader	49
	Abbildung 15: Systemkonfigurationen: geschlossen, offen, vernetzt.	52
	Abbildung 16: Vernetztes System am Beispiel eines Motherboards	55

## Vorwort

Der „RFID Guide 2006“ ist eine Publikation der BITKOM Projektgruppe RFID. Die Projektgruppe besteht aus Experten von BITKOM -Mitgliedsunternehmen und befasst sich mit Fragen rund um die Entwicklung und Anwendung von RFID - Lösungen.

Die gesamte Projektgruppe hat die Erstellung des Guides kritisch und konstruktiv begleitet. Besonderer Dank gilt folgenden Mitgliedern der Projektgruppe RFID, die mit ihrer Expertise und wertvollen praktischen Erfahrung die Publikation erstellt haben:

- Dr. Norbert Ephan, Kathrein Werke KG
- Wolf-Rüdiger Hansen, Business Innovation Lab
- Simon Japs, Informationsforum RFID
- Christoph Plur, Cisco Systems GmbH
- Tanja Popova, GS1 Germany GmbH
- Thomas Schuh, T-Systems Enterprise Services GmbH
- Peter Sommerfeld, Fujitsu-Siemens Computers GmbH
- Wolfgang Weyand, Intel GmbH
- Rüdiger Zeyen, Siemens Business Services GmbH

Die Projektgruppe RFID dankt Herrn Dr. Detlef Houdeau, dem Vorsitzenden des BITKOM - Fachausschusses Chipkarten und Ausweissysteme, herzlich für die gremienübergreifende Zusammenarbeit und seinen Beitrag zu personenbezogenen Anwendungen mit Smart Cards.

Besonderer Dank gebührt schließlich Herrn Wolf-Rüdiger Hansen, Business Innovation Lab, für das Konzept, die Abstimmung der Autorenbeiträge und die Gesamtreaktion.

Berlin, den 22. September 2006

# 1 Einleitung

RFID (Radio Frequency Identification) ist der Oberbegriff für die berührungslose Identifikation von Objekten auf der Basis von Radiofrequenzen. RFID ist ein Akronym, das in den letzten Jahren eine Medienaufmerksamkeit erfahren hat, die es nahe legt, von einem Medienhype zu sprechen.

Entsteht ein solcher Hype, ist die häufige Folge, dass Informationen überzeichnet und das Verständnis über den Gegenstand des Hypes verzerrt wird. Bei RFID ist diese Gefahr einer unsachgemäßen Themendarstellung besonders groß, weil RFID zahlreiche Anwendungsbereiche betrifft: personenbezogene Anwendungen mit Smart Cards, Konsumentenbereiche im Handel, logistische Prozesse in allen denkbaren Branchen, Produktionssteuerung in der Fertigung usw.

Die Folgen einer einseitigen Darstellung von RFID-Möglichkeiten und –Anwendungen sind misslich: Verbraucher assoziieren mit RFID häufig eine Bedrohung ihrer informationellen Selbstbestimmung und in der Industrie werden oft Chancen nicht erkannt, weil die Technik nicht ausreichend differenziert verstanden wird.

Unverständnis und Angst sind schlechte Ratgeber. Die RFID-Projektgruppe im BITKOM hat sich deswegen zum Ziel gesetzt, zur Aufklärung über Thema RFID beizutragen. In der Projektgruppe haben sich Experten von namhaften IT-Unternehmen und anderen Organisationen, die mit RFID befasst sind, zusammengeschlossen. Als erste Publikation der Gruppe wurde im August 2005 das „White Paper RFID“ herausgegeben und auf der Homepage ([www.bitkom.org](http://www.bitkom.org)) in Deutsch und Englisch veröffentlicht. Mit dem RFID Guide 2006, der ebenfalls zum Download zur Verfügung steht, schließt die Projektgruppe an dieses White Paper an.

Der RFID Guide richtet sich vor allem an die Organisationsexperten in den Unternehmen, die für die Innovation von Geschäftsprozessen mit Hilfe des Einsatzes neuer Technologien verantwortlich sind. Gleichmaßen sollen die IT-Experten angesprochen werden, die (noch) keine Spezialisten für RFID sind. Ziel ist es, eine Verständnisbrücke zwischen IT und Organisation zu schlagen.

Das White Paper erläutert die Grundzüge von RFID-Technologie und Standards, vom RFID Tag über die Middleware (die hier auch Edgeware genannt wird) bis hin zu den kaufmännischen IT-Systemen (ERP-Systeme) und ist sicher von einer gewissen zeitlosen Gültigkeit. Weiterhin enthält das White Paper vier Fallstudien, die den Einsatz in der Praxis zeigen.

Der RFID Guide versteht sich als eine Ergänzung zum RFID White Paper. Er beginnt mit einem allgemeinen Marktüberblick und einem speziellen Abschnitt über die Smart-Card-Technologie. Die weiteren Themen kreisen eher um logistische Aufgabenstellungen:

- **Kontaktlose Personenidentifikation (Infineon)**  
Hierzu wird der aktuelle Status kontaktloser Chipkarten für Freizeit, Sport, Zutrittskontrolle, öffentlichen Personenverkehr und Kreditkarten (Smart Cards), RFID-unterstützter Reisedokumente bis hin zum Führerschein erläutert.
- **Die neue Rolle der Netzwerke bis hin zu vermaschten Netzen (Meshed Networks) (Cisco und Intel).**  
Der Einsatz von RFID-Technologie ist regelmäßig mit der Integration in Kommunikationsnetze verbunden. Es ist deswegen wichtig, das Zusammenspiel beider Elemente zu verstehen. Mit

"Meshed Networks" sind horizontale Netze gemeint, die sich dynamisch zwischen einzelnen Komponenten aufbauen und verändern.

- Besonderheiten der Antennenkonfiguration zur Beurteilung von Lesequalitäten und Grenzen wegen physikalischer Gesetzmäßigkeiten (Kathrein).  
Viele Problemen bei RFID-Anwendungen können durch eine falsche Antennenkonfigurationen entstehen. Die Ursache dafür sind physikalische Gesetzmäßigkeiten bei der Ausbreitung von Radiowellen. Ziele des –etwas ausführlicheren- Beitrags ist, die Darstellung der maßgeblichen Sachverhalte in einer für den Laien verständlichen Sprache.
- Möglichkeiten für das Tracking & Tracing auf Basis von GPS und Galileo sowie der Container-Überwachung mit Sensoren (T-Systems)  
GPS und Galileo sind komplementäre Technologien zu RFID. Das Satellitensystem Galileo wird zwar erst frühestens ab 2008 im Markt verfügbar sein. Gleichwohl war es der Projektgruppe wichtig, sich damit auseinander zu setzen, zum Beispiele im Kontext der weltweiten Ortung von Containern – auch wenn das zunächst ein GPS-Thema ist.
- Anwendungsbeispiele und –strategien  
aus den Bereichen Handel (GS1 Germany/EPCglobal), Asset Management (Siemens Business Services) und Fertigung (Fujitsu Siemens Computers).
- Der Regulierungsrahmen (Informationsforum RFID)  
Auch die gesetzlichen Bestimmungen sind ein wichtiger Faktor beim Einsatz der RFID-Technologie. Festzustellen ist ein wesentlicher Harmonisierungsbedarf, um die weltweite Ausbreitung von RFID zu fördern.  
Hierzu sei auch verwiesen auf die Stellungnahme des BITKOM zu den EU-Konsultationen über RFID, die am 14. Juli 2006 herausgegeben wurde.

Alle Beiträge sind namentlich gezeichnet. Da sie aus der Feder der Experten einzelner Anbieter stammen, kommen Überschneidungen vor. Diese wurden bewusst in Kauf genommen, weil auch der BITKOM als Verband ein Spektrum der unterschiedlichen Interessen repräsentiert. Zudem wird durch diese Darstellungsweise die Geschlossenheit der einzelnen Abschnitte in sich ermöglicht.

Dem Leser mögen die Beiträge eine Anregung und Hilfe sein, um seine eigenen Ziele mit RFID zu bestimmen und mit den Experten der Anbieter von einem höheren Verständnislevel aus über Lösungswege sprechen zu können.

## 2 Marktsituation und Markttreiber

Wolf-Rüdiger Hansen, UbiConsult

Die ersten RFID-Anwendungen gehen zurück auf den zweiten Weltkrieg. Damals wurden erstmals Flugzeuge mit RFID Transpondern ausgestattet, um der Flugabwehr die Unterscheidung von Freund und Feind zu ermöglichen. Heute kennt RFID jeder Autofahrer, weil die Fernbedienung für die Zentralverriegelung seines Autos mit RFID funktioniert.

In der Fertigungsindustrie gehört RFID inzwischen zu den erprobten Verfahren – meist für die Steuerung intralogistischer Prozesse. Allerdings fällt das in der Öffentlichkeit kaum auf, weil zum Beispiel die Steuerung von Fördersystemen ein trockenes Thema ist und weil Unternehmen, die mit diesen Anwendungen bereits fortgeschritten sind, nicht so gerne darüber sprechen. Denn hier ist RFID ein hilfreiches Mittel für die Kostensenkung bzw. für die Flexibilisierung der Produktion und das sind wichtige Themen, die auch der Gewinnung von Wettbewerbs- oder Kostenvorteilen dienen. Hier bildet RFID auch die Basistechnologie für die aktuelle Organisationsform in der Fertigung mit der Bezeichnung "Just in Sequence" (JIS).

Aufregung verursacht RFID in den Bereichen, in denen die Konsumenten betroffen sind. Hier kommt es immer wieder zur Diskussion von Bedrohungsszenarien, weil die Bürger Angst haben, dass ihr Kaufverhalten und andere Lebensmuster mit Hilfe von RFID transparent werden. Dieselben Bürger haben allerdings in der Regel keine Einwände dagegen, dass ihr Handy und ihre Kreditkartentransaktionen verfolgt werden können. Sie fliegen auch weiter nach USA, obwohl die persönlichen Daten der Passagiere dorthin übertragen werden. Die praktische Relevanz der RFID Tags ist in diesem Kontext eher gering einzuschätzen ist. Das gilt schon deswegen, weil der Leseabstand von RFID Tags, die auf einzelnen Artikeln oder auf dem elektronischen Pass angebracht sind oder sein werden, im Zentimeterbereich liegt. Wenn jemand diese Tags erschnüffeln will, dann muss er schon ganz nah an die Person heran gehen und ihr einen Leser ans Jackett halten. Die Informationen im RFID-Chip des elektronischen Passes können nur dann entschlüsselt werden, wenn zuvor der Klarschriftteil gelesen und daraus ein Schlüssel errechnet wurde.

Weiter gemindert wird die Aufregung in dieser Diskussion, wenn man die Strategie des Handels im Kontext mit RFID verfolgt. Hier wird das sogenannte Item Tagging (RFID Tags auf Artikeln) bisher nur in ganz spezifischen Produktbereichen durchgeführt, z. B. bei Gillette-Rasierern oder bei Textilien (als Hängeware und im Karton). Laut Aussage der Metro-Gruppe wird das generelle Tagging von Artikeln erst in fünf Jahren oder später kommen. Wenn also heute der berühmte Gang des Konsumenten mit dem Einkaufswagen voller Artikel vorbei an der Kasse demonstriert und dabei automatisch ein Kassenschein erzeugt wird, dann ist das ein Blick in die ferne Zukunft und kein gegenwärtig realistisches Szenario.

Der Handel hat mit der Anbringung von RFID Tags auf Paletten begonnen und wendet sie in diesem Jahr auch auf Kartons an. Damit erschließt er Effizienzvorteile in seinen logistischen Ketten. Der Konsument hat damit nichts zu tun, denn er kauft ja keine Umkartons, sondern die einzelnen Artikel daraus. Diese aber werden an der Kasse weiterhin mit dem Barcode identifiziert. Auch das Tagging der Textilien erfolgt zunächst nicht mit dem Blick auf den Konsumentenbereich, sondern mit dem Ziel, die logistischen Ketten transparenter zu machen, die automatische Verteilung im Distribution Center zu erleichtern usw.

Der Barcode wird ohnehin noch lange Jahre der Begleiter der RFID Tags sein und mit diesen koexistieren.

Im Unterschied zur Barcode-Norm umfasst der EPC (Electronic Product Code) neben der Hersteller- und Produktnummer auch die Seriennummer. Damit können alle Objekte dieser Welt, die im Handel oder in anderen Marktsektoren von Bedeutung sind, eindeutig bezeichnet werden. Das ist ein echter Treiber, zum Beispiel im Pharma-Sektor. Staaten wie Florida, Kalifornien und Italien haben bereits Gesetze erlassen, die ab diesem oder nächstem Jahr verlangen, dass einzelne Medikamentenpackungen über ihren Produktlebenslauf (ePedigree) hinweg verfolgt werden können. Dazu müssen Produktion, Lieferkette und Verkaufsstellen so dokumentiert werden,

dass dies von entsprechend autorisierten Stellen rückverfolgt werden kann. Damit soll vor allem den wachsenden Fälschungen Einhalt geboten werden. Sie bedeuten nicht nur Umsatzausfall für die Hersteller der Originale, sondern sie gefährden auch die Gesundheit oder gar das Leben von Menschen. Weiterhin werden Rückrufaktionen dann besonders teuer, wenn der Original-Hersteller plötzlich auch die gefälschten Produkte zurück erhält bzw. die Aktion überhaupt nur wegen einer Fälschung notwendig wird.

Hersteller anderer Markenprodukte haben zwar nicht das Problem der Gefährdung von Menschenleben, aber alle anderen Probleme, die durch Fälschungen entstehen, sind ähnlich. In besonderer Weise können Produktmarken durch qualitativ minderwertige Fälschungsprodukte Image-Schäden erleiden, die wiederum die Substanz der Hersteller beeinträchtigen. Also herrscht hier ein großes Interesse daran, Produkte, nicht aber den Verbraucher, korrekt identifizieren zu können.

Weit fortgeschritten ist die RFID-Ausbreitung bei kontaktlosen Smart Cards. Skifahrer haben sie als Skipass schätzen gelernt. Viele Firmen nutzen sie als Zutrittsausweise und Mastercard und Visa haben in den USA bereits Millionen von Kreditkarten als Smart Cards ausgegeben. In diese Kategorie gehören auch die neuen Reisepässe (ePass) und die Tickets für die Fußballweltmeisterschaft. Millionen von Menschen haben die Vorteile des schnellen Einlasses in die Fußballstadien mit den RFID Tickets erlebt. Die Organisatoren waren zufrieden darüber, dass - auch dank RFID- keine Fälschungen aufgetreten sind. Über 80 Prozent der Megastädte weltweit haben heute elektronische Fahrscheine (Smart Cards) im Einsatz, so jeweils mehr als 20 Millionen in Tokio, 10 Millionen in Mexico City und New York.

Ein großer Treiber für die weitere RFID-Ausbreitung wird auch der fallende Preis sein. Es ist absehbar, dass der Preis für RFID Tags auf weniger als 10 Cent rutscht. Mit jeder Preisstufe nach unten werden neue Anwendungen möglich. Diese wiederum steigern den Bedarf. Größere Produktionsmengen führen zu billigeren Stückkosten usw.

Fasst man die dargestellten Entwicklungen zusammen, dann ist es plausibel vorherzusagen, dass die RFID-Technologie vor einer stürmischen Ausbreitung steht.

## 3 Personenidentifikation mit kontaktlosen Chipkarten

Dr. Detlef Houdeau, Infineon Technologies

Dieser Beitrag zum BITKOM RFID Guide 2006 erfolgt, weil Radiofrequenzen (RF) auch für die kontaktlose Personenidentifikation zunehmend an Bedeutung gewinnen. Dafür werden auch Frequenzen eingesetzt, die in der Logistik zur Identifizierung von Objekten für das sog. Item-Tagging Berücksichtigung finden. Der dabei häufig verwendete Proximity-Standard ist als RFID-Standard klassifiziert: ISO 14443. Er beruht auf der weltweit verfügbaren Industrie-Frequenz 13,56 MHz. Wesentliche Unterschiede bei der kontaktlosen Personenidentifikation bestehen allerdings in eingestellten Sicherheitsarchitektur, was an einigen Beispielen erläutert wird.

### 3.1 Historie

Mit der Entwicklung der Chipkarte vor mehr als 20 Jahren entstand auch der Technologiezweig zur kontaktlosen Personenidentifikation. Einsatzschwerpunkte sind folgende Märkte bzw. Anwendungen, die in den nachfolgenden Abschnitten näher beschrieben werden:

- Freizeit & Sport (z.B. Skipässe)
- Zutrittskontrolle & Ticketing (z.B. Firmengebäude, Fußballstadien, Airports, Musikgroßveranstaltungen, Fahrkarten im öffentlichen Nahverkehr)
- Persönliche Dokumente (z.B. biometrischer Reisepass, Führerschein, Personalausweis)
- Kreditkarten (z.B. PayPass)
- Hochsichere Identifikations-Dokumente (z.B. elektronische Führerscheine)

1968 haben Jürgen Dethloff und Helmut Gröttrup ein Patent für eine Plastikkarte mit integriertem Schalkreis (IC) angemeldet. 1977 wurde ein weiteres Patent eingereicht, das einen Mikroprozessor in einem checkartengroßen Kartenkörper enthält. In Blois, Frankreich, wurde bereits 1978 ein Feldtest mit einer kontakt-basierenden Chipkarte durchgeführt. Acht Jahre später begann der große Siegeszug mit der Einführung der Telefonwertkarte in Frankreich, einer kontakt-basierenden Speicherkarte. Die Deutsche Telekom setzte ab 1988 auf diesen bargeldlosen Dienst für die Nutzung öffentlicher Telefongeräte.

Schnell wurden auch Anwendungen in Betracht gezogen, bei denen die kontakt-basierende Schnittstelle nicht praktikabel erschien, sondern eine sogenannte „touch-and-go“-Funktion ziel-führender ist. Bereits 1995 führte Lufthansa eine kontaktlose Vielfliegerkarte für ein Bonusprogramm ein, die mit einem Speicherchip auf der Trägerfrequenz 13,56 MHz (freies Industrieband) ausgestattet wurde. Die Großstadt Seoul in Südkorea entschied sich 1996 für die erste elektronische Ticket-Lösung, bestehend aus einer kontaktlosen Speicherkarte im Proximity-Leseabstand (10 cm-Bereich). Es folgten 1997 Moskau und 1998 Sao Paulo, Rio und Shanghai.

Die Abbildung 1 zeigt die Stückzahlen an Chip-Karten, die laut einer Studie von Eurosmart ([www.eurosmart.com](http://www.eurosmart.com)) vom Juni 2006 weltweit verkauft wurden. Die Aufteilung nach der Kartenschnittstelle sieht dabei wie folgt aus:

- > 90% kontakt-basierend: ISO 7816

- < 10% kontaktlos: ISO 14443 (Proximity für Personenidentifikation), ISO 15693 (Vicinity für ausgewählte Personen- und allgemein Objektidentifikation) oder proprietäre Lösungen

Anwendungsgebiete	Mikro-Controller-Chipkarten (Millionen Stück)	Speicher-Chipkarten (Millionen Stück)
Telecom	1390	580
Banking	336	30
Pay TV	55	./.
Government/Gesundheit	60	25
Transport	55	73
Corporate Security	15	20
Andere	12	10
Total 2005	1888	738

Abbildung 1: Weltweit in 2005 verkaufte Chipkarten (Quelle: [www.eurosmart.com](http://www.eurosmart.com))

### 3.2 Freizeit und Sport

Bei dieser Anwendung kommen unterschiedliche Formfaktoren zum Einsatz. Neben der Chipkarte sind auch Schlüsselanhänger, Uhren, Handschuhe und Jacken in der Anwendung. Allein im europäischen Alpenraum sind im letzten Winter über 17 Millionen kontaktlose Chipkarten überwiegend als Skipass eingesetzt worden. Neben der genannten Trägerfrequenz vom 13,56 MHz wird auch 125 kHz verwendet. Es handelt sich ausschließlich um Speicherkarten mit Proximity- (10 cm) bzw. Vicinity-Anwendung (70 cm). Der Klammerwert gibt den maximalen Leseabstand an.

Der Speicher liegt dabei zwischen 96 Byte bis 1 KByte.

### 3.3 Zutrittskontrolle (physical access)

Zutritt oder Zeiterfassung erfolgte bis in die 80er Jahre mit Stempel- bzw. Lochkarten. In den 90er Jahren kamen Magnetkarten zum Einsatz. Seit 2000 sind auch kontaktlose Speicherkarten mit Lesedistanz von ca. 10 cm auf dem Vormarsch. In Europa wird zu 60 bis 70 Prozent die Trägerfrequenz 13,56 MHz und in den USA zu über 95 Prozent 125 kHz verwendet. Die Anwendung geht von der reinen Zutrittskontrolle über Zeiterfassung bis hin zur Kantinen- und Getränkeautomatenabrechnung. Ein Sonderfall ist der Sicherheitszutritt mit den zwei Ansätzen:

- Genereller Firmenzutritt
- Zugang zu Zonen innerhalb der Firma

Zwei unterschiedliche Sicherheitskonzepte haben sich dabei durchgesetzt:

- Zutrittskontrolle mit PIN
- Zutrittskontrolle mit Biometrie

Typische Anwendungsbranchen für die Zutrittskontrolle sind die Automobilbranche, Verlage, Halbleiterproduzenten, Banken, Versicherungen, Elektrounternehmen, Telecom-Branche, Aviation, Flughäfen, Behörden, Kraftwerke etc. Prominenteste Anwendung ist die Zutrittskarte zum US-Verteidigungsministerium (DoD = Department of Defence), eine Zwei-Chip-Lösung, versehen mit zwei Schnittstellen (Hybridaufbau). Boeing hat für alle 220 000 Mitarbeiter ebenfalls eine Hybridkarte im Einsatz mit den beiden Basisfunktionen Gebäude-/Werks-Zutritt (physical access) und IT-Netz-Zugang (logical access). Als Biometrie-Verfahren wird Iris-Erkennung verwendet. Siemens hat seit mehreren Jahren eine Hybridlösung bei über 400 000 Mitarbeitern im Einsatz, Infineon zusätzlich eine Geldkarten- und -Zufahrtsfunktion für Parkhäuser.

Für den Zutritt werden nahezu ausschließlich kontaktlose Speicherkarten im Proximity-Bereich (ISO 14443), also mit einem Lesebereich von etwa 10 cm, verwendet. Zur Erhöhung der Sicherheit werden spezielle Authentisierungsverfahren eingesetzt, die von einer einfachen Karten-Authentisierung (im Fachjargon Internal Authentication genannt) über die Leser-Authentisierung (External Authentication) bis hin zur gegenseitigen Authentisierung (Mutual Authentication) reichen.

Diese Authentisierung kann für den Zugang zur Karte aber auch für den Zugang zu speziellen Daten im Karten-IC benutzt werden. Eine Varianz besteht dann noch in der verwendeten Schlüssel-Länge zur Authentisierung. Der Grad der gewählten Sicherheitsstufe hängt dabei ab, von dem Sicherheitsbedürfnis der Firma bzw. des Anwenders.

### 3.4 Transport (ÖPV)

Über 80 Prozent der Megastädte weltweit haben heute elektronische Fahrscheine (Smart Cards bzw. Smart Tickets) im Einsatz, wie Tokio (über 20 Mio. Chipkarten), Mexico City (über 10 Mio.), New York (über 10 Mio.), Seoul (über 10 Mio.).

Der Ticket-Markt zeigt den Trend zur Aufspreizung in:

- Low-Cost-Ticket = Tages-/Wochenendkarte
- Mid-Range-Ticket = Jahreskarte
- High-End-Multiapplikationskarte (mit Bezahlungsfunktion)

In den ersten beiden Fällen kommen überwiegend kontaktlose Speicherkarten zur Anwendung. Bei der Multiapplikationskarte werden nahezu ausschließlich Mikrocontroller verwendet.

Insgesamt kamen im Jahr 2005 ca. 150 Millionen kontaktlose Speicherkarten zum Einsatz. Zu 73 Mio. Chipkarten-Lösungen kommen noch einmal so viele Papiertickets mit Chip (anderer Formfaktor, anderes Material) hinzu, die nicht zu Chipkartenanwendungen dazugezählt werden.

Die meisten Großprojekte laufen auf vier proprietären Systemen (in Klammern die Hersteller):

- Calypso® (ASK): Mexico City, Mailand, Athen, Paris...
- Mifare® (Philips, Infineon): Kairo, Taipei, Seoul, Moskau, London...
- FeliCa® (SONY): Hong Kong, Bangkok, Singapur, Shenzhen...
- GO Card® (CUBIC): Guangzhou, Chicago, Rotterdam...

Die Anwendungsfelder sind Ticket-Systeme für öffentliche Busse, Bahnen und Züge. Da in Groß-Städten bzw. Ballungsgebieten mehrere Verkehrsbetreiber einzelne Linien betreiben bzw. unterhalten, dienen diese Tickets auch, um Jahresabrechnungen untereinander besser aufzuteilen.

Haupteffekt ist allerdings die Kostensenkung für Ticket-Automaten, die sehr hohe Aufwendungen für Wartungen verursachen.

In Deutschland wurde die VDV-Kernapplikation (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen, [www.vdv.de](http://www.vdv.de), mit 540 Mitgliedern) als Transportplattform spezifiziert. In anderen Ländern und Städten wurden bereits vor Jahren andere Anwendungsstandards erarbeitet und umgesetzt, die eigene Namen erhalten haben, wie SUICA in Tokio, OCTOPUS in Hongkong, EZ-LINK in Singapur und OYSTER in London. Sie beinhalten ebenfalls die 3 Säulen

- Bargeldloses Zahlen
- Elektronisches Ticket
- Automatische Fahrpreisfindung

Wenn Transport-Projekte mehrjährig in Anwendung sind, kann der Wunsch nach einem Ausbau zu einer Multiapplikationskarte entstehen. Als weitere Anwendung kann eine Kreditkarten-Funktion (Post-Paid) oder Bankenkarte (Pre-Paid) hinzukommen. Dann kann die Zahl der Transport-Dienste-Anbieter ausgedehnt werden. Ein sehr populäres Beispiel hierfür ist die T-Money-Karte in Seoul, Südkorea, die zur Bezahlung von Taxi, U-Bahn, Bus und Autobahn eingesetzt wird. Hierzu wurde eine Chipkarte mit kontaktlosem Mikrocontroller verwendet, ausgestattet mit der ISO 14443-Schnittstelle. Das Projekt startete im Juni 2004. Bis zum Sommer 2006 wurden bereits fast 10 Millionen T-Money-Karten ausgegeben.

### 3.5 Grenzkontrolle und Reisedokumente

Ausgang für einen neuen Reisepass mit biometrischen Informationen, digital gespeichert in einem hochsicheren Krypto-Controller mit kontaktloser Schnittstelle, ist die New Orleans Resolution von 2003, die das Gesichtsbild als verpflichtendes Merkmal vorsieht. Als internationaler Standard wurde die ICAO (International Civil Aviation Organisation) mit dem Dokument 9303-1 herangezogen, das in der Urfassung für Reisedokumente bereits seit 1980 besteht. Die Aufgabe der ICAO ist seit 1947 unter der UN die Erarbeitung und Weiterentwicklung von einheitlichen Regelungen für die Sicherheit, Regelmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit des internationalen Luftverkehrs. Deutschland ist seit 1956 Mitglied der ICAO, die weltweit 187 Mitgliedsländer zählt. USA fordert für die von Visa befreiten Länder (Visa Waiver Programm, VWP) den Start der Einführung des biometrischen Reisepasses bis spätestens Oktober 2006. Unter diesen Ländern befinden sich 22 Länder der EU sowie Australien, Brunei, Japan, Neuseeland und Singapur. Die EU hat mit Ihrer Regelungskompetenz für die Schengen-Außengrenzen im Dezember 2004 die Verordnung 2252/2004 erlassen, die die Einführung des Reisepasses in Europa in zwei Phasen vorsieht:

#### Phase 1:

Reisepass mit biometrischem Gesichtsbild (Frontal-Foto), elektronischer Speicherung von Personendaten und Gesichtsbild im Mikrocontroller und logischem Zugang zu den elektronischen Daten über die OCR-B-Beschriftung und deren Hash-Wertberechnung (im Fach-Jargon „Basic Access Control“ genannt), d.h. über einen zuvor optisch ausgelesenen Reisepass. Die Umsetzung nach der EU-Spezifikation, die im Februar 2005 veröffentlicht wurde, ist bis spätestens August 2006 abzuschließen. Die ICAO empfiehlt hierfür die Verwendung eines Datenspeichers mit mindestens 32 KByte EEPROM. Der Chip ist bei 70 Prozent der Länder im Buchdeckel „vergraben“. Die anderen Länder führen den Reisepass mit Datenspeicher in der Datenseite (Holder Page) ein. Die Einführung einer nationalen PKI ist notwendig, wenn ein Land die aktive Authentisierung, mit einem entsprechenden Sicherheitsschlüssel auf dem Pass einführt

(Datenblock 15 in der ICAO-Datenstruktur LDS 2.0). Auch hier wird als kontaktlose Schnittstelle ISO 14443 (Proximity) verwendet.

Phase 2:

Erweiterung des Reisepasses um die Speicherung der digitalen Abbildungen der beiden Zeigefinger im Mikrocontroller und der Nutzung eines Zugangsschlüssels (im Fach-Jargon „Extended Active Authentication Control“ genannt). Die Weitergabe des landesspezifischen Zugangsschlüssels an Drittstaaten muss dabei über Einzelabkommen geregelt werden. Als spätester Einführungszeitpunkt hierfür gilt Juni 2009, als minimaler Datenspeicher werden von der ICAO 64 KByte EEPROM angegeben. Neben dem Sicherheitszertifikat für den Reisepass wird ein Gerätezertifikat für den Passleser (z.B. an Grenzen) notwendig.

Bis zum August 2006 werden weltweit insgesamt 33 Länder den elektronischen Reisepass ausgeben. Dies sind die 27 Länder aus dem VWP, die USA und fünf weitere Länder bzw. 30 Prozent aller Länder mit maschinenlesbaren Reisepässen (110 Länder). Zusätzlich haben 79 Länder noch nicht-maschinen-lesbare Reisepässe im Umlauf, die aber bis 2010 umgestellt werden sollen. Bis zum Jahresende 2006 werden bis zu 40 Länder erwartet, die mit diesem Programm der Digitalisierung von Reisedokumenten starten.

Das erste Land weltweit, das auf den elektronischen Reisepass umgestellt hat, ist Thailand (Juni 2005), das erste Land in Europa ist Schweden (Oktober 2005).

Der Gesamtmarkt an pro Jahr ausgegebenen Reisepässen wird auf 82 bis 119 Millionen geschätzt (Keesing, Annual Report 2005/6). Als größtes Einzelprojekt wird der Einsatz in den USA eingestuft.

Neben den Reisepässen (ID3, Buch) werden in Europa zwei weitere Anwendungen Einzug halten: der elektronische Ausweis (ID1) und die Immigration Card (ID1). Für die Einführung des elektronischen Ausweises spricht die Reisegewohnheit in Europa, bei der typischerweise nicht der Pass verwendet wird. Des Weiteren ist das Ziel die Erhöhung der Grenzsicherheit, die nicht erreicht werden kann, wenn nur der Pass digitalisiert wird und der überwiegende Teil der Reisenden mit einem nicht-digitalisierten Personalausweis ein- bzw. ausreist. Länder mit großen Einwohnerzahlen, wie Frankreich, Spanien, England und Deutschland haben den elektronischen Ausweis über Regierungserklärungen angekündigt, häufig unter dem Begriff der nationalen e-Card Strategie, die u. a. den Ausweis beinhaltet. Die für die Passausgabe und –grenzkontrolle notwendige Infrastruktur kann auch für den elektronischen Ausweis verwendet werden.

Während in Europa im Schnitt nur rund 15 – 20 Prozent der 450 Millionen Einwohner einen Pass haben, ist in über 90 Prozent aller Mitgliedsländer die ID-Karte ein Pflichtdokument. Die EU hat mit der Empfehlung 14351/2005 bereits im letzten Jahr die minimalen Sicherheits-Standards für den elektronischen Ausweis veröffentlicht, was wiederum auf ICAO referenziert. Damit wird auch dort mindestens 64 KByte EEPROM notwendig.

Bei der Immigrations-Karte handelt es sich um ein Aufenthaltstitel für Personen, die in den EU-Raum einreisen, dort längere Zeit studieren oder arbeiten bzw. wohnen. Die künftige Immigrationskarte enthält ebenfalls einen kontaktlosen Chip mit mindestens 64 KByte EEPROM. Die entsprechende EU-Verordnung 1030/2002 wurde im März 2006 entsprechend erweitert. Die Erfassung der Daten inklusive der biometrischen Daten kann dann in den Botschaften mit der gleichen Infrastruktur erfolgen wie für einen Reisepass.

Im Unterschied zur Zutrittskontroll-Anwendung kommen bei hochsicheren Personen-Identifikations-Dokumenten, wie dem Reisepass und dem künftigen Personalausweis Authentisierungsverfahren zum Einsatz, die auf asymmetrische Kryptographie beruhen. Der IC ist dabei ausgestattet wie ein Mini-PC, mit einem eigenen Prozessor, einem ROM, einem RAM, einem EEPROM, einem Zufallsgenerator, einem Betriebssystem und eine Anwendungs-Software.

### 3.6 Bankenkarte (PayPass)

Im Jahr 2003 wurde von Mastercard und Citibank erstmalig ein Feldversuch u. a. in Orlando, Florida (USA), unter dem Projektnamen PayPass durchgeführt, der die Kreditkartenfunktion, die üblicherweise mit einer Magnetstreifenkarte erfolgt, mit einer kontaktlosen Chipkarte abbildet. Das Grundprinzip ist dabei, die Daten, die im Magnetstreifen abgelegt sind, 1:1 in die Chipkarte zu legen, allerdings datentechnisch gesichert mit einem speziellen Authentisierungs-Code. Dazu wurden kleine Mikrokontroller-Chipkarten mit 2 bzw. 4 KByte Speicher und der kontaktlosen Schnittstelle ISO 14443 (Proximity) verwendet. Das Hauptziel der PayPass-Karten ist die hohe Geschwindigkeit in der Zahlungsabwicklung in Schnellrestaurants, Tankstellen und Kinozentren. Seit 2006 wird auch an der Anwendung Zutrittssysteme für (Fußball-)Stadien insbesondere in den USA gearbeitet.

Neben dem Formfaktor Chipkarte sind seit 2004 auch Armbanduhren und Schlüsselanhänger (Token) entwickelt und verkauft worden. Für das laufende Jahr 2006 wird ein Gesamtmarkt von 30 – 50 Millionen. Stück erwartet.

### 3.7 Sichere Identifikation (Beispiel elektronischer Führerschein)

In einigen Ländern wird für Identifikationen nicht nur auf Dokumente in der Technologie des Hochsicherheitsdrucks zurückgegriffen, sondern auch auf die Kombination mit hochsicheren elektronischen Datenträgern. Ein bekanntes Beispiel für diese Kombinatorik ist der Führerschein in Japan, der auf Wunsch der japanischen Bundespolizei (National Police Agency) alle auf der Karte drucktechnisch gespeicherten Daten auch im Chip enthält. Die Karte verfügt über eine kontaktlose Schnittstelle. Bereits in 2001 wurde dazu in Japan eine Arbeitsgruppe (Universal Transport Management Society), zusammengesetzt aus Bundesbehörden und Industrie gegründet, die die Spezifikation des Führerscheins, des mobilen Kartenlesers und der Authentisierungskarte des Straßenpolizisten erstellt und entsprechende Freigabe-Prüfungen durchführt. Als Trägerfrequenz wurden die 13,56 MHz festgelegt. Die Datenstruktur, die Sicherheitsarchitektur und die Anwendung sind detailliert festgelegt. Es ist geplant, die Anwendung großtechnisch in 2006 umzusetzen. Als Startregion wurde der Großraum Tokio gewählt. Der Mengenbedarf für ganz Japan wird in der Ausbaustufe ab 2009 auf rund 15 Millionen Stück jährlich geschätzt.

Als erweiterte Sicherheits-Architektur wird eine Zwei-Karten-Anwendung gewählt. Der elektronische Führerschein besitzt einen Sicherheitsschlüssel und die Polizei-Karte besitzt den Zugangsschlüssel zum Führerschein. Neben der Polizeikarte (Besitz) muss zusätzlich noch ein PIN (Wissen) in den mobilen Kartenleser eingegeben werden. Erst dann ist der Zugang zu den elektronischen Daten möglich.

Der Führerschein in Japan hat eine Gültigkeitsdauer von 3 bzw. 5 Jahren. Erst nach Absolvierung einer Fahrprüfung wird ein neuer Führerschein ausgestellt. Aufgrund der Zunahme an Missbrauch, insbesondere weil die damit verbundenen Gebühren eingespart werden sollen, entschloss sich die Bundespolizei zu diesem Schritt.

Das weltweit größte Einzelprojekt bei sicheren Identifikationsdokumenten ist derzeit die nationale eID-Karte in China. Das Projekt wurde in 2005 gestartet und soll bis Ende 2008 kumuliert 900 Millionen kontaktlose Karten (ISO 14443-B, 4 KByte Speicher, spezieller Sicherheitsalgorithmus) in der Ausgabe haben.

## 4 Intelligente Netzwerkdienste für RFID

Christoph Plur, Cisco Systems

Die Implementierung von RFID stellt zusätzliche Anforderungen an die Netzwerkinfrastruktur. Hierzu zählt zum einen die deutlich wachsende Anzahl von Endgeräten durch die Anbindung von RFID Readern und das durch RFID erzeugte zusätzliche Datenvolumen. Zum anderen bedeutet die Implementierung von RFID die direkte Einbindung in Geschäftsprozesse, was neue Anforderungen hinsichtlich der Verfügbarkeit und der Architektur zur Kommunikation mit Handelspartnern zur Folge hat. Des Weiteren ist das Netzwerk der Ort für die Implementierung RFID-spezifischer Dienste für das Management oder die Filterung der per RFID gelesenen Daten, beispielsweise auf Basis der EPCglobal-Spezifikation Application Level Events (ALE).

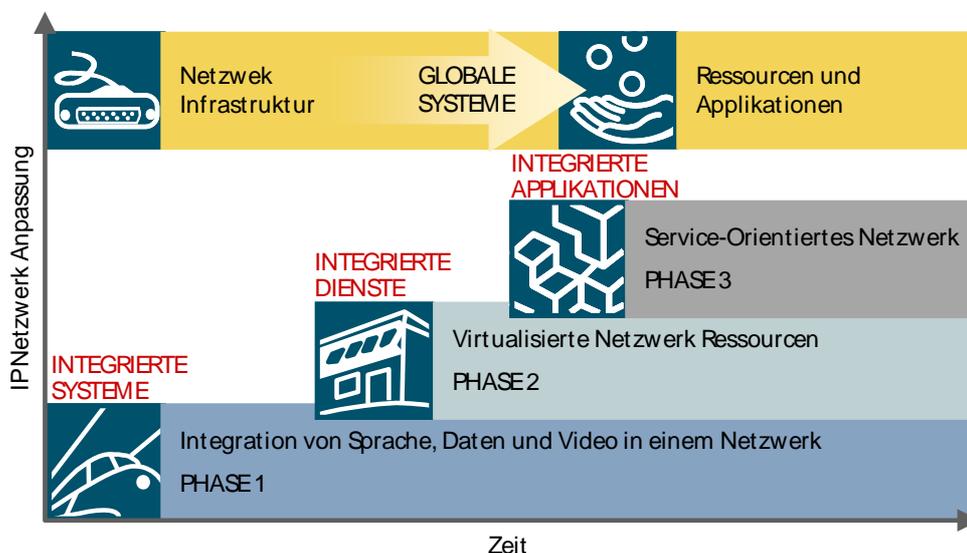


Abbildung 2: Erweiterungsphasen im IP-Netzwerk (Quelle: Cisco)

### 4.1 Reader Management

Neben der Bereitstellung der physikalischen Anschlussmöglichkeit für RFID Reader auf Basis von Ethernet oder WLAN (Wireless LAN) ist eine durchgängige Sicherheitsimplementierung erforderlich, die ausschließlich berechtigten RFID Readern den Zugang ermöglicht und im Bereich WLAN die Daten entsprechend verschlüsselt. Während hierfür vorhandene Mechanismen genutzt werden können, stellt die Administration der RFID Reader eine neue Herausforderung dar. Geht man von mehreren hundert bzw. tausenden RFID Readern in einem Netzwerk aus, dann ist die Administration ein zentraler Punkt zur Reduzierung der Betriebskosten und Erhöhung der Verfügbarkeit.

In Verbindung mit einer intelligenten Infrastruktur ist es möglich, RFID Reader hinsichtlich ihrer Lokation bzw. Aufgabe (Wareneingang/-ausgang, Lagerkontrolle usw.) zu betrachten, statt in Bezug auf die Hardware. Durch die Kenntnisse der Infrastruktur zur Lokation des RFID Readers wird dem Reader automatisch ein Name bezüglich seiner Funktion zugewiesen. In Verbindung mit einer zentralen Applikation zur Administration werden RFID Reader bei der Installation oder

dem Austausch automatisch entsprechend ihrer Aufgabe konfiguriert. Die Anpassung der Reader-Konfiguration kann ebenfalls zentral und aufgabenbezogen erfolgen. Dadurch können neue und ausgetauschte Reader schneller und mit reduziertem Aufwand in Betrieb genommen werden. Zusätzlich gehört hierzu die Einbindung weiterer Komponenten wie LED Anzeigen, Informationsanzeigen und Ampelsysteme.

## 4.2 Reader Virtualisierung

Für Applikationen, die RFID-Daten verarbeiten, steht nicht der einzelne Reader im Vordergrund, sondern vielmehr die Aufgabe (Wareneingang/-ausgang, Regalüberwachung usw.). Bei der Reader-Virtualisierung fasst die Infrastruktur unterschiedliche Reader zu Gruppen bezogen auf ihre Aufgabe oder andere Kriterien zusammen. Die Applikation spricht nun einen Reader-Dienst an statt der einzelnen Reader.

Die Anpassungen von Readern sowie das Hinzufügen neuer Reader wird nun transparent für die Anwendung vorgenommen, wodurch Aufwand und Kosten reduziert werden und neue Prozesse schneller implementiert werden.

## 4.3 Netzwerkdienste

Der Nutzen von RFID ergibt sich aus der Einbindung der Informationen in Geschäftsprozesse. Im Allgemeinen ist ein RFID Reader bestrebt, permanent RFID-Informationen zu lesen, was zu einer Flut an Informationen auf unterster Ebene führt und nicht die notwendige Logik des Geschäftsprozesses reflektiert. Dadurch würden Applikationen mit einer Flut an nicht benötigten Informationen beansprucht und beispielsweise WAN-Verbindungen unnötig belastet. Beides würde zu erheblichen Kosten führen, bzw. die Systeme an ihre Grenzen bringen und sie mit Aufgaben belasten, für die sie nicht bestimmt sind.

Um diese Datenflut zu reduzieren, ist eine intelligente Vorverarbeitung der RFID-Daten erforderlich, wie sie beispielsweise das Industrie-Konsortium EPCglobal mit seiner Spezifikation "Application Level Events" (ALE) als „Filtering & Collecting“ definiert. Dadurch werden den Applikationssystemen ausschließlich die für sie relevanten Informationen geliefert.

Die Netzwerkinfrastruktur bietet sich besonders für die Implementierung intelligenter RFID-Dienste an, da

- alle beteiligten Systeme (Reader, Server, Datenbank, Applikationen usw.) an sie angebunden sind,
- sie den frühest möglichen Punkt darstellt, an dem Reader-übergreifende Dienste implementiert werden können,
- sie eine transparente Implementierung ohne Anpassung von Komponenten und Anwendungen ermöglicht und
- die Anpassung und Implementierung neuer Prozesse zentral und zeitnah durchgeführt werden kann.

## 4.4 Filterung, Erfassung und Benachrichtigung

Um Applikationen die für den jeweiligen Geschäftsprozess relevanten Daten zur Verfügung zu stellen, ist eine intelligente Vorverarbeitung auf Basis von Filterung, Erfassung und Benachrichtigung erforderlich, wie sie beispielsweise mit den Application Level Events (ALE) spezifiziert ist.

Die Filterung ermöglicht zum Beispiel die Eliminierung von so genannten Mehrfachlesungen. RFID Reader stellen die erste Instanz der Eliminierung von Mehrfachlesungen dar, die sich beispielsweise auf Mehrfachantennen des Readers beziehen. Die Implementierung von ALE in der Infrastruktur ermöglicht die Reader-übergreifende Eliminierung von Mehrfachlesungen.

Des Weiteren können hier logische Zusammenhänge und Verknüpfungen mit daraus resultierenden Ereignissen definiert werden. So kann die Vollständigkeit einer Lieferung festgestellt und an das System gemeldet werden, anstatt alle RFID-Informationen an die Anwendung zu senden.

Bei Auffälligkeiten oder Unregelmäßigkeiten können direkt Alarmmeldungen (Alerts) (wie z. B. die Benachrichtigung des Lagerleiters) ausgelöst werden.

#### **4.5 Intelligent Message Routing und Security**

Zusätzlich zur Filterung und Erfassung spielt die Weiterleitung der RFID-Informationen an die entsprechenden IT-Systeme eine zentrale Rolle, da unterschiedliche Informationen für unterschiedliche Systeme relevant sind. Während beispielsweise Änderungen des Warenbestandes im Regal in erster Linie für die Filiale von Bedeutung sind, sind Informationen über den Lagerbestand der Filiale zusätzlich für das zentrale Warenwirtschaftssystem von Bedeutung. Oftmals findet man auch getrennte Systeme für Wareneingang und Warenausgang.

Eine intelligente RFID Infrastruktur die in der Lage ist, RFID-Informationen zu interpretieren (RFID-Daten, Reader-Typ, Ereignis usw.) kann diese an die relevanten Systeme senden. In diesem Fall würde der Regalbestand an das lokale System, Lagereingänge/-ausgänge an das lokale und zentrale System geleitet werden.

Ein weiterer Vorteil von RFID ist die Optimierung des Warenflusses durch die Kommunikation und den Informationsaustausch zwischen Handelspartnern, wie er beispielsweise von EPCglobal mit EPCIS (EPC Information Service) definiert ist. RFID bietet die Möglichkeit, einem Konsumgüterlieferanten einen aktuellen Überblick über den Warenbestand seines Handelspartners zu liefern und automatisch Nachlieferungen durchzuführen, um „Out-of-Stock-Situationen“ zu vermeiden.

Dieses hat zum einen Auswirkungen auf die Netzwerkarchitektur beider Handelspartner, da eine Kommunikationsbeziehung implementiert werden muss. Darüber hinaus ist es erforderlich, die notwendigen Informationen auszutauschen. Eine intelligente RFID-Infrastruktur ist in der Lage, die für den Handelspartner als relevant definierten RFID-Informationen beim Warenausgang des Handelsunternehmens zu erkennen, und diese Informationen sowohl dem Warenwirtschaftssystem des Handelunternehmens wie auch dem entsprechenden Zulieferer zur Verfügung zu stellen.

Um die Datenintegrität sicher zu stellen, werden die RFID-Daten signiert und über eine gesicherte Verbindung übertragen. Im Vergleich hierzu wäre die Anpassung des Warenwirtschaftssystems zeitaufwändiger und kostenintensiver.

#### **4.6 Komponenten des RFID-Netzwerks**

Eine intelligente RFID-Netzwerkinfrastruktur bietet die Grundlage für eine erfolgreiche RFID-Implementierung durch Reduzierung der Implementierungskosten und der Komplexität sowie durch die Optimierung bei der Filterung, Erfassung und dem Routing von RFID-Informationen.

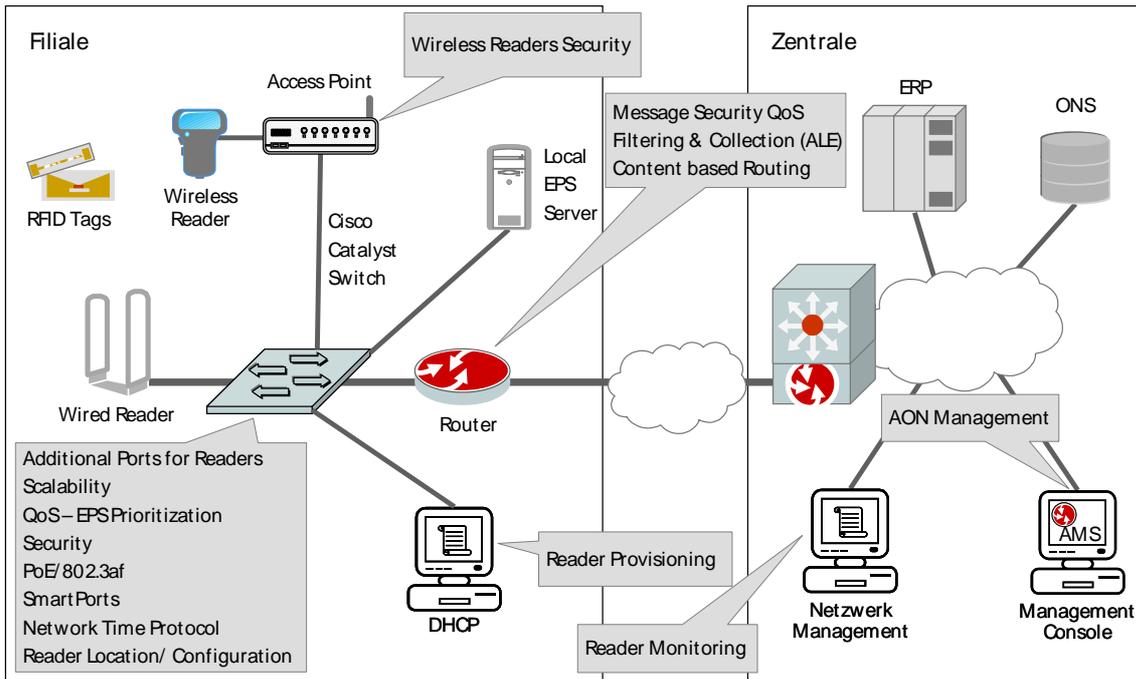


Abbildung 3: Komponenten eines RFID-Netzwerkes (Quelle: Cisco)

## 5 Ubiquitous Computing mit dezentralen Prozessoren

Wolfgang Weyand, Intel

### 5.1 RFID Reader Sicht

Durch die automatische Erfassung von RFID-Daten entstehen in der Regel sehr große Datenmengen. Angenommen, in einem Warenverteilzentrum werden 100 Paletten mit durchschnittlich 500 Objekten stündlich identifiziert (Wareneingang, Warenausgang, diverse Cross Checks innerhalb des Verteilzentrums), so entsteht ein Datenvolumen von ca. 4,8 Mbit/Stunde (100 Paletten/ Stunde \* 500 Tags \* 96Bit/Tag). Dazu muss man aber noch den Protokoll-Overhead rechnen sowie beachten, dass viele Tags an dem gleichen Ort aus verschiedenen Gründen mehrfach gelesen werden können.

Dies führt zu einer Datenmenge, die eine große Belastung (hohe Grundlast) für ein Netzwerk darstellen würde. Um das Netzwerk mit diesen Daten nicht unnötig zu belasten ist es ratsam, sehr frühzeitig die Datenmenge zu filtern und dadurch zu reduzieren, indem direkt auf den Readern Plausibilitätsprüfungen durchgeführt bzw. Doppellesungen erkannt und eliminiert werden.

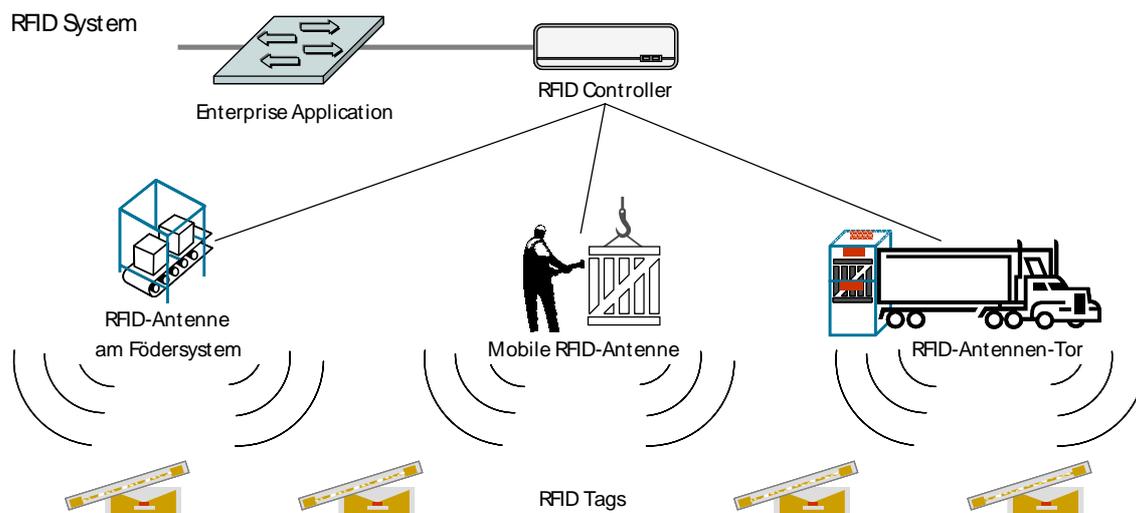


Abbildung 4: RFID-System vom RFID Tag bis zum ERP-System (Quelle: Intel)

RFID Reader sind vor dem ersten Einsatz zu kalibrieren bzw. entsprechend der Umgebung zu konfigurieren. Diese Aktivität ist in der Regel durch Personal vor Ort zu erledigen. Während des Einsatzes über einen längeren Zeitraum und durch Erweiterungen von RFID-Lesestellen oder RFID-Druckern ist es empfehlenswert, die vorhandene RFID Infrastruktur bezüglich der Lesequalität zu überwachen. Um den personellen Aufwand dafür so gering wie möglich zu halten, sollte der Remote-Zugriff auf die Reader ermöglicht werden.

Derzeit bieten die Reader dazu unterschiedliche Interfaces und unterschiedliche Level der Kalibrierungsmöglichkeiten an. Diese können gegenüber einer Systemmanagement-Anwendung

durch entsprechendes RFID Device Management oder RFID Middleware „normiert“ werden. Diese Normierung ist hilfreich, um den Administrationsaufwand gering zu halten und um die Kopplung zwischen den RFID-Geräten und der Systemmanagement-Software zu reduzieren. Ein weiterer Vorteil von einem solchen Device Management ist, dass man Reader austauschen kann, ohne weitere Rekonfigurationen an den höherwertigen Anwendungen (wie ERP, WMS o. ä.) zu vollziehen. Schließlich ist das Device Management hilfreich, um die im Regelfall zusätzlich im Einsatz befindlichen analogen Endgeräte (bspw. Lichtschranke, Schalter, Bewegungsmelder) einzubinden. Dies ist notwendig, weil immer noch nicht alle Reader den gleichen Support für solche externen Devices bieten.

Derzeit befinden sich weitere Technologien im Aufbruch, wie bspw. Sensor- oder Mesh-Netzwerke. Weiterhin ist es hilfreich, den RFID-Datenstrom mit zusätzlichen Informationen über die Objektumgebung mittels Sensoren anzureichern. Dann ist man in der Lage Hinweise zu erhalten, an welchem Ort bspw. eine Ware außergewöhnlichen Stoßbelastungen (Schock, Beschleunigung) oder schädlichen Temperaturen ausgesetzt war.

## 5.2 Reader der nächsten Generation

Technologischer Fortschritt ist derzeit einer der Innovationsmotoren für RFID-Technologie und ermöglicht, dass die Reader immer kleiner werden, weniger Strom verbrauchen und über immer mehr eigene Rechenintelligenz verfügen. Die Möglichkeit, Reader immer kleiner zu gestalten, hat den Vorteil, dass sie besser vor schädlichen äußeren Einflüssen bewahrt werden können. Aus IT-Sicht stellt sich natürlich die Frage, warum man einen Rechenkern am Ort des Geschehens vorhalten muss. Ein Teil der Antwort ist ganz einfach in der Physik zu finden und ein anderer Teil der Antwort in der Notwendigkeit, einen möglichst autonomen und damit robusten Betrieb zu gewährleisten.

Beim Einsatz von RFID ist es auf der einen Seite in der Regel nicht ausreichend, dass nur die Informationen der Tags erfasst werden. Es müssen auch Reader ein- oder ausgeschaltet werden können, um Störungen benachbarter Reader zu vermeiden und um regulativen Anforderungen zu erfüllen. Auf der anderen Seite ist die Business-Anforderung, einen unterbrechungsfreien Betrieb zu gewährleisten, nur dann erfüllbar, wenn man einen Teil der Geschäftsfunktionen dezentral ausführen kann. Hier seien nur die erforderliche kurze Reaktionszeit oder die Vermeidung von Netzwerkausfällen erwähnt.

Ein weiteres Problem ist die Tatsache, dass es bisher keinen weltweit einheitlichen Standard für eine einzige zu benutzende RFID-Frequenz gibt. Dies liegt u. a. daran, dass nicht jede Frequenz für alle Einsatzzwecke gleichermaßen geeignet ist (siehe BITKOM RFID White Paper 2005). Daher kann es aus der Geschäftsprozesssicht heraus erforderlich sein, gleichzeitig mit HF- (13,56 MHz) und UHF-Frequenzen (860 – 960 MHz) zu arbeiten. Dies hat zur Folge, dass man – Stand heute - über zwei Reader verfügen muss, um gleichzeitig alle notwendigen Daten zu erfassen. Aus der physikalischen Sicht für ein „schlankes“ und smartes RFID-Antennenor (Gate) ist das natürlich keine gute Bedingung. Daher sind derzeit Reader-Antennen-Kombinationen in der Entwicklung, die beide Frequenzbänder mit einer Einheit abdecken können. Der Vorteil besteht darin, dass geringere Infrastrukturkosten entstehen und die Anzahl an Reader-Antennen-Einheiten geringer wird. Somit verringert sich auch der Platzbedarf für RFID-Geräte in Fabrik- und Lagerhallen. Einhergehend mit dieser Verschlinkung der Infrastruktur verstärkt sich dann die Notwendigkeit, die gelesenen Informationen besser zu analysieren und höher zu verdichten, bevor sie an eine Anwendung weiter gereicht werden. Diese hybriden Readersysteme werden den weiteren Durchbruch der RFID-Technologie beschleunigen.

### 5.3 Meshed Networks zur Ergänzung von RFID

Eines der Probleme von RFID Readern bzw. Sensoren (S) ist die begrenzte Reichweite und die Notwendigkeit einer direkten Anbindung an eine Netzwerkkomponente (Hub, Router, WLAN Access Point). Dies limitiert ggf. die Lesereichweite. Ein weiterer technischer Schritt sind drahtlose vermaschte Netze (Meshed Networks), die sich dynamisch formen und über ein Gateway (G) gemeinsam in die vorhandene Netzwerkinfrastruktur kommunizieren. Der Vorteil dieser Netzform ist, dass jedes Objekt wie ein Agent arbeitet. Es sucht sich seine möglichen Kommunikationspartner selbst und baut so spontane und flexible Verbindungen zu den in der Nähe befindlichen Komponenten auf. (s. Abbildung 5)

Die sogenannten Motes (M), die für die Netzwerkbildung verantwortlich sind, verfügen des Weiteren über die Eigenschaft, die gesammelten Daten solange zwischenspeichern (im Cache), bis diese an den nächst höheren Layer weiter gegeben werden können. Der Nachrichtentransport kann bidirektional erfolgen, was dynamische Anwendungen ermöglicht. Berücksichtigt man diese Netzwerkerweiterungen und diese Art der Datenerfassung, dann stellt man fest, dass es notwendig ist, eine Komponente zu verwenden, die die Datenmengen wie oben beschrieben reguliert. Im Regelfall ergeben sich zwei Implementierungsvarianten:

- Anbindung über einen intelligenten Reader, der über entsprechende Prozessor- und Speicherkapazitäten verfügt, oder
- Anbindung über eine entsprechende Netzwerkkomponente.

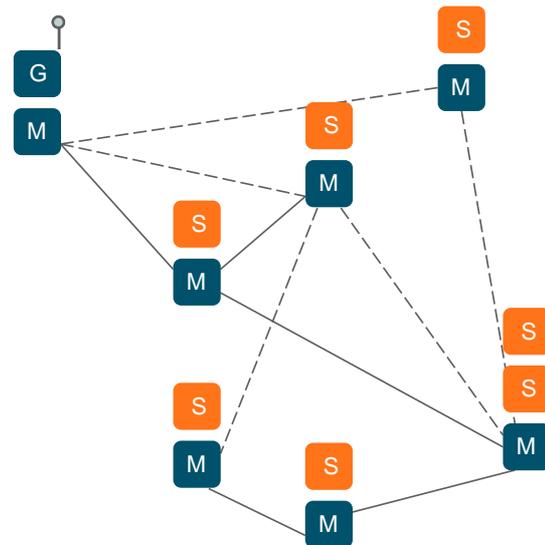


Abbildung 5: Meshed Network

Verbindet man nun die Bedürfnisse nach einer autarken Datenerfassungsmöglichkeit und der dauerhaften Unterstützung und Automatisierung von Prozessen, so ist es unausweichlich, dass die heute bekannten Lesegeräte schnell abgelöst werden. Der Entwicklung der Vernetzung zwischen Unternehmen und der Notwendigkeit, Datenbestände umgehend zu synchronisieren, kann man sich nicht verschließen. Die daraus resultierenden Anforderungen an die Infrastrukturen haben zur Folge, dass die Miniaturisierung weiter fortschreiten muss.

Auf der anderen Seite stehen die Reduktion der Kosten und die weitere Automatisierung von Services im Blickpunkt. Dieser Drang der Automatisierung erfordert auch für die RFID-Geräte eine Standardisierung im Sinne des Systemmanagements. Auf diesem Gebiet ist eine weitere Zusammenarbeit zwischen den Anbietern der Hardware-Infrastruktur notwendig. Diese findet auch statt, jedoch kann man zumindest aus Anwendersicht feststellen, dass die derzeitigen Fortschritte nicht ausreichend sind. Durch die zunehmende Anzahl an größeren Implementierungen von

RFID-Infrastruktur beginnt die Zeit schneller zu ticken. Dies hat derzeit zur Folge, dass es zu viele proprietäre Lösungsversuche gibt und sich daher kein Standard für Device Management entwickelt. Um es deutlich zu machen: das Problem ist nicht allein über Hardware-Verbesserungen oder über Software zu lösen, beide Bereiche sind gleichermaßen gefordert.

---

Bleibt für den Anwender zu hoffen, dass sich die Hersteller von Hardware und Software baldmöglichst einigen und hier eine für den Benutzer akzeptable Lösung zur Verfügung stellen.

## 6 Lesequalität passiver UHF RFID Tags

Dr. Norbert Ephan, Kathrein Werke

Dieses Kapitel beschreibt die typischen Anforderungen und Schwierigkeiten bei der Nutzung von RFID Tags für die automatische Identifikation von Objekten im Bereich der Reader-Antennen. Dabei werden vor allem Sachverhalte im Handel betrachtet, weil hier die weltweit stärkste Aufmerksamkeit besteht und weil es sich dabei um wichtige Details im Rahmen unternehmensübergreifender Prozesse handelt. Solche Prozesse stellen besondere Anforderungen an Funktionssicherheit und Standardisierung. Unternehmen, die an entsprechenden logistischen Ketten beteiligt sind, müssen sich gewissenhaft abstimmen, um zu verlässlichen Verfahren beim RFID-Einsatz zu kommen.

Damit soll der Blick auf die vielen RFID-Anwendungen nicht verstellt werden, die es in zahlreichen Branchen bereits gibt. So werden Prozesse in der Produktion meist mit RFID gesteuert. Weiterhin gilt festzuhalten, dass es zwar viele Prozesse gibt oder geben wird, die vollständig mit RFID gesteuert werden. Für andere Bereiche aber wird der Barcode weiterhin die optimale Lösung darstellen und gleichermaßen wird es Mischeinsätze beider Technologien geben.

Im Vordergrund dieses Kapitels stehen weiterhin die Möglichkeiten und Grenzen beim Lesen von passiven RFID Tags mit der UHF-Frequenz (Ultrahochfrequenz: 860 – 960 MHz) unter Einbeziehung des Einflusses von Form und Verpackung der Objekte, deren Tags gelesen werden sollen, auf die Leseergebnisse. Passive Tags sind wesentlich billiger als aktive Tags oder semi-aktive Tags, die über eine eigene Batterie verfügen. Der mögliche Leseabstand ist bei UHF-RFID-Systemen wesentlich größer als zum Beispiel bei HF-Systemen (Hochfrequenz: 13,56 MHz).

Deswegen ist der UHF Tag ein interessanter Kandidat für die kostengünstige Volumenproduktion und für den Einsatz als Einweg-Tag im Handelssektor. Auch das Industrie-Konsortium GS1/EPCglobal bevorzugt diese Technologie und hat dafür den Generation-2-Standard spezifiziert. Allerdings sind HF Tags bereits weltweit in großer Zahl verbreitet, z. B. in Smart Cards, und deswegen schon heute als preiswerte Einweg-Tags verfügbar. Inzwischen hat auch EPCglobal die HF-Frequenz in seine Strategie aufgenommen (vgl. Pressemeldung vom 4. Mai 2006). Demzufolge wird der Generation-2-Standard von EPCglobal auch für HF zur Verfügung gestellt werden und einem komplementären Einsatz von HF und UHF Tags der Weg geebnet. Absehbar ist auch, dass RFID Reader beide Frequenzen lesen werden.

Die Lesbarkeit von UHF Tags unterliegt einer Reihe von Einschränkungen, die es nahe legen, die HF-Technologie als komplementäre Lösung für das Tagging einzubeziehen. So ist die Antennenleistung aufgrund der Regulierung beim UHF Reader beschränkt (Europa: max. 2 Watt ERP) und die physikalischen Randbedingungen des sog. Air Interface (elektromagnetisches Feld zwischen Tag und Reader-Antenne) können dazu führen, dass die Lesesicherheit bei UHF Tags für industrielle und logistische Prozesse nicht ausreicht. Das liegt sowohl an der störenden Reflexion des Antennenfeldes an Metallen, Flüssigkeiten und anderen Materialien sowie der Absorption diverser Materialien.

Die Konfigurationsvorgaben für Anwendungsszenarien sind deswegen sehr gewissenhaft vorzunehmen. Meist sind weitere Maßnahmen nötig, um eine akzeptable Lesesicherheit zu erzielen,

nämlich genaue Vorschriften über den Prozessablauf, über die Verpackung der Produkte, deren Tags gelesen werden sollen, und über die Anbringung der Tags an den Objekten. Auch geringe Abweichungen von Vorgaben können schnell zur Disqualifizierung von RFID-Anwendungen führen.

Positive Aussagen über erfolgreiche Leseraten von Antennen sind immer mit Vorsicht zu genießen, weil meist nicht exakt genug beschrieben wird, welche Umgebung vorgelegen hat. Es ist leicht, gute Leseleistungen unter optimalen Feld- und Objektbedingungen zu erzielen. Aber ob diese Ergebnisse auf normale Betriebsumgebungen übertragen werden können, ist jeweils genau zu prüfen.

## 6.1 Bewertung aktueller Ergebnisse zu Leserate und Lesereichweite

Die Performance einer Antenneninstallation wird im Wesentlichen durch zwei Parameter bestimmt, nämlich Lesereichweite und Leserate.

Die Lesereichweite ist die Entfernung, in der ein Tag noch sicher gelesen werden kann. Die Leserate ist das Verhältnis von erfolgreich gelesenen Tags zur Anzahl aller Tags im Antennenbereich (man spricht auch von Read Range). Bei den gegenwärtig erhältlichen Tags werden beide Parameter dadurch bestimmt, wie viel Energie der Chip des Tags für seinen Betrieb benötigt. Damit ist die Stärke des Antennenfeldes (Mindestleistungsflussdichte des elektromagnetischen Feldes), die am Ort des Tags vorhanden sein muss, ein wesentlicher Parameter. Dieser Parameter hängt allerdings nicht nur davon ab, wie stark das Antennenfeld ist, sondern auch davon, auf welchen Materialien der Tag angebracht wurde.

Es ist kaum möglich, die in Publikationen angegebenen Ergebnisse über erreichte Leseraten oder Lesereichweiten zu vergleichen oder daraus Rückschlüsse auf andere Anwendungsszenarien zu ziehen. Das liegt daran, dass es keine Vorgaben für Standardtests gibt und dass die Umgebungsbedingungen der verschiedenen Tests stark variieren. Häufig wird die Versuchsanordnung durch Versuch und Irrtum so lange optimiert, bis die besten Ergebnisse erreicht werden. Wenn hohe Lesereichweiten angegeben werden, dann kann man davon ausgehen, dass die Tags auf die Materialien abgestimmt wurden, auf denen sie angebracht wurden, dass die Reader mit der maximal erlaubten Energie senden und dass störende Objekte zwischen Tag und Reader oder in deren Nähe ausgeschlossen wurden. Wenn über Leseraten im Bereich von 90 % bis 100 % für das so genannte Pulklesen von Kartons auf Paletten berichtet wird, so wurden mit Sicherheit unkritische Materialien auf die Paletten geladen und die Mehrzahl der Tags an den Außenseiten der Kartons angebracht. Sobald die Paletten mit anderen Materialien bestückt oder weniger optimal gepackt werden, verschlechtern sich die Ergebnisse meist drastisch. Für diese Abhängigkeiten lassen sich auf Basis der Elektrodynamik leicht Erklärungen finden, wie in folgendem Abschnitt weiter ausgeführt wird. Weitere Informationen zur Messung und Berechnung von Lesereichweiten finden sich in [Steinhilber06].

Von Leseraten, die in Einzeltests erzielt wurden, darf nicht ohne weiteres linear auf im Betrieb erzielbare Leseraten geschlossen werden. Für entsprechende seriöse Prognosen müssen alle Fehlerquellen analysiert und in eine sorgfältige statistische Auswertung einbezogen werden. Dazu gehören die Fehlerquellen wegen physikalischer Unwägbarkeiten, über die Ausfallraten von Tags und Readern bis hin zu Bedienungsfehlern durch mangelhaft geschultes oder nicht genügend diszipliniertes Personal. (Dieser Hinweis gilt natürlich für jede Art von Tags, also auch für UHF und HF.)

Aus den bisher erhältlichen Berichten über Antennentests in Bezug auf das Pulklesen kann man also kaum allgemeine Schlüsse ziehen. Es zeigt sich lediglich, dass es notwendig ist, Einschränkungen bezüglich der Anordnung von Materialien und Tags vorzunehmen, wenn für eine professionelle Anwendung sehr hohe Leseraten notwendig sind. Es wird wohl kaum akzeptabel sein, dass die Leserate davon abhängt, wie eine Palette oder ein Warenkorb gepackt wird. Je nach Intention könnte dann nämlich durch gezieltes Packen von Paletten die Leserate niedrig oder hoch gestaltet werden. Eine zuverlässige Kontrolle logistischer Vorgänge wäre so nicht möglich.

Damit ergeben sich zwei Erfolg versprechende Strategien für das Pulklesen.

■ **Kontrollierte Tag-Anordnung**

Wenn Objekte aus beliebigen Materialien mit RFID Tags gekennzeichnet und durch Pulklesen identifiziert werden sollen, so müssen Antennenfeld (Read Range) und logistische Prozesse entsprechend dem physikalischen Umfeld gestaltet werden. Die Tags dürfen sich nur außen an der Palette befinden und müssen entweder an das Objekt angepasst sein, auf dem sie angebracht sind, oder sie dürfen durch das Objekt nicht beeinflusst werden.

■ **Kontrollierte Materialien**

Wenn sichergestellt werden kann, dass sich nur Materialien mit störungsfreien HF- bzw. UHF-Eigenschaften (reflexions- und dämpfungsarm) auf der Palette befinden, so dürfen die Paletten beliebig gepackt werden. Tags dürfen sich dann auch innerhalb der Palette befinden. Eine Bestimmung der vom Reader im Inneren der Palette erzeugten Leistungsflussdichte und der vom Tag aufgenommenen Leistung ist allerdings Voraussetzung für eine zuverlässige Planung des Antennenfeldes.

Die gegebenen physikalischen Bedingungen lassen also das sichere Lesen von Tags, die an Objekten aus beliebigen Materialien angebracht und beliebig auf Paletten gestapelt wurden, nicht zu. Ebenso wenig wird es ein zuverlässiges Auslesen von Tags auf Artikeln geben, die beliebig in einen Warenkorb im Supermarkt gepackt werden. Die Gründe dafür werden im folgenden Abschnitt weiter ausgeführt.

Der Handel - z. B. die Metro Gruppe – prognostiziert deswegen, dass der generelle Einsatz von Tags auf Artikeln (Item Tagging) bestenfalls langfristig kommen wird. So lange wird die Nutzung von Barcodes auf Einzelartikeln komplementär zu RFID Tags auf Paletten (wie heute schon) oder auf Kartons (wie in diesem Jahr bei der Metro geplant) stattfinden. Eingesetzt werden Item Tags bereits in der Textillogistik (an Kleidungsstücken) und im Pharma-Bereich (an teuren Medikamenten).

Etwas anders liegen die Verhältnisse, wenn nur ein bestimmtes Einzelobjekt identifiziert werden soll. Da stark bündelnde Antennen bei UHF physikalisch bedingt unhandlich groß sind, ist die Nutzung der Richtwirkung zur Anstrahlung eines Einzelobjekts nicht praktikabel. Hier kann eine eindeutige Kopplung mit der Tag-Antenne nur dadurch erreicht werden, dass eine kleine Reader-Antenne in das Nahfeld des Tags gebracht wird. Die Reader-Leistung muss dafür so weit reduziert werden, dass andere in der Nähe befindlichen Tags nicht gleichzeitig angesprochen werden. Damit ergibt sich ein drittes Reader-Antennen-Szenario:

■ **Proximity Reader zum Lesen einzelner Tags**

Eine kleine Reader-Antenne befindet sich in kurzem Abstand vor dem zu lesenden Tag, der mit minimaler Energie angestrahlt wird. Der Eindeutigkeitsbereich wird dadurch bestimmt, dass eine eventuell höhere Empfindlichkeit von in der Nähe befindlichen Tags durch einen ausreichenden Abstand kompensiert wird. Es muss sichergestellt werden, dass sich nur Tags

im Umfeld des Readers befinden, deren minimale Leistungsflussdichten nicht zu stark differieren, damit der Tag, der gelesen werden soll, nicht durch andere in der Nähe befindliche Tags gestört wird (vgl. Abschnitt 6.3).

Man könnte auch soweit gehen, dass vergleichbar zum HF-Bereich lediglich eine magnetische Nahfeldkopplung verwendet wird, wobei Tag- oder Reader-Antennen als Koppelspulen ausgebildet werden. Da, wie weiter unten ausgeführt wird, im HF-Bereich die gleichen physikalischen Gesetze, wie im UHF-Bereich gelten, können mittels Skalierung über die Wellenlänge in beiden Bereichen die gleichen Methoden verwendet werden. Allerdings müssen zusätzlich zur Frequenzskalierung die Frequenzabhängigkeiten der Materialparameter berücksichtigt werden, was spezifische Vor- und Nachteile einer jeweiligen Methode mit sich bringt, die sich nur durch eine präzise Analyse der entsprechenden Anordnung erschließen.

Diese Themen haben wesentlichen Einfluss auf die Erkenntnisse zur Anwendbarkeit von RFID und auf die mitunter notwendige Aus- bzw. Umgestaltung logistischer Prozesse. Im Rahmen dieser Ausführungen können sie nur oberflächlich behandelt werden.

## **6.2 Physikalische Grenzen für Read Range und Leserate**

Basis jeglicher RFID-Betrachtung sind die elektromagnetischen Wellen, die das Signal zwischen Tag- und Reader-Antennen übertragen. Der bekannte Physiker J.C. Maxwell veröffentlichte im Jahr 1864 seine Theorie der elektromagnetischen Wellen, mit der sämtliche bekannten elektromagnetischen Phänomene bis hin zur Ausbreitung des Lichtes einheitlich beschrieben werden. Obwohl damit für alle RFID-Frequenzbereiche die gleichen physikalischen Gesetze gelten, sind gewisse Vereinfachungen bei der Analyse der Systeme möglich. Schlüsselparameter dafür ist das Verhältnis der Wellenlänge zu den Abmessungen der Objekte, die sich in dem elektromagnetischen Feld befinden und in denen selbst sich die Welle auch ausbreitet. Abbildung 6 zeigt einige übliche RFID-Frequenzbereiche und die zugehörigen Wellenlängen.

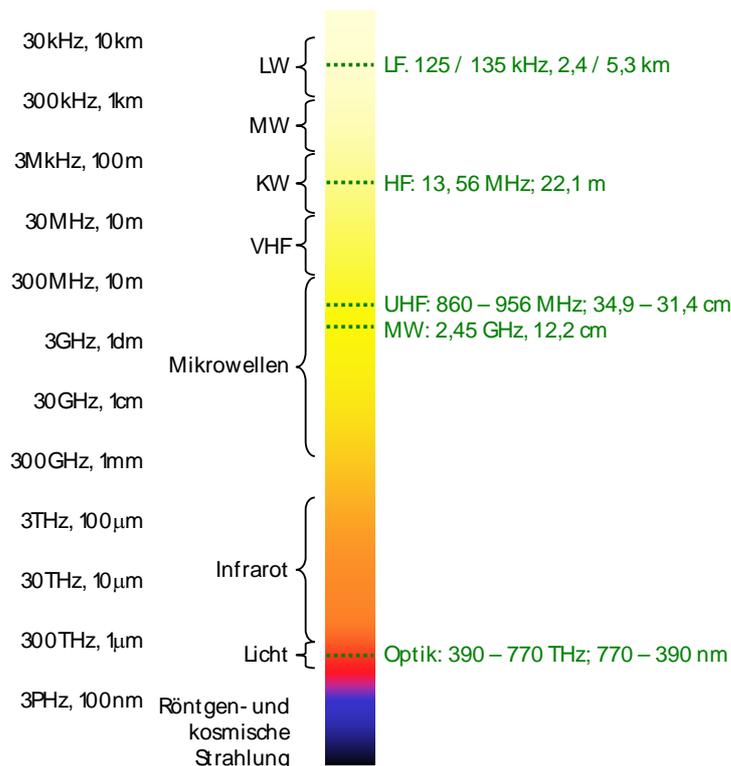


Abbildung 6: Radiofrequenzen (RF) und Wellenlängen im elektromagnetischen Spektrum

Objekte, die mit Tags versehen sind, die mit LF- (Low Frequency) und HF-Frequenzen arbeiten, sind üblicherweise sehr viel kleiner als die Wellenlänge, so dass stark vereinfachte Näherungen für stationäre Feldlösungen angewendet werden können. Im optischen Bereich, der z.B. für Barcode Systeme genutzt wird, lassen sich dagegen die Näherungen der geometrischen bzw. physikalischen Optik anwenden. Deswegen sind diese Frequenzbereiche leichter zu handhaben.

Wesentlich komplizierter sind die Verhältnisse im UHF-Bereich, in dem die Objektmaße oft im Bereich der Wellenlänge liegen. Dann sind Näherungen nicht mehr möglich. Hier müsste für eine präzise Berechnung der Systeme und ihrer Signalübertragung die

Maxwell'sche Wellengleichung vollständig gelöst werden. Selbst mit den heute zur Verfügung stehenden Hochleistungscomputern kann der Aufwand dafür schnell jede sinnvolle Grenze übersteigen. Lediglich für die Fälle, in denen die Abmessungen der Objekte sehr viel kleiner oder sehr viel größer als die Wellenlänge sind, können die erwähnten Näherungen auch im UHF-Bereich angewandt werden. Weiterhin werden die Randbedingungen jedes Mal verändert, wenn unterschiedlichste Materialien in beliebiger Konfiguration in das Antennenfeld eingebracht werden.

Die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen wird wesentlich durch die Materialeigenschaften bestimmt. Zwei wichtige Effekte sind die Reflexion an den Grenzflächen zwischen zwei Materialien und die Dämpfung im Material. Diese Effekte entstehen durch die Wechselwirkung der elektromagnetischen Welle mit den Atomen oder Molekülen eines Stoffes. Aufgrund der hohen Leitfähigkeit von Metallen infolge frei beweglicher Elektronen besitzen sie ein sehr hohes Reflexionsvermögen und gleichzeitig eine sehr hohe Dämpfung. Der überwiegende Teil der elektromagnetischen Energie wird am Metall reflektiert, so dass nur ein sehr geringer Teil in das Metall eindringt und dort in Wärme umgewandelt wird. Eine weitere große Stoffgruppe sind Dielektrika, bei denen Atome bzw. Moleküle durch das elektrische Feld polarisiert werden, d.h. es tritt eine Ladungsverschiebung auf.

Ein Maß für diese Verschiebung ist die Dielektrizitätskonstante. Destilliertes Wasser besitzt im HF- und UHF-Bereich eine sehr hohe Dielektrizitätskonstante, wodurch am Übergang von Luft zu Wasser der überwiegende Teil einer auftreffenden Welle reflektiert wird. Der geringe Anteil der Welle, der in das Wasser eindringen kann, breitet sich dort relativ ungestört aus, da die Dämpfung des Wassers sehr gering ist. Viele Kunststoffe (PVC, Polystyrol) besitzen eine relativ

niedrige Dielektrizitätskonstante und eine geringe Dämpfung, so dass deren Reflexionsfaktor gering ist. Wenn diese Materialien eine geringe Dichte aufweisen (wie z. B. Schaum-Polystyrol) stellen sie kaum ein Hindernis für die Wellenausbreitung dar. Allerdings können die Eigenschaften von Materialien sehr stark durch Zusätze beeinflusst werden. So besitzt Salzwasser im Gegensatz zu destilliertem Wasser eine sehr hohe Dämpfung. Auch bei Kunststoffen kann die Dämpfung mit Metall- oder Graphitbeimengungen stark ansteigen. Anhand dieser wenigen Beispiele, die keineswegs das gesamte Phänomen der Interaktion von Welle und Materie abdecken, sollte nur dargestellt werden, dass für eine präzise Vorhersage der Effekte im Read Range genau bekannt sein muss, welche Materialien sich im Read Range befinden. Meist wird das nicht möglich sein.

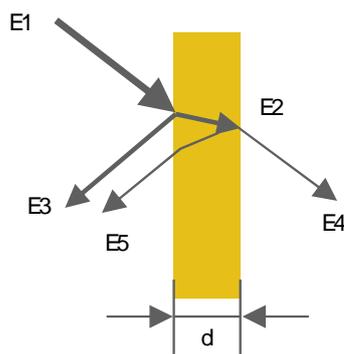


Abbildung 7: Reflexion und Durchgang einer Welle durch eine dielektrische Schicht

Nicht die Materialparameter allein beeinflussen die Wellenausbreitung. Auch die Form bzw. Abmessungen eines Objekts sind von entscheidender Bedeutung. Dieser Einfluss wird im Folgenden anhand eines einfachen Beispiels dargestellt. Dabei wird davon ausgegangen, dass eine ebene Welle auf eine dielektrische Schicht der Dicke  $d$  trifft (siehe Abbildung 7)

Die Anordnung ist zwar nicht repräsentativ für das übliche UHF-Umfeld, aber Dämpfung und Reflexion lassen sich aufgrund der einfachen Anordnung anschaulich darstellen und leicht berechnen [Nikolski82]. Je nach Material und Einfallswinkel wird ein Teil der einfallenden Welle  $E1$  an der vorderen Fläche reflektiert ( $E3$ ), ein weiterer an der hinteren ( $E5$ ). Die Gesamtdämpfung beim Durchgang durch die Schicht setzt sich daher aus den Verlusten infolge dieser Reflexionen und der Absorption in der Schicht zusammen. Daraus resultiert  $E4$  hinter der Schicht. Bei flachem Einfallswinkel kann Totalreflexion eintreten, d.h. die Welle wird vollständig reflektiert. Auch bei extrem hoher Leitfähigkeit (Metalle) wird nahezu die gesamte Welle reflektiert. Metall schirmt die elektromagnetischen Wellen ab. Darauf beruht auch der Faraday'sche Käfig.

Abbildung 8 zeigt die Dämpfungswerte einer Welle beim Durchgang durch verschiedene Materialien in Abhängigkeit von der Materialdicke. Bei der Versuchsanordnung trifft eine ebene Welle senkrecht auf das Material. Destilliertes Wasser besitzt nur eine geringe Dämpfung aber eine hohe Dielektrizitätskonstante [Nikolski82]. Der wesentliche Teil der Dämpfung resultiert dabei aus der Überlagerung der Reflexionen an den Schichtgrenzen. In Abhängigkeit von der Dicke wechselt deswegen die Dämpfung zwischen Minimum und Maximum. Obwohl die Dämpfung im destillierten Wasser sehr gering ist, wird das Signal durch z. B. eine 10 mm starke Wasserschicht infolge der Reflexion um ca. 13 dB gedämpft, was die Lesereichweite um den Faktor 4,5 reduziert.

Wenn dem Wasser Stoffe wie z.B. Salz zugefügt werden, steigen Leitfähigkeit und Verluste und damit die Dämpfung stark an, wie die Kurve für Seewasser [Nikolski82] zeigt. Ebenso bewirken Materialien mit hohem Wassergehalt (wie z.B. Steak-Fleisch [Hippel54]) hohe Dämpfungen. Das führt dann regelmäßig dazu, dass ein hinter der Schicht liegender RFID Tag nicht mehr genügend Energie erhält. Um eine genügend hohe Zufuhr von Feldenergie sicher zu stellen, dürfen sich deswegen lediglich trockene Materialien mit einer geringen Dielektrizitätskonstanten und geringen Verlusten wie z.B. Papier [Hippel54] zwischen Tag und Reader befinden.

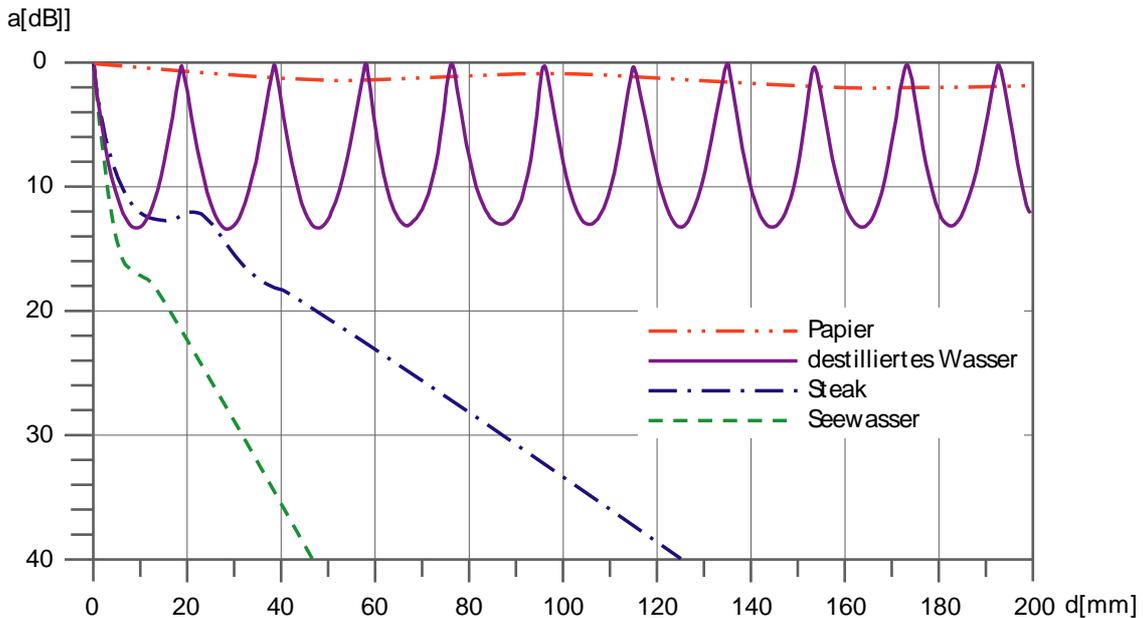


Abbildung 8: Dämpfung einer Welle bei Durchgang durch eine dielektrische Schicht

In den letzten Jahrzehnten wurden für industrielle Mikrowellenanwendungen wie Materialmessungen, Messung der Feuchte, Trocknung, Erwärmung u. a. sehr viele Materialien und deren Einfluss auf elektromagnetische Wellen intensiv untersucht. Auf Grund dieser Ergebnisse ist bekannt, dass die dielektrischen Eigenschaften von Stoffen sehr stark von der Zusammensetzung, dem Wassergehalt oder der Temperatur anhängen. Weiterhin ist eine exakte Analyse des Feldproblems infolge der beliebigen Abmessungen und Anordnung der Objekte nahezu unmöglich. Wenn diese Randbedingungen nicht bekannt sind und nicht eingeschränkt d.h. genau definiert werden können, dann kann die Leserate aufgrund der stark variierenden Dämpfungen nicht sicher angegeben werden und bleibt eine Zufallsgröße. Zu solchen Zufällen kann auch beitragen, dass eine Palette mit einer Folie überzogen ist, die durch Regen nass geworden ist. Dadurch verändert sich sofort die Leserate.

Eine grundsätzliche Limitierung für die Versorgung der Tags im Antennenfeld mit elektromagnetischer Energie ist die Begrenzung der maximalen Strahlungsleistung der Reader durch regulative Vorgaben. Für das Produkt aus Antennengewinn und Reader-Leistung ist ein Maximalwert festgelegt. Wenn z. B. der Gewinn der Antenne verdoppelt wird, muss die Ausgangsleistung des Readers halbiert werden. Damit ist der Gewinn der Antenne kein Kriterium für die erzielbare Lesereichweite. Ein hoher Gewinn bedeutet lediglich, dass auf der Reader-Seite Leistung gespart werden kann und dass das Antennenfeld aufgrund der stärkeren Bündelung der Antenne räumlich kleiner ist.

Ein höherer Antennengewinn bedeutet, dass die elektromagnetische Welle stärker gebündelt wird, z. B. auf eine Keulenform. Je kleiner der Winkel der Keule ist, umso größer ist der Gewinn. Vereinfacht ausgedrückt: Wenn aufgrund der Regulierung in Europa 2 Watt ERP Antennenleistung bei einem Dipol (Gewinn = 2,15dBi bzw. 1,64) erlaubt sind, dann dürfte man an eine fiktive kugelförmig (isotropisch) abstrahlende Antenne 3,28W anschalten. An eine stärker bündelnde Antenne mit z. B. 10dBi Gewinn darf man dagegen nur noch 328 mW anschalten.

### 6.3 Wechselwirkung von Tag-Antenne, Chip und Objekt

Damit die Tag-Antenne möglichst viel Energie an den Chip auf dem Tag liefern kann, müssen drei Bedingungen erfüllt sein:

- Ihr Gewinn muss möglichst hoch sein,
- Ihre Polarisierung muss auf die einfallende Welle ausgerichtet sein und
- Ihre Impedanz muss an den Chip reflexionsfrei angepasst sein (d.h. es darf an dieser Stelle möglichst kein Energieverlust eintreten).

Wenn die Forderung besteht, dass der Tag bei beliebiger Ausrichtung im Raum funktionieren soll, kommt noch hinzu, dass die Tag-Antenne eine Rundstrahlcharakteristik besitzen sollte. Allerdings ist der Spielraum für die entsprechenden Parameter relativ gering, da die Tag-Antenne üblicherweise möglichst klein und billig sein soll. Hier werden oft die Produktionskosten für die Inlays unterschätzt. Je komplizierter die Antenne ist, umso schwieriger und kostenaufwändiger ist es, die Verbindung von Tag und Antenne auf dem Inlay produktionstechnisch darzustellen.

So kommen in den meisten Fällen nur einfache kurze Drahtantennen zum Einsatz. Die Eigenschaften kleiner Drahtantennen werden durch einige wenige physikalische Grundregeln beschrieben. Der Gewinn liegt zwischen dem des unendlich kleinen so genannten Elementardipols von 1,76 dBi und dem des gestreckten Halbwellendipols von 2,15 dBi. Der Gewinn ist damit relativ niedrig und kaum veränderbar. Die Richtwirkung derartiger kleiner Antennen ist auch sehr gering, womit die Orientierung im Raum nicht entscheidend für die Aufnahme der Energie ist. Lediglich in axialer Richtung besitzen diese Dipole eine Nullstelle der Richtcharakteristik. Das bedeutet, dass ein Reader, der sich in der Richtung der Nullstelle befindet, nicht mit dem Tag kommunizieren kann.

Einfache Dipole besitzen eine lineare Polarisierung. Wenn Reader eine zirkular polarisierte Welle abstrahlen, wird die Hälfte der Empfangsleistung verschwendet, aber es muss nicht auf eine Ausrichtung der Tag-Antenne auf die Polarisierung der einfallenden Welle geachtet werden. Tag-Antennen mit zirkularer Polarisierung würden in dem Fall zwar mehr Energie aufnehmen, aber sie sind nicht leicht zu realisieren. Weiterhin müsste die Orientierung der zirkularen Polarisierung (d.h. rechts-zirkular oder links-zirkular) spezifiziert werden. Um diese Probleme zu umgehen wird allgemein empfohlen, dass Reader grundsätzlich zirkular polarisiert senden und Tags linear polarisiert empfangen.

Ein wesentlich größeres Problem als Gewinn und Polarisierung ist die Impedanzanpassung der Tag-Antenne an den Chip. Eine schlecht angepasste Antenne strahlt einen großen Teil der aufgenommenen Energie wieder in Raum zurück, womit der Chip nicht mehr die notwendige Energie für seinen Betrieb erhält. Dies zu vermeiden ist eine Herausforderung für die Tag-Produktion. Ob dies gelungen ist, kann dem Tag von außen nicht angesehen werden.

Die Anpassung von Chip und Tag-Antenne wird dadurch erschwert, dass die in unmittelbarer Umgebung des Tags befindlichen Materialien zur Funktion seiner Antenne beitragen und streng genommen Bestandteil der Tag-Antenne sind. Typisches Beispiel sind Metallflächen. Eine Metallfläche direkt am Dipol schließt diesen kurz, so dass er keine Energie aus dem Feld aufnehmen kann. Eine in kurzem Abstand hinter dem Dipol befindliche Metallfläche bewirkt, dass das damit gebildete Antennensystem sehr niederohmig ist und nicht ohne größere Verluste an den Chip angepasst werden kann. Daher muss man mittels fester Abstandshalter aus verlustarmen Dielektrika für eine definierte Impedanz der Tag-Antenne sorgen. Dieser Abstandshalter kann bei

Verwendung eines Materials mit hoher Dielektrizitätskonstante kürzer sein, da die Dielektrizitätskonstante eine Verkürzung der Wellenlänge im Material zur Folge hat.

Nicht nur Metalle, sondern auch andere Materialien beeinflussen je nach dielektrischen Eigenschaften und Abmessungen die Parameter einer Tag-Antenne. Die aufgenommene Energie und damit die Lesereichweite bzw. Leseraten werden bei einfachen Tags mit offenem Dipol immer auch durch das zu kennzeichnende Objekt beeinflusst.

Eine Lösung des Problems sind Tag-Antennen, die über Resonanzstrukturen an die Chip-Impedanz angepasst werden, wobei das gekennzeichnete Objekt Teil der Resonanzstruktur ist. Das hat den Nachteil, dass für bestimmte Objekte und Materialien jeweils spezifische Tags notwendig werden. Eine andere Lösung des Problems sind Antennen, die mit einer rückseitigen Metallfläche ausgestattet sind, wie z.B. Mikrostreifenleitungsantennen. Dabei wird ein Substrat mit definierten dielektrischen Eigenschaften und definierter Dicke verwendet. Während sich auf einer Seite des Substrats die Antennenstruktur befindet, ist die andere Seite vollständig metallisiert. Solche Antennen haben einen höheren Gewinn als einfache Dipole (4 - 5 dBi) und ihre Impedanz ist weitgehend unabhängig von dem hinter der Metallisierung befindlichen Objekt. Allerdings haben sie einen höheren Preis.

Versuche, die Impedanz einfacher Tag-Dipole zu verbessern, haben zu einem vielfältigen Angebot von Antennenformen auf den UHF Tags geführt. Die spezielle Formgebung hat jedoch nur eine marginale Wirkung. Die in Mode gekommenen fraktalen Antennen wurden genauer untersucht und mit herkömmlichen Strukturen verglichen [Best03]. Das Ergebnis ist, dass auch sie einigen grundlegenden Prinzipien kleiner Antennen gehorchen und die Art der Faltung der Dipole eher nebensächlich ist. Vergleichbares gilt für Schleifenantennen. In jedem Fall bleibt das Problem der Beeinflussung durch die Materialeigenschaften und die Abmessungen des Objektes, auf dem der Tag angebracht wird.

Das entscheidende Gütekriterium eines Tags ist die minimale Leistungsflussdichte, die das Reader-Signal am Ort des Tags haben muss, damit der Tag betriebsbereit ist, d.h. dem Reader antworten kann. Zu dieser Spezifikation gehört auch die Spezifikation der Objekte, an denen sich der Tag befinden darf.

Fazit: Mit billigen Universal-Tags lassen sich keine hohen Leseraten bzw. Lesereichweiten auf beliebigen Objekten erreichen. RFID Tag und Objekt müssen zueinander passen, um vorgegebene Leseergebnisse zu erzielen.

#### **6.4 Aktuelle Entwicklungsarbeiten**

Da gegenwärtig die Energieversorgung der Tags das entscheidende Problem für die industrielle Anwendung von RFID ist, wird intensiv daran gearbeitet, den Energiebedarf der Chips weiter zu senken und den Wirkungsgrad der Anpassungsstrukturen zu verbessern. Allerdings sind hier kaum fundamentale Verbesserungen zu erwarten, so dass sich an der Notwendigkeit der grundsätzlichen Strategien nichts ändern wird (vgl. Abschnitt 6.1):

- Die Anordnung von Tags auf Objekten muss kontrolliert sein und die Wirkung des Objektes einbeziehen.
- Die Materialien, auf denen die Tags angebracht werden, müssen vorgegebene Bedingungen einhalten.
- Für das Lesen von einzelnen Tags werden Proximity Readers verwendet

- Lediglich gewisse Erweiterungen des Read Range bzw. der verwendbaren Materialien sind möglich.

Im Bereich der Tag-Antenne gibt es wenig Spielraum für Verbesserungen. In den letzten Jahrzehnten wurde die Antennentheorie sehr weit entwickelt und besonders für kleine Antennen gibt es kaum echte Freiheitsgrade für Parameterverbesserungen. Neben fraktalen Antennen wird auch an flachen Strukturen auf Basis von EBG (Elektromagnetic band gap) Strukturen gearbeitet. Diese sind aber wie Mikrostreifenleitungsantennen teurer als einfache Dipole und die Anwendungsbereiche werden eher außerhalb von RFID liegen. Es bleibt die Suche nach geeigneten Produktionstechnologien für billige RFID Tags.

Hoffnung wird auf die Polymertechnologie gesetzt, d.h. die Produktion siliziumfreier Tags, die auch durch Drucker aufgebracht werden können. Allerdings entstehen hier größere Energieverluste, was zu einem höheren Energiebedarf der Tags führt. Damit wird der Einsatzbereich der Polymertechnologie wiederum einschränkt. Für den HF-Bereich wird es noch viele Jahre dauern, bis Polymertechnologie einsetzbar ist, für passive UHF-Tags ist der Einsatz noch nicht absehbar.

Das Ziel weiterer Entwicklungen im Bereich Reader und Reader-Antenne ist die möglichst optimale Versorgung der Tags im Antennenfeld mit elektromagnetischer Energie. Im Antennenbereich muss durch optimiertes Antennendesign ein möglichst homogenes Feld mit der maximal erlaubten Leistungsflussdichte im Read Range erzeugt werden. Diese Aufgabe kann im Allgemeinen mit den üblichen Methoden der Antennenentwicklung gelöst werden.

Eine Möglichkeit zum legalen Einsatz höherer Leistungen können besonders geschirmte Anordnungen im Antennenfeld sein. Ein Antennenportal kann so gestaltet werden, dass innerhalb des Portals höhere Strahlungswerte erreicht werden, aber außerhalb die regulativen Vorgaben eingehalten werden. Damit muss das ganze Portal als Antenne deklariert und spezifiziert werden. In welchen Ländern ein derartiges Portal unter die lizenzfreie Allgemeinzulassung fallen kann, muss jedoch geprüft werden.

Weiterhin wird an der Entwicklung kostengünstiger Materialien gearbeitet, die als Trägermaterial für Tags das direkte Aufbringen von Tags auf Metalloberflächen erlauben, wobei der Abstand zwischen Tag-Antenne und Metall sehr kurz sein darf. Das können wie schon erwähnt Dielektrika sein. Aber auch Materialien mit besonderen magnetischen Eigenschaften, die sich zwischen Tag-Antenne und Metall befinden, erlauben sehr geringe Abstände zwischen Tag-Antenne und Metall. So gibt es inzwischen für den HF-Bereich Folien auf der Basis von amorphen Metalllegierungen, welche die Empfindlichkeit von HF-Tags beim Aufbringen auf Metall wesentlich verbessern [Alps06]. Noch sind Tags mit diesen Folien relativ teuer, so dass sie nur als Mehrwegtags oder an hochwertigen Produkten zum Einsatz kommen. Das wird sich aber mit der weiteren Verbreitung sehr schnell ändern.

## 6.5 Begriffe und Literatur

Antennengewinn	Maß für die Bündelung bzw. Richtwirkung einer Antenne: Je höher der Gewinn einer Antenne ist, desto stärker bündelt sie die Leistung in eine Richtung bzw. desto mehr Leistung kann sie einem Wellenfeld entnehmen. Der Gewinn ist eine Vergleichsgröße. Häufig dient der in alle Richtungen gleichmäßig strahlende isotrope Strahler (Kugelstrahler) als Referenz. Vergleicht man an einem festen Ort im Fernfeld die von einer Antenne erzeugte Leistungsflussdichte PFD mit der
----------------	--

	Leistungsflussdichte PFDi, die ein isotroper Strahler an gleicher Stelle erzeugen würde, so erhält man den Gewinn in dBi gemäß folgender Beziehung: $G_i = 10 \cdot \lg(PFD/PFD_i)$
EIRP	Effective isotropically-radiated power: Die fiktive Leistung mit der ein in alle Richtungen gleichförmig abstrahlender Kugelstrahler gespeist werden müsste, um die gleiche Leistungsflussdichte zu erhalten, wie mit einem zu betrachtendem System (z.B. eine Antenne mit einem Gewinn von 13dB wird mit 2W gespeist, die EIRP ist dann gleich 16dBW oder 40W)
ERP	Effective radiated power: Wie EIRP, nur dass als Referenzantenne ein Halbwellendipol mit einem Gewinn von 2,15dBi (1,64) verwendet wird. (Damit ist $EIRP = ERP + 2,15dB$ .)
Leistungsflussdichte	Parameter für die Stärke der elektromagnetischen Welle. Er beschreibt die Leistung pro Fläche. Wenn die Leistungsflussdichte am Ort des Tags bekannt ist, kann auf einfache Weise die Leistung berechnet werden, die der Tag aufnehmen kann und die damit dem Chip zur Verfügung steht.
Leserate	Zahl der gelesenen Tags im Antennenfeld (Read Range) bezogen auf die Zahl aller im Antennenfeld vorhandenen Tags.
Lesereichweite	Maximale Distanz zwischen Reader-Antenne und Tag, bei der eine Kommunikation möglich ist. Diese Reichweite wird auch durch Objekte im Antennenfeld beeinflusst.
Pulk-Lesen	Kontrolliertes Lesen mehrerer oder vieler Tags (z.B. Kartons auf einer Palette), während diese sich gleichzeitig im Antennenfeld bewegt befinden.
Radarquerschnitt	Begriff aus der Radartechnik, der die Reflexionseigenschaften eines Objektes kennzeichnet. Dabei wird eine fiktive Fläche angenommen, durch welche die Leistung am Ort des Objektes fließt, die so groß ist, dass bei gleichmäßiger kugelförmiger Rückstrahlung dieser Leistung vom Objekt aus, am Ort des Senders die gleiche Feldstärke erzeugt wird, wie vom echten Objekt. Der Radarquerschnitt eines Tags ist damit so groß wie die Wirkfläche der Tag-Antenne multipliziert mit dem Gewinn der Tag-Antenne und dem Reflexionsfaktors des Chips.
Read Range	Antennenfeld: Bereich zwischen Reader-Antenne und Tag in dem sich die elektromagnetische Welle als Träger der Kommunikation ausbreitet, sowie die unmittelbare Umgebung, die über Reflexion und Rückstreuung diese Kommunikation beeinflusst.
Tag, aktiv	Tag, dessen Sendeleistung aus seiner Batterie erzeugt wird. Das Antwortsignal wird separat erzeugt. Es kann deswegen stärker sein, als bei passiven Tags, die nur das einfallende Signal als Energiequelle nutzen. Aktive Tags werden wie ein separates Sendegerät behandelt und fallen unter die gesetzlichen Bestimmungen zur Regulierung von Funkanlagen.
Tag, passiv	Der Tag bezieht die Energie für seine Funktion allein aus der Energie der einfallenden Welle. Die Kommunikation mit dem Reader beruht darauf, dass der Tag seinen Radarquerschnitt und damit die zum

Reader reflektierte Welle moduliert.  
Tag, semi-aktiv Passiver Tag, bei dem die Energie für den Sendebetrieb aus einer Batterie bezogen wird. Der Tag sendet aber kein eigenständiges Signal, sondern moduliert das Feld der Reader-Antenne.

### Literatur

- [Alps06] Produktinformation zu LIQUALLOY Magnetic Sheets, [www.alps.de](http://www.alps.de)
- [Best03] S.R. Best "A Discussion on the Significance of Geometry in Determining the Resonant Behavior of Fractal and Other Non-Euclidean Wire Antennas" IEEE Antennas and Propagation Magazine Vol. 45 No. 3 June 2003
- [Hippel54] A.R. von Hippel "Dielectric Materials and Applications" John Wiley & Sons New York 1954
- [Nikolski82] V. Nikolski "Elektrodynamique et Propagation des Ondes Radio-Electriques" Edition MIR, Moskau 1982
- [Steinhilber06] B. Steinhilber "Hochfrequenzeigenschaften passiver Transponder (RFID)", Diplomarbeit FH Esslingen 2006

## 7 RFID in der Distribution und im Handel

Tanja Popova, GS1 Germany

RFID erlaubt die eindeutige Identifikation von Objekten. Solche Objekte in der Distributionskette sind u.a. Paletten, Umkartons oder Einzelprodukte. Je nachdem auf welcher Ebene mit RFID gekennzeichnet wird, spricht man von Pallet-Tagging (Paletten-Ebene), Case-Tagging (Umkarton-Ebene) oder Item-Tagging (Artikelebene).

In der Distributionslogistik steht die RFID-Technologie häufig als Alternative zur Barcodierung, die einen Scan-Vorgang aus kürzester Distanz (Sichtkontakt) benötigt, um Informationen zu übermitteln. RFID-Etiketten (Labels) sind mit Transpondern ausgerüstet werden, die über eine sehr große Entfernung und ohne Sichtkontakt sicher gelesen werden.

Die Distribution umfasst unternehmensübergreifende Prozesse. Das bedeutet, dass es sich beim Einsatz von RFID in der Distributionskette um Anwendungen in einem offenen System handelt. Im Gegensatz zu den geschlossenen Systemen ist der Einsatz von Standards in einem offenen System unabdingbar, um Absprachen mit den Geschäftspartnern in der Kette auf ein Minimum zu reduzieren. Für den langfristigen Erfolg der Technologie und die notwendige Investitionssicherheit für die Unternehmen sind weltweit gültige Standards entscheidend.

EPC (Elektronischer Produkt-Code, engl. Electronic Product Code) und das zugehörige EPCglobal-Netzwerk stehen für den standardisierten Einsatz der RFID-Technologie entlang der gesamten Versorgungskette.

### 7.1 Das EPC-Konzept

Das EPC-Konzept ist eine ganzheitliche Lösung, die sowohl die eindeutige Identifikation von Objekten mittels des Elektronischen Produkt-Codes als auch die unternehmensübergreifende Bereitstellung von Produktinformationen über das EPCglobal Netzwerk umfasst.

Als Identifikationsmittel ist der EPC (Electronic Product Code) eine definierte Ziffernfolge, die der unverwechselbaren Identifikation eines einzelnen Objektes dient. Sie kann für Objekte unterschiedlichster Art bzw. Gattung genutzt werden: Produkte, logistische Einheiten, Ladungsträger, Lokationen, Dokumente, Einzelkomponenten etc. Der vorrangige Anwendungsfall betrifft die Identifikation von Waren.

Mittels EPC können Auswertungssysteme

- nicht nur Apfelsaft von Orangensaft oder
- eine 1-Liter-Flasche von einer 0,5-Liter-Flasche unterscheiden, sondern es wird
- jede einzelne 0,5-Liter-Flasche Orangensaft von jeder anderen eindeutig abgrenzbar.

Die einzige Information auf dem Transponder ist die EPC-Nummer als primäres Identifikationsmittel. Er trägt keine weiteren Daten, die Produkteigenschaften abbilden, wie z. B. wo das Produkt gefertigt wurde, wohin es geht, wie lange es bereits im Regal gelegen hat, etc. Diese Attribut-Informationen werden von Anwendungen erzeugt und in lokalen



### 7.3 RFID-Anwendungen in der Distributionslogistik und Handel

Trotz einer sehr hohen Verbreitung der Barcode-Technik für die eindeutige Identifikation der Ware hat gerade in der Distributionslogistik die RFID-Technologie in den letzten Jahren für sehr viel Aufmerksamkeit gesorgt. Bei vielen Anwendungen verspricht man sich signifikante Verbesserungen bzw. Vereinfachung der Prozesse. Die Verbesserungen werden zum einen in der Beschleunigung der Prozesse, zum anderen in der besseren Informationsbasis begründet. Die Beschleunigung der Prozesse ergibt sich insbesondere durch die Möglichkeit der Pulkerfassung (d.h. alle Umkartons auf einer Palette können ohne Sichtkontakt in einem Auslesevorgang erfasst werden). Damit kann eine neue Qualität automatisierter Zähl- und Buchungsprozesse erreicht werden.

Die Voraussetzung für die Pulkerfassung ist das Tagging auf Umkarton- bzw. auf Artikel-Ebene. Die bessere Informationsbasis resultiert durch die schnelle Verfügbarkeit der Informationen (in Echtzeit) und der höhere Datengranularität (Erfassung jedes einzelnen Objektes).

Besonders hohes Potenzial wird der RFID-Technologie bei den folgenden Anwendungen in der Distribution beigemessen:

#### **Sendungsverfolgung und –rückverfolgung (Tracking & Tracing )**

Eine der Grundideen von RFID/EPC ist die Ereignissteuerung der Prozesse. D. h. es wird immer aufgezeichnet, wenn ein getaggttes Objekt (Palette, Umkarton oder Einzelprodukt) an einem definierten Lesepunkt gelesen wird. Dieses Ereignis wird dem unternehmensinternen EDV-System mitgeteilt. Speichert man diese Ereignisse (engl. Events) über den gesamten Lebenszyklus eines Objektes, so kann die gesamte Historie dokumentieren und für die Rückverfolgung genutzt werden. Da sich die Ereignisse an der verschiedenen Stufen (Knoten) in der Distributionskette ereignen, erfolgt das Auffinden und das Abrufen der benötigten Information über das EPCglobal-Netzwerk, an dem alle Beteiligten in der Distributionskette angeschlossen sind.

#### **Effizienter Wareneingang**

Durch die RFID/EPC-Identifikation und die Möglichkeit der Pulkerfassung wird die Warenvereinbarung deutlich beschleunigt. Der RFID-basierte Prozess bietet den Vorteil, den Lesevorgang in einer Bewegung durchzuführen (d.h. den Ladungsträger durch ein RFID-Gate zu ziehen und direkt zum Bestimmungsort zu bringen). Des Weiteren ist es möglich, die im Transponder gespeicherten Daten zu lesen, ohne dass ein Sichtkontakt zwischen Lesegerät und Transponder notwendig ist. So kann eine manuelle Feinkontrolle der auf dem Ladungsträger befindlichen Umverpackungen entfallen, da jede Sekundärverpackung durch das Auslesen ihres RFID/EPC-Transponders eindeutig identifiziert wird. Auf diese Weise ist nach einem vollautomatischem Abgleich mit dem vorab elektronisch übermittelten Lieferavis eine automatische Verbuchung des Wareneingangs möglich. Für den Fall, dass beim Abgleich Abweichungen festgestellt werden, können Regeln definiert werden, wie weiter zu verfahren ist (Exception Management). Für den Fall, dass keine Abweichungen festgestellt werden, kann die Wareneingangsbestätigung, auf deren Basis die Fakturierung erfolgt, automatisch ausgelöst werden.

#### **Bestandsoptimierung im Lager / Distributionszentrum**

Zu viel Ware im Lager zu haben verursacht unnötige Kapitalbindung, zu wenig Ware bedeutet Out-of-Stock-Situationen und somit entgangene Umsätze. Das Optimum an Beständen zu finden und zu halten ist eine der wichtigsten Aufgaben in der Distributionskette. Durch RFID kann ein Echtzeit-Monitoring der Bewegungen im Lager realisiert werden sowie eine viel genauere Erfassung der Lagerbestände (auf Umkarton aber auch auf Einzelproduktebene, wenn nötig). Die

Möglichkeit der Inventur per Knopfdruck (permanente Inventur) erlaubt immer eine genaue Information über die aktuellen Bestände. Dies bedeutet

- schnellere Reaktionen bei untypischen Lagerbewegungen,
- Verringerung der Abschriften wegen des zu kurzen Mindesthaltbarkeitsdatums,
- effizientere Nachschubversorgung
- Warensicherung und Reduktion von Schwund in der Kette.

Eine Palette kann durch viele Knoten in der Distributionskette gehen. Häufig wird das Fehlen von Kartons nicht entdeckt oder erst dann, wenn die Palette aufgelöst wird. Während mit dem heutigen Transportetikett 'lediglich' die Versandeinheit als Ganzes automatisch per Strichcode erfasst wird, fällt das Fehlen des Kartons nur auf, wenn die Ware sichtbar manipuliert wurde. Sind Palette, Kartons und langfristig auch alle Konsumenteneinheiten RFID/EPC-getaggt und werden über alle Stufen der logistischen Kette die entgegengenommenen und weitergereichten EPC registriert, ist die Traceability jedes Einzelobjekts gewährleistet. Damit wird offenkundig, an welcher Stelle der Kette der Karton verloren ging. Dies hat für zukünftige Fälle Präventivwirkung, da genau zugeordnet werden kann, wer für eventuelle Schäden verantwortlich ist. Der erzielbare Effekt ist umso höher, je unzugänglicher die Transponder angebracht sind (besser in der Verpackung oder im Produkt als an der Verpackungsaußenseite) und je mehr Hierarchieebenen getaggt sind.

#### **Qualitätsmanagement / Temperaturüberwachung in der Kühlkette**

Fast die Hälfte der Lebensmittel ist temperaturempfindlich. RFID in Verbindung mit Sensortechnik kann das permanente Monitoring der Kühlkette sicherstellen und den Temperaturverlauf dokumentieren. RFID-Warnsysteme können präventiv eine Über- bzw. Unterschreitung der Toleranzgrenzen signalisieren.

#### **Unterstützung und Steuerung der Sortimentsoptimierung, Promotions und Produktneueinführung**

Die Gestaltung eines konsumentengerechten Sortiments, die Durchführung von verkaufsfördernden Maßnahmen, die den Konsumenten genau ansprechen und die Einführung neuer Produkte, die sich der Konsument wünscht – das sind die Schlüssel zum Erfolg für Hersteller und Handel.

Viele Analysen für die Sortimentsoptimierung basieren auf der Kombination von Marktforschungsdaten und POS-Daten (Point-of-Sale). Der Einsatz von RFID/EPC zur Identifikation von Objekten bedeutet eine höhere Detailliertheit von POS-Daten. Diese Datenbasis kann für eine objektivere Sortimentsbewertung eingesetzt werden und somit die Sortimentsentscheidung deutlich verbessern.

Auch im Rahmen von verkaufsfördernden Maßnahmen (Promotion) und Produktneueinführungen kann die RFID/EPC-Technologie bessere Aufschlüsse über das Konsumentenverhalten geben. Durch permanentes Monitoring der Promotionpunkte kann bei Abweichungen vom Promotionplan schnell reagiert werden, um z. B. Out-of-Stock-Situationen innerhalb einer Promotion zu verhindern oder zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen, um den Promotionerfolg zu sichern. Somit wird die Effizienz des Promotionprozesses deutlich verbessert.

#### **Warenverfügbarkeit im Regal (Optimal Shelf Availability)**

Die leeren Regale haben negative Konsequenzen sowohl für die Industrie als auch für den Handel. Häufige Reaktionen der Käufer sind der Griff zu Substituten oder Nichtkäufe. Bessere

Warenverfügbarkeit kann mittels intelligenter Regale auf Basis der RFID-Technologie erreicht werden. Echtzeit-Out-of-Shelves-Warnungen können dann gegeben werden, wenn nur wenige Artikel im Regal sind. Die Mitarbeiter in der Filiale können so rechtzeitig das Regal wieder auffüllen.

### **Diebstahlsicherung / Warensicherung in der Filiale**

Diebe stehlen häufig Mengen eines Produktes, die über die normale Verkaufsmenge hinausgehen. Dies kann durch die RFID-Technologie frühzeitig erkannt werden. Wird in einer Filiale eine über das normale Abverkaufsmaß hohe Anzahl einer RFID-getaggten Ware aus einem Regal entnommen, das mit RFID-Leseeinrichtungen permanent die vorhandenen Artikel identifiziert, kann ein entsprechender Hinweis an das Sicherungspersonal erfolgen. Nach Eintreten des Verdachtsfalles bleibt nur noch zu beobachten, ob die Ware tatsächlich bezahlt wird.

## **7.4 Nutzen von RFID**

### **In der Distributionskette**

Grundsätzlich kann der Einsatz der RFID-Technologie zu

- einer Beschleunigung und höhere Automatisierung der Prozesse,
- einer besseren Datenbasis für die Steuerung der Prozesse und zu
- einer Verbesserung der Services

führen. Für die einzelnen Stufen der Distributionskette ergeben sich folgende Potenziale:

### **Im Distributionszentrum**

Der Nutzen im Distributionszentrum erschließt sich vor allem bei einem Case-Level-Tagging (Kennzeichnung auf Umkarton-Ebene), indem der Wareneingang beschleunigt wird:

- Erfassung in Bewegung
- Vollautomatische Vereinnahmung einschließlich Umkartons
- Mehr Effizienz im Lager durch:
  - Bessere Warenfluss-Steuerung
  - Schnelle, genaue Inventuren
  - Rationellere Organisation der Konfektionierung
  - Automatisierung der Kommissioniervorgänge
  - Beschleunigung beim Warenausgang

### **Nutzen in der Filiale**

Der Nutzen in der Filiale erschließt sich vor allem bei einem Item-Level-Tagging (Kennzeichnung der einzelnen Artikel) im Backstore-Bereich der Filiale:

- Geringerer Zeitaufwand für Wareneingangskontrolle
- Weniger Aufwand für Reklamationen gegenüber Lieferanten
- Schnelleres Auffinden gelagerter Produkte
- Aktuelle und sofortige Information über Filialelager-Bestände
- Automatische Kontrolle der in den Verkaufsbereich eingehenden Ware

## Im Verkaufsbereich

- Zeitnahes Monitoring des Abverkaufs:
  - effizientere Nachschubsteuerung (vom Backstore ins Verkaufsregal)
  - sofortiges Auffinden von falsch platzierter Ware
  - Reduzierung des Warenbestandes
- Richtige Platzierung der Produkte im Regal
- Erhöhung des Konsumenten-Nutzens durch Informationsterminals oder PSA (Personal Shopping Assistent)
- Verringerung der Warteschlangen an der Kasse durch Self-Check-Out
- Vorbeugung gegen Ladendiebstahl

## Was ist bei der RFID-Einführung zu beachten?

Einige Punkte, die es zu beachten gilt, sind:

- Die parallele Anwendung von RFID- und Barcode-Technologie ist als Übergang für einen längeren Zeitraum erforderlich.
- Organisatorische Backup-Lösungen sind notwendig (z. B. Klarschriftinformationen oder datentechnische Vorkehrungen).
- Eine Erweiterung der IT-Architektur sowie Lösungen zur Abbildung des Elektronischen Produkt-Codes (EPC) sind notwendig.
- Für viele RFID-Anwendungen, insbesondere in der Filiale, ist eine Kennzeichnung auf Artikel-Ebene notwendig. Diese wird aber eher mittel- bis langfristig zu erwarten sein.
- Es muss Bereitschaft für den Austausch der EPC-relevanten Informationen (Ereignisse) bei den Partnern in der Distributionskette vorliegen, um das Potenzial von RFID/EPC auszuschöpfen.

Letztendlich sollte RFID in einem Gesamtzusammenhang gesehen werden, denn eine isolierte Nutzung in vereinzelt Anwendungsgebieten ermöglicht langfristig keinen optimalen Nutzen. Es kann jedoch mit einzelnen Bereichen begonnen werden. Das gesamte Potenzial erschließt sich aber erst, wenn alle Beteiligten in der Distributionskette RFID einsetzen.

# 8 Tracking & Tracing mit Real-time-Enterprise- und Galileo-Services

Thomas Schuh, T-Systems

Es wird heute aus Gründen der Effizienz, wegen der Verhinderung von Diebstahl und aufgrund gesetzlicher Regelungen immer wichtiger, die vollständige Lieferkette, den Zustand, den Weg und die aktuelle Lokation von Waren oder Transportmitteln zu protokollieren und deren Zustand nachzuweisen. Dies ist mit RFID allein nicht realisierbar. Dafür ist eine Kombination von RFID (Tag und Reader) mit anderen Identifizierungs- und Sensorgeräten sowie Ortungsmechanismen notwendig.

Der folgende Beitrag illustriert das in zweifacher Hinsicht: Zum einen durch die Darstellung der technologischen Anforderungen mit der Beschreibung der eingesetzten Komponenten und zum anderen als reales Szenario am Beispiel eines Prozesses in einer Lieferkette.

## 8.1 Ortungsservices mit Galileo

Galileo ist ein europäisches, weltweit verfügbares, satellitengestütztes Navigationssystem mit gegenüber GPS wesentlich verbesserten Funktions- und Dienstmerkmalen. Galileo wird von einem europäischen Konsortium aufgebaut und ab 2008 probeweise, ab 2010 mit voller Leistung für zwanzig Jahre betrieben. Zum Konsortium gehört die TeleOP, in der wiederum deutsche Unternehmen kooperieren: T-Systems, DLR, EADS/Astrium und LfA Bayern.

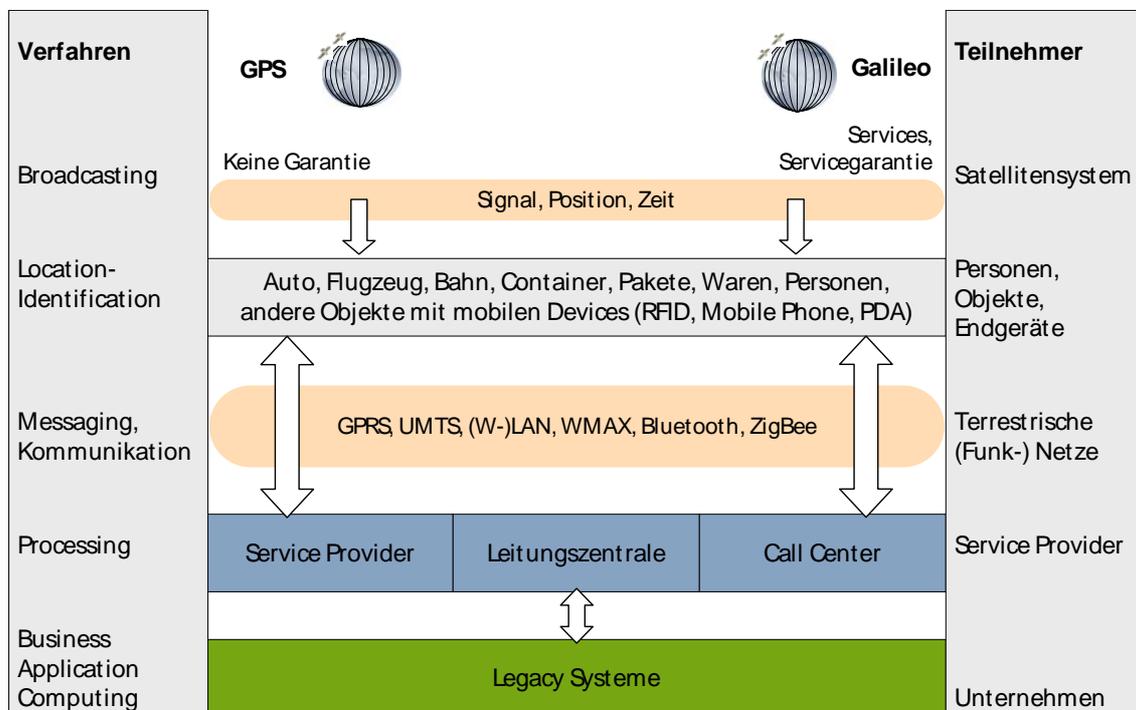


Abbildung 10: Vergleich der Services Galileo und GPS (Quelle: T-Systems)

Galileo offeriert folgende Dienste:

- **Open Service (free)**  
Für Anwendungen auf Massenmärkten, als kostenloses Signal für Zeitsteuerung und Positionsbestimmung mit Echtheitszertifikat. Dieser Service ist kompatibel zu GPS.
- **Safety of Life Service**  
Als zertifizierter Service mit hohen Integritätsanforderungen, z. B. automatische Flugzeuglandungen<sup>1</sup> und Zugsteuerung
- **Commercial Service**  
Für Mehrwertanwendungen mit sehr hohen Genauigkeitsanforderungen<sup>2</sup>, z. B. bei Vermessung, Abstandsmessung, Autopiloten.
- **Public Regulated Service**  
Für die Sicherheitskräfte mit kontrolliertem verschlüsseltem Zugang, z. B. Militär, BOS etc.
- **Search & Rescue Service**  
Für Notrufe, Warnmeldungen, Positionsbestimmung bei maritimen Rettungsmaßnahmen.

## 8.2 RFID und Sensor Control Unit

Galileo dient wie GPS der Ortung von Objekten. Zur Überwachung des Inhaltes – z. B. von Containern - wird wiederum RFID benötigt sowie eine integrierte Sensortechnologie, die die Ladung überwachen kann.

Die RFID und Sensor Control Unit ist das Herzstück für die interne und externe Kommunikation von Events und Daten und beinhaltet folgende Funktionen:

- Überwachungssensoren für den Status von Türen, Temperatur, elektronischem Siegel (eSeal), Ladezustand.
- Anschluss von RFID Reader und Datenkommunikation via GSM/GRPS/UMTS.
- Event- bzw. Signalbeschreibungen und eine Task-Engine, die die Antwort auf die Frage weiß: Was mache ich, wenn eine Abweichung auftritt?
- Positionsbestimmung via Galileo oder GPS.

Die Abbildung 11 zeigt eine Übersicht der Komponenten. Solch eine Elektronikeinheit kann in Waggons, Trailern, Containern, Ladebrücken oder anderen Transportmitteln (z.B. Airbus Beluga) eingesetzt werden.

In Abbildung 12 wird die Aktivierung, Auslösung und Deaktivierung der Sensoren gezeigt. Mit der Aktivierung wird das System „scharf“ geschaltet. Es meldet z. B. der RES-Plattform bei T-Systems (Real Time Enterprise Solution) den Ladebestand des Wagens, die Starttemperatur und die Versiegelung bzw. das Schließen der Tür. Über die Transportstrecke wird mittels Galileo die jeweilige Position überwacht und an die zentrale Plattform weitergeleitet. Änderungen werden über Sensoren sofort an die Plattform übermittelt und diese löst je nach Implementierung des Prozesses den entsprechenden Event bzw. Alarm aus.

---

<sup>1</sup> in Kombination mit Commercial Services; Sicherheitsstufe CAT I

<sup>2</sup> mit Nutzung von Korrektursignalen bis 0,5 m

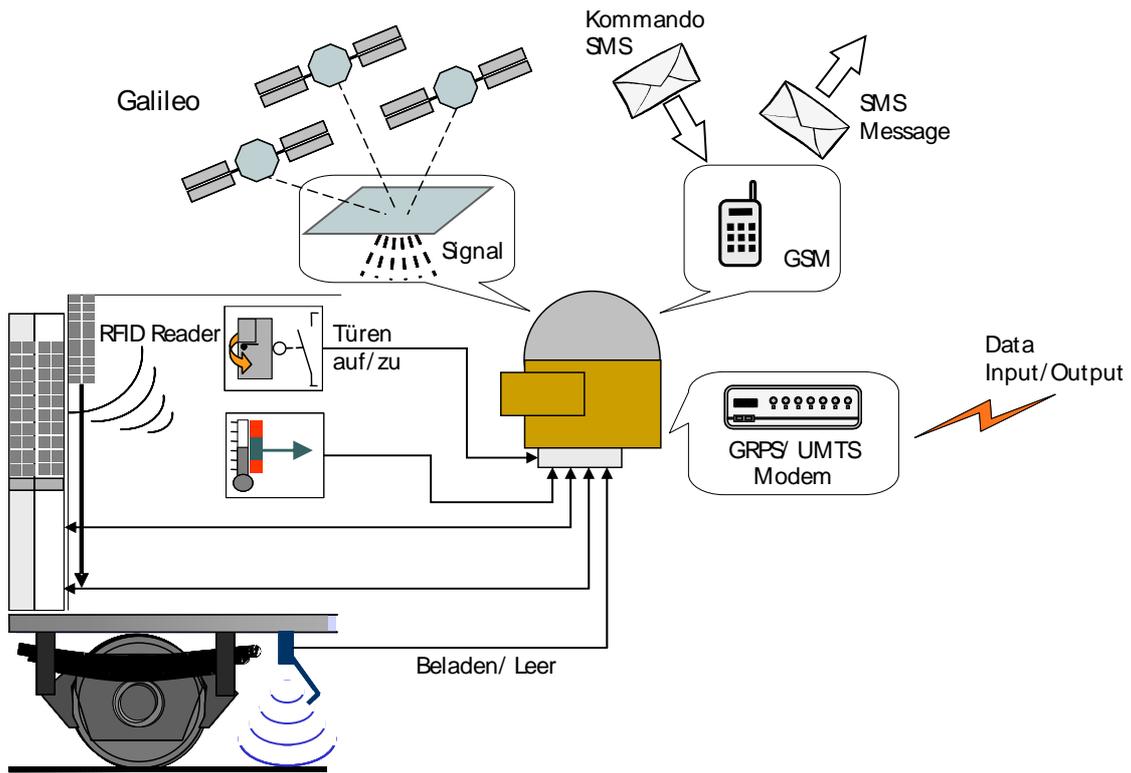


Abbildung 11: Beispiel einer RFID/Sensor Control Unit, Quelle:T-Systems

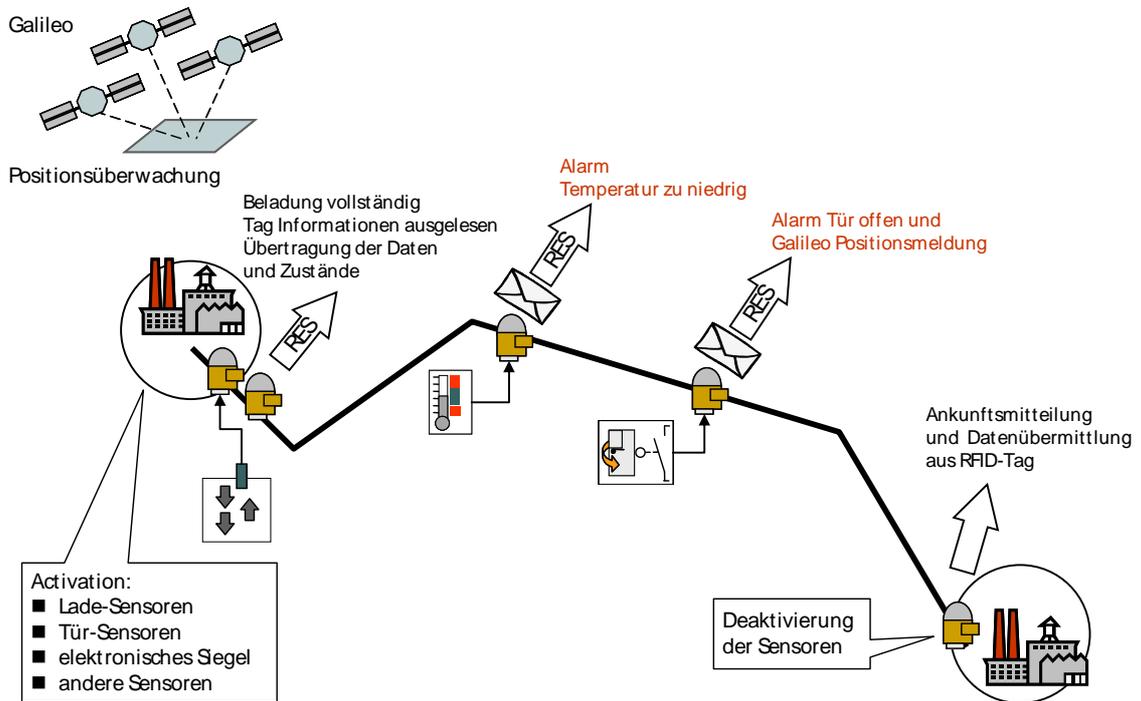


Abbildung 12: Aktivierung, Statusmitteilung und Deaktivierung (Quelle: T-Systems)

### 8.3 Überwachung eines Tiefkühlprozesses

Ein Hersteller von Tiefkühlkost hat zwei große Probleme: Seine Ware muss ohne Unterbrechung der Kühlkette transportiert werden und er möchte einen möglichen Verlust durch gestohlene oder verlorene Ware reduzieren. Aufgrund der gesetzlichen Regelungen im Lebensmittelbereich muss er auch nachweisen, dass die Kühlkette nicht unterbrochen worden ist. Die von ihm verwendeten Trailer und Container sind mit einer Control Unit ausgestattet. Über eine zentrale Plattform für die RFID/AutoID- und Sensor-Daten sowie einer von einem Galileo Service Provider betriebene Transportüberwachungszentrale können die Anforderungen realisiert werden.

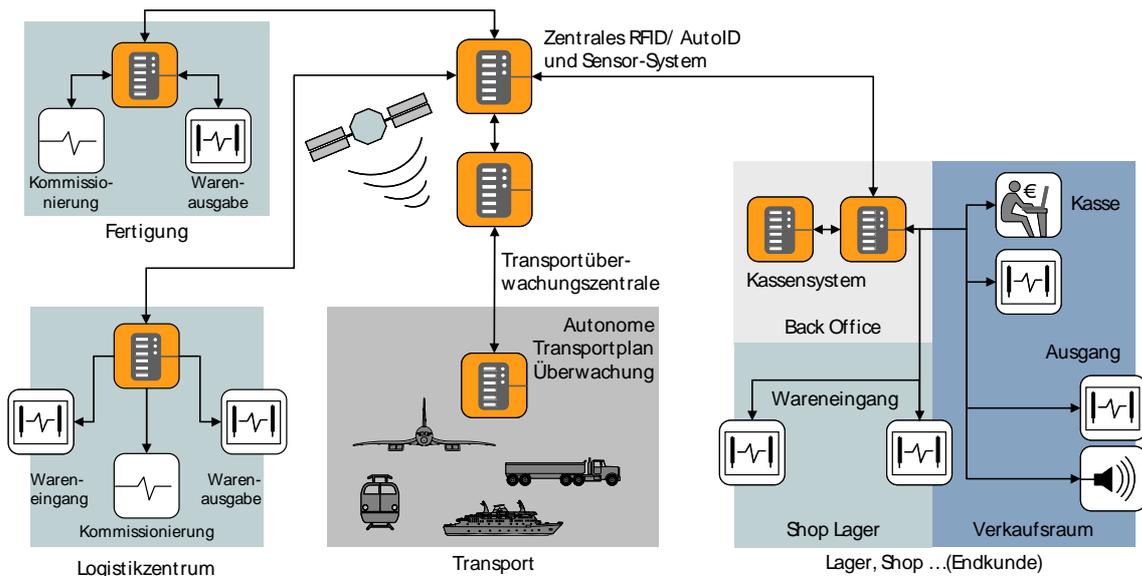


Abbildung 13: Beispiel einer Lieferkette von der Produktion bis POS

Durch den Einsatz von RFID weiß er jetzt, wo und wann die Ware auf welchen Trailer verladen worden ist. Durch die integrierten Sensoren wird die Kühlkette überprüft, über die zentrale Plattform mit den RFID-Daten synchronisiert und im SCM-System gespeichert. Im Falle eines Ausfalls der Kühlung kann der Trailer durch die Galileo-Lokalisierung auf den kürzesten Weg umgeleitet werden. Fährt der Trailer verschiedene Punkte an, wird durch RFID der aktuelle Lade- und Warenbestand direkt über die Plattform an die IT-Systeme gemeldet. Wenn der Trailer oder Container sein Ziel erreicht hat, werden die Sensoren deaktiviert und alle Daten des Transportvorganges für die Speicherung übertragen. Dieser Vorgang kann weltweit auch mit verschiedenen Transportmitteln überwacht, protokolliert und durch Galileo lokalisiert werden. Wichtig für die Einführung dieser Technologien sind die Optimierung des bestehenden Prozesses und eine klare Strategie bei der Definition der Events und Tasks in der Prozesskette.

## 9 RFID-basiertes Asset Management

Rüdiger Zeyen, Siemens Business Services

Vom allgemeinen Standpunkt aus betrachtet investieren Unternehmen vorrangig in Personal und Technologie. Während sie beim Personal Kosten, Verfügbarkeit, Fähigkeiten und Produktivität sorgfältig überwachen, kommt das Management für die Assets (Anlagevermögen wie Maschinen, Geräte, Büroeinrichtungen) oftmals zu kurz. Doch eine effektive Verwaltung der Assets ist die Grundlage für viele geschäftskritische Funktionen. Komplexität, Umfang und Vielfalt der Assets stellen in Verbindung mit dem stetigen Wandel in der Technologie und der Unternehmen selbst (Mergers & Acquisitions) eine große Herausforderung für das Asset Management dar. Alle Assets sind trotz ihrer Komplexität, Vielfalt und Umfang zu jeder Zeit im Blick zu halten. Dies umso mehr, da nur die Informationen in den vorhandenen Systemen (SCM, LVS, ERP) hinterlegt werden können, die zuvor aufgenommen wurden. Echtzeit-Sicherheit des Bestandes durch Bestandszählungen oder durch Verfolgung von Bestandsbewegungen können nicht allein durch eine ausgereifte Softwaretechnologie abgesichert werden.

Eine exakte Verwaltung von Anlagegütern bleibt aus buchhalterischer und nicht zuletzt auch unternehmerischer Sicht eine wichtige Anforderung. In der Praxis wird diese jedoch bis heute meist nur als notwendiges Übel betrachtet und daher oft nur unzureichend durchgeführt. Grund dafür ist der hohe Zeit- und Arbeitsaufwand, der zur ständigen Inventarisierung der Anlagegüter benötigt wird. Zudem ist die Administration der Lager oft durch den Medienbruch „Papier – Mensch – Software“ behindert.

### 9.1 Hilfe durch Auto-ID-Technologie

Traditionell sind die Anlagegüter mit Klebeetiketten ausgezeichnet, auf denen die Inventarnummer des jeweiligen Gegenstandes in Klarschrift und/oder Barcode gedruckt ist. Bei der Inventarisierung muss von einem Mitarbeiter jeder Gegenstand in die Hand genommen, dessen Etikett gefunden, die Inventarnummer abgeschrieben oder der Barcode gescannt werden. Die Inventarisierung gestaltet sich somit sehr zeit- und arbeitsintensiv. Aufgrund des Medienbruchs zwischen (Klartext-)Etiketten und elektronischer Anlagenbuchhaltung kann auch die Fehlerfreiheit der Bestandsdaten nicht immer garantiert werden.

Um diese Anforderungen zu erfüllen, werden vermehrt Software-Lösungen in Verbindung mit Auto-ID-Verfahren angeboten. Die SW-Lösungen sind inzwischen als eigenständige Lösungen oder als integraler Teil von ERP-Lösungen sehr weit gediehen. Verschiedenste Prozesse des Asset-Managements liegen daher schon in automatisierter Form vor.

Einsatz von RFID

Die Auszeichnung von Anlagegütern wie Maschinen, Büroeinrichtung und Ersatzteilen für Produktionsmaschinen mittels RFID-Transpondern eröffnet gerade dort vielfältige Nutzenpotenziale, wo sie wirtschaftlich vertretbar erscheinen. Ob eine wirtschaftliche Vertretbarkeit für den Einsatz gegeben ist, kann leicht aus folgenden Faktoren ermittelt werden:

- Welcher Zeitaufwand wird mit welcher Vollständigkeit für die derzeitige Inventur benötigt?
- Mit welchem Umfang an Gütern, für die eine Erhebung erfolgen soll, ist zu rechnen?

- Sind hochwertige Güter einzubeziehen, für die eine schnelle Verfügbarkeit garantiert werden muss und die möglicherweise für Schwund anfällig sind?

Neben der Auszeichnung solcher Anlagegüter mit RFID-Transpondern für eine Inventur könnte bei der Auswahl der Transponder daran gedacht werden solche zu wählen, die die Aufnahme weiterer Informationen dezentral gestatten, z. B. die Instandhaltung betreffend.

Mit mobilen RFID-Geräten können die auf RFID-Etiketten gespeicherten Informationen automatisch und berührungslos ausgelesen werden. Die Vorteile liegen dabei in der Schnelligkeit und Einfachheit des Lesevorganges. Da RFID-Etiketten auch durch Objekte hindurch ohne Sichtkontakt und ohne genaue Ausrichtung des Etiketts zum Erfassungsgerät (wie dies in beiden Fällen beim Barcode erforderlich ist) gelesen werden können, können die Anlagegüter quasi „im Vorbeigehen“ und ohne Medienbrüche bei der Datenerfassung inventarisiert werden.

## 9.2 Fünf Schritte zum optimierten Einsatz

Wie kann dies optimiert erfolgen?

- 1.Schritt:  
Sind Soll-Bestandsdaten verfügbar, so können diese durch Datensynchronisation auf einen mobilen RFID Reader herunter geladen werden.
- 2.Schritt:  
Der zu inventarisierende Bereich wird über eine manuelle Eingabe in das Lesegerät oder durch den Scan-Vorgang eines Barcode oder RFID Etiketts als Lokation erfasst.
- 3.Schritt:  
Alle Objekte, die laut Bestandsdaten in diesem Bereich sein sollten, werden am Erfassungsgerät angezeigt. Nun beginnt die eigentliche Inventur. Das Erfassungsgerät wird an den einzelnen Gütern vorbeigeführt (per Hand oder mit maschineller Unterstützung). Sobald ein Label (Barcode oder RFID) gefunden wird, wird dessen Inventarnummer ausgelesen. Ein optisches und/oder akustisches Signal könnte die Aufnahme begleiten und so jeweils die Bestätigung einer korrekten Aufnahme signalisieren.
- 4.Schritt:  
Sind alle Anlagegüter erfasst worden, wird der Erfassungsvorgang (z.B. durch Tastendruck) beendet. Auf dem Erfassungsgerät können alle Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Bestand angezeigt werden.
- 5.Schritt:  
Jeder dafür bestimmte Unternehmensbereich könnte auf diese Weise inventarisiert werden, sodass abschließend die Inventurdaten des Erfassungsgerätes durch Synchronisation in die übergelagerte Verwaltungssoftware zurückgespielt wird.

Es sind inzwischen Lösungen im Einsatz, die über die zuvor genannten Schritte eine Permanentinventur durchführen. Stapler, an denen ein Lesegerät fest installiert ist, bewegen sich durch eine Lagerhalle und erfassen somit fortwährend (nicht nur einzeln, sondern auch im Pulk) die in diesem Raum befindlichen Güter, die mit Transpondern ausgestattet sind.

## 9.3 Einsatzbeispiele und Nutzenpotentiale

### Lagerentnahmen

Es kommt oft vor, dass die Entnahme von Material, Werkzeugen oder Akten aus dem Lager „unbürokratisch“ geschieht, d. h. ohne dass eine systemseitige Quittierung erfolgt. Diese wird oft als zeitaufwendig empfunden oder einfach aus Bequemlichkeit unterlassen. Resultat ist, dass die Objekte später nicht auffindbar sind. Wenn sie mit einem RFID-Transponder ausgestattet werden kann die Entnahme über ein Lesegerät schnell quittiert bzw. über eine zum Beispiel im Türbereich installierte Antenne in Echtzeit festgestellt werden.

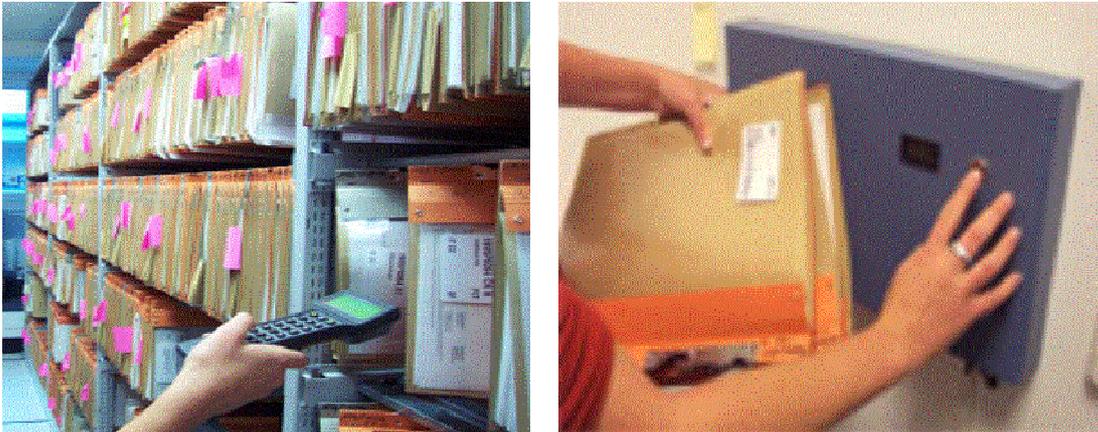


Abbildung 14: Kontrolle der Aktenentnahme mit einem RFID Reader

### **Instandhaltung**

Die korrekte Aufzeichnung von Wartungsvorgängen ist die Grundvoraussetzung für die Instandhaltung von Maschinen und Anlageteilen. Die Kennzeichnung erfolgt daher über Typenschilder mit den Gerätedaten (graviert oder geprägt). Verschmutzung, Alterung, Abnutzung etc. führen dennoch dazu, dass eine klare Authentifizierung der Originale nicht mehr oder nur fehlerhaft möglich ist. Hinzu kommt, dass ein Gerät, das integraler Bestandteil eines anderen ist (Verbau, Einbau), nicht mehr so leicht über sein Typenschild identifizierbar ist. Für das Service Personal der Instandhaltung wird die Arbeit dadurch erheblich erschwert. Fehlinterpretationen und Verwechslungen von Geräten können nicht ausgeschlossen werden

Werden solche Geräte zusätzlich mit einem robusten RFID-Transponder versehen, so können auf ihm die Gerätedaten in elektronischer Form gespeichert werden. Das Service Personal erhält ein RFID-Erfassungsgerät, mit dem die Daten vor Ort vom automatisch und berührungslos ausgelesen werden, aber auch Daten auf diesem gespeichert werden können. Das Instandhaltungspersonal kann somit Geräte im Feld rasch identifizieren, ohne dass es durch verschmutzte oder schwer zugängliche Typenschilder aufgehalten wird.

Da Wartungs- und Reparaturhistorien direkt am Gerät gespeichert werden, kann das Instandhaltungspersonal vor Ort alle Produkt- und Lebenszyklusdaten lesen und eigene Entscheidungen treffen. Im Gegenzug wird auch eine Dokumentation der Service- und Wartungs-Vorgänge möglich, indem die Daten der einzelnen Arbeitsvorgänge im RFID-Erfassungsgerät gesammelt und registriert werden. Auf Basis dieser Daten können Reports und statistische Auswertungen zur Kontrolle und Optimierung von Wartungsaktivitäten generiert werden. Als mögliche Ergänzung können im Reklamationsfall die einzelnen Wartungs- bzw. Reparaturschritte zurückverfolgt werden.

Insgesamt ergeben sich durch den Einsatz von RFID Transpondern die folgenden Nutzenpotentiale:

- Minimierung des Inventuraufwandes
- Reduzierung / Vermeidung fehlerhafter, manueller Erfassung
- Zeitnahe Erfassung von Bestandsbewegungen
- Ständige aktuelle Bestandsübersicht
- Schnelles Auffinden von benötigten (Ausrüstungs-)Gegenständen
- Elektronisches „Typenschild“ vermeidet Verwechslungen
- Zeitnahe statistische Auswertungen werden möglich
- Reduktion/Vermeidung von Schwund

# 10 Prozesse in der Fertigung

Peter Sommerfeld, Fujitsu-Siemens Computers

## 10.1 RFID als Mittel zur Rationalisierung in der Fertigung.

In Hochlohnländern wie der Bundesrepublik Deutschland lastet ein enormer Druck auf den Produktionskosten. Da die geforderten Produktivitäten im Inland nicht mehr zu erbringen sind, haben sich vor allem Großunternehmen dazu entschlossen, zumindest Teile ihrer Produktion sowie der produktionsnahen Steuerungsbereiche in das Ausland zu verlagern.

Die verbliebenen Unternehmen müssen sich nicht nur die Frage gefallen lassen, weshalb sie noch in Deutschland produzieren, sondern sind durch den Kostendruck des Markts gezwungen, den Nachteil in den Lohnkosten durch eine höhere Produktivität auszugleichen. Die Rationalisierungsbemühungen richten sich auf die gesamte Supply Chain und auf die Fertigung. Auf der Suche nach Mitteln und Wegen zur Produktivitätssteigerung sehen die Unternehmen RFID als einen hilfreichen Ansatz.

Kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) sind im Gegensatz zu Großunternehmen zumeist Auftragsfertiger mit höherer Fertigungstiefe. Entweder stellen sie Endprodukte her, die über wenige Vertriebskanäle direkt zum Endkunden gehen. In diesem Fall hält das Unternehmen weite Teile der gesamten Supply Chain in den eigenen Händen. Beispiel hierfür sind der regional tätige, mittelständische Hersteller von Fenstern oder im Lebensmittelsektor die Brauerei mit lokalem Bezug.

Oder aber sie sind Zulieferer entweder direkt zu dem Großunternehmen, das die Endprodukte herstellt oder aber zu einem weiteren global agierenden Zulieferer. Diese Konstellationen sind insbesondere im Bereich der Automobilindustrie ausgeprägt. Speziell im zuletzt genannten Bereich ist das KMU besonders stark an die Vorgaben des Kunden hinsichtlich Ausprägung und Preisvorgaben der Produkte gebunden. Die klassischen Methoden zur Erhöhung der Produktivität sind bereits ausgereizt. RFID wird als Chance gesehen, die Produktionslogistik und Fertigungssteuerung zu optimieren.

## 10.2 Einsatz von RFID in geschlossenen, offenen oder vernetzten Systemen.

Bei der Vielfalt der Branchen und Produktionsmethoden der KMU kann es kein Allheilmittel geben. Zieht man die heute bekannten Einsätze von RFID in der Fertigung heran, so handelt es sich selbst bei Großunternehmen meist um geschlossene Insellösungen. Der Transponder wird für einen definierten Fertigungsabschnitt mit den erforderlichen Daten versorgt, am Ende des Abschnitts entnommen und in einem Kreislauf dem nächsten Produkt mit neuen Daten für den definierten Fertigungsabschnitt zugeführt. Der Transponder hat also für die vorhergehenden und restlichen Abschnitte der Supply Chain keine Bedeutung.

Geschlossene Systeme sind dadurch gekennzeichnet, dass die Transponder in einem Kreislauf immer wieder verwendet werden. Deshalb spielt auch der Preis der Transponder nicht die entscheidende Rolle. Auch die preissteigernden fertigungsbedingten Anforderungen an die Transponder durch die Umgebungsbedingungen wie Verschmutzung, Staub, Feuchtigkeit sind nicht entscheidend. Durch die Verwendung von Rollenbahnen in der Montage oder Bearbeitungszentren sind in der Regel feste, zumeist auch geringe Abstände zwischen der den Transponder

tragenden Einheit und dem Lesegerät vorgegeben. Aus diesem Grund kommen im Allgemeinen auch einfache Reader mit einer Leseantenne zum Einsatz. Mit dem Ziel der Vereinfachung und Automatisierung von Prozessen kommen meist proprietäre Systeme ohne entsprechende Standards, ausschließlich mit Schnittstellen zu den Inhouse-Systemen wie PPS oder ERP zum Einsatz.

Bei geschlossenen RFID-Anwendungen innerhalb der Produktion ist häufig nicht das Produkt der Informationsträger für RFID, es sind vielmehr Produktionsmittel wie Werkzeuge oder Werkstückträger. Um beispielsweise Verwechslungen bei der Bestückung von CNC-Maschinen (Computer Numeric Control: die software-basierte Steuerung von Fertigungsmaschinen) auszuschließen, werden die Werkzeuge wie z.B. Fräser mit einem Transponder versehen. Über den Arbeitsplan wird das benötigte Werkzeug vorgegeben, bei dem automatischen Werkzeugwechsel erfolgt der Abgleich zwischen dem geforderten und dem eingespannten Werkzeug. Bei Abweichung fährt die Maschine nicht an und sendet eine Alarmmeldung. Nebeneffekte sind, dass die Standzeiten der Werkzeuge im Transponder hinterlegt sind und bei Erreichen der Grenzwerte das Werkzeug automatisch ausgesondert wird, um nachgeschliffen oder ersetzt zu werden.

Da die Fertigungsdaten im weiteren Lebenslauf des Produktes nicht mehr benötigt werden, wird häufig der Werkstückträger, der sowohl Transporteinheit als auch Montageort ist, mit einem Transponder versehen. Neben den Identdaten des Produktes, die zur Verfolgung des Fertigungsfortschritts dienen, werden die Fertigungsparameter im Transponder hinterlegt. Da dieses Beschreiben der Daten, aber auch später das automatische Auslesen an den Fertigungsstationen in kürzester Zeit erfolgt, sind kurze Taktzeiten gewährleistet. Die Fertigungsparameter werden für jeden Produktionsabschnitt vorgegeben und ein Soll-Ist-Abgleich durchgeführt. Diese Informationen sowie weitere Qualitätsdaten können in dem Transponder hinterlegt werden und z.B. nach erfolgter Systemprüfung dem Qualitätssicherungsverfahren zur Absicherung der Produkthaftung übergeben werden.

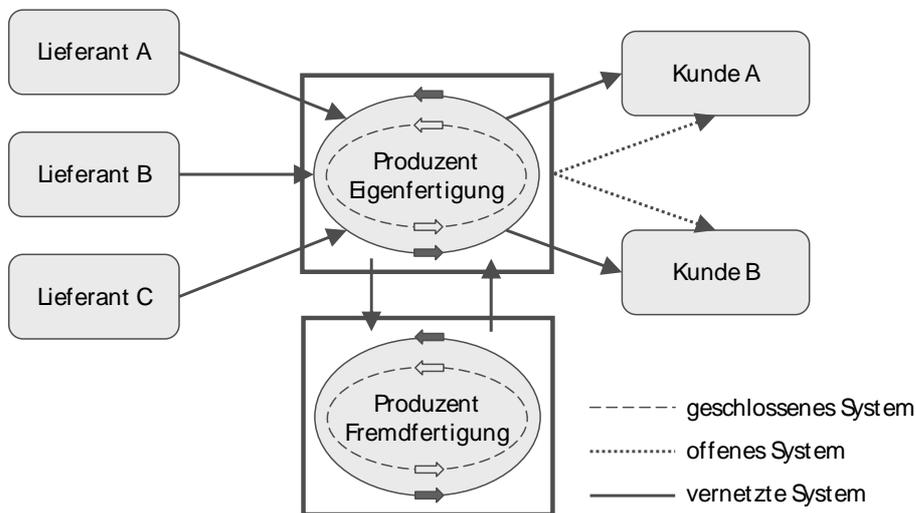


Abbildung 15: Systemkonfigurationen: geschlossen, offen, vernetzt.

Beispiele für RFID-Anwendungen in geschlossenen Systemen im Bereich der Produktion gibt es seit Jahren, so auch in der Automobilindustrie. In vielen Fällen wird damit die variantenreiche Produktion abgesichert, z. B.:

- Bei BMW in München: die richtige Zuordnung der Radsätze an die Achsen des Autos.

- Bei VW: die korrekte Einstellung der Drehmomente für die Befestigung der verschiedenen Rad-/Felgenkombinationen.

In offenen Systemen verbleibt der Transponder am Objekt, damit seine Informationen in allen Gliedern einer Supply Chain genutzt werden können, z. B. beim Warenfluss in den Lieferketten des Handels. Dabei handelt es sich um Einwegtransponder, deren Beschaffungspreis für die Anwendung kritisch ist. Ein weiteres Beispiel für offene Systeme ist die Verwendung von RFID Tags für Fluggepäck. Hier wird der Tag am Ende mit dem Papieretikett, an dem er befestigt ist, weg geschmissen.

Vernetzte Systeme sind die Kombination aus geschlossenen Systemen für den internen Kreislauf und offenen Systemen für den Austausch mit anderen Knotenpunkten innerhalb der Supply Chain. Betrachtet man die bisher aufgeführten unterschiedlichen Anforderungen an Transponder oder Lesesysteme bezüglich offener und geschlossener Systeme, so wird schnell deutlich, welche erhöhten Anforderungen an die Hardware gestellt werden. Dennoch sind die Nutzenpotentiale umso höher, je mehr Glieder der Supply Chain mit der RFID-Anwendung abgedeckt werden.

### 10.3 Standardisierung

Es gibt bereits Standards hinsichtlich der RFID-Frequenzbereiche oder Luftschnittstellen, auf die an anderer Stelle eingegangen wird. Jedoch ist ein ähnlicher Ansatz zur Standardisierung, wie er für den Handel vom Industriekonsortium EPCglobal betrieben wird, für den Bereich der Produktion derzeit nicht bekannt.

Zwar hat sich auch der VDA (Verband der Automobilindustrie) dem Thema RFID angenommen, doch nicht mit der Präsenz, wie sie die großen Unternehmen des Lebensmittelhandels zeigen. Ansatzpunkt des VDA für die RFID-Standardisierung ist das Management von Behältern bzw. Ladehilfsmitteln, also Kleinladungsträger (KLT) und Großladungsträger (GLT). Gemeinsam mit ITA, dem Konsortium für Informationstechnologie in der Automobilindustrie, wurden auf Basis KLT Praxistests durchgeführt. Für diesen Bereich sind die ersten RFID-Normierungen des VDA zu erwarten. Weiterhin finden Gespräche zwischen EPCglobal, VDA und dem Auto-ID-Lab St. Gallen statt, um gemeinsam zu offenen RFID-Standards zu kommen. Diese Bestrebungen sind für die große Zahl der mittelständischen Zulieferer der Automobilindustrie auch bei Einführung geschlossener RFID-Systeme in der Produktion von erheblicher Bedeutung.

Auswirkungen auf die Produktion hat EPCglobal auch indirekt. Die Standardisierung von EPCglobal beschränkt sich nicht allein auf die Definition eines Datenstandards, sondern beschreibt u.a. auch die Übertragungsprotokolle der Lesegeräte (Reader) oder das Antennenfeld (Luftschnittstelle oder Air Interface). Unternehmen, die eine der großen Ketten im Lebensmittel-sektor beliefern, werden zudem über die Mandate ihrer Kunden (z. B. von Metro) zum Einsatz von RFID in der Logistikkette gedrängt. Mit dem Druck zur schrittweisen RFID-Einführung von der Paletten-Ebene bis zur Artikel-Ebene (Item) geht die Vorgabe zur Einhaltung der Normen von EPCglobal einher.

Selbstverständlich können solche Unternehmen für die Optimierung ihrer Fertigungsabläufe ebenfalls geschlossene RFID-Lösungen ohne Bezug zu EPCglobal einrichten. Damit würden jedoch die Nutzenpotentiale nicht erschlossen werden können, die durch die durchgängige Nutzung von RFID Tags vom Hersteller über die Logistikdienstleister bis zum Handel möglich sind.

## 10.4 Integration von RFID in die Prozesslandschaft von KMU

Die IT-Durchdringung der KMU ist hinsichtlich der PPS-Systeme mit integrierter Echtzeit-Prozessüberwachung und automatischer Anpassung geringer ausgeprägt als in Großunternehmen. Im Allgemeinen sind auch die Prozesse nicht bis in den letzten Schritt definiert. Dies muss kein Schaden sein, sondern kann im Gegenteil als Chance genutzt werden. Statt bestehende Lösungen zu ersetzen, die z. B. mit Barcode realisiert wurden, können innovative Ideen realisiert werden. Prozesse müssen nicht wegen RFID verändert werden, sondern RFID kann die Chance für ein Prozessdesign bieten.

Bezüglich der Integration in die Prozesse ist die Frage, welche Informationsinhalte in dem Transponder gespeichert werden sollen. Zwei Alternativen sind möglich: Entweder werden möglichst viele Informationen direkt im Transponder hinterlegt. In den einzelnen Produktionsschritten sind dann die erforderlichen Informationen wie Folge der Arbeitsschritte und Vorgaben für Werkzeuge direkt aus dem Transponder abrufbar. Zugriffe auf ein vernetztes Rechnersystem erfolgen nicht bzw. nur in geringem Maße, um z. B. Ergebnisse abzulegen. Die andere Möglichkeit ist die eindeutige Kennzeichnung des Produktes (z. B. mit der Materialnummer) oder des Werkzeugträgers. Die für den Produktionsprozess erforderlichen Daten werden zentral im vernetzten Rechnernetz gehalten. Der Transponder dient hier lediglich der schnellen, berührungslosen und eindeutigen Identifikation.

Ausschlaggebend für die Wahl der geeigneten Lösung sind die vorhandenen Produktionsstrukturen, die Integration eines PPS-Systems, eine existierende echtzeitnahe Prozessüberwachung. Zu beachten sind dabei ganz unterschiedliche Ausgangsfragen: Sind bereits die Teilestamm-, Erzeugnisstruktur-, Arbeitsplan- und Betriebsmitteldaten im IT-System erfasst? Wird die Termin- und Kapazitätsplanung durch ein PPS-System gesteuert, der Auftragsstart mit Materialbereitstellung, Arbeitsplänen und Betriebsmitteln und die Überwachung des Fertigungsauftragsfortschritts durch DV-Systeme gestützt?

Fertigungsart (Einmalfertigung, Einzel- und Kleinserienfertigung, Serien- bzw. Massenfertigung), Ablaufart in der Fertigung (Werkstattfertigung, Inselfertigung, Reihenfertigung, Fließfertigung) und die Integration in IT-Systeme entscheiden über die Form und Intensität des Einsatzes von RFID.

## 10.5 Beispiele aus der IT-Industrie

### Beispiel für ein geschlossenes System

Für die Montage von PC-Systemen in kleinen Losgrößen (1-50 Geräte pro Los) werden die Komponenten pro Auftrag, ähnlich der Kommissionierung in einem Warenlager „gekittet“. Die Teile werden in Boxen gelegt, wobei jede Box zur Verfolgung über eine Nummer eindeutig gekennzeichnet und diese wiederum eindeutig dem jeweiligen Auftrag zugeordnet ist. Die Kommissionierung erfolgt über Pick-to-light, wobei zur Kontrolle die Nummer der Box in verschiedenen Kommissionierungsabschnitten bis hin zum Startpunkt der Montage gescannt werden muss.

Die Lösung für die Speicherung der Boxennummer mittels RFID hat den Vorteil, dass die Nummer beim Schieben auf dem Rollenband in den jeweiligen Abschnitten automatisch erfasst und kontrolliert wird. Die Mitarbeiter müssen die Kommissioniertätigkeit nicht ständig durch das Aufnehmen der Lesepistole unterbrechen und können sich auf die eigentliche Tätigkeit konzentrieren. Da die Boxen in einem Kreislauf immer wieder verwendet werden und der Bezug zu dem Auftrag durch die Boxennummer in IT-Verfahren hergestellt wird, sind der Aufwand und die Kosten für die Transponder überschaubar.

## Beispiel für ein vernetztes System

Am Beispiel der Produktion von Motherboards wird die Kette für ein vernetztes RFID-System dargestellt. Die Hersteller von Leiterplatten in Fernost integrieren bereits einen Transponder mit vom Hersteller vorgegebenen Daten zur eindeutigen Identifikation. Bei der anschließenden Herstellung des Motherboards durch automatische Bestückung mit TFT- und SMD-Bauelementen, dem Lötbad und den folgenden Kontrollschritten wird das Board aus Gründen der Qualitätskontrolle und Produkthaftung stets ausgelesen und mit Datum und Uhrzeit protokolliert.

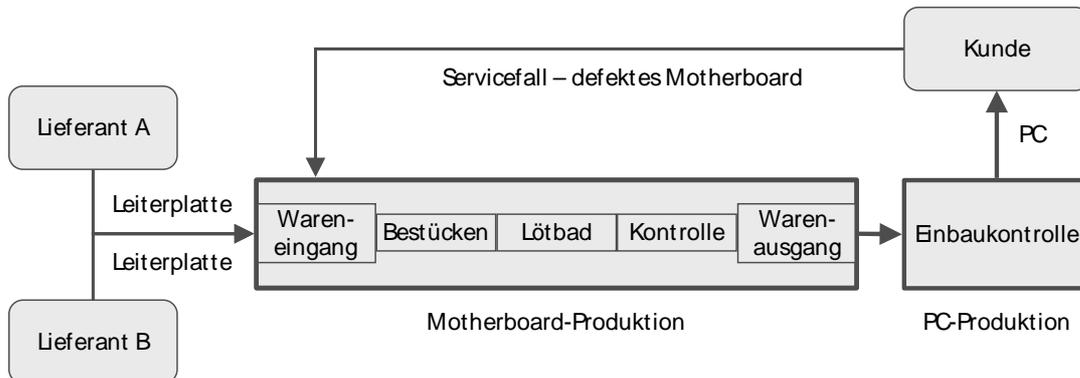


Abbildung 16: Vernetztes System am Beispiel eines Motherboards

Beim Verbauen in den PC erfolgt eine neuerliche Identifikation des Boards, die mittels berührungslosem Auslesen schneller erfolgt. Im Servicefall kann der Servicetechniker z.B. durch einen PDA mit RFID-Leseinheit das Board schnell erfassen, ggfs. Reparaturkenndaten und Datum des Serviceeinsatzes im Transponder speichern. Beim Tausch des Motherboards und der Retoure in das Werk zur Reparatur erfolgt die Vereinnahmung und Verfolgung des Boards im Reparaturkreislauf und die hinterlegten Daten des Servicetechnikers beschleunigen das Auffinden des Fehlers.

Abschließend bleibt festzustellen, dass der Einsatz von RFID in der Produktion derzeit unternehmensindividuell getrieben wird. Beobachtung der technischen Weiterentwicklung von RFID, Verfolgung des Marktgeschehens und Durchleuchten der eigenen Prozesse auf Einsatzmöglichkeiten für RFID sind die Empfehlungen.

## Literatur

Christian Kern, „Anwendung von RFID-Systemen“, Springer, 2006

R. Schoblick, G. Schoblick, „RFID Radio Frequency Identification. Grundlagen, eingeführte Systeme, Einsatzbereiche, Datenschutz, praktische Anwendungsbeispiele, Franzis, 2005

R. Jansen, E. Müller, H. Mann, S. Harms, J. Riegel, „Integration der Transpondertechnologie zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der operativen Produktionssteuerung (Forschungsbericht)“, Wissenschaftliche Schriftenreihe des Instituts für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme Nr. 38, Technische Universität Chemnitz, 2004

# 11 Regulierungsrahmen

Simon Japs, Informationsforum RFID

## 11.1 Datensicherheit

Beim Einsatz von RFID spielt die Datensicherheit eine große Rolle. Bei geschlossenen Systemen ist diese meist leicht zu gewährleisten. Trotzdem müssen auch hier die Daten geschützt werden. Entscheidend ist immer, ob die Daten auf dem Chip gespeichert sind oder der Chip nur eine Nummer trägt, zu der Daten im System hinterlegt sind. Daten auf einem Transponder kann prinzipiell jeder abrufen, der mit einem Lesegerät Kontakt zum Transponder aufbauen kann. Müssen die Daten vor fremdem Auslesen geschützt werden, können der Zugriff oder die Daten beispielsweise durch Passwörter oder Chiffrierung gesichert werden. Kryptologische Verfahren benötigen allerdings Speicherplatz und Rechenleistung und machen so den Transponder teurer. Daten, die im System hinterlegt sind, können auf herkömmliche Weise gesichert werden beispielsweise mit einer Firewall.

In den Medien wurde über das erfolgreiche Hacking von RFID Chips berichtet. Kostengünstige Transponder besitzen häufig keinen oder nur geringen Schutz gegen unerlaubtes Auslesen. Allerdings kann auf diesen auch meist nicht mehr als eine Produktnummer gelesen werden. Aber schon ein relativ günstiger Transponder, wie beispielsweise ein EPC-Transponder der zweiten Generation, ist gegen Überschreiben mit einer 32 Bit-Kodierung geschützt und die Abfrage ist nur nach einer Authentifizierung möglich. Transponder mit aufwendiger Codierung bieten zusätzliche Sicherheit. Das Hacken „im Vorbeigehen“ ist zudem kaum möglich, da jeder Angriff Zeit und eine konstante Verbindung zum Transponder benötigt. Sensible Daten wie beispielsweise auf dem deutschen Reisepass werden durch weitere Sicherheitsvorkehrungen geschützt. Um die Daten auf dem Reisepass lesen zu können, muss zuerst die maschinenlesbare Zone auf der Datenseite des Passes optisch gelesen werden. Dadurch wird der Aufbau eines kryptographisch abgesicherten Kommunikationskanals zum Transponder ermöglicht. Erst nach der Berechnung des Zugriffsschlüssels können die Daten aus dem RFID Tag gelesen werden.

Neben dem direkten Auslesen der Daten auf dem Chip kann auch versucht werden, die Datenübermittlung zwischen Transponder und Lesegerät zu „belauschen“. Da sensible Daten aber meist nur über kurze Distanzen übertragen werden, müsste dafür das Lesegerät sehr nah an die Übertragung gebracht werden. Die abgehörten Daten sind zudem meist verschlüsselt. Beim deutschen Reisepass beispielsweise mit 224 Bits.

Darüber hinaus ist das unbefugte Auslesen von Transpondern und das Abhören von Datenübertragung durch Regelungen im Bundesdatenschutzgesetz (BDSG), dem Telekommunikationsgesetz und dem StGB untersagt.

## 11.2 Datenschutz

Bei den meisten RFID-Anwendungen werden keine personenbezogenen Daten verarbeitet. Sollte dies aber der Fall sein, müssen die Vorschriften des Bundesdatenschutzgesetzes eingehalten werden. Dies fordert in der Regel die schriftliche Einwilligung der Betroffenen in die Speicherung oder Verarbeitung seiner persönlichen Daten.

Bei der Speicherung personenbezogener Daten müssen zwei Fälle unterschieden werden. Im ersten Fall werden die personenbezogenen Daten auf dem Chip im Transponder gespeichert, im zweiten Fall wird nur eine eindeutige Nummer gespeichert. Dieser Nummer werden erst im System personenbezogene Daten zugeordnet (z. B. ÖPNV-Jahreskarte) bzw. über andere Prozesse mit solchen Daten verknüpft (z. B. beim Gebrauch einer Kundenkarte). Sind personenbezogene Daten auf dem Chip gespeichert, wie auf dem neuen elektronischen Reisepass, müssen diese sensiblen Daten besonders gut gegen fremdes Auslesen gesichert werden. Werden die Daten erst durch Verknüpfung zu personenbezogenen Daten, müssen sie auch erst im System als sensible Daten behandelt werden. Es gelten die Regeln des Bundesdatenschutzgesetzes über die Erhebung und Verarbeitung personenbezogener Daten, d.h. insbesondere die Grundsätze der Datenvermeidung und -sparsamkeit (§ 3a BDSG). Ferner ist in diesen Fällen die schriftliche, informierte Einwilligung der Betroffenen nötig (§ 4 BDSG).

Wird RFID zum Einlass und oder zur Zeiterfassung von Mitarbeitern genutzt, dann muss der Einsatz mit dem Betriebsrat und, falls vorhanden, mit dem Datenschutzbeauftragten des Unternehmens abgestimmt werden. Auch bei der Produktionssteuerung mit RFID sollten diese Gremien hinzugezogen werden, damit der Befürchtung entgegengetreten werden kann, dass zugleich die Arbeit der Mitarbeiter kontrolliert wird.

Sollten RFID Transponder bis zum Endkunden gelangen, empfiehlt es sich, die von EPCglobal erarbeiteten Richtlinien einzuhalten. Diese sind:

- Information – Durch ein gut sichtbares Logo wird auf das Vorhandensein des Transponders hingewiesen.
- Wahlmöglichkeit – Der Endkunde erhält die Möglichkeit, den Transponder zu deaktivieren.
- Aufklärung – Informationen über die Technologie werden leicht verfügbar gemacht.
- Aufzeichnung, Vorbehalt und Sicherheit – Analog zur herkömmlichen Barcode-Technologie werden Daten durch die Unternehmen gemäß den geltenden Rechtsvorschriften erhoben, gesammelt, gespeichert, gepflegt und geschützt. Im Einklang mit allen anzuwendenden Gesetzen informieren die Unternehmen über Haltung, Nutzung und Schutz jeglicher personenbezogenen Daten in Verbindung mit dem Einsatz von RFID.

Die neue Generation der UHF Label gemäß EPC Standard (Gen2) besitzt mittlerweile einen sog. Kill-Befehl. So können die Transponder leicht deaktiviert werden. Auch Unternehmen forschen an Möglichkeiten des eingebauten Datenschutzes. IBM hat beispielsweise einen sog. Clipped Tag entwickelt, bei dem die Antenne des Transponders einfach entfernt werden kann (z. B. abgerubelt oder abgerissen), so dass der Chip nicht mehr per Funk ausgelesen werden kann. Insgesamt ist davon auszugehen, dass bis zur flächendeckenden Einführung von RFID Transpondern z. B. im Einzelhandel weitere Möglichkeiten des Datenschutzes entwickelt werden.

### 11.3 Sendeleistung & Strahlung

Lesegeräte dürfen bei UHF in Europa mit bis zu 2 Watt ERP (s. Abschnitt 6) senden. Im HF-Bereich ist die maximale Sendefeldstärke auf 60 dB $\mu$ A/m (in 10m Entfernung) beschränkt. Um gezielt Transponder auszulesen, wird häufig nicht die Höchstleistung genutzt, sondern die Leistung den Anforderungen der Anwendung und der Umgebung angepasst. Lesegeräte dürfen zudem nicht ohne Unterbrechung senden, sondern müssen nach der Vorgabe „Listen before Talk“ (LBT) getriggert werden. Die wichtigsten Regeln hierzu finden sich in den beiden Standards ETSI EN 302 208 und ETSI EN 300 220. Allerdings sind bislang noch nicht alle Parameter durch Standards vorgegeben. In verschiedenen Gremien wird immer noch daran gearbeitet.

Von der Strahlung eines RFID Systems geht grundsätzlich keine Gefahr aus. Bei Untersuchungen an Techniken, die auf ähnlichen Wellen funken, konnten keine gesundheitliche Beeinträchtigung festgestellt werden. RFID Systeme senden zudem mit relativ geringer Leistung und Personen befinden sich meist nur kurze Zeit im Funkfeld eines Lesegeräts. Trotzdem sollten Systeme so eingestellt werden, dass sie keine unnötige Strahlung emittieren.

#### 11.4 Regulierungsrahmen Europa

Für gemeinsame Frequenzregulierungen und Standards hat die europäische Ebene hohe Bedeutung. So sind beispielsweise die Frequenzen und die Leistung von Lesegeräten derzeit noch nicht EU-einheitlich geregelt. Die nationalen Frequenzbehörden bestimmen die Frequenzregulierungen. Die Frequenzvorgaben werden in Europa von einem Ausschuss der European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT/ECC) koordiniert. Für den UHF Bereich hat dieser eine nicht bindende „ECC Decision“ erstellt, für die mittlerweile fast alle betroffenen Länder ihre Umsetzungsbereitschaft bekundet haben. Darüber hinaus hat die EU Kommission in der Radio Spectrum Commission (RSCOM) auf Basis der „ECC Decision“ eine eigene Vorgabe in Bearbeitung, die dann aber für alle EU-Mitgliedsstaaten verpflichtend sein wird.

Auch im Bereich Datenschutz gibt die Artikel 29 Arbeitsgruppe aus Vertretern der Datenschutzbehörden der Mitgliedstaaten Empfehlungen zum Thema RFID ab. Seit 2005 bemüht sich die EU-Kommission verstärkt um das Thema RFID als Zukunftstechnologie für Europa. Die Kommission steht deswegen im Dialog mit der Industrie über Standardisierung und Frequenzen. Zudem überprüft sie Bedenken im Bereich Daten- und Umweltschutz.

Zur Information und Entscheidungsfindung hat die Kommission im Jahr 2006 unter der Federführung der Generaldirektion Informationsgesellschaft einen Konsultationsprozess begonnen. Die Auftaktveranstaltung fand im März auf der CeBIT statt. Bis zur Sommerpause fanden Workshops mit Experten zu den Themen Anwendungsfelder und Zukunftstrends, Datensicherheit und Datenschutz, Gesundheits- und Sicherheitsfragen, Interoperabilität, Standardisierung, Frequenzen und Patentschutz statt. Im Anschluss soll ein allgemein zugänglicher Konsultationsprozess im Internet eröffnet werden. Zum Ende des Jahres will sich die EU-Kommission eine Position zu den Fragen gebildet haben und diese in einer Mitteilung veröffentlichen. Erste Auswirkungen dieses Prozesses werden sich wahrscheinlich im 7. Forschungsrahmenprogramm (FP7) niederschlagen.

Der Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. vertritt mehr als 1.000 Unternehmen, davon 800 Direktmitglieder mit etwa 120 Milliarden Euro Umsatz und 700.000 Beschäftigten. Hierzu zählen Geräte-Hersteller, Anbieter von Software, IT-Services, Telekommunikationsdiensten und Content. Der BITKOM setzt sich insbesondere für bessere ordnungsrechtliche Rahmenbedingungen, eine Modernisierung des Bildungssystems und eine innovationsorientierte Wirtschaftspolitik ein.



Bundesverband Informationswirtschaft,  
Telekommunikation und neue Medien e.V.

Albrechtstraße 10  
10117 Berlin

Tel.: 030/27 576-0  
Fax: 030/27 576-400

[www.bitkom.org](http://www.bitkom.org)  
[bitkom@bitkom.org](mailto:bitkom@bitkom.org)

---