

ePub^{WU} Institutional Repository

Sabine Lenzbauer

RFID - Anwendungen in der Logistik

Working Paper

Original Citation:

Lenzbauer, Sabine (2007) RFID - Anwendungen in der Logistik. *Schriftenreihe des Instituts für Transportwirtschaft und Logistik - Logistik*, 02/2007. Institut für Transportwirtschaft und Logistik, WU Vienna University of Economics and Business, Vienna.

This version is available at: <http://epub.wu.ac.at/1770/>

Available in ePub^{WU}: July 2010

ePub^{WU}, the institutional repository of the WU Vienna University of Economics and Business, is provided by the University Library and the IT-Services. The aim is to enable open access to the scholarly output of the WU.

**Schriftenreihe des
Instituts für Transportwirtschaft und Logistik
Nr. 2 (2007 LOG)**

Lenzbauer Sabine

RFID - Applications in Logistics

**Herausgeber: die Professoren des Instituts für
Transportwirtschaft und Logistik**

WIRTSCHAFTSUNIVERSITÄT WIEN

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit:

RFID - Anwendungen in der Logistik

Verfasserin/Verfasser: Sabine Lenzbauer

Matrikel-Nr.: 0251962

Studienrichtung: Betriebswirtschaft

Beurteilerin/Beurteiler: Univ.-Prof. Dr. Sebastian Kummer

Ich versichere:

dass ich die Diplomarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.

dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin/ einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Datum

Unterschrift

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	1
2.	Begriffsbestimmung: RFID.....	4
2.1.	Funktionsweise.....	4
2.2.	RFID und Auto-ID.....	4
2.3.	Ziele von RFID.....	5
2.4.	Stärken der RFID-Technologie	5
2.5.	Schwächen der RFID-Technologie.....	6
3.	Darstellung der technischen Komponenten eines RFID-Systems	8
3.1.	Systematisierung von RFID-Transpondern.....	10
3.1.1.	Differenzierung nach der Energieversorgung.....	10
3.1.1.1.	Passive Transponder	10
3.1.1.2.	Aktive Transponder	11
3.1.1.3.	Semiaktive/-passive Transponder	12
3.1.2.	Differenzierung gemäß verwendbarer Betriebsfrequenzen ...	13
3.1.2.1.	Langwellenbereich	14
3.1.2.2.	Kurzwellenbereich	14
3.1.2.3.	Ultra-Kurzwellenbereich	14
3.1.2.4.	Mikrowellenbereich.....	15
3.1.3.	Differenzierung nach der Lesereichweite.....	15
3.1.3.1.	Close-Coupling-Systeme.....	16
3.1.3.2.	Mid-Range-Systeme.....	16
3.1.3.3.	Long-Range-Systeme	16
3.1.3.4.	Beeinflussende Faktoren.....	17
3.1.4.	Differenzierung nach der Betriebsart	17
3.1.4.1.	Duplexverfahren	18
3.1.4.2.	Sequentielle Verfahren.....	18
3.1.5.	Differenzierung nach der speicherbaren Datenmenge	19
3.1.6.	Differenzierung nach der Programmierbarkeit und der angewandten Speichertechnologie.....	20
3.1.6.1.	Read-only-Transponder.....	20
3.1.6.2.	Read-write-Transponder.....	20

3.1.7.	Differenzierung nach Transponderbauformen.....	21
3.1.7.1.	Glaskapseln.....	22
3.1.7.2.	RFID-Etiketten aus Papier und Kunststoff.....	22
3.1.7.3.	Flexible Karten.....	23
3.1.7.4.	Kunststoffgehäuse.....	24
3.1.7.5.	Sonderformen von Transpondern.....	25
3.1.7.5.1.	<i>Temperaturtransponder</i>	25
3.1.7.5.2.	<i>Textiletiketten</i>	25
3.1.7.5.3.	<i>RFID-Uhren</i>	25
3.1.7.6.	Polymere Transponder.....	26
3.2.	Systematisierung von Lese- und Schreibeinheiten.....	27
3.2.1.	Anforderungen.....	27
3.2.2.	Stationäre und mobile Lesegeräte.....	28
3.2.3.	Bauformen.....	28
3.2.3.1.	Einzelantennen.....	29
3.2.3.2.	Gate Reader.....	29
3.2.3.3.	Durchgangsleser.....	30
3.2.3.4.	Regalleser.....	31
3.2.3.5.	Handlesegeräte.....	31
3.2.3.6.	Mobiltelefone mit RFID-Ausstattung.....	32
3.2.3.7.	Tunnelleser.....	32
3.2.3.8.	Fahrzeuggebundene Reader.....	33
3.3.	Middleware.....	33
3.3.1.	Definition und Funktionsweise.....	33
3.3.2.	Komponenten der Middleware.....	34
3.3.2.1.	Entwicklungswerkzeuge.....	35
3.3.2.2.	Netzwerkprotokolle und Sprachen.....	35
3.3.2.3.	Basisdienste.....	35
3.3.3.	Aufgaben der Middleware.....	36
3.3.4.	Anforderungen an die Middleware.....	37
3.4.	Etikettendrucker.....	37
4.	Standardisierung.....	39
4.1.	Allgemeine Aspekte.....	39
4.1.1.	Offene vs. geschlossene Systeme.....	40
4.1.2.	Definition: Standard und Kompatibilität.....	40

4.2. Wichtige RFID-Standards	41
4.2.1. EPCglobal-Standards	42
4.2.1.1. Die Organisation EPCglobal.....	42
4.2.1.2. EPC-Netzwerk.....	44
4.2.1.2.1. <i>Electronic Product Code</i>	45
4.2.1.2.2. <i>ID-System</i>	46
4.2.1.2.3. <i>EPC-Middleware</i>	46
4.2.1.2.4. <i>Object Naming Service (ONS)</i>	46
4.2.1.2.5. <i>Physical Markup Language (PML)</i>	47
4.2.1.2.6. <i>EPC Information Services (EPC IS)</i>	47
4.2.1.2.7. <i>EPC Erkennungs- und Ermittlungsdienst</i>	48
4.2.1.3. Funktionsweise.....	48
4.2.1.4. Prinzipien des EPCglobal-Netzwerkes	50
4.2.1.5. Vorteile des EPCglobal-Netzwerkes.....	51
4.2.1.6. Nachteile des EPCglobal-Netzwerkes	51
4.2.1.7. EPC-Standards	52
4.2.1.7.1. <i>EPC Tag Data Standard</i>	52
4.2.1.7.2. <i>EPC Luftschnittstellenstandards</i>	54
4.2.1.7.3. <i>Standards zum EPCglobal-Netzwerk</i>	55
4.2.1.8. Ziele	57
4.2.1.9. Beurteilung der Standardisierungstätigkeit von EPCglobal ..	57
4.2.2. ISO-Standards im RFID-Umfeld	59
4.2.2.1. Die Internationale Standardisierungsorganisation	59
4.2.2.2. Technologiestandards	60
4.2.2.2.1. <i>Chipkarten-Standards</i>	60
4.2.2.2.2. <i>Luftschnittstellenstandards</i>	62
4.2.2.2.3. <i>Standards für Testmethoden</i>	64
4.2.2.3. Datenstandards	65
4.2.2.4. Anwendungsstandards.....	66
4.2.2.5. Standards zur Begriffsdefinition.....	68
4.2.3. Funkstandards	68
4.2.3.1. Allgemeine Situationsbeschreibung	68
4.2.3.2. Das Europäische Institut für Telekommunikationsstandards	69
4.2.3.3. ETSI-Funkstandards	69
4.3. Auswirkungen von RFID-Standards	70

5.	RFID und Datenschutz.....	71
5.1.	Angriffe auf RFID-Systeme	72
5.2.	Darstellung des Rechtsrahmens	73
5.2.1.	Datenschutz auf europäischer Ebene.....	73
5.2.2.	Datenschutz auf nationaler Ebene	73
5.2.3.	EPCglobal-Verbraucherschutzrichtlinien.....	74
5.3.	Lösungsansätze zur Abwehr von Angriffen und der Gewährleistung von Datensicherheit	76
5.3.1.	Anonymisierung mittels Kill-Befehl	76
5.3.2.	Pseudonymisierung mittels MetalDs	77
5.3.3.	Pseudonymisierung durch variable MetalDs	77
5.3.4.	Distanz-basierte Zugriffskontrolle	78
5.3.5.	Blocker-Tag.....	79
5.3.6.	Passwortschutz	79
5.4.	Fazit.....	80
6.	Anwendungsfelder der RFID-Technologie	82
6.1.	RFID zur Optimierung logistischer Prozesse	82
6.1.1.	Lagerhaltung.....	83
6.1.1.1.	Ent- und Verladung, Wareneingang und –Ausgang	84
6.1.1.2.	Inventur und Bestandsgenauigkeit	89
6.1.1.3.	Lagerplatzbewirtschaftung, Ein- und Auslagerung	93
6.1.1.4.	Schwund und Warensicherung.....	95
6.1.1.5.	Handhabungssicherheit, Ladungssicherung und Packen.....	99
6.1.2.	Kommissionierung.....	102
6.1.3.	Transport.....	108
6.1.3.1.	Innerbetriebliche Transportsysteme	108
6.1.3.2.	Außerbetriebliche Transportsysteme.....	111
6.1.3.2.1.	<i>Allgemeine Aspekte</i>	111
6.1.3.2.2.	<i>Luftfrachtverkehr</i>	113
6.1.3.2.3.	<i>Schiffverkehr</i>	117
6.1.4.	Produktion	119
6.1.4.1.	Rohstoffe, Teil, (Halb-) Fertigprodukte und Transportbehälter	120
6.1.4.2.	Instandhaltung und Handhabung von Anlagen und Maschinen.....	126

6.2.	RFID zur Optimierung des Behältermanagements	135
6.3.	RFID zur Erhöhung der Supply-Chain-Visibility.....	144
6.3.1.	Rückverfolgung und Fälschungssicherheit in der Pharmaindustrie	146
6.3.2.	Rückverfolgung in der Lebensmittelindustrie	150
7.	Conclusio.....	153
8.	Literaturverzeichnis.....	155

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Weltweites Wachstum des RFID-Umsatzes	2
Abbildung 2: Bestandteile eines RFID-Systems	8
Abbildung 3: Energieübertragung bei passiven Transpondern.....	10
Abbildung 4: Die geschätzte Verteilung des globalen Marktes für Transponder auf die unterschiedlichen Frequenzbereiche, in Millionen Stück.....	13
Abbildung 5: Darstellung der zeitlichen Abläufe bei Voll-, Halbduplex- und sequentiellen Systemen.	19
Abbildung 6: Glastransponder	22
Abbildung 7: RFID-Etiketten	23
Abbildung 8: Flexible Karte	24
Abbildung 9: RFID-Schlüsselanhänger.....	24
Abbildung 10: Gedruckte RFID-Tags auf Produktebene	26
Abbildung 11: Einzelantenne	29
Abbildung 12: Diverse Gate-Reader	30
Abbildung 13: Durchgangsleser mit Drehkreuz	30
Abbildung 14: Mobile Lesegeräte	31
Abbildung 15: Handys mit RFID-Ausstattung	32
Abbildung 16: Tunnelleser	32
Abbildung 17: Stapler mit RFID-Ausstattung	33
Abbildung 18: Aufgabe und Struktur der RFID-Middleware.....	36
Abbildung 19: RFID-Etikettendrucker	38
Abbildung 20: Organisatorischer Aufbau von EPCglobal	43
Abbildung 21: Aufbau des EPC	45
Abbildung 22: Die Systemkomponenten des EPC-Netzwerkes.....	49
Abbildung 23: Überführung des EAN/UCC-Barcodes in einen als SGTIN kodierten EPC	53
Abbildung 24: Die Wichtigkeit der Etablierung des EPCglobal Gen-2-Luftschnittstellenstandards.....	58
Abbildung 25: EPCglobal - Verbraucherschutzrichtlinien	75
Abbildung 26: Datenschutzkenntnisse.....	81
Abbildung 27: RFID-Handschuh	108
Abbildung 28: Via Transponder gesteuerter Warenfluss bei der Rutishauser AG.....	111
Abbildung 29: RFID, Sensoren und GPS/Galileo gekoppelt.....	112

Abbildung 30: Prognose Luftfrachtverkehr bis 2023.....	114
Abbildung 31: Prozesskette Cargo-Abwicklung.....	115
Abbildung 32: RFID-unterstützter Prozess	129
Abbildung 33: RFID gestützte Brandschutzklappenwartung am Frankfurter Flughafen.....	132
Abbildung 34: Pendel- vs. Poolsysteme	137
Abbildung 35: Eine transparente Lieferkette: Historie von Arzneimitteln	148

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Vor- und Nachteile der RFID-Technologie.....	7
Tabelle 2:	Übersicht Frequenzbereiche.....	17
Tabelle 3:	ISO/IEC-Standards für Chipkarten.....	62
Tabelle 4:	Übersicht über die VDI-Richtlinie 4472.....	67
Tabelle 5:	Weltweite Frequenzverteilung (Auswahl).....	68
Tabelle 6:	Funkvorschriften in Europa.....	69
Tabelle 7:	Informationsniveaus.....	78
Tabelle 8:	Aufgaben des Lagermanagements.....	84
Tabelle 9:	Struktur der Kommissionierzeit.....	105
Tabelle 10:	Vor- und Nachteile von Stetigförderern.....	109
Tabelle 11:	Optimierungen beim Behältermanagement	126
Tabelle 12:	RFID-Nutzen in der Instandhaltung	131
Tabelle 13:	Vor- und Nachteile von Ein- und Mehrwegbehältern im Vergleich	135
Tabelle 14:	Wichtige Ladungsträger.....	136
Tabelle 15:	RFID-unterstützte Aufgabenbereiche des Behältermanagements	139
Tabelle 16:	Verfahren zum Schutz gegen Arzneimittelfälschung.....	147

Abkürzungsverzeichnis

ADC.....	Automated Data Capturing
AIDC.....	Automated Identification and Data Capturing
ASN.....	Advanced Shipping Notices
AWB.....	Air Way Bill
CICC.....	Close Coupling Integrated Chip Card
CSI.....	Container Security Initiative
DNS.....	Domain Name System
EAN.....	Europäische Artikel Nummer
EASA.....	European Aviation Safety Agency
EEPROM.....	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
EFTA.....	European Free Trade Association
EPC.....	Electronic Product Code
EPC IS.....	EPC Information Service
ERP-System.....	Enterprise Resource Planning-System
ETSI.....	Europäisches Institut für Telekommunikationsstandards
FDA.....	Food and Drug Administration
FDX.....	Vollduplexverfahren
FRAM.....	Ferromagnetic Random Access Memory
GIAI.....	Global Individual Asset Identifier
GPS.....	Global Positioning System
GPRS.....	General Packet Radio Service
GRAI.....	Global Returnable Asset Item
GSM.....	Global System for Mobile Communication
GTIN.....	Global Trade Item Number
HDX.....	Halbduplexverfahren
HF.....	Hochfrequenz
IATA.....	International Air Transport Association
ICE.....	Internationale Elektrotechnische Kommission
ISM.....	Industrial-Scientific-Medical
ISO.....	Internationale Standardisierungsorganisation
LF.....	Niederfrequenz
LVS.....	Lagerverwaltungssystem
MIT.....	Massachusetts Institut of Technology

MTV	Mehrwegtransportverpackungen
NVE	Nummer der Versandeinheit
ONS	Object Naming Service
ÖPNV	Öffentlicher Personen-Nah-Verkehr
PDA	Personal Digital Assistant
PICC	Proximity Integrated Chip Card
PML	Physical Markup Language
RAM	Random Access Memory
RFID	Radio Frequency Identification
ROI	Return On Investment
SSCC	Serial Shipping Container Code
UHF	Ultra-Hochfrequenz
ULD	Unit Load Devices
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
USD	U. S. Dollar
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VICC	Vicinity Integrated Chip Card
VMI	Vendor Managed Inventory
WHO	World Health Organisation
W-LAN	Wireless Local Area Network

1. Einleitung

Die RFID-Technologie hat bereits heute in einer Vielzahl von Branchen Einzug gehalten. Zu den wichtigsten zählen:

- die Automobilindustrie,
- die Pharmaindustrie,
- die Bekleidungsindustrie sowie
- die Lebensmittelindustrie.

Die Anwendungen konzentrieren sich dabei insbesondere auf die logistischen Teilprozesse. Sowohl in der unternehmensinternen als auch in der unternehmensübergreifenden Logistik kann mit Hilfe der RFID-Technologie eine wesentliche Effizienzsteigerung erreicht werden. Durch die Implementierung moderner Identifikations- und Kommunikationstechnologien besteht die Möglichkeit zur signifikanten Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit.¹

Optimierungspotenziale werden ausgeschöpft, die Anzahl auftretender Fehler reduziert sowie Produktivitätssteigerungen in den Bereichen Wareneingang, Versand, Kommissionierung, Inventur, Bestandsverwaltung und der Verfolgung von Warenbewegungen, Produktionsschritten sowie weiteren Prozessen entlang der Supply Chain verwirklicht.² Im Zentrum steht die schnellere, effizientere und wirtschaftlichere Gestaltung von Warenströmen aller Art.³

Wie dargestellt, besteht eine Vielzahl an möglichen RFID-Anwendungsbereichen, wobei davon auszugehen ist, dass diese noch zunehmen wird und die RFID-Technologie vor allem dann zum Einsatz kommt, wenn:⁴

- ein höherer Grad an Automation zu effizienteren Prozessen führt,
- eine hohe Genauigkeit der verwendeten Daten erforderlich ist,
- Informationen automatisch ausgetauscht werden,
- ein Höchstmaß an Sicherheit gefragt ist,
- die physikalischen Bedingungen der Umgebung den RFID-Einsatz begünstigen und
- Komfort für den Kunden eine wichtige Rolle spielt.

„Like the barcode technology 20 years before it's predictable that the RFID technology will improve the logistic process in the business-to-business (B2B) and business-to-customer or customer-to-business (B2C/C2B) sector in the upcoming 10 years.“⁵

¹ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 5

² vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. V f.

³ vgl. Kiess (2006), S. 8

⁴ Neumann (2006), S. 74

⁵ Duin (2005), S. 363 f.

Dieser Bedeutungsgewinn spiegelt sich auch in der im Jahr 2006 von DB Research durchgeführten Studie wider. So dürfte der weltweite Markt für RFID-Systeme zwischen 2004 und 2010 von 1,5 Milliarden Euro auf etwa 22 Milliarden Euro anwachsen. Dies entspricht einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 57% p. a. Auf die EU-15 bezogen ist ein Wachstum des RFID-Marktes von 400 Millionen Euro auf 4 Milliarden Euro, sprich 47% p. a., im gleichen Zeitraum zu erwarten.⁶

Nachstehende Abbildung verdeutlicht die steigende Bedeutung der RFID-Technologie grafisch:

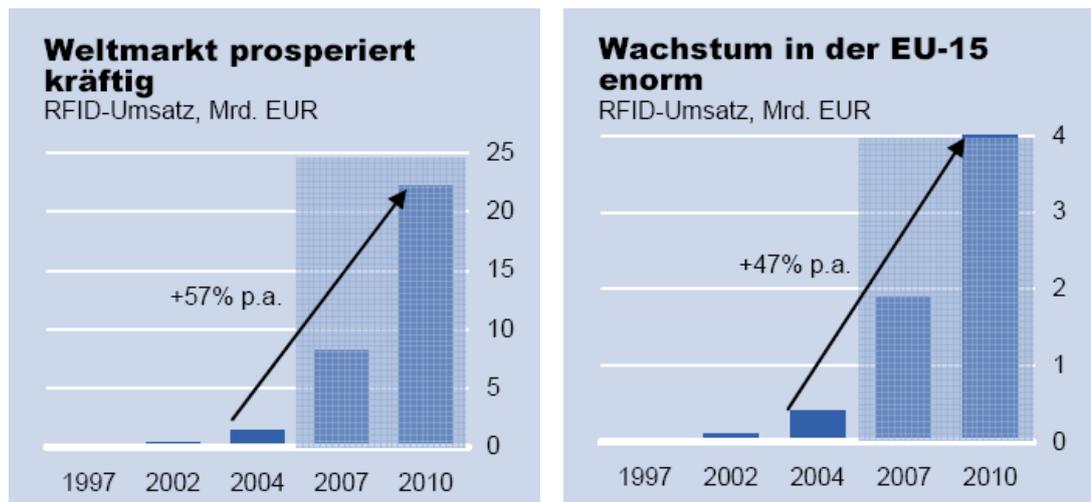


Abbildung 1: Weltweites Wachstum des RFID-Umsatzes⁷

Inwieweit derartige Vorhersagen des zukünftigen RFID-Umsatzes tatsächlich realisiert werden können, wird einerseits von den Fortschritten in der Standardisierung, andererseits der Senkung der Kosten und Behebung technischer Probleme abhängen.

Aktuell haben die wichtigsten Promotoren der RFID-Technologie, wie etwa das US-Verteidigungsministerium oder der Handelskonzern Wal-Mart ihre RFID-Projekte verschoben bzw. liegen im Zeitplan hinterher, bekräftigen allerdings gleichzeitig ihr Bekenntnis zum RFID-Einsatz.⁸

Obwohl die hinter RFID stehende Technologie relativ einfach erklärt werden kann, entstehen vor allem im betrieblichen Einsatz oftmals erhebliche Schwierigkeiten. Mögliche Einsatzgebiete sowie die daraus entstehenden Kosten müssen identifiziert werden, eine Integration des RFID-Systems in bestehende betriebliche Prozesse reibungslos erfolgen. Mitarbeiter müssen um- bzw. eingeschult werden, bestehende Bedenken relativiert werden. Eine Reihe von Veränderungen und Umstellungen geht folglich mit der RFID-Einführung einher.

⁶ vgl. Heng (2006), S. 9, www.dbresearch.de

⁷ vgl. Heng (2006), S. 9, www.dbresearch.de

⁸ vgl. O. V. (2007f), www.computerzeitung.de

Ziel vorliegender Arbeit ist es, einerseits einen Einblick in die technologische Grundlage der RFID-Technologie, die Standardisierungsbemühungen sowie die Datenschutzaspekte zu geben, andererseits die möglichen Anwendungsgebiete in der Logistik zu identifizieren und zu systematisieren sowie mit Beispielen aus der betrieblichen Praxis illustrativ darzustellen.

Um einen Einblick in die Funktionsweise der RFID-Technologie zu erhalten, widmet sich Kapitel 2 der Begriffsbestimmung von RFID. Hierzu werden die Funktionsweise, die Ziele sowie die Stärken und Schwächen dargestellt.

Die hinter RFID stehende Technologie wird in Kapitel 3 umfassend definiert. Die zentralen Komponenten des RFID-Systems – Transponder, Leseeinheit, Middleware – werden vorgestellt, anhand ihrer Charakteristika beschrieben.

Die Standardisierungsbemühungen im RFID-Umfeld sind zentraler Inhalt des Kapitels 4. Die von EPCglobal sowie der Internationalen Standardisierungsorganisation ISO entwickelten und ratifizierten Standards werden detailliert erläutert, deren Anstrengungen im Anschluss beurteilt.

Kapitel 5 konzentriert sich auf die Anforderungen des Datenschutzes und der Datensicherheit. Schutzmechanismen zur Abwehr nicht autorisierter Zugriffe auf das RFID-System werden ebenso vorgestellt wie der bestehende Europäische und Nationale Rechtsrahmen.

Im Zentrum vorliegender Ausarbeitung stehen allerdings die in Kapitel 6 aufgezeigten Anwendungsfelder der RFID-Technologie im wirtschaftlichen Alltag. Der RFID-Einsatz wird den logistischen Prozessen entsprechend dargestellt. In den Bereichen Lagerhaltung, Kommissionierung, Transport und Produktion erfolgt eine Gegenüberstellung der Ist-Situation und den mit RFID einhergehenden Veränderungen sowie deren Beurteilung. Um den Kreis zwischen Theorie und Praxis zu schließen, werden im jeweiligen Bereich zahlreiche Praxisbeispiele genannt. Zur Vervollständigung der RFID-Einsatzmöglichkeiten werden die Auswirkungen der Transponder-Technologie auf das Behältermanagement als auch auf die Supply Chain Visibility dargestellt.

Im abschließenden Kapitel 7 erfolgt im Rahmen einer Conclusio die Zusammenfassung der erarbeiteten Erkenntnisse.

2. Begriffsbestimmung: RFID

Im Zuge des Kapitels 2 wird ein erster Einblick in die Funktionsweise der RFID-Technologie gegeben. Eine Einordnung dieser in bestehende Auto-ID-Systeme wird vorgenommen. Des Weiteren werden die konkreten Ziele sowie die Stärken und Schwächen von RFID benannt.

2.1. Funktionsweise

Die Abkürzung RFID steht für Radio Frequency Identification.⁹ Dieser englischsprachige Begriff steht für eine Identifikation von Objekten via Funk, auch Funk-Erkennung genannt.¹⁰ RFID-Systeme verwenden für die Kommunikation und die Übertragung von Daten zwischen Transponder und Lesegerät Radiowellen,¹¹ wobei der Datenaustausch über die Luft, die so genannte Luftschnittstelle, stattfindet.

Die Grundfunktion von RFID besteht in der Identifikation von Dingen aus der Ferne. Um Daten auszulesen, bedarf es keiner direkten Sichtverbindung zwischen dem Lesegerät und dem Transponder. Objekte, welche mit einem RFID-Transponder ausgestattet sind, besitzen eine eindeutige Identifikationsnummer, welche auf diesem gespeichert ist.¹² Durch Verwendung eines Lesegerätes wird sie via drahtloser Kommunikation ausgelesen. Das Lesegerät ist seinerseits über eine Schnittstelle oder eine Netzwerkverbindung mit einem Rechner verbunden. Über eine Verknüpfung zum Internet oder zu einer anderen Datenbank können mit Hilfe der eindeutigen Identifikationsnummer des Objekts, spezifische Informationen zu diesem abgerufen werden, sofern diese nicht direkt auf dem Transponder hinterlegt sind.¹³

2.2. RFID und Auto-ID

RFID-Systeme zählen zu den so genannten Auto-ID-Systemen. Auto-ID steht dabei für automatische Identifikation. Grundsätzlich werden Auto-ID-Systeme zur Identifikation von Objekten, Tieren aber auch Personen herangezogen.¹⁴ Weitere Synonyme sind beispielsweise AIDC (Automated Identification and Data Capturing) oder ADC (Automated Data Capturing). Sie beschreiben die verschiedenen Methoden der Datenerfassung, sowohl jene mit höherem als auch jene mit niedrigerem Automatisierungsgrad.¹⁵ Neben der RFID-Technologie zählen Barcode-Systeme, Optical Character Recognition, biometrische Verfahren sowie Chipkarten zu den

⁹ vgl. Riemer (2006), S. 11

¹⁰ vgl. Glasmacher (2005), S. 23

¹¹ vgl. Kern (2006/2007), S. 33

¹² vgl. Mattern (2005), S. 55 f.

¹³ vgl. Lampe/Flörkemeier/Haller (2005), S. 70

¹⁴ vgl. Kern (2006/2007), S. 13

¹⁵ vgl. Gillert/Hansen (2007), S. 8

automatischen Identifikationssystemen.¹⁶ Ziel der automatischen Identifikation ist es, Daten aus der realen Welt ohne Verzögerung – in Echtzeit – in Informationssysteme einzuspeisen, um nachfolgende Prozesse zu steuern und zu kontrollieren.¹⁷

2.3. Ziele von RFID

Ziel der RFID-Technologie ist unter anderem die Vermeidung so genannter Medienbrüche. Durch die kontaktlose, automatische Identifikation von Objekten wird die Lücke zwischen der realen Welt der physischen Objekte und der digitalen Welt der Warenwirtschaftssysteme verkleinert.¹⁸ Dies führt zu einer Kostenreduktion in der Datenerfassung sowie zu einer Verringerung des Zeitraums zwischen der Entstehung der Daten und deren Verfügbarkeit im Informationssystem. Des Weiteren erfolgt eine signifikante Erhöhung der Datenqualität.¹⁹ Der Einsatz von RFID-Systemen führt zu einer ganzheitlichen Prozessoptimierung: die Rückverfolgbarkeit von Objekten wird erleichtert, die Authentizität von Daten garantiert, die Produktsicherheit wesentlich verbessert, das Lagermanagement optimiert und Zugangskontrollen werden vereinfacht.²⁰

2.4. Stärken der RFID-Technologie

Gegenüber der Barcode-Technologie führt der Einsatz der RFID-Technologie zu vielfältigen Vorteilen. So ist kein direkter Sichtkontakt zwischen Transponder und Lesereinheit nötig, um Daten auszutauschen. Folglich können Transponder – aufgrund ihrer geringen Ausmaße – direkt in die Ware eingearbeitet oder durch Verpackungen gelesen werden. Dadurch besteht ein größerer Schutz gegenüber externen Einflüssen wie Schmutz, Feuchtigkeit, hohe und tiefe Temperaturen sowie Beschädigungen. Physische Abnützungen werden verhindert. Als weitere Stärke ist die Möglichkeit zur Pulkfassung, sprich dem gleichzeitigen Auslesen mehrerer mit einem Transponder bestückter Objekte mit nur einem Lesegerät, zu nennen. Dadurch müssen Euro-Paletten oder Container mit einzeln verpackten Waren nur einmal ausgelesen werden und nicht mehr jedes einzelne Objekt separat gescannt werden.²¹ Die Pulkidentifikation wird durch das so genannte Anti-Kollisionsverfahren realisierbar. Dieses verhindert die gegenseitige Beeinflussung jener Transponder, welche sich im Lesebereich des Lesegerätes befinden. Durch die Möglichkeit Transponder direkt in Produkte einzubetten, kann der Zerstörung oder Manipulation sowie dem Diebstahl und der Produktpiraterie entgegengewirkt werden.²²

¹⁶ vgl. Finkenzeller (2006), S. 2

¹⁷ vgl. Gillert/Hansen (2007), S. 89

¹⁸ vgl. Lampe/Flörkemeier/Haller (2005), S. 69

¹⁹ vgl. Gillert/Hansen (2007), S. 8

²⁰ vgl. Informationsforum RFID (2007), www.info-rfid.de

²¹ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 9 f.

²² vgl. Glasmacher (2005), S. 28

Der Umstieg auf RFID führt zu einer Verringerung der Fehlerrate, zu größerer Lesegenauigkeit und dadurch zur Steigerung der Datenqualität. Werden Transponder mit Sensoren gekoppelt, können vielfältige Umweltzustände erfasst und aufgezeichnet werden.²³ Zusätzlich ist im Vergleich zu Barcode-Scannern eine höhere Reichweite erzielbar und es besteht bei Transpondern mit Datenspeichern die Möglichkeit, Informationen, welche sich auf dem Datenspeicher eines RFID-Tags befinden, während des Einsatzes zu verändern.²⁴ Der Vorteil der RFID-Technologie liegt in der Möglichkeit, Transponderdaten zu ändern, zu ergänzen oder fortzuschreiben, wodurch die Flexibilität gesteigert wird.²⁵

2.5. Schwächen der RFID-Technologie

Trotz der vielfältigen Vorteile der RFID-Technologie sind ihr auch gewisse Grenzen gesetzt. Hierbei handelt es sich überwiegend um physikalische Determinanten, insbesondere Flüssigkeiten und Metalle, welche den reibungslosen Einsatz nachteilig beeinflussen können. Eine Schwäche der RFID-Technologie besteht folglich bei Produkten, welche einen hohen Wasseranteil aufweisen. Wasser absorbiert die vom Lesegerät ausgestrahlten elektromagnetischen Wellen. Der dadurch entstehende Dämpfungsverlust erschwert das Auslesen des Transponders erheblich.²⁶

Des Weiteren bestehen Probleme beim Auslesen von Transpondern, welche auf metallischen Objekten oder Flächen angebracht sind. Das Metall stört die Energiekoppelung zwischen Lesegerät und Transponder, wodurch die Lesereichweite verringert bzw. ein Auslesen teils unmöglich wird. Eine Reflexion der elektromagnetischen Wellen erfolgt auch durch Metalle in der Umgebung.²⁷

Neben physikalischen Einflussgrößen zählen Standardisierungs- sowie Datenschutzdefizite zu den Schwächen der RFID-Technologie. Infolge der mangelnden weltweiten Standardisierung bei Datenschnittstellen und Frequenzen erwachsen Nachteile im internationalen Kontext. So wird der Einsatz von RFID-Systemen auf internationaler Ebene deutlich erschwert, da beispielsweise in Europa angebrachte Transponder in den USA oftmals nicht ausgelesen werden können. Als weiterer Hemmfaktor für die breite Verwendung der RFID-Technologie ist der Datenschutz zu nennen. Die vielfach genannte Angst rund um den gläsernen Konsumenten, die Manipulierbarkeit der Daten oder das Abhören von Datenflüssen sind die meist genannten Befürchtungen. Die Sicherheit der gespeicherten Daten stellt einen für die Zukunft wichtigen Entwicklungsbereich dar.²⁸

²³ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 72 f.

²⁴ vgl. Lampe/Flörkemeier/Haller (2005), S. 70

²⁵ vgl. Buhl (2005), S. 34

²⁶ vgl. Glasmacher (2005), S. 29

²⁷ vgl. Lampe/Flörkemeier/Haller (2005), S. 80 f.

²⁸ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 72

Die Kosten der RFID-System-Integration als auch jene der RFID-Transponder und der RFID-Lesegeräte stellen aktuell eine der größten Herausforderung dar. In Abhängigkeit von der Abnahmemenge liegt der Preis für passive Transponder zwischen 10 Euro, bei einer Auflage unter 1.000 Stück, und 5 Cent bei einer Auflage von über 1 Million Stück. Auf die Textilbranche bezogen kann der RFID-Einsatz beispielsweise erst bei einem maximalen Preis von 2% des Kaufpreises der Waren erfolgreich eingesetzt werden.²⁹ Der flächendeckende Durchbruch der Transponder-Technologie ist folglich in hohem Maße von der zukünftigen Entwicklung der Preise abhängig.

Nachfolgende Tabelle gibt einen komprimierten Überblick über die bei einem RFID-Einsatz zu berücksichtigenden Vor- und Nachteile:

Vorteile	Nachteile
Kein Sichtkontakt zum Lesegerät nötig	Teils ungenügende Reichweiten
Daten sind abänderbar	Noch bestehender Standardisierungsbedarf
Hoher Datenspeicher	Probleme mit Metall und Flüssigkeiten
Geringer Platzbedarf	Störungen durch Funk möglich
Sofortige Identifikation der Objekte	Datenschutz ist noch in Entwicklung
Eindeutige Identifikation der Objekte	Ungenügende Sicherheit
Hitze- und Kältebeständigkeit	Daten sind manipulierbar
Keine physische Abnutzung	Hohe Kosten der RFID-Transponder
Größere Leseabstände	Hohe Kosten der Integration
Pulkerfassung	
Geringe Fehlerrate	
Große Lesegenauigkeit	
Erfassung von Umweltzuständen mittels Sensoren	

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der RFID-Technologie³⁰

²⁹ vgl. Heng (2006), S. 6, www.dbresearch.de

³⁰ in Anlehnung an: Franke/Dangelmaier (2006), S. 72 f.

3. Darstellung der technischen Komponenten eines RFID-Systems

Jedes RFID-System besteht aus zwei Hauptkomponenten: dem Transponder – auch (RFID-) Tag genannt – und der Lese- bzw. Schreibeinheit.³¹ Weiters bedarf es eines computergestützten Hintergrundsystems – der Middleware – welche die tatsächliche Verarbeitung der ausgelesenen Daten vornimmt bzw. den Auftrag gibt, neue, aktualisierte Daten auf den Tag zu schreiben.³²

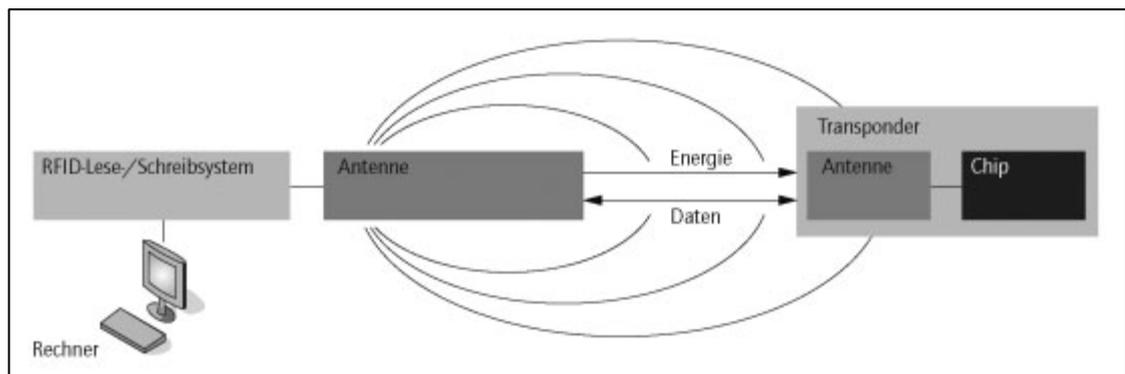


Abbildung 2: Bestandteile eines RFID-Systems³³

Nach einer kurzen Vorstellung der zentralen Komponenten eines RFID-Systems folgt in den nachfolgenden Unterkapiteln die Systematisierung dieser anhand ihrer spezifischen Charakteristika.

RFID-Transponder

Der Begriff Transponder ist eine neue Wortschöpfung und setzt sich aus den beiden englischen Wörtern 'translate' (übersetzen) und 'respond' (reagieren, antworten) zusammen.³⁴ Die Bezeichnung stammt ursprünglich aus dem Bereich der Satellitentechnik, steht für eine kommunikationstechnische Einrichtung, welche Signale empfangen sowie weitergeben kann und spiegelt somit die Grundfunktion des RFID-Transponders wider.³⁵

Der Transponder dient als universeller Datenspeicher und inkludiert die Möglichkeit zur Kommunikation sowie zum Datenaustausch. Jeder RFID-Tag besteht aus einem Mikroprozessor mit einem integrierten Datenspeicher und einer Sende- bzw. Empfangseinheit.³⁶ Bei der Sende- und Empfangseinheit handelt es sich um eine Spule, welche als Antenne fungiert und die kontaktlose Datenübertragung ermöglicht. Der Transponder dient zur eindeutigen Kennzeichnung und Identifikation eines Objekts

³¹ vgl. Finkenzeller (2006), S. 7

³² vgl. Schoblick/Schoblick (2005), S. 145

³³ Scholz-Reiter (2006), S. 617

³⁴ vgl. Garber (2005), S. 31

³⁵ vgl. Gerhäuser/Pflaum (2004), S. 278

³⁶ vgl. Baginski (2006), S. 230

und ist mit diesem meist fest verbunden. In Abhängigkeit von der Speichergröße können auf dem Datenträger neben der Identifikationsnummer noch weitere Informationen hinterlegt werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, den Transponder mit einem Sensor zu koppeln, mit welchem beispielsweise die Temperatur sensibler Produkte überwacht wird.³⁷

Aufgrund der Vielzahl heute bereits bestehender Anwendungsmöglichkeiten der RFID-Technologie und der damit einhergehenden Vielfalt bestehender Transponderarten mit jeweils spezifischen Merkmalen, ist eine Systematisierung ihrer Eigenschaften von Nöten. Hierzu wird auf Kapitel 3.1. verwiesen.

RFID-Lesegerät

Das Lesegerät eines RFID-Systems besteht, wie der Transponder, aus einer Antenne, welche als Sende- und Empfangseinheit dient und aus einem Mikrochip für die Verarbeitung der ausgelesenen Daten.³⁸ Die Antenne erzeugt die elektromagnetischen Wellen des Antennenfeldes. Im UHF-Bereich besteht eine Vielzahl möglicher Antennenkonstruktionen. Soll eine große Lesereichweite erreicht werden, werden stark bündelnde Antennen mit einem hohen Antennengewinn eingesetzt. Der Antennengewinn bezeichnet dabei die Konzentration der maximalen Leistung in die gewünschte Richtung und ist grundsätzlich von der Größe der Antenne abhängig. Es ist zu beachten, dass durch die Bündelung der Antennenleistung zwar die Leseweite erhöht wird, dies allerdings gleichzeitig zu einer Verringerung der Lesebreite führt. Der Transponder muss folglich exakter positioniert werden, um eine fehlerlose Erfassung zu gewährleisten, kann hingegen weiter entfernt sein. Die mit der Antennengröße korrelierende Antennenleistung darf jedoch nicht unbeschränkt erhöht werden, sondern hat europäischen Richtlinien zu entsprechen.³⁹

In Abhängigkeit von der Ausgestaltung des Systems dient das Lesegerät entweder als reine Leseinheit oder als Lese- und Schreibeinheit. Die Funktionen des Erstgenannten sind auf das reine Auslesen von Daten aus dem Transponder beschränkt, während Letzteres sowohl für das Auslesen als auch für die (Neu-)Beschreibung des Tags zuständig ist. Zusätzlich dient das Lesegerät als Schnittstelle zu einem Rechner – der Middleware.⁴⁰ Analog zur bestehenden Vielzahl an Transponderarten besteht diese auch bei den zum Einsatz kommenden Lesegeräten. Ihre Klassifizierung und detaillierte Beschreibung erfolgt in Kapitel 3.2.

RFID-Middleware

Aufgabe des computergestützten Hintergrundsystems ist es, Kommandos und Daten an das Lesegerät zu übermitteln, gleichzeitig die erhaltenen Daten zu verarbeiten. Beispiele für Kommandos wären das Auslesen der Identifikationsnummern aller RFID-Tags, welche sich im Lesefeld des Lesegerätes befinden oder die (Neu-)Beschreibung von Transpondern mit aktualisierten Daten.⁴¹ (vgl. Kapitel 3.3)

³⁷ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 17 f.

³⁸ vgl. Kern (2006/2007), S. 33

³⁹ vgl. Gillert/Hansen (2007), S. 153

⁴⁰ vgl. Lampe/Flörkemeier/Haller (2005), S. 70

⁴¹ vgl. Lampe/Flörkemeier/Haller (2005), S. 70

3.1. Systematisierung von RFID-Transpondern

Aufgrund der Vielzahl heute bestehender Arten und Subarten von RFID-Transpondern bedarf es einer Klassifizierung dieser anhand ihrer Eigenschaften. Im hier folgenden Abschnitt wird daher eine Unterscheidung nach der spezifischen Energieversorgung, der verwendeten Betriebsfrequenz und in Abhängigkeit davon der möglichen Reichweite, der Betriebsart, der Speichertechnologie – inklusive Programmierbarkeit und Datenmenge – sowie der Bauform der Transponder vorgenommen.

3.1.1. Differenzierung nach der Energieversorgung

Eines der Kernmerkmale von RFID-Tags bezieht sich auf deren Energieversorgung. Man differenziert zwischen aktiven, passiven und semi-aktiven/-passiven Tags. Sie unterscheiden sich neben ihrer Energieversorgung primär anhand ihrer Funktionalität, ihrem Einsatzzweck sowie ihren Herstellungs- bzw. Anschaffungskosten.⁴²

3.1.1.1. Passive Transponder

Passive Transponder besitzen keine eigene Stromversorgung. Die für den Betrieb des Mikrochips sowie für das Senden der Daten benötigte Energie erhält der RFID-Tag aus dem elektrischen bzw. elektromagnetischen Feld, welches von der Antenne des Lesegerätes bei der Datenabfrage ausgesandt wird.⁴³ Durch Induktion werden die Funkwellen in Energie umgewandelt, welche den Chip versorgt.⁴⁴ Nachfolgende Abbildung verdeutlicht diesen Prozess:

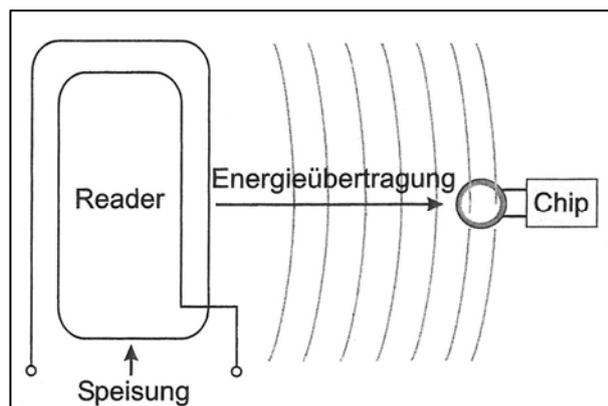


Abbildung 3: Energieübertragung bei passiven Transpondern⁴⁵

Die erzeugte Energie dient zur Datenübertragung vom Lesegerät zum Tag und vice versa. Außerhalb der Reichweite eines Lesegerätes ist der Transponder ohne Energie

⁴² vgl. Gillert/Hansen (2007), S. 149

⁴³ vgl. Lampe/Flörkemeier/Haller (2005), S. 73

⁴⁴ vgl. Finkenzeller (2006), S. 44

⁴⁵ Schoblick/Schoblick (2005), S. 121

und nicht in der Lage ein Signal auszusenden.⁴⁶ Durch den Verzicht auf eine Batterie ist der passive Transponder sehr klein und in der Herstellung bzw. Anschaffung kostengünstiger als ein RFID-Tag mit eigener Stromversorgung. Dadurch eignen sie sich vor allem für die Auszeichnung von Produkten oder Ladungsträgern, da hier große Stückmengen benötigt werden und die Kosten zentrales Kriterium für oder wider den Einsatz sind.⁴⁷

Die Lebensdauer passiver Transponder ist beinahe unbegrenzt, der Wartungsaufwand zu vernachlässigen. Ihre Reichweite steht in Abhängigkeit zur Stärke des vom RFID-Lesegerät ausgestrahlten elektromagnetischen Feldes, ist infolge der gesetzlich regulierten Sendeleistung allerdings gering und auf wenige Meter beschränkt.⁴⁸

3.1.1.2. Aktive Transponder

Im Gegensatz zu passiven Transpondern verfügen aktive Transponder über eine eigene Stromversorgung für den Chip, in Form einer Batterie oder einer Solarzelle.⁴⁹ Durch die autonome Energieversorgung wird die Notwendigkeit eines leistungsstarken Antennenfeldes obsolet. Letztgenanntes muss lediglich groß genug sein, damit der Transponder Abfragen des Lesegerätes als solche erkennt und dem Lesegerät ermöglicht, dessen Antworten auszuwerten. Dieser Umstand trägt zu einer wesentlichen Erhöhung der Kommunikationsreichweite bei.⁵⁰ Die Energie für den Betrieb des Mikrochips sowie für das Senden der Daten wird durch die interne Energiequelle bereitgestellt.⁵¹

Aktive Transponder können zusätzlich mit Sensoren ausgestattet werden, welche beispielsweise für die Überwachung von Kühlketten eingesetzt werden. Sensoren sind in der Lage, unterschiedlichste Umweltzustände wahrzunehmen und aufzuzeichnen sowie die erfassten Werte weiterzuleiten. Sie reagieren sowohl auf Licht, Beschleunigung, Temperatur und Druck als auch auf Größen wie Feuchtigkeit, Erschütterung oder Magnetfelder. Eine viel versprechende Entwicklung stellen Funksensoren dar, welche ohne explizite Energieversorgung, die von ihnen generierten Messwerte einige Meter weit melden können. Zusätzlich bestehen Funksensoren, welche eine eigene Stromversorgung besitzen. Diese senden ihre Messwerte via GSM-Mobilfunknetz über größere Distanzen und werden in der Logistik vor allem zur Überwachung von Containern oder Eisenbahngüterwagen meist in Verbindung mit GPS eingesetzt.⁵²

⁴⁶ vgl. Finkenzeller (2006), S. 23

⁴⁷ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 20

⁴⁸ vgl. Gillert/Hansen (2007), S. 150

⁴⁹ vgl. Finkenzeller (2006), S. 23

⁵⁰ vgl. Schoblick/Schoblick (2005), S. 122

⁵¹ vgl. Lampe/Flörkemeier/Haller (2005), S. 73

⁵² vgl. Mattern (2005), S. 46 f.

Durch die Verknüpfung der Transponder mit einem Sensor können neue Anwendungsbereiche erschlossen werden. Ihr Einsatzgebiet konzentriert sich vor allem auf jene Anwendungen, in welchen keine kabelgebundenen Sensoren verwendet werden können.⁵³

Im Vergleich zu passiven Transpondern sind aktive Transponder in der Herstellung sowohl aufwendiger als auch kostenintensiver. Allerdings bestehen bereits heute viele Einsatzbereiche, in denen trotz des höheren Preises aktive Transponder eingesetzt werden, da der realisierbare Nutzen die Kosten um ein Vielfaches übersteigt. Dies ist beispielsweise bei der Identifikation von Fahrzeugen, bei Mehrwegbehältersystemen oder der Kennzeichnung von Bauteilen in der Industrie der Fall. Im Gegensatz zu passiven Transpondern wird jedoch auf die Kennzeichnung von Massenware mit aktiven Transpondern verzichtet.⁵⁴

Ihre Reichweite ist im Vergleich zu passiven Transpondern wesentlich größer und beträgt zwischen 3m bis über 100m, welche in Abhängigkeit von den spezifischen Anforderungen gewählt wird.⁵⁵

Aufgrund der eigenen Stromversorgung können größere Speichervolumina erreicht werden. Daten verschiedenster Art können auf dem RFID-Tag hinterlegt werden, seien es der Inhalt eines gesamten Containers, die Senke, die Quelle oder das Haltbarkeitsdatum.⁵⁶

3.1.1.3. Semiaktive/-passive Transponder

Der semiaktive/-passive RFID-Transponder besitzt eine eigene Batterie, welche ausschließlich für den Betrieb des Mikrochips verwendet wird. Zum Senden der Daten wird auf die Energie des Lesegerätes zurückgegriffen, welche wie bei passiven Transpondern aus dem Feld der Antenne des Lesegerätes bezogen wird.⁵⁷ In speziellen Fällen, in denen besonders hohe Anforderungen an die Lesereichweite gestellt werden, kann die Energie der Batterie auch für die Übertragung des Signals verwendet werden. Eine zusätzliche Möglichkeit besteht darin, die interne Batterie durch Induktion aufzuladen. Diese Ausstattungsvariante führt zu wesentlich höheren Kosten, ist folglich nur in speziellen Anwendungsszenarien denkbar.⁵⁸

⁵³ vgl. Wissendheit/Kuznetsova (2006), S. 21

⁵⁴ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 20 f.

⁵⁵ vgl. Gillert/Hansen (2007), S. 150

⁵⁶ vgl. Sweeney (2005), S. 38

⁵⁷ vgl. Lampe/Flörkemeier/Haller (2005), S. 73

⁵⁸ vgl. Kern (2007), S. 47

3.1.2. Differenzierung gemäß verwendbarer Betriebsfrequenzen

Die Betriebsfrequenz eines RFID-Systems stellt ein weiteres zentrales Unterscheidungsmerkmal dar. In Abhängigkeit von dieser steht die Reichweite des Systems,⁵⁹ welche im Anschluss an die Nennung der verschiedenen Betriebsfrequenzen in einem eigenen Unterpunkt erläutert wird.

RFID-Systeme verwenden zur Kommunikation so genannte ISM-Frequenzbereiche (Industrial-Scientific-Medical), welche für industrielle, wissenschaftliche und medizinische Anwendungen frei gehalten wurden. In den verschiedenen Ländern bestehen uneinheitliche Zuteilungen der Frequenzbereiche. Dieser Umstand stellt einen wesentlichen Hemmfaktor für die Entwicklung international einsetzbarer RFID-Systeme dar und verdeutlicht die hohe Bedeutung der internationalen Standardisierungsbemühungen.⁶⁰

Heute bestehende RFID-Systeme arbeiten auf den verschiedensten Frequenzbereichen, vom Langwellenbereich um 125 kHz bis hin zum Mikrowellenbereich bei 5,8 GHz.⁶¹ Diese sowie die dazwischen liegenden Frequenzbereiche sollen nachfolgend beschrieben, ihre spezifischen Merkmale dargestellt werden.

Abbildung 4 zeigt die geschätzte Verteilung von RFID-Transpondern auf die unterschiedlichen Frequenzen:

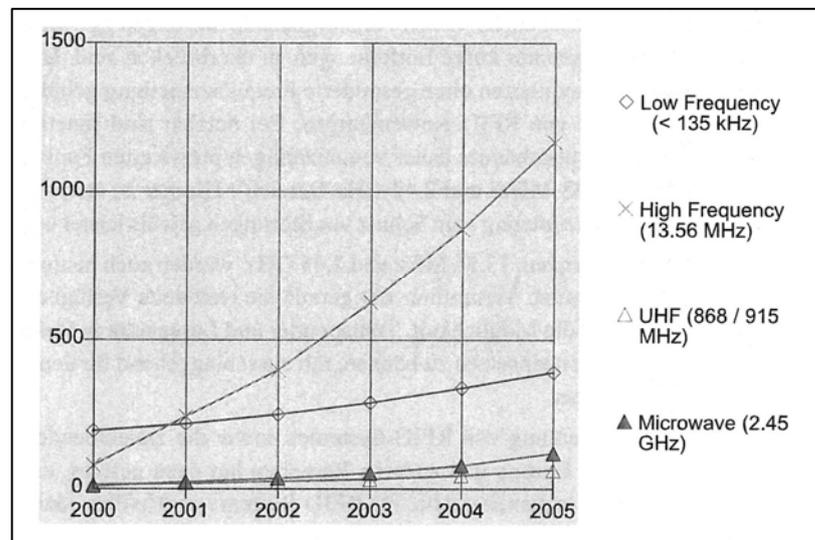


Abbildung 4: Die geschätzte Verteilung des globalen Marktes für Transponder auf die unterschiedlichen Frequenzbereiche, in Millionen Stück⁶²

⁵⁹ vgl. Finkenzeller (2006), S. 22

⁶⁰ vgl. Schmidt (2006), S. 34

⁶¹ vgl. Schoblick/Schoblick (2005), S. 126

⁶² Finkenzeller (2006), S. 171

3.1.2.1. Langwellenbereich

Im Langwellenbereich verwenden RFID-Systeme einen Frequenzbereich zwischen 125 kHz und 135 kHz, welcher auch international nutzbar ist. Ihr Einsatzbereich beschränkt sich auf begrenzte Distanzen, da lediglich kurze Reichweiten von unter 1m erreicht werden können. Neben der begrenzten Reichweite stellt die geringe Geschwindigkeit im Lesevorgang einen Nachteil dar. Sollen beispielsweise mehrerer Transponder gleichzeitig ausgelesen werden, wie dies etwa an der Supermarktkasse der Fall ist, können nur sehr kleine Datenmengen auf den Transponder gespeichert werden. Andernfalls wäre ein rasches Auslesen nicht möglich, da für die schnelle Übermittlung großer Datenmengen eine höhere Frequenz mit einer höheren Bandbreite benötigt wird.⁶³ RFID-Lösungen auf Langwelle werden heute vor allem zur Tieridentifikation, zur Produktionskontrolle, zur Automatisierung, zur elektronischen Kfz-Wegfahrsicherung sowie bei Zugangskontrollsystemen verwendet.⁶⁴

3.1.2.2. Kurzwellenbereich

RFID-Systeme im Frequenzbereich um 13,56 MHz sind wie Langwellensysteme ebenfalls international verfügbar. Durch die höhere Lesegeschwindigkeit im Vergleich zu diesen, können größere Datenmengen pro Transponder gelesen werden, wodurch Kurzwellensysteme zu den interessantesten und am häufigsten nachgefragten RFID-Lösungen zählen. Durch die hohe Betriebsfrequenz und die dadurch realisierbare Übertragung größerer Datenmengen bei gleichzeitig hoher Lesegeschwindigkeit sind Kurzwellensysteme ideal für den Einsatz an Supermarktkassen. In kurzer Zeit wird eine große Anzahl an Transpondern mit großen Datenmengen ausgelesen. Zu den bevorzugten Einsatzgebieten von Kurzwellen-RFID-Lösungen zählen folglich elektronische Warensicherungssysteme, Kaufhaus- und Supermarkt-Kassensysteme sowie Massenzugangs-Kontrollsysteme, wie beispielsweise an Theater- oder Konzertkassen oder Skiliften.⁶⁵

3.1.2.3. Ultra-Kurzwellenbereich

In diesem Bereich sind für RFID folgende zwei Frequenzen festgelegt:⁶⁶

- 868 MHz sind in Europa nutzbar
- 915 MHz werden in den USA verwendet, sind in Europa jedoch nicht für RFID zugelassen.

⁶³ vgl. Schoblick/Schoblick (2005), S. 126 f.

⁶⁴ vgl. Informationsforum RFID (2007), www.info-rfid.de

⁶⁵ vgl. Schoblick/Schoblick (2005), S. 127 f.

⁶⁶ vgl. Schoblick/Schoblick (2005), S. 128

Der größte Vorteil des Ultra-Kurzwellenbereichs gegenüber dem Lang- und Kurzwellenbereich besteht in der hohen Lesegeschwindigkeit, welche aufgrund der hohen Bandbreite der Übertragung von Daten realisiert wird. Daher liegt der Haupteinsatzbereich dieser Systeme hauptsächlich in der Logistik und der Industrie im Allgemeinen. So können mit Smart-Labels ausgestattete Euro-Paletten aber auch Container bei deren Anlieferung automatisch erkannt und erfasst werden.⁶⁷

3.1.2.4. Mikrowellenbereich

Im Mikrowellenbereich stehen wie im Ultra-Kurzwellenbereich zwei unterschiedliche ISM-Frequenzbänder zur Verfügung:

- 2,45 GHz (international verwendbar)
- 5,80 GHz (ist in Europa problembehaftet, da sie nicht explizit der RFID-Technologie vorbehalten ist, sondern durch vielfältige Anwendungen, unter anderem der digitalen Audio- und Videoübertragung oder dem Fahrzeugradar, belegt wird.)

Der im Mikrowellenbereich realisierbaren hohen Lesegeschwindigkeit steht eine Vielzahl physikalisch bedingter Nachteile gegenüber. So haben Metalle und Feuchtigkeit einen negativen Einfluss auf die lückenlose Funktionsfähigkeit des Systems, da sie die Mikrowellenenergie reflektieren bzw. absorbieren. Zusätzlich bedarf es bei Mikrowellensystemen einer exakten Ausrichtung der Antenne, um überhaupt ausgelesen werden zu können.⁶⁸

3.1.3. Differenzierung nach der Lesereichweite

Ein weiteres zentrales Charakteristikum von RFID-Systemen ist deren spezifische Lesereichweite – welche wie bereits zuvor erwähnt – von der Betriebsfrequenz des eingesetzten RFID-Systems determiniert wird. Die Lesereichweite ist definiert als jene Entfernung, in welcher ein Transponder noch sicher gelesen werden kann.⁶⁹

Grundsätzlich stehen Reichweiten zwischen wenigen Zentimetern und mehreren Metern zur Auswahl. In Abhängigkeit davon werden drei Klassen unterschieden: Close-Coupling-Systeme, Remote-Coupling-Systeme oder Mid-Range-Systeme und Long-Range-Systeme.⁷⁰

⁶⁷ vgl. Schoblick/Schoblick (2005), S. 128

⁶⁸ vgl. Schoblick/Schoblick (2005), S. 128 f.

⁶⁹ vgl. Ephan/Werke (2006), S. 26

⁷⁰ vgl. Lampe/Flörkemeier/Haller (2005), S. 77 f.

3.1.3.1. Close-Coupling-Systeme

Close-Coupling-Systeme verfügen über eine minimale Reichweite von bis zu 1cm. Für den Lesevorgang ist entweder der direkte Kontakt mit dem Lesegerät bzw. die Positionierung des RFID-Tags auf einer speziell dafür vorgesehenen Oberfläche nötig. Ihr Einsatz beschränkt sich auf jene Gebiete, in denen hohe Sicherheitsanforderungen bestehen, jedoch keine hohen Reichweiten zu erzielen sind. Dies ist beispielsweise bei elektronischen Zugangskontrollsystemen oder kontaktlosen Chipkartensystemen mit Zahlungsfunktion der Fall.⁷¹

3.1.3.2. Mid-Range-Systeme

Diese werden auch Remote-Coupling-Systeme genannt und erreichen Schreib- und Lesereichweiten bis zu 1m. Als Betriebsfrequenz dienen hier der Langwellen- sowie der Kurzwellenbereich mit 135 kHz bzw. 13, 56 MHz.⁷² Die häufigsten Einsatzbereiche von Mid-Range-Systemen liegen bisweilen in der Diebstahlsicherung und der Zugangssicherung. Allerdings bestehen bereits Überlegungen bezüglich einer Verwendung im Bereich des Markenschutzes. So könnten beispielsweise Ersatzteile im Automobilsektor mit RFID-Tags ausgestattet werden. Ein im Fahrzeug installierter Bordcomputer würde sodann erkennen, ob es sich bei den eingebauten Ersatzteilen um Originale oder Nachbauten handelt und im letztgenannten Fall die Funktion verweigern.⁷³

3.1.3.3. Long-Range-Systeme

RFID-Systeme mit einer Reichweite von über 1m sind so genannte Long-Range-Systeme. Die verwendete Sendefrequenz liegt im Ultrakurzwellenbereich bei 868 MHz in Europa bzw. 915 MHz in den USA oder im Mikrowellenbereich bei 2,5 GHz.⁷⁴ Long-Range-Systeme, welche heute in der Praxis verwendet werden, können Distanzen zwischen 10m und 15m zwischen Transponder und Lesegerät überwinden. Im Mikrowellenbereich sind Reichweiten bis zu maximal 100m vorstellbar. Allerdings werden in diesen Fällen ausschließlich aktive Transponder eingesetzt, da durch die relativ große Entfernung zwischen den genannten Komponenten kein ausreichend starkes elektromagnetischen Feld mehr generiert werden kann, welches den passiven Transponder mit Energie versorgen würde. Die Einsatzbereiche von Long-Range-Systemen liegen unter anderem in der Erfassung von ganzen Warenpaletten oder Container-Lieferungen.⁷⁵

⁷¹ vgl. Finkenzeller (2006), S. 22

⁷² vgl. Finkenzeller (2006), S. 22 f.

⁷³ vgl. Schoblick/Schoblick (2005), S. 124 f.

⁷⁴ vgl. Lampe/Flörkemeier/Haller (2005), S. 78

⁷⁵ vgl. Schoblick/Schoblick (2005), S. 125 f.

Einen abschließenden Überblick über die einzelnen Frequenzbereiche und die jeweils erreichbaren maximalen Leseentfernungen gibt Tabelle 2:

Frequenzbereich	Max. Leseentfernung	Auswahl möglicher Einsatzbereiche
125 kHz	0,5m	Zugangskontrollsysteme, Injizierbare Datenträger zur Tieridentifikation, elektronischen Kfz-Wegfahrsicherung
13,56 MHz	1m	Elektronische Artikelsicherung, Ladungsträger (z.B. Paletten, Boxen, usw.), Massenzugangskontrollsysteme
868 MHz	3m	Ladungsträger, Transporteinheiten (z. B. Paletten, Container)
915 MHz	10m	Ladungsträger, Transporteinheiten
2,45 GHz	100m	Ladungsträger, Transporteinheiten, größere Lesereichweiten durch aktive oder semi-aktive Transponder

Tabelle 2: Übersicht Frequenzbereiche⁷⁶

3.1.3.4. Beeinflussende Faktoren

Die absolute Abgrenzung zwischen den einzelnen Systemen nach ihrer jeweiligen Reichweite muss an dieser Stelle jedoch relativiert werden, da eine Vielzahl an Faktoren besteht, welche die Lesereichweite sowohl positiv als auch negativ beeinflussen. Zu diesen zählen:⁷⁷

- die Sendefrequenz des Lese- und Schreibgerätes,
- der jeweilige Energieverbrauch des RFID-Transponders,
- die Verbindung zwischen dem Mikrochip und der Antenne des RFID-Transponders,
- die Merkmale der Antenne des RFID-Transponders (Qualität, Größe, Form),
- die Ausrichtung der Transponder-Antenne zum Lesegerät,
- das Design der Antenne des Lesegerätes,
- die Empfindlichkeit und die Sendeleistung des Lesegerätes,
- die jeweiligen Zulassungsbestimmungen des Einsatzlandes,
- die Umwelt- bzw. Umgebungsbedingungen (Absorbierung, Reflexion),
- die Anfälligkeit gegenüber anderen Funk-Signalwellen.

3.1.4. Differenzierung nach der Betriebsart

Um die sich auf dem Mikrochip befindlichen Daten auszulesen bzw. um den Mikrochip neu zu beschreiben, muss eine Übertragung der benötigten Daten zwischen der Lese- bzw. Schreibeinheit und dem RFID-Transponder stattfinden. Hierbei können grundsätzlich zwei verschiedene Verfahren unterschieden werden: das Duplexverfahren und das sequentielle Verfahren. Wobei bei Erstgenanntem zwischen

⁷⁶ in Anlehnung an: Darkow/Decker (2006), S. 45

⁷⁷ vgl. Lampe/Flörkemeier/Haller (2005), S. 78

Halb- und Vollduplexverfahren zu differenzieren ist.⁷⁸ Die Kernvariable der Kategorisierung stellt die Art des zeitlichen Ablaufes der Kommunikation dar.⁷⁹

3.1.4.1. Duplexverfahren

Duplexverfahren zeichnen sich durch eine von der Datenübertragung zwischen dem Transponder und dem Lesegerät unabhängige Energieversorgung aus, d. h. es ist eine kontinuierliche Energieübertragung während dem Sende- und Empfangvorgang gegeben.⁸⁰ Hinsichtlich des zeitlichen Ablaufes der Kommunikation – dem eigentlichen Unterscheidungsmerkmal – kann, wie bereits erwähnt, zwischen Vollduplexverfahren (FDX) und Halbduplexverfahren (HDX) differenziert werden.

Vollduplexverfahren

Beim Vollduplexverfahren findet die Datenübertragung vom Transponder zum Lesegerät parallel zur Übertragung vom Lesegerät zum Transponder statt. Transponder und Lesegerät senden und empfangen gleichzeitig.⁸¹

Halbduplexverfahren

Beim Halbduplexverfahren erfolgt die Datenübertragung zwischen Transponder und Lesegerät zeitversetzt. Während das Lesegerät sendet und der Transponder empfängt, erfolgt keine Datenübertragung des Transponders an das Lesegerät, obwohl sich der Transponder permanent im Feld des Lesegerätes befindet.⁸²

3.1.4.2. Sequentielle Verfahren

Das sequentielle Verfahren unterscheidet sich von den Duplexverfahren durch eine von der Datenübermittlung zwischen Transponder und Lesegerät getrennte Energieversorgung.⁸³ Allerdings handelt es sich bei der sequentiellen Betriebsart auch um eine Sonderform des HDV, da auch hier das Lesegerät und der Transponder abwechselnd senden. Das Energiefeld des Lesegerätes ist allerdings nur aktiv, während dieser sendet, d. h. die Energieversorgung des Transponders erfolgt zeitgleich mit der Datenübertragung des Lesegerätes zum Transponder.⁸⁴

Nachstehende Abbildung verdeutlicht nochmals die zeitlichen Abläufe des Voll- und Halbduplexverfahrens sowie der sequentiellen Betriebsart.

⁷⁸ vgl. Finkenzeller (2006), S. 42

⁷⁹ vgl. Schoblick/Schoblick (2005), S. 142

⁸⁰ vgl. Kern (2006/2007), S. 60

⁸¹ vgl. Finkenzeller (2006), S. 43

⁸² vgl. Schoblick/Schoblick (2005), S. 143

⁸³ vgl. Kern (2006/2007), S. 60

⁸⁴ vgl. Schoblick/Schoblick (2005), S. 143

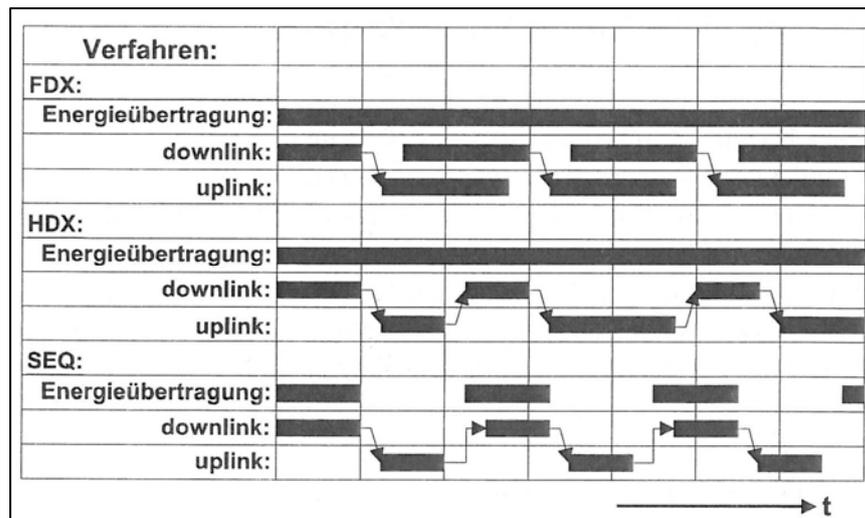


Abbildung 5: Darstellung der zeitlichen Abläufe bei Voll-, Halbduplex- und sequentiellen Systemen. Die Datenübertragung vom Lesegerät zum Transponder wird in der Abbildung als 'Downlink', die Datenübertragung vom Transponder zum Lesegerät als 'Uplink' bezeichnet.⁸⁵

3.1.5. Differenzierung nach der speicherbaren Datenmenge

Aufgrund der Datenmenge kann grundsätzlich zwischen Transpondern mit 1 Bit und größer als 1 Bit Datengröße unterschieden werden. 1-Bit-Systeme sind technisch weniger aufwendig und günstiger als Systeme, welche größere Datenmengen speichern können.⁸⁶

1 Bit ist die kleinste mögliche Informationseinheit. Mit 1-Bit-Transpondern können zwei Systemzustände dargestellt werden: 'Transponder im Ansprechbereich' und 'kein Transponder im Ansprechbereich'. Trotz der eingeschränkten Funktionsweise sind sie weit verbreitet, insbesondere zur elektronischen Diebstahlsicherung wie etwa in Kaufhäusern.⁸⁷ RFID-Transponder mit einem Speicher von 96 Bit, was einer 32-stelligen Dezimalzahl entspricht, werden aktuell am häufigsten verwendet, vor allem zur eindeutigen Identifikation von Objekten. Sollen detaillierte Informationen auf dem Transponder hinterlegt werden, kommen Transponder mit einer Speicherkapazität von 512 Bit bis zu 64 KBit zum Einsatz.⁸⁸

⁸⁵ Finkenzeller (2006), S. 43

⁸⁶ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 21

⁸⁷ vgl. Finkenzeller (2006), S. 32

⁸⁸ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 21

3.1.6. Differenzierung nach der Programmierbarkeit und der angewandten Speichertechnologie

Neben dem Mikroprozessor ist der Speicher der wichtigste Bestandteil eines Datenträgers. Zum Datentransfer sowie zur Datenspeicherung benötigen RFID-Systeme einen Speicher, welcher abhängig vom Einsatzgebiet bzw. vom Anwendungszweck eine unterschiedliche Speicherkapazität benötigt.⁸⁹ Die Speicherkapazität eines RFID-Tags ist die wesentliche Einflussgröße für die Chipgröße des Datenträgers und folglich für dessen Preis.⁹⁰

3.1.6.1. Read-only-Transponder

Generell unterscheidet man zwischen einfachen RFID-Transpondern, welche einmal beschrieben werden können und (wieder-)beschreibbaren RFID-Transpondern. Erstgenannte werden bei ihrer Herstellung mit einer Identifikationsnummer beschrieben und können im Nachhinein nur mehr ausgelesen aber nicht mehr verändert werden.⁹¹ In diesem Zusammenhang spricht man von Read-only-Transpondern. Die im Read-only-Transponder fest kodierte Seriennummer wird auch 'unique number' genannt. Befindet sich der Transponder im Feld eines Lesegerätes, sendet er permanent seine eigene Seriennummer. Es handelt sich um einen reinen unidirektionalen Datenfluss, da der Transponder keine Möglichkeit hat, das Lesegerät selbstständig anzusprechen. Durch die im Vergleich relativ einfache Funktionsweise der hier beschriebenen Transponder können die Fläche des Chips sowie der Leistungsumfang und die Herstellungskosten gering gehalten werden. Aufgrund der Möglichkeit Read-only-Transponder auf allen verfügbaren Frequenzen zu betreiben, können in Kombination mit der geringen Leistungsaufnahme hohe Reichweiten erzielt werden. Der Einsatz von Read-only-Transponder konzentriert sich vor allem auf Gebiete, in denen das reine Auslesen der eindeutigen Identifikationsnummer ausreicht, nur wenige Daten benötigt werden bzw. Barcodesysteme ersetzt werden sollen. Dies ist beispielsweise bei der Steuerung von Warenflüssen, der Identifikation von Paletten oder Containern aber auch zur Identifikation von Tieren der Fall.⁹²

3.1.6.2. Read-write-Transponder

Beschreibbare Transponder, auch Read-write-Transponder genannt, können wiederholt beschrieben werden. Hierzu werden EEPROM-, FRAM-, oder RAM-Zellen auf dem Chip angebracht, wobei nur die beiden Erstgenannten in der Lage sind, geschriebene Daten ohne Energieversorgung über längere Zeit – maximal aber bis zu 10 Jahren – zu speichern. Systeme, welche die von ihnen benötigte Energie durch

⁸⁹ vgl. Kern (2006/2007), S. 61

⁹⁰ vgl. Finkenzeller (2006), S. 36

⁹¹ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 21

⁹² vgl. Finkenzeller (2006), S. 25 f.

Induktion erhalten, verwenden EEPROMs (electrically erasable programmable read only memory). EEPROMs sind folglich passive Transponder, welche keine eigene Energieversorgung besitzen und dadurch sehr klein gehalten werden können. Ihre Speicherkapazität liegt zwischen 16 Byte und 32 Byte. Von Nachteil sind allerdings ihr hoher Energieverbrauch sowie die Beschränkung auf maximal 100.000 Schreibvorgänge. Eine höhere Anzahl an Schreibvorgängen kann hingegen mit FRAMs (ferromagnetic random access memory) realisiert werden. FRAMs können bis zu 10^{10} -mal wieder beschrieben werden. RAMs (random access memory) können im Gegensatz zu EEPROMs und FRAMs beliebig oft beschrieben werden. Sie besitzen eine hohe Schreibgeschwindigkeit sowie eine Speicherkapazität zwischen 1 KByte und 512 KByte. Damit gespeicherte Daten nicht verloren gehen, bedarf es einer kontinuierlichen Energieversorgung, welche in Form einer eigenen Energiequelle realisiert wird. Infolge sind ihre Ausmaße größer, wodurch erhebliche Nachteile gegenüber EEPROMs und FRAMs entstehen. Daher werden RAMs hauptsächlich zum Zwischenspeichern von Daten eingesetzt, welche nur während des Betriebs benötigt werden.⁹³

3.1.7. Differenzierung nach Transponderbauformen

Abgeleitet von der Vielzahl aktuell bereits realisierter Anwendungsmöglichkeiten besteht eine ebenso große Menge an unterschiedlichen Transponderbauformen. Theoretisch können Transponder in jedes erdenkliche Gehäuse integriert werden.⁹⁴

Die Bauform der Transponder bezieht sich auf den Chip, die Antenne sowie die Verkapselung des Transponders. Die Art der Antennenbauform hat großen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems, wie etwa auf die realisierbare Schreib- und Lesereichweite.⁹⁵ Die Verkapselung schützt den Transponder vor Umwelteinflüssen und stellt die Verbindung des Transponders mit dem jeweiligen Objekt her. Obwohl Transponder grundsätzlich in jede vom Kunden gewünschte Bauform gebracht werden können, werden prinzipiell fünf Gruppen unterschieden: Glaskapseln, Etiketten, Plastikkarten und Kunststoffgehäuse werden bis dato am häufigsten eingesetzt. Die fünfte Kategorie der Sonderformen umfasst beispielsweise Uhren mit integrierten Transpondern, Textiletiketten sowie Transponder mit integrierten Temperatursensoren.⁹⁶ Die einzelnen Bauformen werden in den nachfolgenden Unterpunkten detailliert behandelt.

⁹³ vgl. Finkenzeller (2006), S. 343 ff. und Franke/Dangelmaier (2006), S. 21 f.

⁹⁴ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 24

⁹⁵ vgl. Resl/Windischbauer (2006), S. 60

⁹⁶ vgl. Kern (2006/2007), S. 68 f.

3.1.7.1. Glaskapseln

Der Glastransponder besteht aus zwei Hauptkomponenten: dem elektronischen Datenträger und dem funktionell gestalteten Glasgehäuse.⁹⁷

Heute am Markt befindliche Glastransponder haben eine Länge von 12mm bis 32 mm. Wobei diese Angaben keine absoluten Zahlen darstellen, sondern durchaus größere bzw. kleinere Formate vorstellbar sind. Im Glasröhrchen selbst befinden sich ein auf einem Träger montierter Mikrochip, ein so genannter Chipkondensator, welcher für die Glättung der gewonnenen Energie zuständig ist sowie die Transponderspule, welche als Antenne fungiert. Um den genannten Komponenten Stabilität innerhalb der Glaskapsel zu geben, sind diese in Weichkleber eingebettet.⁹⁸

Glastransponder waren die ersten Transponder, welche in großen Mengen hergestellt wurden und gaben einen wesentlichen Impuls zur Weiterentwicklung der gesamten RFID-Technologie. Ihr primäres Einsatzgebiet lag in der Identifikation von Tieren, welchen der Glastransponder unter die Haut injiziert wurde. Heute findet man Glastransponder in Verpackungen oder Schlüsselanhängern, welche als Berechtigungscode fungieren. Ein wesentlicher Vorteil des Glastransponders ist der Schutz vor Feuchtigkeit, andererseits ist die Stabilität des Stoffes gegenüber mechanischen Einflüssen wie Druck oder Schlag vergleichsweise gering, wobei die zentralen Faktoren für die Festigkeit des Glastransponders die Baulänge sowie die Glasstärke darstellen.⁹⁹

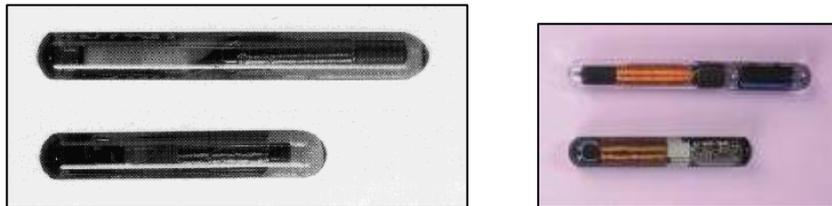


Abbildung 6: Glastransponder (Quelle: www.opal.ch)

3.1.7.2. RFID-Etiketten aus Papier und Kunststoff

RFID-Etiketten zählen heute zu den wichtigsten Bauformen von RFID-Transpondern. Ebenso wie das Barcode-Etikett werden sie auf die auszuzeichnenden Objekte geklebt und sind mit einem entsprechenden Drucker individuell bedruckbar. Sie stellen eine effiziente Übergangsmöglichkeit beim Wechsel von der Barcode- zur RFID-Technologie dar.¹⁰⁰ RFID-Etiketten sind äußerst flexibel und können mit verschiedensten Träger- und Schutzmaterialien laminiert werden.¹⁰¹

⁹⁷ vgl. Finkenzeller (2006), S. 377

⁹⁸ vgl. Finkenzeller (2006), S. 14

⁹⁹ vgl. Kern (2006/2007), S. 69 f.

¹⁰⁰ vgl. Kern (2006/2007), S. 71

¹⁰¹ vgl. Kern (2006/2007), S. 186

Inlays stellen das Basismaterial für RFID-Etiketten und –Karten dar. Sie bestehen aus einer Kunststoffolie, welche als flexibles Basismaterial fungiert, einer Antennenstruktur und einem Chip. Die Oberfläche von Papier- oder Kunststoffetiketten kann sowohl weiß als auch bedruckt sein. Letztgenannte können entweder direkt beim Hersteller als auch im Nachhinein bedruckt werden. Hierfür ist ein Thermotransfer- oder Thermodirekt-Etikettendrucker nötig. Es ist zu beachten, dass die nachträglich zu bedruckende Etikette eine geeignete Oberfläche besitzt. Um den integrierten Chip nicht zu beschädigen, ist das Drucken direkt auf diesen in den meisten Fällen nicht möglich. Die auf der Oberseite angebrachte dünne Folie dient zum Schutz vor Umwelteinflüssen. Dadurch sollen Funktionsausfälle verhindert werden. Als Obermaterial können neben verschiedenen Papierstärken sowohl opake, sprich undurchsichtige als auch transparente Kunststoffolien verwendet werden. Grundsätzlich gilt, je dicker ein Material ist, desto eher kann auch über den Chip gedruckt werden. Die fertigen RFID-Etiketten können sodann auf allen nicht-metallischen Flächen aufgeklebt werden. Für Metallflächen gibt es hingegen spezielle Ausführungen, welche jedoch für nicht-metallische Flächen ungeeignet sind.¹⁰² Die auch als Smart Labels bekannten RFID-Etiketten dienen unter anderem zur Kennzeichnung von Gepäckstücken, Paketen sowie Waren aller Art und werden oftmals bereits auf Endlosrollen vom Hersteller geliefert.¹⁰³



Abbildung 7: RFID-Etiketten (Quelle: www.adcs.ch, www.dynamic-systems.de)

3.1.7.3. Flexible Karten

Flexible Karten oder auch kontaktlose Chipkarten genannt sind eine weit verbreitete Bauform von RFID-Transpondern. Sie besitzen keine eigene Energiequelle, jedoch ist die Antennenfläche sehr groß, wodurch hohe Reichweiten erzielt werden.¹⁰⁴

Die genaue Größe der Chipkarte ist in DIN/ISO 7810 festgelegt: 85,46mm x 53,92mm x 0,76mm. Vor allem die geringe Dicke von 0,76mm stellt eine enorme Herausforderung bei der Herstellung dar, da sie die Abmessung der Antenne und Chips stark determiniert.¹⁰⁵ Im Gegensatz zu den im vorhergehenden Kapitel

¹⁰² vgl. Kern (2006/2007), S. 71 ff.

¹⁰³ vgl. Finkenzeller (2006), S. 21

¹⁰⁴ vgl. Finkenzeller (2006), S. 18

¹⁰⁵ vgl. Finkenzeller (2006), S. 380

beschriebenen RFID-Etiketten befindet sich auf beiden Seiten des Inlays eine flexible Schicht aus Kunststoff oder Papier, wodurch sie wesentlich dicker und geschützter sind.¹⁰⁶



Abbildung 8: Flexible Karte (Quelle: www.procontrol.hu)

3.1.7.4. Kunststoffgehäuse

Kunststoffgehäuse werden hauptsächlich bei Anwendungen eingesetzt, welche sehr hohen mechanischen Anforderungen standhalten müssen. Sie bestehen grundsätzlich aus denselben Komponenten wie Glastransponder, besitzen allerdings eine längere Spule, welche als Antenne fungiert, wodurch höhere Funktionsreichweiten realisiert werden. Zusätzlich halten sie höheren mechanischen Belastungen Stand als Glastransponder. Oftmals werden Transponder in Plastikgehäusen in andere Bauformen, wie etwa in einen Schlüssel für elektronische Wegfahrsperrren oder für TürschlieBsysteme mit besonders hohen Sicherheitsanforderungen integriert. Für Zutrittsysteme in Büro- und Arbeitsräume wird hingegen häufig der Schlüsselanhänger als Transponderbauform verwendet.¹⁰⁷



Abbildung 9: RFID-Schlüsselanhänger (Quelle: www.transponder.de)

¹⁰⁶ vgl. Kern (2006/2007), S. 77

¹⁰⁷ vgl. Finkenzeller (2006), S. 15 ff.

3.1.7.5. Sonderformen von Transpondern

Da theoretisch jede vom Kunden gewünschte Transponderbauform verwirklicht werden kann, besteht heute eine beinahe unüberschaubare Anzahl an spezifischen Sonderformen. Viele der Sonderformen entstehen durch die Verbindung von Glas- oder Kunststofftranspondern mit weiteren Bauformen,¹⁰⁸ wie dies auch bei dem im vorhergehenden Kapitel genannten Schlüsselanhänger der Fall ist. Eine Auswahl bestimmter Sonderformen wird an dieser Stelle vorgestellt.

3.1.7.5.1. Temperaturtransponder

Vor allem bei temperaturempfindlichen oder verderblichen Waren ist der Einsatz von Temperaturtranspondern oftmals unverzichtbar. Bei deren Lagerung sowie bei deren Transport bedarf es einer kontinuierlichen Temperaturüberwachung. Hierzu wurde ein aktiver Transponder entwickelt, welcher einen Temperatursensor und eine Stützbatterie enthält und den Temperaturverlauf in bestimmten, im Vorhinein festgelegten Intervallen aufzeichnet.¹⁰⁹

3.1.7.5.2. Textiletiketten

Textiletiketten eignen sich einerseits sehr gut für die Zuordnung von Wäschestücken nach der Reinigung, andererseits für die Kontrolle der Lieferkette. In beiden Fällen müssen sie einer Vielzahl externer Einflüsse standhalten wie zum Beispiel Wasser, Wasch- und Lösungsmitteln, hohen Temperaturen und Druck oder Knicken. Diesen Bedingungen konnten bisher lediglich eingekapselte Transponder standhalten. Heute bestehen bereits RFID-Etiketten, welche ein einlaminirtes Inlay haben und durch flexible Ober- und Untermaterialien geschützt werden. Beim Anbringen der Textiletiketten auf der Kleidung besteht die Möglichkeit diese aufzukleben, aufzubügeln oder festzunähen.¹¹⁰

3.1.7.5.3. RFID-Uhren

Bei RFID-Uhren befindet sich der Transponder entweder direkt im Uhrengehäuse, im Armband oder am Verschluss. Die beiden letztgenannten Varianten sind vor allem beim Nachrüsten bereits vorhandener Uhren vorteilhaft.¹¹¹ Der Einsatz dieser Sonderform geht bis zum Anfang der 90er Jahre des 20. Jahrhunderts zurück, in denen die österreichische Firma Ski-Data die RFID-Uhren als Skipass einsetzte. Weiters besteht die Möglichkeit, sie in Zugangskontrollsystemen einzusetzen.¹¹²

¹⁰⁸ vgl. Finkenzeller (2006), S. 22

¹⁰⁹ vgl. Kern (2006/2007), S. 79

¹¹⁰ vgl. Kern (2006/2007), S. 80

¹¹¹ vgl. Kern (2006/2007), S. 81

¹¹² vgl. Finkenzeller (2006), S. 18

3.1.7.6. Polymere Transponder

Eine der neuesten Entwicklungen auf dem RFID-Markt, welche in naher Zukunft zu einer signifikanten Reduktion der Herstellungskosten von RFID-Transpondern beitragen wird, ist die so genannte Polymertechnologie. Aufgrund dieser Technologie können durch spezifische Druckprozesse elektrisch leitfähige und halbleitende Kunststoffe – Polymere – auf einer Polyesterfolie in mehreren Schichten übereinander angebracht werden. Elektronische Bauteile werden gedruckt und sodann in die RFID-Transponder eingesetzt. Die gedruckte Elektronik fördert die Produktion günstiger Transponder für den Masseneinsatz.¹¹³ Aufgrund der geringen Herstellungskosten werden Einweg-Transponder vorstellbar.¹¹⁴ Der eigentlich aus Silizium bestehende Mikrochip und die Metallantenne des RFID-Transponders werden vollständig aus Polymeren hergestellt. Die bekanntesten Polymere sind PVC, PET und Nylon. Ein Durchbruch der Polymertechnologie und die damit einhergehende Möglichkeit zur kostengünstigen Massenproduktion werden in etwa 10 Jahren erwartet. Bis dato bestehende Probleme, wie etwa die begrenzte Funk- bzw. Übertragungsleistung, sollten bis dahin gelöst sein. Neben der signifikanten Kostenersparnis durch die kostensensitive Herstellung besteht ein wesentlicher Vorteil der Polymer-Transponder in ihrer sehr guten Umweltverträglichkeit.¹¹⁵ Es wird erwartet, dass sich die Preise polymerer Transponder im Bereich weniger Cents oder darunter befinden werden.¹¹⁶ Vor kurzem stellte die Fürther Firma PolyIC einen ersten Prototyp von passiven 13-MHz-RFID-Tags vor. Dies stellt einen wichtigen Meilenstein für die Rolle-zu-Rolle-Produktion von RFID-Transpondern dar. Die Vision des RFID-Einsatzes auf Produktebene rückt dadurch ein Stück näher.¹¹⁷



Abbildung 10: Gedruckte RFID-Tags auf Produktebene¹¹⁸

¹¹³ vgl. rfid support center (2007), www.rfid-support-center.de

¹¹⁴ vgl. Wissendheit/Kuznetsova (2006), S. 23

¹¹⁵ vgl. Informationsforum RFID (2007), www.info-rfid.de

¹¹⁶ vgl. Darkow/Decker (2006), S. 55

¹¹⁷ vgl. Rost (2007), S. 97

¹¹⁸ Rost (2007), S. 97 f.

3.2. Systematisierung von Lese- und Schreibeinheiten

Der Vielfalt bestehender Transponder entsprechend, existiert eine ähnlich große Zahl an Lese- und Schreibgeräten. Zur Vereinfachung der Lektüre wird im Anschluss nur mehr von Lesegeräten oder -einheiten gesprochen. Die nachfolgenden Ausführungen sind allerdings für Lese- bzw. Lese- und Schreibeinheiten analog gültig.

Grundsätzlich kann zwischen

- stationären Lesegeräten und
- mobilen Lesegeräten

unterschieden werden. Diese können in verschiedenen Bauformen realisiert werden. Die eingesetzte Bauform ist im Wesentlichen abhängig von den an das Lesegerät gestellten Anforderungen, welche im folgenden Kapitel näher beschrieben werden.

3.2.1. Anforderungen

In Abhängigkeit vom Anwendungszweck haben RFID-Lesegeräte verschiedenen Anforderungen zu entsprechen. Beispielsweise benötigen Reader an Verladetoren neben einer hohen Temperaturtoleranz, Schutz gegenüber Staub und Feuchtigkeit. Es werden spezifische Anforderungen an die Schutzart der Gehäuse gestellt, welche durch situative Faktoren bestimmt sind. Des Weiteren müssen Lesegeräte geeignete Schnittstellen unterstützen, um ausgelesene Daten in eine höhere Softwareschicht übermitteln zu können bzw. um Befehle dieser ordnungsgemäß auszuführen. Zur mobilen Kommunikation überwiegend verwendet werden: WLAN und LAN sowie GSM, GPRS oder UMTS. Zusätzlich ergibt sich oftmals die Notwendigkeit, dass Lesegeräte die einfache Prozess-Steuerung übernehmen, beispielsweise die Freigabe der Tordurchfahrt am Wareneingang oder –Ausgang nach Prüfung der Transponderdaten. Zu den wichtigsten Merkmalen des Lesegerätes zählen die ausreichend hohe Leserate und die Lesezuverlässigkeit. Diese stehen in Abhängigkeit von der Anzahl der Antennen sowie deren Ausrichtung, der Art der verwendeten Transponder, der Menge der am Transponder gespeicherten Daten sowie der Positionierung der Tags. Dabei handelt es sich jedoch nicht um eine taxative Aufzählung an beeinflussenden Parametern. Kommen mehrere Reader parallel zum Einsatz, so können infolge von Über-Reichweiten wechselseitige Störungen auftreten. Auch Reflexionen durch Gebäude(-teile) begründen Störungen und folglich Lesefehler. Eine weitere Aufgabe von Lesegeräten stellt die Vorverarbeitung von Daten dar. Je nach Ausgestaltung des RFID-Systems werden dabei die auf den Transpondern hinterlegten Daten nach vorgegebenen Mustern durch das Lesegerät gefiltert. Dies ist notwendig, wenn der RFID-Tag, welcher sich auf der Palette befindet, ausgelesen werden soll, nicht aber die Transponderdaten, der einzelnen, auf der Palette befindlichen Kartons oder Produkte. Die Software des RFID-Readers filtert die ausgelesenen Daten und übermittelt ausschließlich jene Informationen, welche tatsächlich benötigt werden. Diese Funktion

ist auch bei redundanten Daten notwendig, welche infolge einer Mehrfachauslesung entstehen, während beispielsweise eine Palette durch ein Antennenrotor bewegt und öfter als ein Mal ausgelesen wird.¹¹⁹ Die RFID-Leseinheit stellt folglich die erste Instanz zur Eliminierung redundanter Daten dar. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, logische Zusammenhänge und Verknüpfungen und die daraus resultierenden Ergebnisse zu definieren. Beim Eingang von Lieferungen wird deren Vollständigkeit durch das Lesegerät überprüft und an das IT-System gemeldet. Eine Übermittlung aller ausgelesenen Daten an das System ist nicht mehr notwendig. Nur mehr die Statusmeldung 'vollständig' oder 'nicht vollständig' wird weitergegeben, wodurch die Datenmenge reduziert wird. Kommt es zu Unregelmäßigkeiten, beispielsweise durch eine unvollständige Lieferung, kann das Lesegerät eine Alarmmeldung generieren und den Lagerleiter benachrichtigen.¹²⁰

3.2.2. Stationäre und mobile Lesegeräte

Sowohl stationäre als auch mobile RFID-Lesegeräte dienen zum Abruf der auf dem Transponder hinterlegten Daten. Bei Erstgenanntem muss das Objekt, auf welchem sich der Transponder befindet, am Lesegerät vorbeigeführt werden. Dies geschieht beispielsweise über Förderbänder. Wichtig sind hierbei die optimale Gestaltung der Transportgeschwindigkeit sowie der Distanz zwischen Lesegerät und Transponder. Eine zu hohe Geschwindigkeit bzw. Distanz würde zu einem Anstieg der Quote an fehlerhaften Leseprozessen führen. Werden ein oder mehrere Transponder am Lesegerät vorbeigeführt, wird das Lesegerät aktiv und liest die gespeicherten Daten aus. Im Gegensatz zu stationären Leseinheiten sind mobile RFID-Lesegeräte ortsunabhängig und werden von der jeweiligen Person mitgeführt. In Abhängigkeit von der Bauform können sowohl sehr große als auch relativ geringe Lesereichweiten erzielt werden.¹²¹ Sie werden unter anderem zur Identifikation von Tieren, als Kontrollgerät im ÖPNV, als Terminal im Zahlungsverkehr sowie zur Inbetriebnahme von Anlagen verwendet.¹²²

3.2.3. Bauformen

Dem gewünschten Verwendungszweck entsprechend, können unterschiedliche Ausführungen und Bauformen eingesetzt werden, welche in Abhängigkeit von den Anforderungen an die Lesedistanz, die Erkennungssicherheit, die Anzahl mehrerer Transponder im Feld sowie die Ausrichtung des Transponders entwickelt werden. Wie bereits bei der Systematisierung der Transponder erwähnt, operieren RFID-Systeme auf verschiedenen Frequenzen. Bei Antennen im UHF-Bereich ist mit einer Weiterentwicklung zu rechnen, wodurch die Lesedistanz, die Erkennungssicherheit

¹¹⁹ vgl. Gillert/Hansen (2007), S. 152 f.

¹²⁰ vgl. Plur (2006), S. 19

¹²¹ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 46

¹²² vgl. Finkenzeller (2006), S. 374

sowie die Pulk-Erfassung noch verbessert werden. LF- und HF-Antennen haben hingegen ihre höchst mögliche Entwicklungsstufe bereits erreicht.¹²³

Nachfolgend werden die in der Praxis am häufigsten eingesetzten RFID-Lesegeräte benannt, ihr Aufbau erklärt sowie jede Bauform durch Abbildungen visualisiert.

3.2.3.1. Einzelantennen

Analog zu den RFID-Transpondern nimmt auch bei den Lesegeräten die Lesereichweite mit der Größe der Antennenfläche zu. Mit der Größe der Leserantenne steigt allerdings die Anfälligkeit gegenüber Störsignalen. Eine beliebige Vergrößerung der Leserantennen zur Realisierung größerer Reichweiten ist folglich nicht sinnvoll. Für eine Vielzahl heutiger Anwendungen ist der Einsatz von Einzelantennen ausreichend, welche sowohl im LF- und im HF- als auch im UHF-Bereich betrieben werden. Sie können einzeln als auch in einer aus mehreren Teilen bestehenden Kombination installiert werden. Bei letztgenannter Möglichkeit werden kleinere Einheiten nacheinander an- und ausgeschaltet. Auch können zum Senden und Empfangen getrennte Antennen verwendet werden. Bei der Installation von Antennen im UHF-Bereich sind jedoch Störungen durch die Ablenkung bzw. Absorbierung der Radiowellen durch Wände oder Gegenstände zu bedenken.¹²⁴

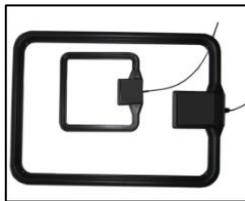


Abbildung 11: Einzelantenne (Quelle: www.euroid.com)

3.2.3.2. Gate Reader

Der Gate Reader besteht aus einer Kombination von Einzelantennen. Ziel ist es, durch die optimale Positionierung der Antennen einen möglichst großen Bereich abzudecken um in kürzester Zeit eine Vielzahl an RFID-Transpondern auszulesen.¹²⁵ Von hoher Wichtigkeit ist dabei die zuverlässige Erkennung bei großen Abständen, auch bei unterschiedlicher Positionierung der Tags. Gate Reader werden häufig zur Identifikation von Paletten und Behältern eingesetzt. Hierzu werden beispielsweise 4 Antennen – 2 auf jeder Seite – auf einem Tor angebracht, durch welches die Palette geschoben wird oder der sie befördernde Gabelstapler fährt.¹²⁶

¹²³ vgl. Kern (2006/2007), S. 82

¹²⁴ vgl. Kern (2006/2007), S. 82 ff.

¹²⁵ vgl. Kern (2006/2007), S. 88

¹²⁶ vgl. Gillert/Hansen (2007), S. 151

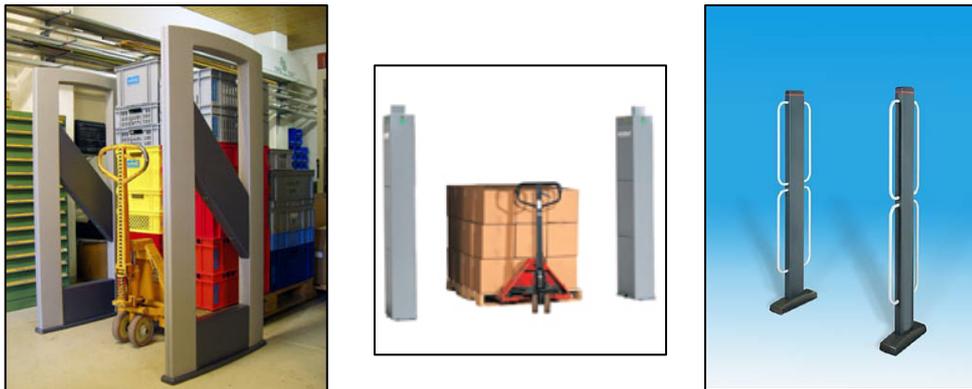


Abbildung 12: Diverse Gate-Reader
 (Quellen: www.blanke.ch, www.progressdatasolutions.co.uk, www.euroid.com)

3.2.3.3. Durchgangsleser

Durchgangs- bzw. Zutrittssysteme sind heute vielfach anzufindende Anwendungsgebiete von RFID-Systemen. Durchgangsleser können mit oder ohne ein Drehkreuz arbeiten. Der Vorteil eines Drehkreuzes liegt darin, dass der Zutritt erst gewährt wird, wenn die Person eindeutig identifiziert wurde. Werden geringere Anforderungen an die Erkennungssicherheit gestellt, kann auf ein solches verzichtet werden. Die Lesereichweite ist auf 0,9m bzw. 1m beschränkt. Die Antennen decken sowohl die Front-, die Seiten- als auch teilweise die horizontale Detektion ab. UHF-Systeme sind zur Identifikation von Personen allerdings nicht bzw. wenig geeignet. RFID-Transponder müssten hierzu sehr nahe am Körper getragen werden. Dies würde allerdings die Lesezuverlässigkeit empfindlich stören, da sowohl die Körperflüssigkeit als auch die Kleidung eine Abschirmung der Signale verursachen könnte.¹²⁷



Abbildung 13: Durchgangsleser mit Drehkreuz
 (Quellen: www.procontrol.hu, www.savebox.at)

¹²⁷ vgl. Kern (2006/2007), S. 90 f.

3.2.3.4. Regalleser

Die Hauptaufgabe eines Regallesegerätes liegt darin, in regelmäßigen zeitlichen Intervallen zu überprüfen, ob sich ein mit einem Transponder ausgestattetes Objekt in seinem Empfangsbereich befindet oder nicht. Kann keine Verbindung zum Objekt hergestellt werden, so können spezifische, im Vorhinein definierte Aktionen ausgelöst werden. Bei der Positionierung der Regalleser ist zu beachten, dass die Orientierung der RFID-Transponder jener der Antennen im Regal entspricht, da ansonsten eine fehlerfreie Identifikation nicht gewährleistet ist. Zusätzlich müssen Regalleser dazu geeignet sein, mehrere Transponder parallel auszulesen (Pulk-Erfassung) und benötigen daher eine große Lesereichweite. Hierzu eignen sich die bereits genannten Kombinationen von Einzelantennen, welche nacheinander aktiviert werden. Die zentralen Einsatzgebiete von Regallesern sind Regale in Bibliotheken, in Videotheken sowie in Warenhäusern. Durch ihren Einsatz soll sowohl der Warennachschub gesichert als auch der Warenschwund verringert werden.¹²⁸

3.2.3.5. Handlesegeräte

Mobile Handlesegeräte stellen die kleinste Form von RFID-Antennen dar und arbeiten meist im LF- oder HF-Bereich. Sie bestehen aus einem Lesemodul, einer integrierten oder externen Antenne sowie einem PDA, welcher entweder separat über eine Schnittstelle mit dem Lesegerät gekoppelt wird oder direkt in das Gehäuse integriert ist. Den vielfältigen Einsatzmöglichkeiten entsprechend, bestehen verschiedene Bauarten. Diese variieren in der Lesereichweite, der Stromversorgung und der Leistungsaufnahme der Antenne. Die Mehrheit der Handlesegeräte besitzt eine Betriebssoftware, deren spezifische Programme zum Datenaustausch mit einer Datenbank benötigt werden. Der Datentransfer kann sowohl über eine direkte Verbindung mittels Kabel, über WLAN als auch über Bluetooth-Verbindungen erfolgen, wobei letztgenannte Variante auf wenige Meter beschränkt ist.¹²⁹ Die Datenübertragung erfolgt in Echtzeit oder zu einem späteren Zeitpunkt. Bei der zeitversetzten Übermittlung benötigt das Lesegerät allerdings einen Speicher, welcher die ausgelesenen Daten sammelt und bei der nächsten Verbindung überträgt.¹³⁰



Abbildung 14: Mobile Lesegeräte

(Quellen: www.quantech-itc.de, www.adec.ch, www.cdotechdirect.com)

¹²⁸ vgl. Kern (2006/2007), S. 91 f.

¹²⁹ vgl. Kern (2006/2007), S. 86

¹³⁰ vgl. Gillert/Hansen (2007), S. 152

3.2.3.6. Mobiltelefone mit RFID-Ausstattung

Eine Ausformung mobiler Handlesegeräte stellen Mobiltelefone dar, welche derart aufgerüstet werden, dass sie sowohl als Lesegerät als auch als RFID-Transponder arbeiten können. Sie stellen eine kostensensitive Alternative dar. Ihr Einsatzgebiet erstreckt sich von Konsumenten Anwendungen im Bereich des ÖPNV, beispielsweise zur Bezahlung von Tickets, bis hin zu verschiedensten Industrieanwendungen.¹³¹

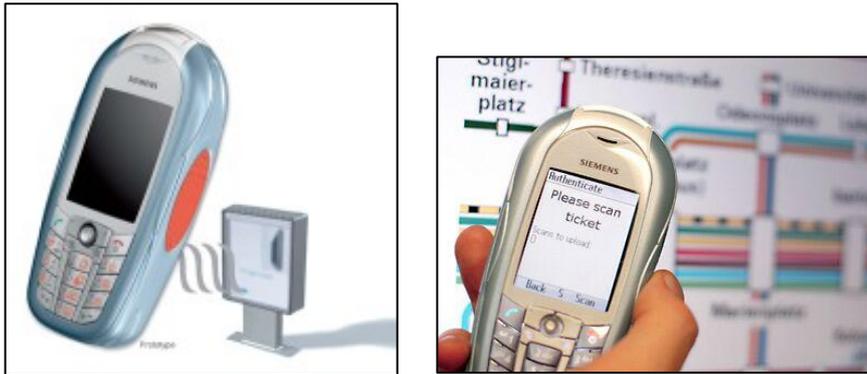


Abbildung 15: Handys mit RFID-Ausstattung (Quellen: www.teltarif.de, www.sg.hu)

3.2.3.7. Tunnelleser

Bei Tunnellesern werden die mit einem RFID-Transponder ausgestatteten Objekte auf einem Förderband durch den Tunnel bewegt. Im Tunnel befinden sich die Antennen, welche derart ausgerichtet sind, dass sie die drei möglichen Orientierungen der RFID-Transponder abdecken. Ziel ist es, durch die optimale Positionierung der Antennen eine maximale Lesezuverlässigkeit zu realisieren. Die wichtigsten Einsatzgebiete der Tunnelleser sind an Gepäckförderbändern in Flughäfen sowie in Verteilerzentren von Paketdienstleistern. Die Öffnung besitzt Ausmaße zwischen 0,2m und 1m.¹³²

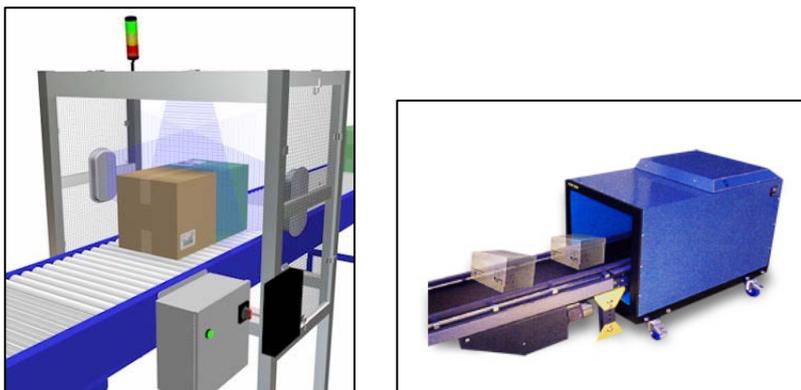


Abbildung 16: Tunnelleser (Quellen: www.rfidsupplychain.com, www.interscan.fr)

¹³¹ vgl. Gillert/Hansen /2007), S. 152

¹³² vgl. Kern (2006/2007), S. 87 f.

3.2.3.8. Fahrzeuggebundene Reader

Diese Lesegeräte werden beispielsweise direkt an Gabelstaplern angebracht. Beim Aufladen werden die Daten entweder von den mit RFID-Transpondern ausgestatteten Paletten oder direkt von den sich darauf befindlichen Objekten ausgelesen.¹³³



Abbildung 17: Stapler mit RFID-Ausstattung (Quelle: www.autoid-shop.com)

3.3. Middleware

Der Systematisierung von RFID-Transpondern und RFID-Lesegeräten folgend, widmet sich Kapitel 3.3. einem weiteren zentralen Bestandteil eines RFID-Systems, der Middleware. Nach der Darstellung der Funktionsweise benennt Kapitel 3.3.2. die Komponenten dieser. Anschließend werden die der Middleware übertragenen Aufgaben erläutert sowie die zu erfüllenden Anforderungen definiert.

3.3.1. Definition und Funktionsweise

Für das Lesen und den Austausch von Daten benötigen RFID-Systeme eine entsprechende Anwendungssoftware sowie standardisierte Schnittstellen.¹³⁴ Hierzu dient die so genannte Middleware. Der Begriff bezeichnet dabei jene Software, welche sich zwischen dem Betriebssystem und der Anwendung bzw. der Applikation befindet. Während das Betriebssystem für die Ressourcenverwaltung eines Rechners zuständig ist, bezieht sich die Zuständigkeit der Middleware auf die Verwaltung der Verbindungs- und Kommunikationsressourcen. Es ist an dieser Stelle festzuhalten, dass eine eindeutige Abgrenzung zwischen dem Betriebssystem und der Middleware nicht möglich ist, ihre Grenzen stattdessen fließend verlaufen.¹³⁵

Die Ansteuerung der Kommunikationsressourcen, insbesondere der Lesegeräte sowie die Sicherstellung des reibungslosen Betriebes dieser, stellt eine der zentralen Aufgaben der Middleware dar. Sollte es dennoch zum Ausfall eines oder mehrerer Lesegeräte kommen oder der Lesevorgang unterbrochen werden, so muss die

¹³³ vgl. Gillert/Hansen (2007), S. 151

¹³⁴ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 170

¹³⁵ vgl. Schoch (2005), S. 119 f.

Middleware in der Lage sein, dies sofort zu erkennen, um einerseits den Verlust von Daten zu verhindern, andererseits Stillstandzeiten am betroffenen Arbeitsplatz zu reduzieren.¹³⁶

Ziel ist es, durch den Einsatz der Middleware Datenströme, welche unter anderem durch das Auslesen von Transpondern entstehen, zu filtern, zu verwalten und sie anschließend an interne und externe Partner sowie an das interne ERP-System weiterzuleiten.¹³⁷

Der Einsatz der Middleware ermöglicht die sichere Aufnahme, die effiziente Verarbeitung sowie die gezielte Weiterleitung der ausgelesenen Informationen und führt zu einer erhöhten Transparenz und Optimierung entlang der gesamten Supply Chain.¹³⁸ Sie schließt die Lücke zwischen der Prozessebene, in welcher die RFID-Daten ausgelesen werden und der Produktions- bzw. Planungsebene, welche diese verwenden.¹³⁹

Die Middleware hat demzufolge zwei Kernaufgaben zu erfüllen: erstens die Filterung der benötigten Daten, um nur jenen Teil der Daten zu übermitteln, welcher tatsächlich vom ERP-System benötigt wird und zweitens, die Weiterleitung der gewonnenen Daten an die beteiligten Unternehmen, um unter anderem Reibungsverluste zu vermeiden. Zusätzlich können Daten, welche nicht weiterverarbeitet werden, gespeichert werden.¹⁴⁰

Vom Begriff der Middleware ist der Begriff Edgeware abzugrenzen. Hierbei ist jener Teil der Software gemeint, welcher dem Lesegerät zugewandt ist und zur Kommunikation zwischen Hardware und Middleware benötigt wird.¹⁴¹ Die Edgeware ist folglich Teil der Middleware, stellt einen Aspekt des weiten Handlungsspektrums dieser dar.

3.3.2. Komponenten der Middleware

Die einzelnen Basisfunktionen der Middleware werden von drei Komponenten ausgeführt. Dies sind: Entwicklungswerkzeuge, Netzwerkprotokolle und Sprachen sowie Basisdienste. Als Basisfunktionen werden jene Funktionen bezeichnet, welche unabhängig von spezifischen Applikationen allgemein nützliche Dienste anbieten.¹⁴²

¹³⁶ vgl. Peter (2007), S. 30

¹³⁷ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 170

¹³⁸ vgl. Urban/Weyand (2005), S. 194

¹³⁹ vgl. Peter (2007), S. 30

¹⁴⁰ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 170

¹⁴¹ vgl. Gillert/Hansen (2007), S. 35

¹⁴² vgl. Schoch (2005), S. 120

3.3.2.1. Entwicklungswerkzeuge

Zu den Entwicklungswerkzeugen zählen Bibliotheken und Compiler. Diese erbringen während der Programmentwicklung und –Ausführung nützliche Dienste. So ermöglichen sie beispielsweise den Datenaustausch über ein Netz, ohne dass der Nachrichtenversand explizit programmiert werden muss. Das benötigte Programm ist bereits existent, ist in der Bibliothek hinterlegt und wird von dieser übernommen.¹⁴³

3.3.2.2. Netzwerkprotokolle und Sprachen

Netzwerkprotokolle und Sprachen definieren, wie Inhalte übertragen werden bzw. wie Middleware-Dienste untereinander und mit den Applikationen kommunizieren. Netzwerkprotokolle geben eine sehr enge Definition dessen vor, wie die Abfolge und das Format der auszutauschenden Daten zu gestalten ist. Sprachen legen hingegen lediglich die Grammatik und das Vokabular fest, mit deren Hilfe komplexe Inhalte formuliert und übertragen werden können. Dies führt einerseits zu einer höheren Flexibilität die Ausdrucksfähigkeit betreffend, andererseits zu einem im Vergleich zu Protokollen höheren Verarbeitungsaufwand.¹⁴⁴

3.3.2.3. Basisdienste

Basisdienste erfüllen ein weites Spektrum an administrativen Aufgaben. Zu diesen zählen unter anderem:¹⁴⁵

- das Management und die Überwachung von Netzwerkressourcen, wie beispielsweise Drucker, Router oder netzwerkweite Dateisysteme;
- die Bereitstellung von Sicherheitsfunktionalität, wie Authentifizierung, Autorisation oder Vertraulichkeit und Wahrung der Privatsphäre;
- Abrechnungsfunktionen, welche auf der Dauer oder der Anzahl der Nutzungen bzw. des Datenaufkommens beruhen;
- die Replikation von Diensten, um die Ausfallsicherheit von Diensten sowie die Bewältigung hoher Datenlasten zu garantieren;

¹⁴³ vgl. Schoch (2005), S. 120

¹⁴⁴ vgl. Schoch (2005), S. 121 f.

¹⁴⁵ vgl. Schoch (2005), S. 122 f.

- Notifikationen, zur Sicherstellung der dynamischen Anpassung der Applikation an Veränderungen der realen Welt;
- Verzeichnisfunktionalität, welche dazu dient, strukturierte Daten in Verzeichnissen abzulegen.

3.3.3. Aufgaben der Middleware

Der Einsatz der RFID-Middleware ist vor allem bei komplexeren Systemen unabdingbar. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn:¹⁴⁶

- mehrere verschiedene Lesegeräte anzusteuern und zu koordinieren sind,
- aufgrund der Verwendung mehrerer Lesegeräte hohe Datenmengen anfallen,
- eine Überprüfung der Daten hinsichtlich ihrer Plausibilität notwendig ist,
- bereits auf unterer Ebene Teilprozesse abgewickelt werden und
- die Aufbereitung ausgelesener Daten für den Austausch mit Datenbanksystemen nötig ist.

Eine grafische Darstellung der Aufgaben und der Struktur der RFID-Middleware zeigt nachfolgende Abbildung:

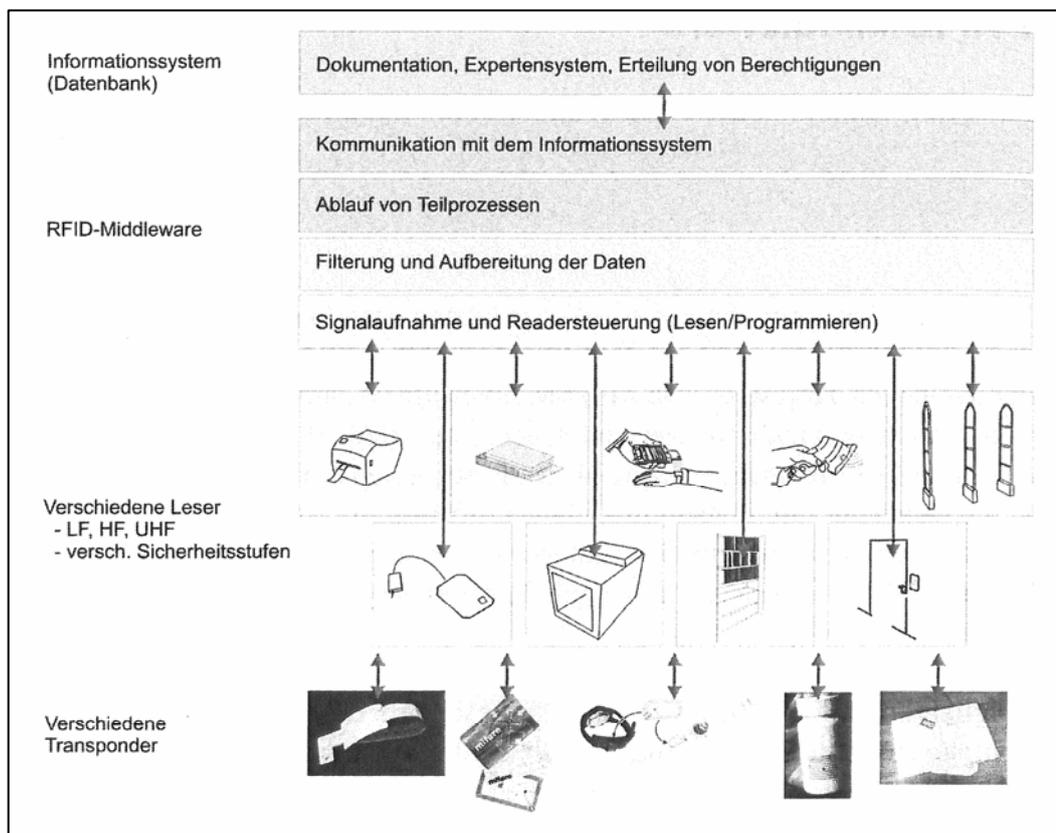


Abbildung 18: Aufgabe und Struktur der RFID-Middleware¹⁴⁷

¹⁴⁶ vgl. Kern (2006/2007), S. 183

¹⁴⁷ Kern (2006/2007), S. 184

Weiter Aufgaben der Middleware sind:¹⁴⁸

- die Koordination und Administration der Lesegeräte in komplexeren Umgebungen sowie
- die sichere Weiterleitung der überprüften Daten an Prozesse und weitere beteiligte Anwendungen.

3.3.4. Anforderungen an die Middleware

Eine effizient arbeitende Middleware hat, unter anderem, folgende Anforderungen zu berücksichtigen.¹⁴⁹

- für die effiziente Nutzung und Auslastung ist eine gemeinsame Nutzung der Ressourcen zu ermöglichen;
- es muss eine gewisse Offenheit des Systems gegenüber neu hinzugefügten Einheiten bestehen;
- Skalierbarkeit, zur Sicherstellung der Leistungsfähigkeit wachsender Systeme;
- Fehlertoleranz, um einen Gesamtausfall des Systems herbeigeführt durch Probleme einzelner Einheiten zu vermeiden;
- Transparenz, damit Entwickler und Anwender nur die für sie jeweils relevanten Informationen erhalten.

Die an dieser Stelle genannten Anforderungen sind in den Entwicklungswerkzeugen, den Netzwerkprotokollen und Sprachen sowie den Basisdiensten umzusetzen.

Die Darstellung der technischen Komponenten eines RFID-Systems abschließend, erläutert nachfolgendes Kapitel 3.4. die Funktionsweise sowie die zu erfüllenden Anforderungen eines Etikettendruckers.

3.4. Etikettendrucker

RFID-Drucker bedrucken in einem speziellen Druckverfahren sowohl RFID-Etiketten als auch Anhängetiketten oder Tickets. Ihr Funktionsumfang ist nicht auf den Druckprozess begrenzt, sondern umfasst die Funktionsprüfung, die Programmierung von Daten sowie die Kommunikation zum Netzwerk. Grundsätzlich bestehen vier verschiedene Druckverfahren: Thermo-Direkt, Thermo-Transfer, Inkjet sowie Thermo-Sublimation und Bubble Jet. Auf eine eingehende Darstellung wird an dieser Stelle

¹⁴⁸ vgl. Urban/Weyand (2005), S. 195

¹⁴⁹ vgl. Schoch (2005), S. 127

allerdings verzichtet und auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen. Grundsätzlich ist allerdings festzuhalten, dass für die Bedruckung von RFID-Etiketten auf jene Verfahren zurückgegriffen werden sollte, welche wenig mechanischen Druck ausüben, den Chip schonend behandeln und dadurch das Risiko einer Beschädigung dessen reduzieren. Weiters ist zu beachten, dass die zu bedruckenden Materialien tatsächlich für den Druck geeignet sind. Eine wesentlich größere Herausforderung stellt die On-Demand-Bedruckung von RFID-Etiketten dar. Hierbei werden die RFID-Transponder direkt bei der Bedruckung am Etikette angebracht.¹⁵⁰



Abbildung 19: RFID-Etikettendrucker (Quellen: www.zebra.com, www.adcs.ch)

¹⁵⁰ vgl. Kern (2006/2007), S. 92 f.

4. Standardisierung

Wie bereits im einführenden Kapitel 2 erwähnt, nimmt die Standardisierungstätigkeit im Bereich der RFID-Technologie einen hohen Stellenwert ein, ist eine der grundlegenden Voraussetzungen für den reibungslosen internationalen Einsatz von RFID-Systemen.

Um sowohl einen umfangreichen als auch verständlichen Einblick in bestehende Standardisierungsbemühungen rund um den RFID-Bereich zu gewährleisten, werden zu Beginn die allgemeinen Aspekte der Standardisierung, im Konkreten die Essentialität von Standards in offenen und geschlossenen Systemen, gegenübergestellt.

Zur Sicherstellung einer einheitlichen Wissensbasis werden im Anschluss die Begriffe Standard und Kompatibilität definiert. Der Unterpunkt 4.2. benennt zentrale – bereits ratifizierte – Standards. Der Fokus liegt dabei auf jenen Standards, welche von der Non-Profit-Organisation EPCglobal und der Internationalen Standardisierungsorganisation ISO erarbeitet wurden bzw. kontinuierlich weiterentwickelt werden. Bestehende nationale und internationale Funkstandards werden in Kapitel 4.2.3 benannt. Die Ausarbeitung abschließend werdend die Auswirkungen von RFID-Standards diskutiert.

4.1. Allgemeine Aspekte

„Ohne Normen ist es um die Marktfähigkeit neuer Technologien schlecht bestellt.“¹⁵¹

Von dieser Aussage kann eindeutig abgeleitet werden, wie wichtig Normen und Standards für die Etablierung neuer Technologien am Markt sind. Durch die unaufhaltsam voranschreitende Globalisierung und die dadurch entstehenden internationalen Geschäftsbeziehungen wird der Essentialität international gültiger Standards nochmals Nachdruck verliehen.

Für den breiten Einsatz und die Weiterentwicklung der RFID-Technologie nehmen Standards eine zentrale Rolle ein, denn „wesentliche Voraussetzung für den Einsatz von RFID sind ausgereifte Technologien und Standards.“¹⁵² Einheitliche und verbindliche Standards und Normen unterstützen den reibungslosen Einsatz von RFID-Systemen, stellen die Basis für deren weltweite Etablierung dar.¹⁵³

¹⁵¹ Froböse (2006), S. 54

¹⁵² Walk (2006), S. 48

¹⁵³ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 36

4.1.1. Offene vs. geschlossene Systeme

Standards sind insbesondere essentieller Bestandteil offener Systeme. Während innerhalb eines offenen Systems alle Beteiligten über das Netzwerk kommunizieren, werden geschlossene Systeme exakt an die spezifischen Umwelthanforderungen angepasst. Eine Orientierung an externen Rahmenbedingungen außerhalb dieses Systems findet nicht statt. Der durch die RFID-Lösung realisierbare Nutzen ist folglich auf das geschlossene System beschränkt, Entwicklungs-, Einführungs- und Betriebskosten sind gänzlich vom geschlossenen System selbst zu tragen. In offenen Systemen findet der Datenaustausch hingegen zwischen verschiedenen Akteuren – beispielsweise über die gesamte Wertschöpfungskette – statt, welche alle die Vorteile und Nutzenpotentiale der RFID-Lösung realisieren und die bereits genannten Kostenfaktoren entsprechend verteilen können. Zentrale Voraussetzung offener Systeme stellt die generelle Lesbarkeit der Transponder dar, welche erst durch Standards ermöglicht wird. Zu geschlossenen Systemen zählen beispielsweise Zugangskontrollen für Gebäude oder Skilifte oder elektronische Wegfahrsperrungen für PKWs. Offene Systeme findet man in einer Lieferkette, in welcher der Vorlieferant, der Hersteller, der Logistikdienstleister sowie der Händler nicht nur Waren sondern auch die entsprechenden Daten miteinander austauschen.¹⁵⁴ Durch die Abgeschlossenheit der Systeme ist die Verwendung von international gebräuchlichen Standards nicht notwendig. In offenen Systemen ist die Systemarchitektur international gültigen Standards und Normen entsprechend zu gestalten. Eine betriebs- bzw. länderübergreifende Zusammenarbeit und Kommunikation zwischen den einzelnen RFID-Komponenten muss ermöglicht werden.

Ziel der nachfolgenden Kapitel ist es, einen Überblick über die für die RFID-Technologie bestehenden Standards und Normen zu geben. Hierzu ist es unabdinglich, eine einheitliche Ausgangsbasis zu schaffen. Um dieser Anforderung gerecht zu werden, werden zunächst die Begriffe Standard und Kompatibilität definiert.

4.1.2. Definition: Standard und Kompatibilität

In der bestehenden Literatur werden die Begriffe Standard bzw. Standardisierung sowie Norm und Normung oftmals synonym verwendet. Dies soll in der vorliegenden Arbeit ebenso gehandhabt werden, da es nicht Ziel und Thema der Arbeit darstellt, detaillierte Differenzierungen zu erarbeiten. Um allerdings Klarheit zu schaffen, wird der Begriff „Standard [...] als Oberbegriff verwendet und umschreibt alle Formen der kollektiven Vereinheitlichung, also der Auswahl einiger Varianten aus einem Pool an Möglichkeiten“¹⁵⁵. Der Begriff des Standards wird demnach verwendet, wenn die Gestaltung eines Produktes oder eines Prozesses bestimmten Absprachen oder Normen entspricht.¹⁵⁶

¹⁵⁴ vgl. Informationsforum RFID (2007), www.info-rfid.de

¹⁵⁵ Kleinemeyer (1998), S. 52

¹⁵⁶ vgl. Ehrhardt (2001), S. 9

Standards können nach ihrem Inhalt in mannigfaltigen Bereichen bestehen, seien es Sicherheitsstandards, Umweltstandards, Qualitätsstandards oder Produktstandards. Bei Letztgenannten können des Weiteren so genannte Kompatibilitätsstandards differenziert werden. Diese dienen der Sicherstellung der Kompatibilität von Produkten, wobei Kompatibilität sowohl Komplementarität als auch Substituierbarkeit der Produkte umfasst.¹⁵⁷

Diese Definitionen sollen fortan die Grundlage für die nachfolgende Ausarbeitung zu den RFID-Standards darstellen.

In den folgenden Kapiteln werden die wichtigsten RFID-Standards benannt und ausführlich beschrieben, sowie die sie entwickelten Institutionen näher vorgestellt. Abschließend werden die Auswirkungen von RFID-Standards in zusammenfassender Form nochmals aufgezeigt.

4.2. Wichtige RFID-Standards

Wie bereits die Vielzahl der oben genannten Transpondermerkmale sowie die unzähligen Bauformen von Tags und Lesegeräten zeigen, ist RFID lediglich ein Oberbegriff für eine Reihe von verschiedenen Identifikationssystemen. Den RFID-Standard schlechthin, welcher alles rund um die Technologie normiert, existiert daher nicht. Allerdings ist RFID auch keine wildwuchernde Technologie.¹⁵⁸ Es bestehen bereits Standards im Bereich der Frequenzen und Sendeleistungen, für die Kommunikation sowie für die Daten im Transponder, worunter unter anderem auch der Electronic Product Code fällt.¹⁵⁹ Zu den wichtigsten Standardisierungsinstitutionen im RFID-Umfeld zählen dabei das Auto-ID Center bzw. EPCglobal sowie die Internationale Standardisierungsorganisation ISO.

Eine Vielzahl heute bestehender Standards bezieht sich nur auf einzelne Bereiche der RFID-Technologie. Kernbestrebung der Standardisierungsorganisation EPCglobal ist es hingegen, ein ganzheitliches System zur Beschreibung der Infrastruktur zu schaffen. Im nachfolgenden Kapitel soll ein umfassender Überblick über die Institution EPCglobal, das EPC-Netzwerk, den EPC als solches sowie die bestehenden EPC-Standards gegeben werden.

¹⁵⁷ vgl. Ehrhardt (2001), S. 23

¹⁵⁸ vgl. Schoblick/Schoblick (2005), S. 144

¹⁵⁹ vgl. Kern (2006/2007), S. 171 ff.

4.2.1. EPCglobal-Standards

4.2.1.1. Die Organisation EPCglobal

Die Non-Profit-Organisation EPCglobal Inc. wurde 2003 als Tochterunternehmen der weltweit agierenden Standardisierungsorganisation EAN International und dem Uniform Code Council (UCC), heute GS1 und GS2, gegründet. Ihre Haupttätigkeit besteht darin, die Standardisierung im Bereich der RFID-Technologie voranzutreiben, weltweit gültige Standards zu definieren, welche eine branchenunabhängige und unternehmensübergreifende Nutzung von RFID ermöglichen.¹⁶⁰ Die von EPCglobal entwickelten Standards dienen folglich der Sicherstellung von Konformität und Interoperabilität von RFID-Systemen.¹⁶¹

Die Arbeit von EPCglobal basiert auf jener des Auto-ID Centers, welches 1999 vom Massachusetts Institut of Technology (MIT) in Boston gegründet wurde. Die Hauptaufgabe des Auto-ID Centers bestand in der Entwicklung globaler Standards um die Vision des 'Internet der Dinge' zu erforschen und zu realisieren. Essentiell für die Umsetzung der entwickelten Standards war die bereits frühzeitige Kooperation mit potentiellen Endnutzern und Produzenten, wie beispielsweise Wal-Mart, Gillette, Coca-Cola oder Technologiefirmen wie Philips oder IBM. Durch die Zusammenarbeit mit über 100 global agierenden Unternehmen und die damit einhergehende Symbiose zwischen Forschung und Wirtschaft wurde die weltweite marktliche Etablierung der Standards unterstützt. Mit Ende des Jahres 2003 beendete das Auto-ID Center seine Entwicklungs- und Forschungstätigkeit, übergab diese an EPCglobal.¹⁶²

Die Organisationsstruktur von EPCglobal besteht aus einer Vielzahl an Gremien, Action Groups sowie den Auto-ID Labs, welche jeweils differenzierte Aufgaben innehaben. Nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über den Aufbau der Institution:

¹⁶⁰ vgl. Vogell (2005), www.gs1-germany.de

¹⁶¹ vgl. Walk (2006), S. 48

¹⁶² vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 37

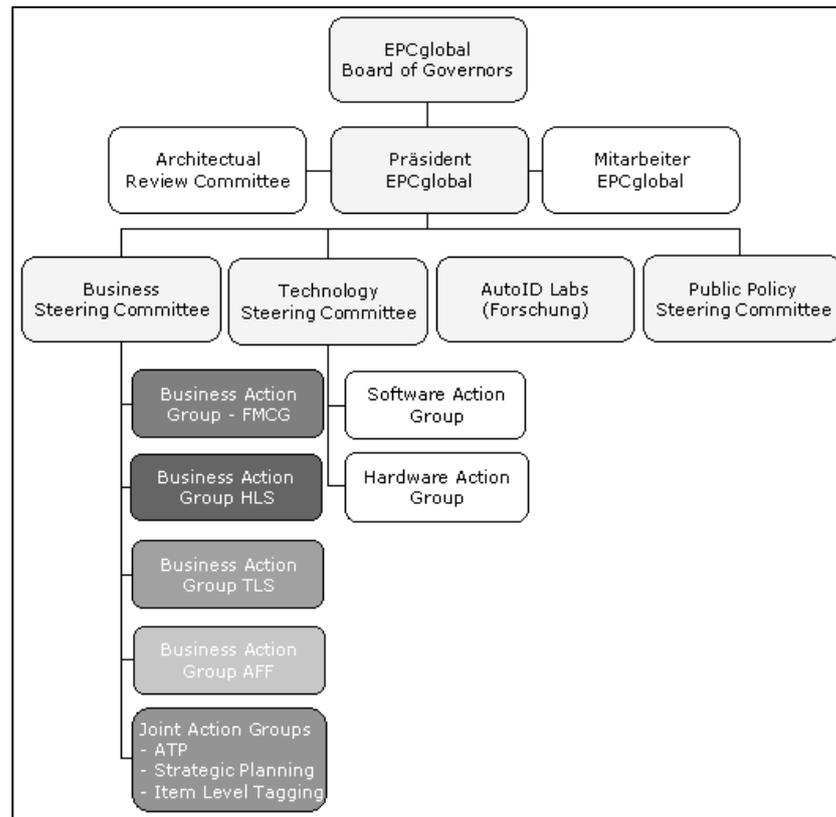


Abbildung 20: Organisatorischer Aufbau von EPCglobal¹⁶³

Das 'EPCglobal Board of Governors' bezeichnet das Aufsichtsgremium der Organisation. Dieses besteht aus 18 Mitgliedern, welche aus den verschiedensten Wirtschaftszweigen weltweit stammen. Ihre zentrale Aufgabe kann wie folgt beschrieben werden: „The Board of Governors of EPCglobal will guide the organisation towards achieving worldwide adoption and standardisation of EPC technology in an ethical and responsible way.“¹⁶⁴ Das Lenkungsgremium, welches für die konsistente Struktur und Fortführung der Organisation zuständig ist, ist das 'Architectural Review Committee'. Das 'Business Steering Committee' besteht aus Vertretern verschiedener Geschäftsfelder, welche versuchen, ihre branchenspezifischen Anforderungen in die Entwicklung von EPC und RFID einfließen zu lassen. Das 'Technology Steering Committee', technologisches Gremium, formuliert sowohl spezifische Software- als auch Hardware- Anforderungen an EPC und RFID. Aufgabe des 'Public Policy Steering Committee', einem Expertengremium, ist es hingegen, aus Sicht des Verbraucher(-schutzes) Leitbilder für den technischen Einsatz von EPC und RFID zu gestalten.¹⁶⁵ Die in der Abbildung dargestellten 'Action Groups' sind Bestandteile der einzelnen Gremien und setzen sich aus Experten der ganzen Welt aus den verschiedensten Branchen zusammen, um Anforderungen an EPC und RFID zu formulieren. Den Branchen entsprechend bestehen Action Groups für: Healthcare Life Science (HLS), Fast Moving Consumer Goods (FMCG), Transport & Logistik (TLS) sowie für Apparel, Fashion & Footware (AFF), welchen wiederum verschiedene Arbeitsgruppen

¹⁶³ GS1 Germany (2007c), www.gs1-germany.de

¹⁶⁴ EPCglobal (2007), www.epcglobalinc.org

¹⁶⁵ vgl. GS1 Germany (2007e), www.gs1-germany.de

untergeordnet sind. Des Weiteren bestehen Action Groups für die Entwicklung technischer Spezifikationen in den Bereichen Soft- und Hardware. Durch diesen Aufbau wird die Entwicklung marktorientierter Lösungen gewährleistet. Interessierte Unternehmen haben die Möglichkeit im Rahmen der Arbeitsgruppen an der Entwicklung und Ausrichtung von EPC und RFID mitzuwirken, ihr spezifisches Wissen einzubringen bzw. am Know-how von EPCglobal zu partizipieren.¹⁶⁶ Die 'Auto-ID Labs' sind eng in die Organisation von EPCglobal eingebunden. Ihre Aufgaben bestehen neben der kontinuierlichen Forschungstätigkeit in der Durchführung verschiedener Tests zur Optimierung des EPC bzw. der RFID-Technologie, um praxisnahe Lösungen anzubieten.¹⁶⁷

4.2.1.2. EPC-Netzwerk

Beim EPC-Netzwerk handelt es sich um eine auf offenen, globalen Standards basierende Technologie, durch deren Einsatz die Transparenz von Produktinformationen innerhalb der Supply Chain signifikant erhöht wird. Informationen sollen möglichst kostenminimal, in hoher Qualität sowie in Echtzeit verfügbar sein. Durch die Standardisierungsbemühungen von EPCglobal werden weltweit gültige Standards für alle Komponenten des EPC-Netzwerkes geschaffen.¹⁶⁸ Diese Komponenten sind:¹⁶⁹

- der Electronic Product Code, kurz EPC, welcher auf dem RFID-Transponder gespeichert wird;
- das ID-System, welches den EPC-Tag als solchen, das stationäre oder mobile Lesegerät sowie die Schnittstellenprotokolle umfasst;
- die EPC-Middleware, auch Savant genannt, welche mit einer Applikation – beispielsweise einem Warenwirtschaftssystem – und dem Lesegerät kommuniziert;
- der Verzeichnisdienst – Object Naming Service (ONS) – für den Abruf spezifischer detaillierter Produktdaten;
- Physical Markup Language (PML)
- die EPC Information Services, kurz EPC IS, sowie
- der EPC Erkennungs- und Ermittlungsdienst, welcher mit einer Suchmaschine im Internet vergleichbar ist und zum Auffinden von Informationen zu bestimmten EPC Nummern verwendet wird.

¹⁶⁶ vgl. GS1 Germany (2007d), www.gs1-germany.de

¹⁶⁷ vgl. GS1 Germany (2007b), www.gs1-germany.de

¹⁶⁸ vgl. EPCglobal Austria (2007a), www.epcglobal.at

¹⁶⁹ vgl. EPCglobal Austria (2007a), www.epcglobal.at

Die genannten Komponenten des EPC-Netzwerkes werden in den nachfolgenden Unterkapiteln näher betrachtet.

4.2.1.2.1. Electronic Product Code

Einen der wichtigsten branchenübergreifenden Standards im Bereich der RFID-Technologie stellt der Electronic Product Code kurz EPC dar. Er ist Kernvariable des EPC-Netzwerkes. Jede weitere Netzwerkkomponente schließt an ihn an. Der EPC ist eine definierte Ziffernfolge, welche aus einem Datenkopf, einer Hersteller- und Produktnummer sowie einer eindeutigen Seriennummer besteht. Der ausgezeichnete Artikel wird individuell nummeriert, indem der EPC auf dem RFID-Transponder gespeichert wird.¹⁷⁰

Der EPC kann zur Kennzeichnung von Objekten jeglicher Art und Gattung verwendet werden, seien es Produkte, logistische Einheiten, Ladungsträger, Dokumente oder Lokationen. Die Nummer des EPC ist die einzige auf dem Transponder hinterlegte Information. Es werden keine weiteren Daten, wie zum Beispiel detaillierte Produkteigenschaften, Herstellungs- oder Ablaufdatum, gespeichert. Artikelspezifische Informationen dieser Art werden mit Hilfe der anderen Netzwerkkomponenten abgefragt und ausgetauscht.¹⁷¹

Durch den Verzicht auf die Speicherung der Produkt-Metadaten werden vielfältige Vorteile realisiert. So wird einerseits eine hohe Auslesegeschwindigkeit auch bei vielen parallel auszulesenden Tags erreicht, andererseits befinden sich keine sensiblen Daten auf dem Tag, womit der Datensicherheit und dem Datenschutz genüge getan wird. Aufgrund des geringen Speichervolumens, welches infolge benötigt wird, werden die Kosten gering gehalten..¹⁷² Nachstehende Abbildung verdeutlicht den Aufbau des EPC grafisch:

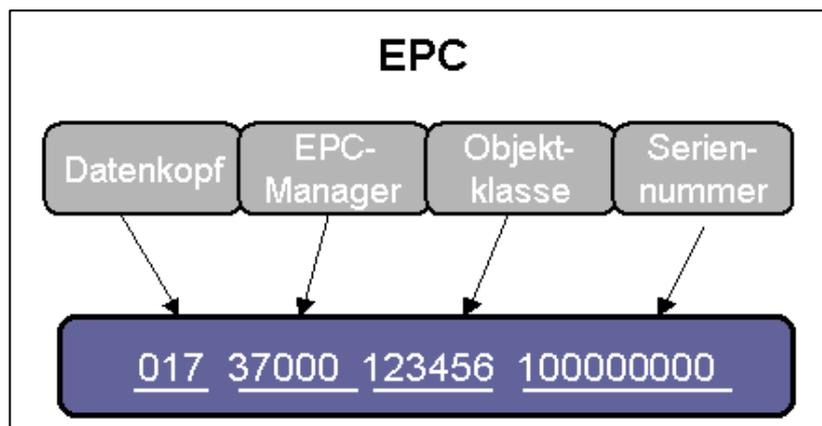


Abbildung 21: Aufbau des EPC¹⁷³

¹⁷⁰ vgl. Flörkemeier (2005), S. 88 f.

¹⁷¹ vgl. Popova (2005), S. 6, www.gs1-germany.de

¹⁷² vgl. Clasen (2005), S. 186

¹⁷³ GS1 Germany (2007a), www.gs1-germany.de

Die Strukturkomponenten des EPC und deren spezifische Merkmale nochmals im Überblick:¹⁷⁴

- Der Datenkopf, auch Header genannt, vermittelt, welche Version des EPC verwendet sowie welche Informationsart verschlüsselt wurde.
- Der EPC-Manager zeigt die Kennzeichnungsnummer des Nummerngebers, sprich des Herstellers, an.
- Die Objektklasse gibt die Objektnummer, beispielsweise die Artikelnummer an.
- Die Seriennummer dient der seriellen Identifikation des jeweiligen spezifischen Objektes.

Die ersten Transponder waren mit einem 64 Bit langen EPC ausgestattet. Heute werden meist 96 Bit lange EPC eingesetzt. Bei Letztgenanntem bietet die Objektklasse dem Hersteller die Möglichkeit 16 Millionen Produkte auszuzeichnen, welche des Weiteren mit einer 32 Bit langen Seriennummer individuell spezifiziert werden.¹⁷⁵ Jeder einzelne Artikel besitzt infolge eine eindeutige Identifikationsnummer.

4.2.1.2.2. ID-System

Die Aufgaben des ID-Systems betreffend, welches aus dem Transponder sowie dem Lesegerät besteht, wird auf die entsprechenden Ausführungen in Kapitel 3.1 und Kapitel 3.2 verwiesen.

4.2.1.2.3. EPC-Middleware

Ausführungen zur Funktionsweise und den Aufgaben der Middleware in Kapitel 3.3 gelten analog für die EPC-Middleware.

4.2.1.2.4. Object Naming Service (ONS)

Da der EPC eine Identifikationsnummer darstellt und keine weiteren Informationen über das ausgezeichnete Objekt enthält, wird ein Dienst benötigt, welcher diese zur Verfügung stellt. Diese Aufgabe übernimmt der Object Naming Service, auch Verzeichnisdienst genannt. Allerdings bietet nicht der ONS selbst die benötigten Informationen an, sondern ist eine Datenbank, welche für jeden EPC eine Netzwerkadresse ausweist. Wird der EPC eines Objekts ausgelesen und dessen detaillierte Informationen benötigt, so wird dieser an den ONS übermittelt, welcher ihn sodann in eine Netzwerkadresse umwandelt und diese an den Anfrager zurücksendet.

¹⁷⁴ vgl. Popova (2005), S. 6, www.gs1-germany.de

¹⁷⁵ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 45 f.

Mit Hilfe der gesandten Netzwerkadresse kann auf den Produktserver des Herstellers zugegriffen werden, um die benötigten Informationen zu erhalten. Der ONS arbeitet auf Basis des aus dem Internet bekannten Domain Name System (DNS).¹⁷⁶

4.2.1.2.5. *Physical Markup Language (PML)*

Um physische Objekte näher zu beschreiben, wird eine Sprache – hier die Physical Markup Language – benötigt. Sie stellt das Bindeglied zwischen dem EPC und dem ONS dar und ermöglicht die automatische Verbindung zwischen dem physischen Objekt und der ihm zugeschriebenen spezifischen Information. Während der EPC das ausgezeichnete Produkt eindeutig identifiziert, wird das Produkt durch die PML beschrieben. Der ONS stellt die Verbindung der Beiden her.¹⁷⁷

4.2.1.2.6. *EPC Information Services (EPC IS)*

Das EPC Information Service, kurz EPC IS, vormals bekannt unter dem Namen PML-Server, besteht aus einer Vielzahl miteinander verbundener Server, auf welchen die Informationen der mit einem EPC ausgestatteten Objekte hinterlegt sind. Das EPC IS entsteht durch den Zusammenschluss der Server zu einem Informationsnetzwerk und dient als Datenspeicher. Jeder Teilnehmer des EPCglobal-Netzwerkes betreibt einen eigenen lokalen Server, auf welchem die Informationen zu den einzelnen EPCs gespeichert und zur Verfügung gestellt werden. In einem elektronischen Register wird festgehalten, welche Informationen zu spezifischen EPCs auf welchen Servern zu finden sind. Erhält das oben genannte ONS eine Anfrage bezüglich eines EPC, so sendet dieses die Netzwerk- bzw. Internetadresse des relevanten EPC IS-Server, welcher die benötigten Informationen bereitstellt, an den Anfrager zurück.¹⁷⁸

Die sich im EPC IS befindlichen Daten (Ereignisse) stellen historische Daten dar. Dazu zählen sowohl Daten, welche den aktuellen Ist-Zustand eines Systems aufzeigen, als auch in der Vergangenheit erzeugte Daten. Doch das EPC IS enthält keine Rohdaten, sondern ausschließlich ausgelesene Transponderdaten, welche zusätzliche Kontextinformationen beinhalten. Diese werden zur Analyse und Steuerung von Geschäftsprozessen herangezogen. Grundsätzlich sind vier verschiedene Arten von Daten, welche aus Ereignissen entstehen, zu unterscheiden:

- das Objekt ereignis,
- das Aggregationsereignis,
- das Quantitätsereignis sowie
- das Transaktionsereignis,

¹⁷⁶ vgl. EPCglobal (2007), S. 9 ff., www.epcglobalinc.org

¹⁷⁷ vgl. GS1-Austria (2007), www.gs1austria.at

¹⁷⁸ vgl. GS1-Austria (2007), www.gs1austria.at

wobei jeder dieser Typen über vier Dimensionen verfügt: das Objekt, das Datum und die Uhrzeit, die Lokation sowie den Geschäftskontext oder kurz, Was, Wann, Wo und Warum passiert ist. Das Objektereignis beinhaltet Daten, welche sich auf einen oder mehrere EPC beziehen und wird eingesetzt um Objekte zu beobachten. Das Aggregationsereignis wird genutzt, um mehrere Objekte zu einem übergeordneten Objekt zusammenzufügen, beispielsweise, wenn eine Palette mehrere Kartons enthält. Soll die Menge einer bestimmten Objektklasse erfasst werden, wie dies zum Beispiel bei der Erfassung von Lagerbeständen der Fall ist, so wird das Quantitätsereignis verwendet. Das letztgenannte Transaktionsereignis kommt bei der Verknüpfung von Objekten mit einer oder mehreren Transaktionen zur Anwendung, beispielsweise enthält eine Liefermeldung ebenso eine Referenz zu den angekündigten Objekten.¹⁷⁹

4.2.1.2.7. EPC Erkennungs- und Ermittlungsdienst

Der Erkennungs- und Ermittlungsdienst des EPC-Netzwerkes fungiert als eine Art der aus dem Internet bekannten Suchmaschine und inkludiert eine Vielfalt an Leistungen und Funktionen. Durch diesen Dienst wird es dem Anwender ermöglicht, einerseits Informationen zu einem bestimmten EPC zu finden, andererseits, bei der Erfüllung bestimmter Voraussetzungen, tatsächlich auf diese zugreifen zu können. Der Zugriff auf die Daten wird durch das EPC IS geregelt bzw. beschränkt. Nicht jeder beliebige Interessent hat die Möglichkeit Objektdaten abzurufen. Durch Authentifizierung und Autorisierung wird Datensicherheit gewährleistet.¹⁸⁰

Die Funktionsweise bzw. das Zusammenspiel der vorgestellten Komponenten wird nachfolgend beschrieben sowie grafisch dargestellt.

4.2.1.3. Funktionsweise

Jeder Transponder enthält einen EPC, welcher weltweit eindeutig identifizierbar ist, wie auch das damit ausgezeichnete Objekt. Die das Objekt näher beschreibenden Informationen werden von dessen Hersteller im EPC Information Service (EPC IS) hinterlegt. Wäre nun tatsächlich jedes Objekt mit einem Transponder ausgestattet, so müsste das Lesegerät eine Unmenge an Daten speichern, wenn es diese ausliest. Hierzu dient allerdings die Middleware, auch Savant genannt, deren primäre Aufgabe in der Bearbeitung der ausgelesenen Daten sowie deren Übermittlung an die jeweiligen Anwendungen besteht. Neben der Versorgung der externen Softwareanwendungen, beispielsweise einem Warenwirtschaftssystem, mit Daten, steuert die RFID-Middleware auch eine Vielzahl verschiedener Lesegeräte. Der Object Naming Service (ONS) dient als Verzeichnisdienst, welcher nach der Angabe des spezifischen EPC zu näheren Objektinformationen weiterleitet. Diese werden im EPC Information Service angeboten, welcher als Datenspeicher bzw. Datenarchiv fungiert. Die Physical Markup Language sichert die Einheitlichkeit der ausgelesenen Daten. Durch das einheitliche

¹⁷⁹ vgl. Kuhlmann/Amende (2006) S. 8 ff., www.gs1-germany.at

¹⁸⁰ vgl. GS1-Austria (2007), www.gs1austria.at

Format können die generierten Daten externen Anwendungen sowie anderen Komponenten des EPC-Netzwerkes zur Verfügung gestellt werden.¹⁸¹ Der EPC Erkennungs- und Ermittlungsdienst unterstützt die Suche nach spezifischen EPCs, ist des Weiteren für die Zugriffskontrolle zuständig.

Durch das Zusammenspiel aller Netzwerk-Komponenten wird das vom Auto-ID Center verfolgte Ziel – das Internet der Dinge – realisiert. Nur mit Hilfe einer einfachen Ziffernfolge – dem EPC – können objektspezifische Metadaten zu jedem Produkt über das Internet abgerufen werden.

Die hier dargestellte Abbildung gibt einen Überblick über alle Komponenten des EPC-Netzwerkes und verdeutlicht deren Zusammenspiel:

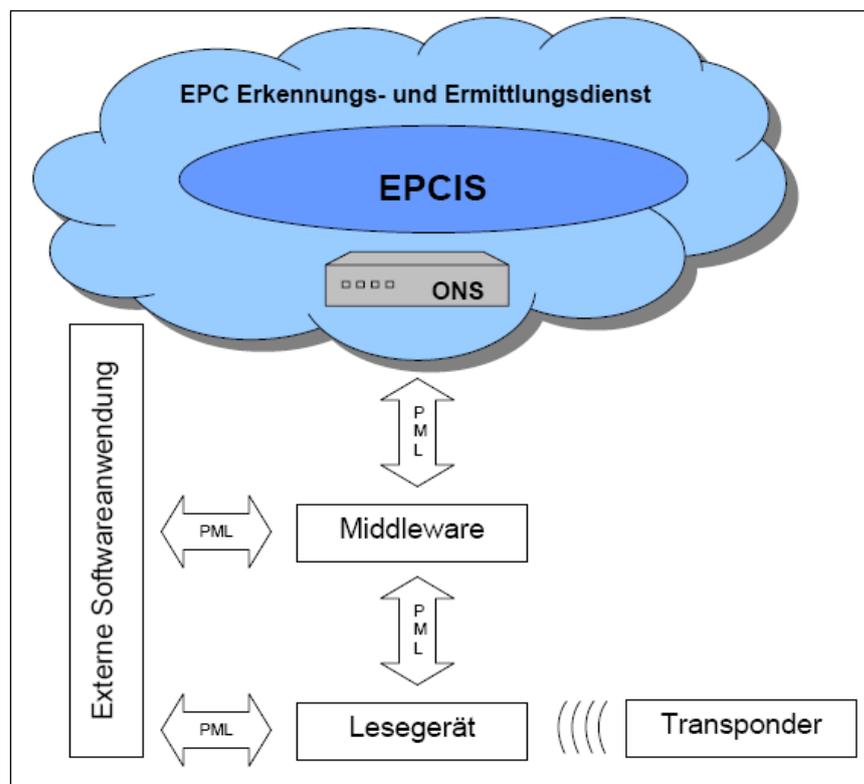


Abbildung 22: Die Systemkomponenten des EPC-Netzwerkes¹⁸²

Die von EPCglobal forcierte Standardisierungstätigkeit unterliegt spezifischen Prinzipien. Diese sowie die im Zusammenhang mit dem EPC zu berücksichtigenden Vor- und Nachteile werden in den nachfolgenden Unterpunkten betrachtet.

¹⁸¹ vgl. Flörkemeier (2005), S. 88 f.

¹⁸² Eigene Darstellung – in Anlehnung an: GS1 Germany (2007f), www.gs1-germany.de

4.2.1.4. Prinzipien des EPCglobal-Netzwerkes

Um das Ziel eines offenen, weltweit einheitlichen, sicheren und branchenunabhängigen Netzwerkes auf Basis der EPC-Technologie zu verwirklichen, hat sich EPCglobal folgende Prinzipien auferlegt:¹⁸³

- **Globale Standards**
Aufgrund der weltweit gültigen Standards für die einzelnen Komponenten des EPC-Netzwerkes ist deren weltweit einheitlicher Einsatz gewährleistet. Die Systempflege wird wesentlich erleichtert, wodurch vielfältige Anreize für IT-Dienstleister bestehen, das System zu unterstützen.
- **Aufteilung in funktionale Ebenen**
Das EPC-Netzwerk besteht aus verschiedenen Schichten. Durch den modularen Aufbau ist es möglich, Standards für die einzelnen Netzwerk-Komponenten festzulegen, den Standardisierungs- und Implementierungsprozess stufenweise durchzuführen.
- **Offenes System**
Die Standardisierungsbemühungen von EPCglobal erfolgen offen und anbieterneutral. Es erfolgt keine Bevorzugung einflussreicherer Lobbys. Entwickelte Standards und deren Spezifikationen sind öffentlich zugänglich.
- **Erweiterbarkeit**
Die Spezifikation der Netzwerkarchitektur legt Rahmenbedingungen fest, wie beispielsweise Grundfunktionalitäten. Um verschiedensten Anforderungen des tatsächlichen RFID-Einsatzes gerecht zu werden sowie die Interoperabilität einzelner Systeme sicher zu stellen, bestehen Regeln, mit deren Hilfe branchen- oder anwendungsspezifische Erweiterungen ermöglicht werden. Dadurch wird einerseits den Bedürfnissen der Benutzer besser entsprochen, andererseits erfolgt eine natürliche Weiterentwicklung der Standards.
- **Plattform-Unabhängigkeit**
Das EPCglobal-Netzwerk kann in verschiedenen Hardware- und Softwareumgebungen implementiert werden. Es besteht keine Abhängigkeit von einem speziellen Typ oder Anbieter der Hard- und Software.
- **Sicherheit und Datenschutz**
Im EPCglobal-Netzwerk bestehen verschiedene Sicherheitsmechanismen, um einen unerlaubten Zugriff auf nicht-öffentlich zugängliche, vertrauliche Daten zu verhindern. Aktuelle Entwicklungen auf dem Gebiet der Datensicherheit bzw. des Datenschutzes werden kontinuierlich beobachtet, Empfehlungen von EPCglobal ausgesprochen. (vgl. EPCglobal Verbraucherschutzrichtlinien Kapitel 5. 3.3.)

¹⁸³ vgl. Popova (2005), S. 3 f., www.gs1-germany.de

- Branchenspezifische Systemarchitekturen und Standards
Bestehen in einer Branche bereits fest etablierte Architekturen und Standards, so werden diese bei der Netzwerkgestaltung durch EPCglobal berücksichtigt. Eine Interaktion mit diesen bzw. deren Integration in das EPCglobal-Netzwerk wird ermöglicht.

4.2.1.5. Vorteile des EPCglobal-Netzwerkes

Folgende Vorteile können durch die Nutzung des EPCglobal-Netzwerkes realisiert werden:¹⁸⁴

- Die Bereitstellung von Echtzeit-Informationen wird durch das Internet sowie die Einrichtung zentraler Informationsverzeichnisse, wie beispielsweise dem ONS, verwirklicht. Dadurch werden Anfragen zu bestimmten EPCs wesentlich schneller und gezielter beantwortet.
- Es kann jederzeit festgestellt werden, wo sich ein Objekt aktuell befindet bzw. in der Vergangenheit befunden hat. Dadurch wird der Produktfälschung entgegengewirkt, da jedes Objekt eine eindeutige Identifikationsnummer besitzt und folglich ein und dasselbe Produkt nicht gleichzeitig an zwei verschiedenen Orten sein kann.
- Die Informationstransparenz entlang der gesamten Supply Chain wird signifikant erhöht, bezieht sich nicht mehr nur auf benachbarte Partner. Dies ist vor allem bei Lebensmittel und pharmazeutischen Produkten von hoher Wichtigkeit, da hier die lückenlose Rückverfolgbarkeit gesetzlich vorgeschrieben ist. Das EPCglobal-Netzwerk unterstützt folglich ein effektives 'Tracking and Tracing'.

4.2.1.6. Nachteile des EPCglobal-Netzwerkes

Neben den vielfältigen Stärken des EPCglobal-Netzwerkes bestehen aber auch im Aufbau liegende Schwächen, welche zu beachten sind:

- Infolge der zentralen Datenhaltung und dem dadurch jederzeit möglichen Zugriff auf diese, ist dem Konsumenten- und Datenschutz besonderes Augenmerk zu geben. Informationstechnologische Schutzmechanismen sind zu installieren, um unautorisierte Zugriffe auf die Datenbanken zu verhindern.
- Das EPCglobal-Netzwerk fokussiert ausschließlich auf passive Transponder und deren Standardisierung. Bis dato fehlen ratifizierte Standards zu aktiven Transpondern, wodurch das bestehende Potenzial nicht vollständig ausgeschöpft wird.

¹⁸⁴ vgl. Clasen (2005), S. 191

- Aufgrund der zentralen Datenhaltung ist ein unmittelbarer Abruf detaillierter Metadaten eines Produktes vor Ort, beispielsweise mittels eines mobilen RFID-Lesegeräts, nicht möglich. Derartige Informationen sind nur über das Netzwerk erhältlich.

Nach der kurzen Benennung und Erläuterung der zentralen Komponenten des EPC-Netzwerkes, deren Zusammenspiel und Funktionsweise sowie den Prinzipien des EPCglobal-Netzwerkes und die durch das Netzwerk realisierbaren Vorteile und die zu beachtenden Nachteile, folgt an dieser Stelle die Auflistung der wichtigsten EPC Standards, welche vorrangig der Standardisierung der zwischen den Komponenten bestehenden Schnittstellen dienen. Es erfolgt eine Konzentration auf jene, von EPCglobal bereits ratifizierte Standards. Auf eine Aufzählung aller, der sich in der Entwicklungsphase befindlichen Standards wird verzichtet. Nachfolgend liegt der Fokus auf dem EPC Tag Data Standard, die EPCglobal Luftschnittstellenstandards und weitere durch EPCglobal ratifizierte Standards.

4.2.1.7. EPC-Standards

4.2.1.7.1. EPC Tag Data Standard

Der EPC Tag Data Standard legt einerseits die oben aufgezeigte Struktur des EPC fest, andererseits, welche Daten und in welcher Form diese auf dem Transponder gespeichert werden, bzw. in welcher Art die Codierung und Decodierung der Informationen erfolgt. Da heute bereits mehrere Versionen des EPC Tag Data Standard parallel bestehen, ist deren Kompatibilität zu allen anderen – auch älteren – weltweit geltenden EPC Standards unabdingbar.¹⁸⁵ Durch Kompatibilität wird die Übertragung bereits länger bestehender, weit verbreiteter Nummerierungsstandards ermöglicht. In der Vergangenheit zurückliegende Investitionen in andere Nummerierungssysteme werden dadurch gesichert, der bereits bestehende Nutzen nochmals erhöht.¹⁸⁶ In den EPC konkret überführt werden können:¹⁸⁷

- Der EAN, welcher als internationale Artikelnummer fungiert und zur weltweiten überscheidungsfreien Kennzeichnung von Produkten und Dienstleistungen herangezogen wird. Im internationalen Kontext als Global Trade Item Number, kurz GTIN, bekannt. Im EPC-Kontext wird der EAN bzw. GTIN um eine Seriennummer erweitert und somit zur Seriellen Internationalen Artikelnummer, kurz SGTIN. Die weltweite eindeutige Identifikation jedes derart ausgezeichneten Artikels wird sichergestellt.

¹⁸⁵ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 44 f.

¹⁸⁶ vgl. Clasen/Jansen/Hustadt (2005), S. 79

¹⁸⁷ vgl. Clasen (2006a), S. 6 f., www.gs1-germany.de

- Die NVE (Nummer der Versandeinheit), die zur Kennzeichnung von logistischen Einheiten verwendet und international Serial Shipping Container Code (SSCC) bezeichnet wird. Durch ihre Weiterverwendung im EPC wird der Einsatz von RFID auf der Ebene logistischer Einheiten forciert.
- Die EAN-Identnummer, welche zur Identifikation von Mehrwegtransportverpackungen verwendet wird und die internationale Bezeichnung Global Returnable Asset Item (GRAI) trägt, sowie
- die serielle EAN-Objekt- bzw. Behälternummer, international Global Individual Asset Identifier (GIAI) genannt.

Welche der hier genannten Identifikationsnummern tatsächlich in den EPC überführt wurde, ist dem Datenkopf des selbigen zu entnehmen.

Aktuell empfiehlt EPCglobal die Verwendung passiver Transponder mit einem Speichervolumen von 96 Bit. Dieser besitzt einen einfachen Aufbau, ist daher kostengünstig in der Herstellung, erfüllt aber gleichzeitig die ihm übertragene Aufgabe der eindeutigen Identifizierung.¹⁸⁸

Die aktuell wichtigsten EPC Tag Data Standards sind der EPC Tag Data Standard Version 1.1 Rev. 1.27, welcher im Mai 2005 ratifiziert wurde, sowie der EPC Tag Data Standard Version 1.3, ratifiziert im März 2006.¹⁸⁹ Auf eine detaillierte Darstellung der umfassenden Charakteristika eines jeden sowie deren spezifische Unterschiede zu ihren jeweiligen Vorgängern wird an dieser Stelle verzichtet, da es kontinuierlich zu Neuerungen kommt. Für eine nähere Information über aktuelle Änderungen bzw. Ratifizierungen wird auf die Homepage von EPCglobal verwiesen.

Nachfolgende Abbildung vergleicht die Kodierung des EAN-Codes mit jener des SGTIN und verdeutlicht den Vorteil des Letztgenannten gegenüber dem EAN-Code durch die Möglichkeit der eindeutigen Identifikation:

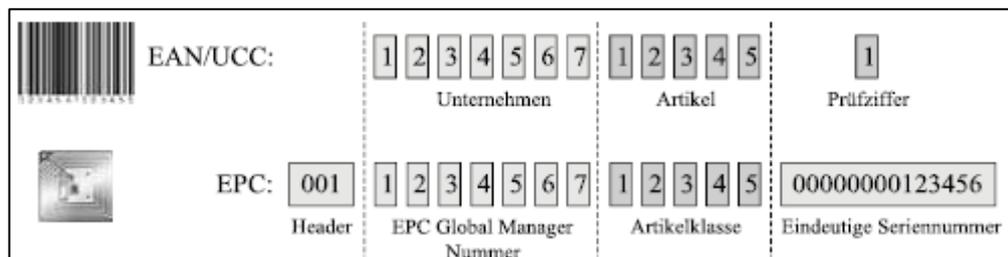


Abbildung 23: Überführung des EAN/UCC-Barcodes in einen als SGTIN kodierten EPC¹⁹⁰

¹⁸⁸ vgl. Clasen/Jansen/Hustadt (2005), S. 80

¹⁸⁹ vgl. EPCglobal Austria (2007b), www.epcglobal.at

¹⁹⁰ Finkenzeller (2006), S. 313

4.2.1.7.2. EPC Luftschnittstellenstandards

Die EPC Luftschnittstellenstandards regulieren die Datenübertragung zwischen Transponder und Lesegerät. Es erfolgt die Standardisierung ihrer Kommunikation. Der Standard legt spezifische Anforderungen fest, um eine problemlose, auf Funk basierende Kommunikation zu gewährleisten. Dabei erfolgt die Datenübertragung im UHF-Bereich, in einem Frequenzbereich zwischen 860 MHz und 960 MHz.¹⁹¹ Bis dato ratifizierte EPCglobal vier Luftschnittstellenstandards:¹⁹²

- UHF Class 0 Version 1 für „read only“ UHF-Transponder
- UHF Class 1 Version 1 für „write once read many times“ UHF-Transponder
- HF Class 1 Version 1 für „write once read many times“ 13,56 MHz-Transponder
- UHF Class 1 Generation 2 für „read-write“ UHF Transponder

Der UHF Class 0 Version 1 Transponder wird bereits bei seiner Herstellung mit einem EPC beschrieben, seine Daten können zu späteren Zeitpunkten nur mehr ausgelesen, nicht mehr verändert werden. Class 1 Transponder werden hingegen erst vor Ort mit einem EPC ausgestattet, können allerdings wie der Class 0 Transponder im Nachhinein nicht mehr beschrieben werden. Sowohl Class 0 als auch Class 1 Transponder besitzen nur eine Lese- jedoch keine Schreibfunktion.¹⁹³

Der Ende 2004 von EPCglobal verabschiedete Standard UHF Class 1 Generation 2 stellt die bis dato aktuellste Entwicklung dar. In Europa wird durch diesen Luftschnittstellenstandard das Auslesen von bis zu 600 Transpondern pro Sekunde möglich. Sein spezifisches Kill-Kommando ermöglicht die vollständige Deaktivierung des Transponders, wodurch Bedenken der Konsumenten hinsichtlich des Verbraucherschutzes reduziert, ihre Akzeptanz erhöht wird. Des Weiteren sind alle auf dem Transponder hinterlegten Daten mit Passwörtern geschützt, wodurch die Datensicherheit wesentlich erhöht, ein ungewolltes Auslesen der Daten durch Unbefugte verhindert wird. Der EPC kann eine Länge zwischen 16 Bit und 496 Bit haben. Bei Bedarf können auch anwendungsbezogene Daten gespeichert werden.¹⁹⁴

Im Vergleich zu Class 0 und Class 1 Transpondern, ist der Gen-2-Transponder in der Lage, auch sehr schwache Funksignale zu empfangen. Ein fehlerfreies Auslesen des Transponders durch Wasser hindurch wird erstmalig realisiert.¹⁹⁵ Bei Metall konnte ebenso eine Verbesserung der Leserate erreicht werden. Eine vollständige Überwindung physikalischer Gesetze ist aber auch mit dem Gen-2-Standard nicht zu erreichen.¹⁹⁶ Um ungewollte Auslesevorgänge zu reduzieren und gleichzeitig die Leistung zu steigern bzw. das Datenvolumen zu reduzieren, kann der Gen-2-Transponder direkt angesprochen werden. Befinden sich beispielsweise auf einer

¹⁹¹ vgl. EPCglobal Austria (2007b), www.epcglobal.at

¹⁹² vgl. Clasen/Jansen/Hustadt (2005), S. 82

¹⁹³ vgl. Flörkemeier (2005), S. 92

¹⁹⁴ vgl. Walk (2007), S. 58

¹⁹⁵ vgl. O. V. (2007d), S. 38

¹⁹⁶ vgl. Pieringer (2007), S. 46

getaggten Palette 200 getaggte Kartons, so ist es möglich, dass das Lesegerät den Paletten-Transponder direkt anspricht, die auf den Kartons angebrachten Transponder hingegen stumm geschaltet werden. Folglich wird nur die Nummer der Versandeinheit (NVE) ausgelesen. Der Preis eines Gen-2-Transponders liegt aktuell zwischen 10 und 20 Cent – in Abhängigkeit von der Abnahmemenge. In Bezug auf das genannte Leistungsvermögen, kann von einem guten Preis-Leistungsverhältnis gesprochen werden.¹⁹⁷

4.2.1.7.3. Standards zum EPCglobal-Netzwerk

Wie bereits in der Beschreibung des EPC-Netzwerkes sowie in der näheren Vorstellung der einzelnen Komponenten festgehalten wurde, bestehen vielfältige Standards zur Umsetzung des EPC-Netzwerkes. Nachfolgend eine detaillierte Darstellung dieser.

Architectural Framework Document

Dieses Dokument gibt einen Überblick über das EPCglobal Architectural Framework, sprich dem System, dem Rahmenwerk von EPCglobal und bezeichnet eine Reihe von zusammenhängenden Standards für Hardware, Software, verschiedenste Schnittstellen sowie die von EPCglobal angebotenen Kerndienstleistungen. Ziel ist es, durch die Vielfalt an verschiedenen Standards die gesamte Supply Chain mit Hilfe der Verwendung des EPC zu verbessern, effizienter und effektiver zu gestalten. Dabei handelt es sich bei diesem Dokument nicht um einen Standard, der technische Vorgaben enthält, sondern vielmehr um eine Beschreibung des EPC-Netzwerkes, dessen System, den einzelnen Komponenten sowie deren Zusammenspiel. Die Kernaufgaben des Dokuments bestehen einerseits in der Nennung bestehender Standards für Software- und Hardwarekomponenten sowie für Schnittstellen, andererseits in der Darstellung ihres Zusammenspiels sowie in der Vorstellung der von EPCglobal angebotenen Kerndienstleistungen. Des Weiteren werden die Prinzipien auf deren Basis die einzelnen Standards entwickelt wurden benannt. Ziel ist es, durch das Dokument sowohl Endverbraucher als auch Technologieanbieter, welche beabsichtigen, EPCglobal Standards in ihre Unternehmensprozesse zu implementieren, zu beraten und bei der Einführung zu unterstützen.¹⁹⁸

Reader Management Datenprotokoll

Der Standard zum Reader Management Datenprotokoll beschreibt eine Reihe von Funktionen, mit deren Hilfe die Konfiguration und Überwachung von Lesegeräten ermöglicht wird. Die aktuellste, im Dezember 2006 ratifizierte Version ist das EPCglobal Reader Management Protocol 1.0. Es handelt sich hierbei um eine Basisdefinition der Funktionen, welche offen sind für zukünftige – auch herstellerspezifische – Erweiterungen.¹⁹⁹

¹⁹⁷ vgl. Clasen/Kalmbach (2006), S. 42 f.

¹⁹⁸ vgl. Traub et al. (2005), S. 6, www.epcglobalinc.org

¹⁹⁹ vgl. Walk (2007), S. 58

Reader Protokoll

Das Reader Protokoll definiert sowohl den Datenaustausch als auch den Austausch von Kommandos zwischen dem Lesegerät und der EDV-Anwendung. Konkret beinhaltet der Standard Funktionen zum Beschreiben, zum Auslesen sowie zur Zerstörung von Transpondern.²⁰⁰ Die aktuelle Version des Standards 1.1 wurde im Juni 2006 von EPCglobal verabschiedet.²⁰¹

Tag Data Translation

Das Tag Data Translation Protokoll ist zuständig für die Kodierung der Transponderdaten und enthält Regeln, welche zur Umsetzung der im Tag Data Standard enthaltenen Daten in ein maschinenlesbares Format benötigt werden.²⁰² Dadurch werden vom Lesegerät empfangene Transponderdaten in ein Format gebracht, welches für die Middleware verarbeitbar ist.²⁰³

Object Name Service (ONS)

Der den Object Name Service (ONS) näher definierende Standard wurde im Oktober 2005 von EPCglobal ratifiziert und gibt an, wie das Domain Name System (DNS), welches aus dem Internet bekannt ist, im EPC-Netzwerk verwendet wird, um Metadaten zu den einzelnen EPCs zu erhalten.²⁰⁴ Eine detaillierte Beschreibung der Funktionsweise des ONS wird in Kapitel 4.3.2.4 gegeben.

EPC Information Service (EPC IS) Standard

Bei dem am 16. April 2007 ratifizierten EPC IS Standard handelt es sich um einen Kommunikationsstandard, welcher die Transparenz bei der Rückverfolgung von Waren signifikant erhöhen wird. Schnittstellen der jeweiligen Supply Chain Teilnehmer werden spezifiziert und standardisiert, wodurch ein standardisierter und interoperabler Informationsaustausch innerhalb der Wertschöpfungskette möglich wird. Sowohl die standardisierte Erfassung und Verwaltung produktspezifischer Daten als auch deren Weitergabe wird durch EPC IS geregelt. Durch diesen Standard können Verbesserungen in verschiedensten Prozessen verwirklicht werden, sei es in der Realisierung des Container-Tracking, der Rückverfolgbarkeit von Gepäckstücken im internationalen Luftverkehr oder der Sicherung der Produktauthentizität und dem Schutz gegen Produktpiraterie – vor allem im Bereich pharmazeutischer und elektronischer Produkte.²⁰⁵

Durch den Einsatz des EPC IS-Standards erfolgt eine Verknüpfung aller für die Supply Chain relevanter Informationen. Jedes an der Wertschöpfungskette teilnehmende Unternehmen erhält die Möglichkeit zu erfahren, welche Produkte zu welcher Zeit an welchem Ort gefertigt bzw. verladen wurden. Bewegungen von Produkten und logistischen Einheiten werden vollständig abgebildet. Die genannten Informationen werden miteinander verknüpft, in Form standardisierter Datensätze im IT-System

²⁰⁰ vgl. Walk (2007), S. 58

²⁰¹ vgl. EPCglobal (2006), S. 2, www.epcglobalinc.org

²⁰² vgl. Walk (2007), S. 58

²⁰³ vgl. EPCglobal Austria (2007b), www.epcglobal.at

²⁰⁴ vgl. EPCglobal (2005), S. 2, www.epcglobalinc.org

²⁰⁵ vgl. EPCglobal Austria (2007c), www.epcglobal.at

hinterlegt. Der Informationsabruf in Echtzeit wird realisiert. Der Auftragsstatus oder der Aufenthaltsort spezifischer Produkte können jederzeit abgerufen werden, die Transparenz und Effizienz von Warenströmen wird signifikant erhöht.²⁰⁶

4.2.1.8. Ziele

Grundsätzlich sollen die von EPCglobal festgelegten Standards folgende Ziele verwirklichen:²⁰⁷

- Den Austausch von Informationen und Gütern zwischen Handelspartnern zu erleichtern: Beim Austausch von Daten ist es für Handelspartner essentiell, im Vorhinein die Struktur und die Bedeutung der auszutauschenden Daten sowie den Mechanismus des Austausches festzulegen. EPCglobal Standards umfassen daher sowohl Datenstandards als auch Standards für den Datenaustausch. Zusätzlich beinhalten sie Spezifikationen für RFID-Einheiten und Datenstandards für die Dekodierung von EPCs.
- Die Existenz wettbewerbsfähiger Marktplätze für Systemkomponenten zu fördern: EPCglobal Standards definieren Schnittstellen zwischen verschiedenen Systemkomponenten, welche die Interoperabilität von Komponenten unterschiedlicher Produzenten sichern.
- Innovationen anzuregen:
EPCglobal Standards legen Interfaces und keine Implementierungen fest.

4.2.1.9. Beurteilung der Standardisierungstätigkeit von EPCglobal

Wie die Ausführung zu den Standards von EPCglobal zeigt, handelt es sich bei dieser Initiative um ein ganzheitliches Konzept, dessen Fokus auf allen Komponenten eines RFID-Systems beruht. Durch die bereits angesprochene kontinuierliche Entwicklungstätigkeit der Organisation und ihrer einzelnen Gremien wird die Qualität der Standards überprüft, verbessert, an aktuelle Anforderungen angepasst. Durch die intensive Zusammenarbeit mit Unternehmen aus verschiedenen Wirtschaftszweigen wird einer einseitigen Ausrichtung entgegen gewirkt, die Berücksichtigung der Interessen aller gewährleistet. Infolge der engen Kooperation erfolgt im Wirtschaftsalltag ein hoher Ausrichtungsgrad der RFID-Produkte an den von EPCglobal entwickelten Standards.

Weltweit anerkannte Standards führen zu einer Nachfragebündelung, wodurch die durch die Transponder-Entwicklung und –Produktion anfallenden hohen Fixkosten auf eine unendlich große Menge an Transpondern verteilt wird. Der Preis pro Gen 2-Transponder-Etikett zum Aufkleben kann bei großen Abnahmemengen auf 10 – 15

²⁰⁶ vgl. Kranke (2007), S. 52 f.

²⁰⁷ vgl. Traub et al. (2005), www.epcglobalinc.org

Cent reduziert werden. Die Forschungs- und Entwicklungstätigkeit verschiedener RFID-Komponenten-Erzeuger wird durch Standards fokussierter, ein gemeinsames Ziel angestrebt.²⁰⁸

Eine aktuelle Umfrage aus dem Jahr 2006, gemeinsam durchgeführt von FTK (Forschungsinstitut für Telekommunikation), dem Informationsforum RFID und AIM-Deutschland, verdeutlicht die Essentialität weltweit gültiger RFID-Standards, insbesondere in offenen Systemen. So wurde die Etablierung des UHF Class 1 Generation 2 für „read-write“ UHF Transponder von 73% der Befragten als *'wichtig'* bzw. *'sehr wichtig'* eingestuft. Als *'wenig wichtig'* bzw. *'nicht wichtig'* befanden dies hingegen nur 13%.²⁰⁹ Nachfolgende Abbildung gibt einen detaillierten Überblick über die Ergebnisse:

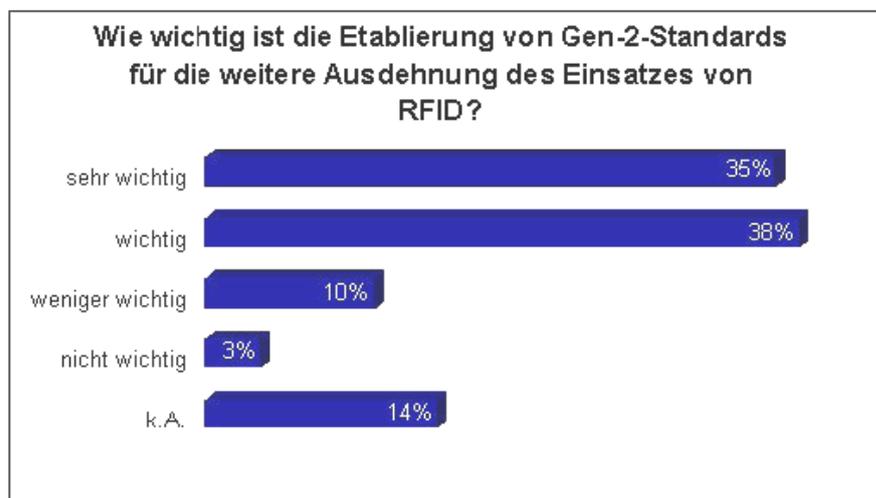


Abbildung 24: Die Wichtigkeit der Etablierung des EPCglobal Gen-2-Luftschnittstellenstandards für die weitere Ausdehnung des RFID-Einsatzes²¹⁰

An der Befragung nahmen 202 Personen teil, wobei 53% der Befragten kleine und mittelständische Unternehmen mit bis zu 250 Mitarbeitern vertraten und 42% der Teilnehmer mehr als 250 Mitarbeiter beschäftigen. Die Mehrheit der Befragten repräsentiert Unternehmen, welche in einem oder mehreren der nachfolgenden Geschäftsfelder tätig sind: Beratung, Hardware, Software, Vertrieb von RFID-Produkten.²¹¹

Wie die Abbildung zeigt, wird die Entwicklung und tatsächliche Anwendung von Standards als überwiegend wichtig für die weitere Ausdehnung des RFID-Einsatzes angesehen. Obwohl die Befragung auf etwas mehr als 200 Personen beschränkt war und dadurch hinterfragt werden kann, ob hierbei von einem repräsentativen Ergebnis auszugehen ist und die Umfrage auf die Wichtigkeit eines spezifischen

²⁰⁸ vgl. Clasen (2006b), www.isis-specials.de

²⁰⁹ vgl. FTK (2006), S. 5, www.ftk.de

²¹⁰ FTK (2006), S. 5, www.ftk.de

²¹¹ vgl. FTK (2006), S. 10, www.ftk.de

Luftschnittstellenstandards abstellte, ist die Autorin davon überzeugt, dass es sich bei dessen Ergebnis um einen Trend handelt, welcher durchaus Gültigkeit besitzt und weitgehend auch auf die anderen von EPCglobal entwickelten Standards übertragbar ist. Die gesamte Standardisierungstätigkeit von EPCglobal führt zu einer enormen Förderung der RFID-Technologie, zählt zu einer der treibenden Kräfte für den weltweiten, harmonisierten RFID-Einsatz.

Das von Kühne+Nagel und Siemens Business Services (SBS) gegründete RFID-Konsortium 'Licon' (Logistic Ident Consortium) steht dem Konzept von EPCglobal eher skeptisch gegenüber. Obwohl man sich nicht als Konkurrenten des EPCs sieht, beobachtet man dessen Entwicklung weniger euphorisch. Grund hierfür ist die Beschränkung auf die zentrale Datenhaltung und die damit einhergehende, nicht vollständige Ausschöpfung des RFID-Potenzials. Zu den Licon-Kernmitgliedern zählt neben SBS und dem Logistikdienstleister Kühne+Nagel auch Microsoft. Weitere Mitglieder sind unter anderem: T-Systems, Schreiner, Sato, Bizerba, Flog und Progress Software. Erklärtes Ziel der Licon-Arbeitsgruppe ist Entwicklung und Etablierung von RFID-Industriestandards, die Konzentration und Bündelung von Brancheninteressen und die Sicherung des Warenübergangs zwischen Lieferanten und Abnehmern. Der Einsatz klügerer, wieder beschreibbarer RFID-Transponder soll unterstützt werden.²¹²

Die Licon-Initiative zeigt, dass trotz der von EPCglobal eingenommenen Vorreiterrolle im Bereich der RFID-Standardisierung, durchaus auch Kritiker des EPC-Konzepts existieren. EPCglobal sollte die genannten Kritikpunkte konstruktiv verarbeiten und derart seine Akzeptanz auf weitere Branchen ausdehnen. Im Bezug auf die Entwicklung wieder beschreibbarer Transponder wurde durch den EPC-Gen 2-Standard bereits ein Schritt in die richtige Richtung getätigt.

4.2.2. ISO-Standards im RFID-Umfeld

4.2.2.1. Die Internationale Standardisierungsorganisation

ISO ist der weltweit gültige Name der internationalen Standardisierungsorganisation. Die Abkürzung ISO stammt von dem griechischen Wort 'isos' und bedeutet 'gleich'. Die Organisation, welche 1947 gegründet wurde, ist ein aus 158 nationalen Standardisierungsorganisationen bestehendes Netzwerk. Jeder Staat ist berechtigt ein Mitglied zu entsenden. ISO ist eine non-governmental Organisation und der weltweit größte Entwickler von Standards, welche sowohl Industrie- und Wirtschaftsorganisationen, dem Staat, Regulierungsbehörden sowie Lieferanten und Kunden des öffentlichen und privaten Sektors und natürlich dem Endkonsumenten als solchen nützlich sind. ISO-Standards führen zu einer signifikanten Effizienz- und Sicherheitsverbesserung in der Entwicklung, Herstellung und Distribution von Gütern und Dienstleistungen. Der Technologietransfer wird vereinfacht, die Interessen der

²¹² vgl. Loderhose (2005), S. 28

Endverbraucher geschützt. Bis dato hat ISO mehr als 16.000 Standards in den verschiedensten Bereichen erarbeitet. Diese reichen von den traditionellen Bereichen der Landwirtschaft und des Maschinenbaus bis hin zu medizinischen Geräten und den neuesten Entwicklungen der IT-Branche.²¹³ Für die Standardisierung im Elektro- und Elektrotechnikbereich haben ISO und die Internationale Elektrotechnische Kommission (ICE) eine gemeinsame Bearbeitung vereinbart. Hierdurch lässt sich auch die im Nachhinein oftmals zu lesende Doppelbezeichnung ISO/IEC erklären.²¹⁴

Nachfolgende Kapitel geben einen Überblick über die wichtigsten ISO-Standards im Bereich der RFID-Technologie und deren jeweiligen Regelungsinhalte. Die betrachteten Standards werden dabei in folgende vier Kategorien untergliedert: Technologiestandards, Datenstandards, Anwendungsstandards sowie Standards zur allgemeinen Begriffsdefinition.

4.2.2.2. Technologiestandards

Zu den zentralen Technologiestandards im RFID-Bereich zählen unter anderem Chipkarten-Standards, Luftschnittstellenstandards sowie Standards für Testmethoden. Der Fokus nachfolgender Darstellung liegt dabei auf bereits ratifizierten ISO-Standards.

4.2.2.2.1. Chipkarten-Standards

Kontaktlose Chipkarten können in Abhängigkeit von der erreichbaren Lesereichweite in drei Kategorien eingeteilt werden. Man unterscheidet zwischen der 'Close Coupling Integrated Chip Card' (CICC), der 'Proximity Integrated Chip Card' (PICC) und der 'Vicinity Integrated Chip Card' (VICC).²¹⁵ Nach der Spezifikation des Basisstandards ISO/IEC 7810 erfolgt deren Darstellung anhand der sie jeweils definierenden ISO/ICE Standards.

ISO/IEC 7810

Bereits in Kapitel 3.1.7.3. (flexible Karten) wurde der Inhalt des Standard ISO/IEC 7810 kurz aufgezeigt. Im Allgemeinen benennt er die Merkmale von Chipkarten oder Identifikationskarten. Im Detail spezifiziert ISO/IEC 7810 vier mögliche Größen von Chipkarten:

- ID-000 (25mm x 15mm),
- ID-1 (85,6mm x 53,98mm),
- ID-2 (105mm x 74mm) und
- ID-3 (125mm x 88mm)

²¹³ vgl. ISO (2007a), www.iso.org

²¹⁴ vgl. Sweeney (2006), S. 394

²¹⁵ vgl. IT Wissen (2007), www.itwissen.info

Die Dicke der Chipkarte beträgt jeweils 0,76mm. Des Weiteren werden Bedingungen der Konformität, die Toleranzwerte in der Größe der Chipkarten, die möglichen Materialien der Chipkarten sowie physikalische Merkmale wie unter anderem, die Biegefähigkeit, die Entzündbarkeit, die Giftigkeit, die Resistenz gegenüber Chemikalien und Hitze bezeichnet.²¹⁶

ISO/IEC 10536

Dieser Standard definiert in vier Teilen den Aufbau und den Betrieb der 'Close Coupling Integrated Chip Card' und wurde bereits zwischen 1992 und 1995 entwickelt. Aufgrund der hohen Herstellungskosten konnte sich dieser Standard jedoch nie wirklich am Markt profilieren und kommt heute nur mehr sehr selten zum Einsatz. Der Vollständigkeit halber soll aber auch dessen Inhalt dargestellt werden. Der erste Teil ISO/IEC 10536-1 beschreibt die physikalischen Merkmale der Chipkarte. ISO/IEC 10536-2 benennt die Lage sowie die Abmessungen der Koppelemente. Teil 3 definiert die Art der Energieversorgung sowie die Art der Datenübertragung von der Karte zum Lesegerät und vice versa. Teil 4 beschreibt die Übertragungsprotokolle.²¹⁷

ISO/IEC 14443

ISO/IEC 14443 beschreibt in vier Teilen die Funktionsweise und die Betriebsparameter der 'Proximity Card'. Der erste Teil ISO/IEC 14443-1 wurde im Jahr 2000 ratifiziert und beschreibt die physikalischen Merkmale. Eine verbesserte Edition dieses Teils wird aktuell entwickelt. ISO/IEC 14443-2 definiert die Luftschnittstelle, ISO/IEC 14443-3 die Initialisierung sowie die Antikollision, ISO/IEC 14443-4 das Übertragungsprotokoll. Die drei letztgenannten wurden im Jahr 2001 veröffentlicht, wobei für den 2. und den 3. Teil bereits Ergänzungen bestehen.²¹⁸

ISO/IEC 15693

Dieser Standard spezifiziert die 'Vicinity Card', auch Identifikationskarte genannt, und besteht aus drei Teilen. ISO/IEC 15693-1 wurde im Jahr 2000 veröffentlicht und benennt die allgemeinen physikalischen Merkmale der Chipkarte. ISO/IEC 15693-2 wurde 2006 in der 2. Edition neu ratifiziert, definiert die Schnittstelle zwischen Chipkarte und Lesestation (13,56 MHz) sowie die Initialisierung. ISO/IEC 15693-3, als 3. Teil dieses Standards wurde 2001 veröffentlicht und benennt die Antikollision sowie das Übertragungsprotokoll.²¹⁹ Obwohl der hier vorgestellte Standard ursprünglich nur für Chipkarten entwickelt wurde, finden sich zahlreiche weitere Anwendungsbereiche, etwa im Bibliothekswesen oder der Logistik. Aus diesem Grund, ist ISO/IEC 15693 auch in der nachstehend dargestellten ISO-Reihe 18000 enthalten.²²⁰

Nachfolgende Abbildung gibt einen zusammenfassenden Überblick über die bestehenden ISO/IEC-Standards für Chipkarten:

²¹⁶ vgl. ISO (2007b), iso.nocrew.org

²¹⁷ vgl. Finkenzeller (2006), S. 268 ff.

²¹⁸ vgl. ISO (2007d), www.iso.org

²¹⁹ vgl. ISO (2007c), iso.nocrew.org

²²⁰ vgl. Kern (2006/2007), S. 172

Norm	Kartentyp	Norminhalt
ISO/IEC 10536 Close Coupling Integrated Chip Card	Identification Card bei 13,56 MHz für kurze Distanzen (0-1cm)	Teil 1: Physical characteristics Teil 2: Dimensions and Location of coupling areas Teil 3: Electronic signals and Reset procedures Teil 4: Answer to reset and transmission protocols
ISO/IEC 14443 Proximity Integrated Chip Card	Identification Card bei 13,56 MHz für mittlere Distanzen (0-10cm)	Teil 1: Physical characteristics Teil 2: Air Interface Teil 3: Initialization and Anticollision Teil 4: Transmission protocol
ISO/IEC 15693 Vicinity Integrated Chip Card	Identification Card bei 13,56 MHz für größere Distanzen (0-1m)	Teil 1: Physical characteristics Teil 2: Air Interface and Initialization Teil 3: Anticollision and Transmission protocol

Tabelle 3: ISO/IEC-Standards für Chipkarten²²¹

4.2.2.2.2. Luftschnittstellenstandards

Die Ende 2004 veröffentlichte Normenreihe ISO/IEC 18000 bezieht sich auf die Signalübertragung zwischen Transponder und Lesegerät, die Luftschnittstelle. Die für die Signalübertragung relevanten technischen Daten werden spezifiziert.²²² Ziel der Normungsreihe ist die Unterstützung des, konfliktfreien weltweiten Einsatzes der RFID-Technologie sowie die Gewährleistung der Interoperabilität der Komponenten. Die Norm besteht aus sieben Teilen, wobei jeder einen spezifischen Frequenzbereich definiert.²²³ Auf sich in der Entwicklung befindliche Standards wird im Anschluss nicht näher eingegangen.

ISO/IEC 18000-1

Diese Norm stellt die Basis für die weiteren Teile der Normenreihe ISO/IEC 18000 dar. Sie definiert die Referenz-Architektur sowie Parameter der Luftschnittstellen, welche in den folgenden Teilen näher spezifiziert werden. Zu diesen Parametern zählen die Betriebsfrequenz, die Bandbreite, die Modulation, die Datenkodierung sowie die Datenrate. Des Weiteren werden die Kommunikationsprotokolle der Luftschnittstellen und die Antikollisionsmethode definiert. Der Anwendungsbereich der ISO/IEC 18000-1 ist auf die direkten Funktionen der Luftschnittstellen begrenzt und ermöglicht lediglich die einheitliche und bewertungsfreie Beschreibung von Luftschnittstellen.²²⁴

ISO/IEC 18000-2

Der zweite Teil spezifiziert zwei Ausprägungen von Luftschnittstellen im Langwellenbereich. Typ A arbeitet bei der Datenübertragung mit dem Vollduplexverfahren auf einer Frequenz von 125 kHz. Typ B verwendet hingegen das Halbduplexverfahren, wobei hier die Arbeitsfrequenz bei 134,2 kHz liegt. Die

²²¹ in Anlehnung an: Sweeney (2006), S. 396 und Finkenzeller (2006), S. 267

²²² vgl. Clasen/Jansen/Hustadt (2005), S. 64

²²³ vgl. Sweeney (2006), S. 397

²²⁴ vgl. Walk (2007), S. 52 f.

Kommunikationsprotokolle sowie das Antikollisionsverfahren sind bei beiden Typen identisch.²²⁵

ISO/IEC 18000-3

ISO/IEC 18000-3 definiert die Datenübertragung im Kurzwellenbereich auf einer Frequenz von 13,56 MHz und beinhaltet zwei Betriebsarten, welche zwar nicht vollständig kompatibel sind, sich gegenseitig aber nicht stören. Ihr paralleler Betrieb ist möglich.²²⁶

ISO/IEC 18000-4

Im vierten Teil der Normungsreihe ISO/IEC 18000 wird die Luftschnittstelle für die Mikrowellen-Frequenz 2,45 GHz definiert. Es sind wiederum zwei Betriebsarten beinhaltet. Die erste bezieht sich auf passive Transponder, welche nach der 'reader-talks-first Methode' arbeiten, die zweite auf aktive Transponder mit dem 'tag-talks-first Protokoll'.²²⁷

ISO/IEC 18000-5

ISO/IEC 18000-5 regulierte den Frequenzbereich von 5,8G Hz. Aufgrund mangelnder Akzeptanz wurde er wieder zurückgezogen.²²⁸

ISO/IEC 18000-6

Der Normenreihenteil ISO/ICE 18000-6 definiert den Frequenzbereich zwischen 860 MHz und 960 MHz und entspricht somit dem von EPCglobal favorisierten Frequenzbereich.²²⁹ Daher wird diesem Teil die größte Bedeutung zugesprochen. Die Norm regelt eine Vielzahl von Bereichen.²³⁰

- die Identifikation und Kommunikation mehrerer Transponder in einem Lesefeld,
- die Selektion einer Teilmenge von Transpondern,
- die Lese- als auch Schreibvorgänge auf wieder beschreibbaren Transpondern,
- das Zugangspasswort zum Speicher,
- die Sicherstellung der Datenintegrität sowie
- die Fehlererkennung bei der Datenübertragung.

Die Norm beschreibt wiederum zwei Ausführungstypen, wobei sich diese einerseits in der Art der Datenübertragung, andererseits in der Art des verwendeten Antikollisionsverfahrens unterscheiden. Ein Typ C befindet sich aktuell in einem Entwicklungsprozess, entspricht dem von EPCglobal ratifizierten Übertragungsprotokoll.²³¹

²²⁵ vgl. EPCglobal Austria (2007d), S. 4, www.epcglobal.at

²²⁶ vgl. Clasen/Jansen/Hustadt (2005), S. 65

²²⁷ vgl. Walk (2007), S. 53

²²⁸ vgl. Clasen/Jansen/Hustadt (2005), S. 65

²²⁹ vgl. Clasen/Jansen/Hustadt (2005), S. 65

²³⁰ vgl. Clasen/Jansen/Hustadt (2005), S. 65

²³¹ vgl. Clasen/Jansen/Hustadt (2005), S. 65

ISO/ICE 18000-7

Dieser Teil definiert die Luftschnittstelle auf einer Frequenz von 433 MHz in einem aktiven RFID-System.²³²

ISO/ICE TR 24710

Aufgrund des großen Umfangs der in Normenreihe ISO/ICE 18000 beschriebenen Luftschnittstellenstandards, welche vor allem für RFID-Systeme mit vollem Leistungsumfang definiert wurden und für einfache RFID-Systeme oftmals zu umfangreich und zu unspezifisch sind, wurde der technische Report ISO/ICE TR 24710 mit dem Originaltitel '*Elementary tag licence plate functionality for ISO/ICE 18000 air interface definitions*' entwickelt. Dieser unterstützt die Implementierung einfacher Transponder, welche nicht wiederbeschreibbar und für gewöhnlich auf ein Datenvolumen von 256 Bit beschränkt sind. Des Weiteren benennt der Report jene Abläufe, die für den reibungslosen Betrieb des einfachen Transponders – auch Elementartransponder genannt – erforderlich sind. Der Report definiert allerdings keine eigenen Luftschnittstellenstandards sondern benützt stattdessen einen Subset der ISO/ICE 180000 Protokolle.²³³

4.2.2.2.3. Standards für Testmethoden

Testmethoden oder auch Prüfverfahren werden benötigt, um sicherzustellen, dass auf RFID-Basis entwickelte Produkte den bereits genannten ISO/IEC Standards entsprechen, deren Sollbestimmungen erfüllen. Hierfür bestehen einheitliche, durch Standards spezifizierte Prüfverfahren.²³⁴

ISO/IEC TR 18046

ISO/IEC TR 18046 beschreibt Prüfverfahren zur Feststellung der Leistungsfähigkeit von Transpondern und Lesegeräten. Leistungsparameter sind die Identifikationsreichweite und –Rate, die Lesereichweite und –Rate sowie die Schreibreichweite und –Rate.²³⁵

ISO/IEC TR 18047

ISO/IEC TR 18047 spezifiziert Testmethoden um die Konformität von RFID-Produkten, sprich Transpondern und Lesegeräten, mit den Standards der Reihe 18000 (Luftschnittstellenstandards) fest zu stellen. Dementsprechend besteht auch dieser Standard aus verschiedenen Teilen, welche die Konformität der jeweiligen Teile des ISO/IEC 18000 überprüfen.²³⁶

²³² vgl. EPCglobal Austria (2007d), S. 4, www.epcglobal.at

²³³ vgl. Walk (2007), S. 54

²³⁴ vgl. Clasen/Jansen/Hustadt (2005), S. 68

²³⁵ vgl. Walk (2007), S. 54

²³⁶ vgl. Walk (2007), S. 54

ISO/IEC 10373

ISO/IEC 10373 normiert die Prüfmethode für Chipkarten. Dabei werden neben den allgemeinen Qualitätsparametern, wie der Biegesteifigkeit, der Beständigkeit gegenüber Chemikalien, der Entflammbarkeit oder dem Kartenformat bzw. der Kartendicke auch Testverfahren für die wichtigsten Methoden der Datenübertragung und –Speicherung festgelegt. Teil 4 dieses Standards beschreibt das Testverfahren für Close-Coupling Chipkarten. Teil 6 das Testverfahren für Proximity-Coupling Chipkarten. Teil 7 das Testverfahren für Vicinity-Coupling Chipkarten. Die exakte Funktionsüberprüfung der jeweiligen Chipkarten wird dabei beschrieben.²³⁷

4.2.2.3. Datenstandards

Datenstandards dienen im Allgemeinen zur Beschreibung der verschiedenen Aspekte der Datenorganisation. Von ISO wurden hierzu im Jahr 2004 drei Standards verabschiedet. An den Modifikationen dieser wird kontinuierlich gearbeitet. Im Anschluss liegt der Fokus auf bereits ratifizierten Standards.

ISO/IEC 15961 und 15962

Beide Standards beschreiben ein Datenprotokoll, mit dessen Hilfe der Informationsaustausch zwischen RFID-Systemen spezifiziert wird. Der Standard ISO/IEC 15961 normiert das Datenprotokoll zum Austausch von Transponderdaten mit dem Anwendungssystem. Er beinhaltet die Syntax des Datenaustausches und definiert die möglichen Kommandos und Antworten der Anwendungssoftware. Daten und Kommandos werden standardisiert. Dabei besteht keinerlei Abhängigkeit von der verwendeten Luftschnittstelle. ISO/IEC 15961 kann als Grundlage bei der Entwicklung einer Anwendungssoftware herangezogen werden. ISO/IEC 15962 konzentriert sich hingegen auf die Abbildung der Daten im Transponder sowie deren Basisverarbeitung und ergänzt somit den erstgenannten Standard. Konkret liegt der Fokus auf der Datenverarbeitung im Lesegerät, der Datenformatierung und –Komprimierung im Transponder sowie der Vorverarbeitung von Daten.²³⁸

ISO/IEC 15963

ISO/IEC 15963 beinhaltet ein Kennzeichnungssystem zur eindeutigen Identifizierung von Transpondern. Diese ist notwendig, um Transponder während des Fertigungsprozesses zu verfolgen, um jeden Transponder eindeutig zu identifizieren, wenn sich mehrere Transponder im Lesebereich des Lesegerätes befinden und um das mit einem Transponder ausgestattete Objekt zu verfolgen.²³⁹

²³⁷ vgl. Finkenzeller (2006), S. 293 ff.

²³⁸ vgl. Walk (2007), S. 54 f.

²³⁹ vgl. Walk (2007), S. 55 f.

4.2.2.4. Anwendungsstandards

Bei den in den vorhergehenden Kapiteln vorgestellten Standards handelt es sich überwiegend um Technologiestandards. Diese sind essentiell für das Bestehen bzw. die Entwicklung einer einheitlichen, weltweit gültigen technologischen Basis, geben allerdings wenig Auskunft über die tatsächlichen, anwendungsspezifischen Anforderungen an die Technologie. Anwendungsstandards schließen diese Lücke. Für einzelne Anwendungsbereiche empfehlen sie bestimmte technische Lösungen und greifen dabei auf bereits bestehende Technologie- und Datenstandards zurück.²⁴⁰

ISO arbeitet gegenwärtig an einer Vielzahl verschiedener Anwendungsstandards um einerseits Anwendungsanforderungen zu spezifizieren, andererseits konkrete Standards für den Einsatz der RFID-Technologie bei Frachtcontainern, wieder verwendbaren Transporteinheiten, Transporteinheiten im Allgemeinen, Produktverpackungen oder dem Produkttagging fest zu legen. Deren Entwicklung wird kontinuierlich forciert, ist allerdings noch nicht abgeschlossen. Auf eine detaillierte inhaltliche Beschreibung wird daher verzichtet.²⁴¹

ISO 21007

ISO ratifizierte im Jahr 2005 einen von Frequenzen und Übertragungsprotokollen unabhängigen Anwendungsstandard für Gaszylinder. ISO 21007-1 beschreibt dabei allgemeine Aspekte, ISO 21007-2 den Aufbau des Nummerierungssystems, welches zur eindeutigen Identifikation der Gaszylinder und diesen ähnlichen Produkten verwendet wird.²⁴²

ISO/IEC TR 18001

Dieser im Jahr 2004 ratifizierte Standard beinhaltet sowohl Einsatzempfehlungen als auch Profile für Anwendungserfordernisse, welche dem Anwender helfen die passende RFID-Technologie auszuwählen. Im Detail enthält der Report die Ergebnisse dreier Markterhebungen, Erklärungen der wichtigsten Zusammenhänge zwischen Reichweite und Multitag-Situationen sowie Transponderklassifikationen.²⁴³

Weitere Anwendungsstandards werden in Deutschland vom VDI, dem Verein Deutscher Ingenieure erarbeitet. Der VDI erarbeitet sowohl branchenspezifische als auch anwendungsbezogene Richtlinien. Diese stellen den aktuellen Stand der Technik dar, bieten Technologieanbietern und –Anwendern technologische, logistische sowie konzeptionelle Hilfestellung. Aufgrund einer vertraglichen Vereinbarung mit der DIN sind VDI-Richtlinien einer Norm gleichzusetzen.²⁴⁴

²⁴⁰ vgl. Clasen/Jansen/Hustadt (2005), S. 74

²⁴¹ vgl. EPCglobal Austria (2007d), S. 2, www.epcglobal.at

²⁴² vgl. Walk (2007), S. 57

²⁴³ vgl. Walk (2007), S. 57

²⁴⁴ vgl. Clasen/Jansen/Hustadt (2005), S. 76

Für die RFID-Technologie von entscheidender Bedeutung ist die VDI-Richtlinie 4472, welche Anforderungen an Transpondersysteme zum Einsatz in der Supply Chain definiert. Wie die nachfolgende Tabelle zeigt, besteht die Richtlinie aus 11 Blättern, wobei ausschließlich Blatt 1 und Blatt 2 im April 2006 veröffentlicht wurden. Der aktuelle Status der übrigen Blätter steht in Abhängigkeit zum jeweiligen Entwicklungsstand.

VDI 4472 – Anforderungen an Transpondersysteme zum Einsatz in der Supply Chain		
Blatt 1	Einsatz der Transpondertechnologie (Allgemeiner Teil)	Veröffentlicht im April 2006
Blatt 2	Einsatz der Transpondertechnologie in der textilen Kette (HF-Systeme)	Veröffentlicht im April 2006
Blatt 3	Einsatz der Transpondertechnologie in der textilen Kette (UHF-Systeme)	In Bearbeitung
Blatt 4	Kostenbewertung von RFID-Systemen	In Bearbeitung
Blatt 5	Einsatz der Transpondertechnologie in der Mehrweglogistik	Bearbeitung abgeschlossen
Blatt 6	Einsatz der Transpondertechnologie in der Kühlkette	In Bearbeitung
Blatt 7	Einsatz der Transpondertechnologie in der Entsorgungslogistik	In Planung
Blatt 8	Leitfaden für das Management von RFID-Projekten	Bearbeitung abgeschlossen
Blatt 9	Einsatz der Transpondertechnologie in der Getränke-logistik	In Bearbeitung
Blatt 10	Abnahmeverfahren zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit von RFID-Systemen	Bearbeitung abgeschlossen
Blatt 11	Leitfaden zur Transpondertechnologie unter Sicherheitsaspekten	In Planung

Tabelle 4: Übersicht über die VDI-Richtlinie 4472²⁴⁵

Der Inhalt des ersten Blattes konzentriert sich im Wesentlichen auf die Beschreibung des aktuellen Standes der RFID-Technik sowie auf eine Erklärung der Transpondertechnologie und deren Komponenten.²⁴⁶ Blatt 2 benennt die wichtigsten Kriterien für HF-Systeme sowie die technischen Anforderungen an Transpondersysteme in der textilen Kette.²⁴⁷

Um die Entwicklung voranzutreiben, wurde im September 2006 in Deutschland das Forschungsprojekt 'IdentProLog' vom Bundesministerium für Bildung und Forschung ins Leben gerufen. Ziel ist es, Standards für die Kommunikation zwischen Ladungsträger und Gabelstapler zu entwickeln. Durch die Entwicklung einer intelligenten, kommunikationsfähigen Euro-Palette und der RFID-Ausstattung der Flurförderfahrzeuge, soll die Effizienz des Materialflusses, sowohl unternehmensintern als auch unternehmensübergreifend, signifikant verbessert werden. Der Gabelstapler dient sodann nicht mehr als reiner innerbetrieblicher Verkehrs- sondern auch als Informationsträger. Durch die Standardisierung der wesentlichen Elemente soll der unternehmensübergreifende, universelle Einsatz ermöglicht werden.²⁴⁸ Ob und inwieweit dieses Vorhaben erfolgreich sein wird, wird sich in den kommenden Jahren zeigen. Ein erfolgreicher Projektabschluss würde allerdings einen wesentlichen Beitrag zur Ausweitung bestehender Anwendungsstandards in der Logistik darstellen.

²⁴⁵ Jansen (2007), S. 60

²⁴⁶ vgl. VDI (2006a), imperia5.vdi-online.de

²⁴⁷ vgl. VDI (2006b), imperia5.vdi-online.de

²⁴⁸ O. V. (2007a), S. 42

4.2.2.5. Standards zur Begriffsdefinition

Der Standard ISO/IEC 19762-1 beinhaltet sowohl allgemeine Beschreibungen als auch Definitionen aus dem Bereich der automatischen Datenerfassung. ISO/IEC 19762-3 normiert hingegen Bezeichnungen und Definitionen zum Themenkreis RFID im Warenflussmanagement.²⁴⁹

4.2.3. Funkstandards

4.2.3.1. Allgemeine Situationsbeschreibung

Die Regelung der Arbeitsfrequenzen und deren Sendeleistungen stellt einen weiteren zentralen Anknüpfungspunkt für Standardisierungsbemühungen dar. International gültige Standards fehlen jedoch, da auf den verschiedenen Kontinenten sowie auch in manchen Staaten unterschiedliche Frequenzbänder zur Verfügung stehen. Nachstehende Tabelle verdeutlicht diesen Umstand:

Land/Region	Frequenzbereiche			
	Niedrigfrequenz	Hochfrequenz	Ultra-Hochfrequenz	Mikrowelle
Europa	125 kHz	13,56 MHz	865-868 MHz	2,45 GHz
Nordamerika	125 kHz	13,56 MHz	902-928 MHz	2,45 GHz
Japan	125 kHz	13,56 MHz	950-956 MHz	2,45 GHz
China			915 MHz*	2,45 GHz
Korea	125 kHz	13,56 MHz	910-914 MHz	
Australien	125 kHz	13,56 MHz	918-926 MHz	2,45 GHz
Südafrika	125 kHz	13,56 MHz	913-915 MHz	2,45 GHz

*in einigen Projekten

Tabelle 5: Weltweite Frequenzverteilung (Auswahl)²⁵⁰

Insbesondere die im UHF-Bereich bestehenden Unterschiede stellen für die Logistik ein erhebliches Problem dar. Soll ein Transponder über die gesamte Logistikkette sowie länderübergreifend ausgelesen werden können, so ist die Standardisierung bzw. Harmonisierung der verwendeten Frequenzbereiche – insbesondere im UHF-Bereich – unumgänglich. Ein Vergleich zwischen Europa und den USA zeigt allerdings, dass die Verwirklichung eines einheitlichen Frequenzbereiches kurz- und auch mittelfristig nicht möglich sein wird, da der in Europa zur Verfügung stehende Frequenzbereich in den USA vom Mobilfunk besetzt ist und vice versa.²⁵¹

²⁴⁹ vgl. Clasen/Jansen/Hustadt (2005), S. 69

²⁵⁰ Clasen/Jansen/Hustadt (2005), S. 84

²⁵¹ vgl. Clasen/Jansen/Hustadt (2005), S. 83

4.2.3.2. Das Europäische Institut für Telekommunikationsstandards

Innerhalb Europas stellt das Europäische Institut für Telekommunikationsstandards, kurz ETSI, die zentrale Standardisierungsorganisation für Informations- und Kommunikationstechnologien dar. ETSI ist eine unabhängige, non-profit Organisation und vereint 655 Mitglieder aus 59 inner- und außereuropäischen Staaten. Die Mitglieder repräsentieren die wichtigsten Repräsentanten der Informations- und Kommunikationsbranche – vom Hersteller, über Entwicklungsgremien bis hin zum tatsächlichen Anwender. Dabei haben sie wesentlichen Einfluss auf deren Standardisierungsbestrebungen, wodurch einerseits eine hohe Ausrichtung der entwickelten Standards an realen Marktanforderungen erfolgt, andererseits eine hohe Akzeptanz der erarbeiteten Standards gewährleistet wird. ETSI wird sowohl von der Europäischen Kommission als auch von der EFTA (European Free Trade Association) offiziell anerkannt.²⁵²

4.2.3.3. ETSI-Funkstandards

Nachfolgende Abbildung gibt einen komprimierten Überblick über die jeweiligen Normen sowie deren spezifischen Regelungsinhalt:

Norm	Anwendungsbereich
ETSI EN 300 220	Funkparameter 25 MHz – 1000 MHz
ETSI EN 300 330	Funkparameter 9 kHz – 30 MHz
ETSI EN 300 440	Funkparameter 1 GHz – 40 GHz
ETSI EN 302 208	Funkparameter 865 – 868 MHz
ETSI TR 102 436	Einsatzempfehlungen für UHF-Systeme
EN 50364	Maximale Strahlenbelastung – Anforderungen
EN 50357	Maximale Strahlenbelastung – Messmethoden

Tabelle 6: Funkvorschriften in Europa²⁵³

Die drei erstgenannten Funkvorschriften bestehen seit dem Jahr 2000 und regulieren die Zulassung von RFID-Geräten zu den jeweiligen in der Abbildung genannten Frequenzbändern. ETSI EN 302 208 wurde 2004 ratifiziert und ermöglicht den Betrieb passiver Transponder auf dem Frequenzband zwischen 865 und 868 MHz. Die Norm beschreibt Anforderungen zur optimalen Nutzung, gilt sowohl für mobile als auch stationäre Lesegeräte, welche auf Basis dieser Norm ähnlich hohe Lesereichweiten wie in den USA erreichen können. ETSI TR 102 436 beinhaltet sowohl Empfehlungen für die Implementierung kleiner und mittlerer RFID-Systeme als auch Richtlinien für die optimale Verwendung des in ETSI EN 302 208 beschriebenen Frequenzbandes. Des Weiteren enthält sie Empfehlungen und Richtlinien für die Nutzung von RFID-Systemen mit reduzierter Leistung und die Verwendung von mobilen Lesegeräten und RFID-Druckern auf Basis der ETIS EN 300 220. Die beiden letztgenannten Normen EN

²⁵² vgl. ETSI (2006), www.etsi.org

²⁵³ Walk (2007), S. 59

50364 und EN 50357 dienen vorrangig dem Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Strahlen. EN 50364 spezifiziert die Anforderung an RFID-Systeme um nicht gegen festgelegte Grenzwerte zu verstoßen, EN 50357 definiert Messverfahren zur Überprüfung dieser.²⁵⁴

Die hier dargestellte Vielfalt an bestehenden Standards verdeutlicht nochmals den großen Umfang an Standardisierungs- und Normungsbereichen. Der RFID-Standard schlechthin besteht nicht. Doch trotz der großen Menge an zu berücksichtigenden Standards, Normen und Richtlinien und deren Komplexität leisten sie einen wesentlichen Beitrag zum internationalen, länderübergreifenden Einsatz der RFID-Technologie und damit zu deren Verbreitung und weltweiten Etablierung.

Im abschließenden Kapitel erfolgt eine Darstellung der positiven Auswirkungen von RFID-Standards.

4.3. Auswirkungen von RFID-Standards

Interessenten und tatsächliche Abnehmer der RFID-Technologie erhalten durch Standards die Möglichkeit, die Angebote gleicher bzw. kompatibler Produkte mehrerer Anbieter zu vergleichen und zwischen diesen zu wählen. Einer Abhängigkeit gegenüber einem Anbieter wird dadurch entgegengewirkt und die Anwendung langfristig gesichert. Zusätzlich führen die Vergleichbarkeit und die damit einhergehenden Wahlmöglichkeiten zwischen vergleichbaren und kompatiblen Produkten zu erhöhtem Wettbewerb unter den Anbietern, wodurch der Preis der Technologie gesenkt wird. Die Unabhängigkeit der Kunden gegenüber den Anbietern steigt. Ein weiterer Effekt der Standardisierung und des dadurch entstehenden Wettbewerbs ist die stetig voranschreitende Weiterentwicklung der Technologie. Der Standard dient als Vergleichsmaßstab. Stärken und Schwächen der einzelnen RFID-Systeme werden offen gelegt, Letztgenannte durch Forschung und Entwicklung verringert. Aufgrund der voran schreitenden Standardisierung ist der erfolgreiche, überbetriebliche Einsatz von RFID-Technologie in Greifweite. Theoretisch wird das weltweite Auslesen der Transponderdaten sowie deren weltweite Nutzung ermöglicht. Abschließend trägt die Standardisierung der für RFID bereitgestellten Frequenzen, Sendeleistungen und Kommunikationsweisen auch zu einem Schutz anderer Anwendungen, wie beispielsweise Mobilfunknetzen oder Radiosendern bei. Durch die Festlegung der RFID-Technologie zustehenden Bereiche wird eine Störung anderer Anwendungen verhindert.²⁵⁵

²⁵⁴ vgl. Walk (2007), S. 59

²⁵⁵ vgl. Kern (2006/2007), S. 165

5. RFID und Datenschutz

Datenschutz und Sicherheit in RFID-Systemen nehmen eine tragende Rolle für die weltweite Verbreitung der RFID-Technologie ein. Mit den stetig wachsenden Möglichkeiten des Einsatzes steigen allerdings auch die Bedenken in der Bevölkerung. Die Angst vor dem gläsernen Konsumenten, dem Verlust der Privatsphäre bzw. der Anonymität durch das unbemerkte Auslesen und Sammeln der Daten ist allgegenwärtig. Konsumenten sehen ihr Recht auf informationelle Selbstbestimmung gefährdet. Viele der geäußerten Bedenken können jedoch auf fehlendes oder zu geringes Wissen der Öffentlichkeit über die konkrete Funktionsweise der Technologie zurückgeführt werden. In Verbindung mit den vielfältigen Einsatzmöglichkeiten wird die Verwirrung und Verunsicherung der Konsumenten oftmals noch verstärkt.²⁵⁶

Der benötigte Grad an Datenschutz und Sicherheit ist in hohem Ausmaß von der Art des eingesetzten RFID-Systems abhängig. Ein wesentliches Kriterium stellt dabei der Ort der Datenspeicherung dar. Sind Daten direkt auf dem Transponder hinterlegt, so besteht die Gefahr, dass sie ohne Zustimmung ausgelesen werden. Um den unautorisierten Zugriff zu verhindern, bestehen vielfältige Schutzmechanismen, wie Passwörter oder Methoden der Pseudonymisierung und der Anonymisierung. Unter Pseudonymisierung wird dabei die Verschleierung der wahren Identität des Transponders verstanden, unter Anonymisierung hingegen die Deaktivierung des RFID-Tags, sodass dieser kein Signal sendet. (vgl. Kapitel 5.3.) Besitzt der Transponder ausschließlich eine Identifikationsnummer, wie beispielsweise einen EPC, so werden die dazugehörenden Daten in einem Hintergrundsystem hinterlegt und mit einer Firewall gesichert.²⁵⁷ Diese verhindert die Weiterleitung jener Datenpakete, welche eine Gefährdung für die Daten und Komponenten eines Netzwerkes darstellen könnten.²⁵⁸

Datenschutzaspekte sind vor allem dann zu berücksichtigen, wenn der Konsument in direkten Kontakt mit der RFID-Technologie kommt. Dies ist beispielsweise bei an Konsumgütern angebrachten Transpondern der Fall. Bei geschlossenen, rein innerbetrieblich angewandten RFID-Systemen besteht für den Konsumenten keine auf den Datenschutz bezogene Gefährdung.

Um einen Überblick über mögliche Angriffe auf ein RFID-System zu erhalten, werden diese, sowie mögliche Lösungsansätze zur Gewährleistung der Sicherheit in RFID-Systemen im Folgenden näher dargestellt. In Kapitel 5.2. wird hierzu der bestehende Europäische sowie Nationale Rechtsrahmen vorgestellt, auf die von EPCglobal entwickelten Verbraucherschutzrichtlinien eingegangen. Kapitel 5.3. benennt die potenziellen technischen Lösungsansätze zur Abwehr genannter Angriffe sowie zur Gewährleistung von Datensicherheit.

²⁵⁶ vgl. Finkenzeller (2006), S. 235 f.

²⁵⁷ vgl. Japs (2006), S. 56

²⁵⁸ vgl. Eckert (2006), S. 652

5.1. Angriffe auf RFID-Systeme

Unter Angriff werden fortan alle nicht autorisierten Zugriffe und Zugriffsversuche auf das RFID-System subsumiert.²⁵⁹ Dabei konzentrieren sich mögliche Angriffe auf den Transponder, das Lesegerät und deren Luftschnittstellen. Es sind grundsätzlich vier Arten von Angriffen zu unterscheiden:²⁶⁰

- **Ausspähen von Daten:** Hierbei versucht der Angreifer durch das Abhören der Kommunikation zwischen Transponder und Lesegerät unberechtigten Zugriff auf die Daten zu erhalten.
- **Einspeisen falscher Daten:** Durch unberechtigtes Auslesen versucht der Angreifer den Betreiber bzw. Benutzer der RFID-Systems täuschen, indem er den Dateninhalt des Transponders verändert oder dupliziert. Des Weiteren ist durch das Entfernen des Transponders vom Objekt eine Täuschung möglich.
- **Denial of Service:** Hierbei steht die Beeinträchtigung der problemlosen Funktionsweise des RFID-Systems im Mittelpunkt. Dem Angreifer stehen dabei vielfältige Möglichkeiten zur Verfügung, wie beispielsweise, die Zerstörung des Transponders, der Missbrauch von Lösch- und Kill-Befehlen oder die Entladung der Batterie eines aktiven Transponders.
- **Schutz der Privatsphäre:** Kunden oder Arbeitnehmer eines RFID-Betreibers könnten das System angreifen, um dadurch ihre eigene Privatsphäre zu schützen.

Des Weiteren wird zwischen aktiven und passiven Angriffen differenziert. Erstgenannte fokussieren darauf, die Vollständigkeit und Fehlerfreiheit der Daten sowie deren Verfügbarkeit negativ zu beeinflussen. Die Manipulation von Daten kann als typisches Beispiel genannt werden. Das Ziel passiver Angriffe ist es hingegen, vertrauliche personenbezogene Daten zu erhalten, ohne sie jedoch zu verändern oder zu manipulieren. Dies erfolgt beispielsweise durch das Abhören der Kommunikation zwischen RFID-Transponder und Lesegerät. Insbesondere Letztgenannte sind für Konsumenten als wahrscheinlicher und bedrohlicher einzustufen, da durch das nicht autorisierte Auslesen der Transponderdaten die Privatsphäre der Konsumenten empfindlich gestört bzw. verletzt wird. Vor allem die Erstellung von Bewegungs- und Kundenprofilen wird im Zusammenhang mit RFID-Systemen oftmals genannt.²⁶¹

Eine Vielzahl der Problembereiche lässt sich dabei auf den eigentlichen Vorteil der RFID-Technologie zurückführen, der Möglichkeit zum kontaktlosen, sichtlosen Auslesen von Transponderdaten und deren unautorisierte Weiterverwendung. Stärken und Schwächen des Transpondereinsatzes liegen folglich nahe beieinander.

²⁵⁹ vgl. Eckert (2006), S. 16

²⁶⁰ vgl. BSI (2004), S. 45 f., www.bsi.de

²⁶¹ vgl. Safai (2006), S. 133 f.

5.2. Darstellung des Rechtsrahmens

Der Inhalt nachfolgender Ausarbeitung konzentriert sich auf bestehende Datenschutzbestimmungen auf europäischer und nationaler Ebene sowie auf die Vorstellung der von EPCglobal entwickelten Verbraucherschutzrichtlinien.

5.2.1. Datenschutz auf europäischer Ebene

Am 24. Oktober 1995 wurde die Richtlinie 95/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten und zum freien Datenverkehr verabschiedet. Sie ist das Ergebnis einer 25-jährigen Entwicklungsarbeit im Bereich Datenschutz auf europäischer Ebene und soll einerseits den problemlosen Transfer personenbezogener Daten innerhalb der EU gewährleisten, andererseits jedem EU-Bürger den gleichen hohen Schutz bei der Verarbeitung personenbezogener Daten bieten, seine Privatsphäre sicherstellen.²⁶²

Neben dieser Richtlinie, welche sich auf allgemeine Datenschutzaspekte konzentriert, bezieht sich die EU-Richtlinie 2002/58/EG, verabschiedet am 12. Juli 2002, auf die Verarbeitung personenbezogener Daten und den Schutz der Privatsphäre in der elektronischen Kommunikation. Sie ersetzt die am 15. Dezember 1997 ratifizierte Richtlinie 97/66/EG über die Verarbeitung personenbezogener Daten und den Schutz der Privatsphäre im Bereich der Telekommunikation. Damit sollte den neuesten Entwicklungen im Bereich der elektronischen Kommunikation entsprochen werden.²⁶³

Die EU-Regelungen zum Datenschutz und dem Schutz der Privatsphäre sind derart gestaltet, dass sie für jegliche, zukünftige Innovationen gelten. Die Gültigkeit der Richtlinie 95/46/EG ist dabei unabhängig von den verwendeten Methoden der Datenerhebung bzw. Datenverarbeitung und inkludiert alle Technologien einschließlich der RFID-Technologie. Die sie ergänzende Richtlinie 2002/58/EG, beschränkt sich auf öffentlich zugängliche elektronische Kommunikationsdienste in öffentlichen Kommunikationsnetzen und ist folglich nur auf wenige RFID-Anwendungen anzuwenden. Die Mehrheit der RFID-Systeme fällt unter die allgemeine Datenschutzrichtlinie 95/46/EG.²⁶⁴

5.2.2. Datenschutz auf nationaler Ebene

Das mit 1. Jänner 2000 in Kraft getretene Datenschutzgesetz 2000, kurz DSG 2000, war die Reaktion auf die im Jahr 1995 verabschiedete EU-Datenschutz-Richtlinie. Vor allem im Bezug auf personenbezogene Daten ist das DSG 2000 von enormer Wichtigkeit. So besagt bereits §1 Abs. 1 DSG „Jedermann hat, insbesondere auch im Hinblick auf die Achtung seines Privat- und Familienlebens, Anspruch auf

²⁶² vgl. Graf (2004), S. 13

²⁶³ vgl. EG-Richtlinie 2002/58/EG Abs. 4

²⁶⁴ vgl. EU-Kommission (2007), S. 6, ec.europa.eu

Geheimhaltung der ihn betreffenden personenbezogenen Daten, soweit ein schutzwürdiges Interesse daran besteht. Das Bestehen eines solchen Interesses ist ausgeschlossen, wenn Daten infolge ihrer allgemeinen Verfügbarkeit oder wegen ihrer mangelnden Rückführbarkeit auf den Betroffenen einem Geheimhaltungsanspruch nicht zugänglich sind.“²⁶⁵ Unter personenbezogenen Daten versteht man dabei all jene Daten, welche von natürlichen Personen stammen und diese unmittelbar, mittelbar oder durch eine Verknüpfung verschiedener Daten identifizieren.²⁶⁶ Auf RFID-Systeme umgelegt bedeutet dies, dass bei der Verarbeitung personenbezogener Daten auf die Bestimmungen des DSG 2000 Bedacht zu nehmen ist, eine unbefugte Sammlung oder Verwendung dieser einen Gesetzesverstoß darstellt.

Insbesondere die Bestimmungen hinsichtlich der Verwendung, der Verarbeitung, der Übermittlung sowie der Überlassung von Daten sind bei RFID-Einsatz zu beachten, wobei vor allem bei sensiblen, personenbezogenen Daten auf die Zustimmungspflicht der Betroffenen zu verweisen ist.²⁶⁷ Auf eine detaillierte Darstellung der Gesetzesinhalte wird an dieser Stelle verzichtet und für nähere Information direkt auf das Datenschutzgesetz 2000 verwiesen.

5.2.3. EPCglobal-Verbraucherschutzrichtlinien

Am 1. Jänner 2005 verabschiedete EPCglobal Verbraucherschutzrichtlinien für die Nutzung des EPC auf Konsumgütern. Durch diese soll der Einsatz des EPCs in Einklang mit Datenschutzerfordernungen stehen. Dabei ergänzen sie sowohl nationale als auch internationale Gesetze des Verbraucher- und Datenschutzes, wobei sie auf einer Selbstverpflichtung der Unternehmen basieren, Verbraucher umfassend zu informieren und Entscheidungsfreiheit sicherzustellen.²⁶⁸ Nachstehende Abbildung zeigt ihren detaillierten Inhalt auf:

²⁶⁵ DSG (2000) §1 Abs. 1

²⁶⁶ vgl. Graf (2004), S. 14 f.

²⁶⁷ vgl. DSG (2000), §§ 6 ff.

²⁶⁸ vgl. Füßler (2005), S. 27

Richtlinien von EPCglobal für die Nutzung des EPC auf Konsumgütern

Die folgenden Richtlinien gelten seit dem 1. Januar 2005:

Information

Ist ein Produkt oder eine Verpackung mit einem EPC versehen, wird der Konsument darüber informiert. Dies geschieht durch Aufbringung eines EPCglobal-Logos oder -Kennzeichens auf der entsprechenden Einheit.

Wahrmöglichkeit

Konsumenten erhalten Informationen, wie der EPC-Tag auf den erworbenen Produkten entfernt, ausgeschaltet oder unbrauchbar gemacht werden kann. Es ist anzunehmen, dass der EPC-Tag bei den meisten Produkten Bestandteil der Umverpackung sein wird oder sich anderweitig unbrauchbar machen lässt. EPCglobal verpflichtet sich, neben anderen Förderern der EPC-Technologie, weitere kostengünstige und sichere Alternativen für den Endverbraucher zu entwickeln.

Aufklärung

Informationen über den EPC und entsprechende Anwendungen werden für Verbraucher leicht erhältlich sein. Dies gilt ebenso für Informationen über den Fortschritt dieser Technologie. Unternehmen, die EPC-Tags auf Endverbrauchereinheiten verwenden, werden in angemessener Weise kooperieren, um Konsumenten mit dem EPC-Logo vertraut zu machen, ihnen die Technologie zu erläutern und die Vorteile aufzuzeigen. EPCglobal hat seine Bereitschaft erklärt, als Forum für Unternehmen und Konsumenten zu agieren, in dem Abweichungen bei der Umsetzung der RFID/EPC-Technologie von den hier vorliegenden Richtlinien angesprochen und aufgegriffen werden können.

Aufzeichnung, Vorbehalt und Sicherheit

Der EPC enthält, sammelt oder speichert keine personenbezogenen Daten. Analog zur herkömmlichen Strichcodetechnologie werden EPC-spezifische 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 personenbezogener Daten in Verbindung mit dem Einsatz des EPC.

Abbildung 25: EPCglobal - Verbraucherschutzrichtlinien²⁶⁹

Im Anschluss an die Darstellung des bestehenden rechtlichen Rahmens im Bereich des Datenschutzes werden an dieser Stelle die potenziellen technischen Lösungsansätze zur Abwehr von Angriffen sowie zur Gewährleistung von Datensicherheit vorgestellt.

²⁶⁹ Füßler (2005), S. 27

5.3. Lösungsansätze zur Abwehr von Angriffen und der Gewährleistung von Datensicherheit

Um Personen vor dem ungewollten Auslesen von Daten und den dadurch entstehenden Risiken zu bewahren, bestehen verschiedene Lösungsansätze. Ziel ist es, die diese Risiken begründenden Schwachstellen der RFID-Technologie zu minimieren.

Zu den einfachsten Möglichkeiten zählen dabei die physische Entfernung des Transponders vom ausgezeichneten Objekt sowie dessen Zerstörung. Hierdurch kann der größtmögliche Schutz gewährleistet werden. Allerdings wird dadurch jeder Zusatznutzen der Technologie, etwa im Bereich der Reklamation oder der Abwicklung von Gewährleistungsansprüchen, obsolet.²⁷⁰ Fokus nachstehender Ausarbeitung liegt auf jenen technischen Lösungsansätzen, welche weder die Entfernung noch die Zerstörung des Transponders vorsehen.

Die heute bestehenden technischen Lösungsansätze zum Schutz der Privatsphäre des Konsumenten beruhen im Wesentlichen auf zwei Ansätzen: der Anonymisierung und der Pseudonymisierung, der auf dem Transponder gespeicherten Daten. Zusätzlich besteht die Möglichkeit eines Passwortschutzes.

5.3.1. Anonymisierung mittels Kill-Befehl

Der Kill-Befehl dient zur Anonymisierung des Transponders. Kann dieser nach dem Verkauf nicht physisch vom Objekt entfernt werden, oder ist dies aus den oben genannten Gründen nicht gewollt, so wird er dauerhaft deaktiviert, indem er an der Ladenkasse ein Passwort zusammen mit dem Kill-Befehl erhält. Ein unbemerktes Auslesen außerhalb des Geschäftes wird unmöglich, die unerlaubte Identifikation, Lokalisation, Profilbildung oder Verfolgung verhindert.²⁷¹

Absolute Sicherheit kann dennoch nicht gewährleistet werden, da einerseits die Deaktivierung des Transponders für den Kunden nicht überprüfbar ist, andererseits eine Datensammlung bis zum Gang zur Kasse nicht verhindert wird. Des Weiteren ist ein flächendeckender Einsatz oftmals mit erheblichen Kosten für den Händler verbunden, da Kill-Stationen mit hohen Anschaffungskosten verbunden sind. Diese sind insbesondere für Händler mit kleinen Umsätzen nicht finanzierbar. Außerdem wäre vom Kunden selbst ein hoher persönlicher Einsatz nötig, um jedes einzelne Objekt zu deaktivieren, da bisher eine Deaktivierung, beispielsweise einer gesamten Einkaufsstüte technisch nicht möglich ist. Zusätzlich verringert die Stummschaltung des Transponders – sofern diese nicht rückgängig gemacht werden kann – sekundäre

²⁷⁰ vgl. Safai (2006), S. 136

²⁷¹ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 263

Zusatzfunktionalitäten, wie die Automatisierung beim Umtausch, der Reparatur oder dem Recycling von Objekten.²⁷²

5.3.2. Pseudonymisierung mittels MetalDs

Die Pseudonymisierung oder Verschleierung der Identität eines Transponders erfolgt durch das so genannte 'einfache Hash-Lock-Verfahren'. Dabei handelt es sich um einen kostengünstigen und einfachen Zugriffskontrollmechanismus. Es kann entschieden werden, ob ein Transponder offen oder verschlossen ist. Soll der Transponder verschlossen werden, sind folgende vier Schritte notwendig: Zuerst wird ein Schlüssel k gewählt. In Schritt zwei wird mit Hilfe der mathematischen Einwegfunktion der Hash-Wert oder die MetalD dieses Schlüssels berechnet. Im dritten Schritt wird die MetalD auf dem Transponder gespeichert. Zuletzt verschließt sich der Transponder und antwortet in diesem Zustand auf alle Anfragen eines Lesegerätes ausschließlich mit der MetalD. Dadurch wird die eindeutige Identifikation unmöglich. Im Gegensatz zum Kill-Befehl besteht allerdings die Möglichkeit, den Transponder wieder zu öffnen. Hierzu werden der Schlüssel k und die MetalD in einer Datenbank gespeichert, da diese für die Entschlüsselung benötigt werden. Beim konkreten Entschlüsselungsvorgang wird die MetalD aus dem Tag ausgelesen, der dazugehörige Schlüssel k aus der Datenbank entnommen und an den Transponder gesendet. Wie bei der ersten Verschlüsselung generiert dieser wiederum eine MetalD. Stimmt diese mit der zuerst erzeugten MetalD überein, so öffnet sich der Transponder wieder und sendet bei folgenden Leseanfragen wieder seine ursprüngliche Identifikationsnummer, beispielsweise den EPC. Aufgrund großer Schwierigkeiten bei der Zurückrechnung der MetalD auf die ursprüngliche Identifikationsnummer und dem damit verbundenen großen Aufwand bietet dieses Verfahren einen effektiven Schutz vor dem ungewollten Auslesen der wahren Transponderdaten. Weiters ist die Implementierung der MetalD auf dem Transponder vergleichsweise einfach und kostengünstig.²⁷³

5.3.3. Pseudonymisierung durch variable MetalDs

Obwohl MetalDs einen guten Schutz vor dem ungewolltem Auslesen wahrer Transponderdaten bieten, ermöglichen sie aufgrund ihrer relativen Dauerhaftigkeit die Verfolgung von Objekten – wenn auch nicht mit Hilfe der wahren Identifikationsnummer – und von deren Besitzern. Um die derart mögliche Erstellung von Bewegungsprofilen zu verhindern, wurde das 'Randomized Hash-Lock-Verfahren' entwickelt. Dabei antworten die Transponder bei wiederholten Auslesevorgängen nicht mehr mit einer einmalig generierten MetalD, sondern erzeugen bei jedem Auslesevorgang eine neue MetalD. Hierzu benötigt der Transponder einen Zufallszahlengenerator, welcher eine Zufallszahl r liefert. Diese wird mit der wahren Identifikationsnummer des Transponders verkettet und liefert eine variable MetalD. Nach jedem Lesevorgang wird eine neue Zufallszahl r und somit eine neue MetalD produziert. Derart wird sowohl der Zugriff auf

²⁷² vgl. Langheinrich (2005), S. 343

²⁷³ vgl. Weis (2003), S. 38 f., saweis.net

die wahren Transponderdaten als auch die Verfolgung von Objekten und Personen verhindert. Der Prozess der Freischaltung bzw. der Öffnung des Transponders, damit dieser wieder seine wahre Identifikationsnummer sendet, erfolgt analog zum zuvor vorgestellten einfachen Hash-Lock-Verfahren.²⁷⁴

5.3.4. Distanz-basierte Zugriffskontrolle

Eine weitere Möglichkeit der Zugriffskontrolle basiert auf der Entfernung des Transponders zum Lesegerät. Unter dem Credo *'distance implies distrust'* ist die Menge an gesendeten Informationen von der Signalstärke des Lesegerätes abhängig. Von dieser wird abgeleitet, wie weit das Lesegerät entfernt ist. Je größer die Entfernung zum Transponder ist, desto weniger Daten werden von diesem gesendet und vice versa. Dabei werden fünf Informationsniveaus unterschieden. Je näher sich das Lesegerät beim Transponder befindet, desto detaillierter sind die gesendeten Produktinformationen.²⁷⁵ Nachfolgende Abbildung zeigt dies am Beispiel eines T-Shirts:

Level	Content	Benefit
Level 0	Reports that it is an object.	This is useful für baseline testing of a functioning reader.
Level 1	Additionally reports that it is a shirt, its fabric, and its color.	This is useful for a reader integrated with a washer or dryer – with this information it can tailor its behavior depending on the set of clothes placed in it.
Level 2	Additionally reports its purchase cost.	Now we start to enter the realm of more skeptically granted information. This level would be useful to, for example, an insurance adjuster. By walking through a house with an RFID reader equipped with level 2 authority, it could quickly ascertain the proper amount of insurance needed to cover the objects in the home.
Level 3	Additionally reports which factory it was made at, and at which date.	This level is useful to determine if the shirt requires a recall.
Level 4	Additionally reports which store it was bought at, and at which date.	This level is useful to determine if the shirt qualifies for a refund/return.

Tabelle 7: Informationsniveaus²⁷⁶

Allerdings besteht ein großer Unterschied zwischen einer theoretischen Idee und deren Umsetzung in der Praxis. Außerhalb von Laborbedingungen wird die Feststellung der Entfernung von vielfältigen Faktoren beeinflusst. So hat die Lage des Transponders wesentlichen Einfluss auf die erhaltene Signalstärke. Eine marginale Veränderung der Lage kann zu signifikanten Verzerrungen in der Distanzmessung führen. Des Weiteren wird das Energiefeld des Lesegerätes durch Metalle und Flüssigkeiten gestört.²⁷⁷

²⁷⁴ vgl. Langheinrich (2005), S. 344 f.

²⁷⁵ vgl. Fishkin/Roy (2003), S. 1 f., www.rfidprivacy.us

²⁷⁶ Eigene Darstellung – in Anlehnung an: Fishkin/Roy (2003), S. 3, www.rfidprivacy.us

²⁷⁷ vgl. Fishkin/Roy (2003), S. 2, www.rfidprivacy.us

5.3.5. Blocker-Tag

Der Mechanismus des Blocker-Tags nützt die Beschränkung des Lesegerätes aus, immer nur mit einem Transponder sprechen zu können. Antworten mehrere Transponder, so entsteht eine Kollision. Beim Blocker-Tag handelt es sich um ein einfaches, kostengünstiges und passives Gerät, welches sich als Transponder ausgibt und auf jede Anfrage eines Lesegerätes mit mehreren Signalen gleichzeitig antwortet. Diese Signale spiegeln ein großes Spektrum an möglichen Identifikationsnummern wider. Der Blocker-Tag spielt dem Lesegerät vor, dass sich eine Vielzahl an Transpondern in seinem Lesebereich befindet, indem er ohne Unterbrechung auf Anfragen des Lesegerätes mit unterschiedlichen Identifikationsnummern antwortet. Ein Auslesen der sich in der Nähe befindlichen, wahren Transponder wird unmöglich. Ihre Signale werden von den permanent gesendeten, virtuellen Signalen des Blocker-Tags überlagert, die Leseinheit blockiert. Hierbei handelt es sich um so genannte *'full blocker'* oder *'universal blocker'*. Des Weiteren bestehen *'partial blocker'* oder *'selective blocker'*, welche nur bestimmte Transponderdaten, welche in spezifischen Informationszonen liegen, blockieren.²⁷⁸

Der Einsatz von Blocker-Tags führt allerdings zu dem Problem, dass nicht nur die Tags bestimmter Personen blockiert werden, sondern ungewollt auch jene anderer Personen. Eine Unterscheidung in gewollte und ungewollte Blockierung ist nicht möglich, sich in der Nähe befindliche andere RFID-Systeme können gestört werden. Auch kann der Benutzer des Blocker-Tags nicht überprüfen, ob dieser tatsächlich funktioniert oder ob infolge der Veränderung der Lage des Blocker-Tags, der Schutz ungewollt aufgehoben wurde.²⁷⁹

5.3.6. Passwortschutz

Durch Verwendung eines Passwortes, welches ausschließlich dem Lesegerät und dem Transponder bekannt ist, erfolgt eine einfache Authentifizierung des Lesegerätes gegenüber dem auszulesenden Transponder. Das 8, 24 oder 32 Bit lange Passwort wird zu Beginn des Lesevorgangs an den Transponder gesendet und von diesem überprüft. Stimmt dieses mit dem auf dem Transponder gespeicherten Passwort überein, wird der Zugriff auf die Transponderdaten gewährt. Dabei kann der Zugriff auf einzelne Speicherbereiche beschränkt werden, wodurch eine höhere Datensicherheit realisiert wird. Die Gefahr eines nicht authentifizierten Auslesevorgangs besteht trotzdem, da das Passwort über die Luftschnittstelle übertragen wird und die Gefahr abgehört zu werden besteht. Dem kann durch die Verwendung eines variablen Passwortes entgegengewirkt werden, welches sich nach jeder Authentifizierung verändert. Hierzu sind jedoch beschreibbare Transponder notwendig. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung einer Liste von Einmalpasswörtern, welche

²⁷⁸ vgl. Jules/Rivest/Szydlo (2003), S. 1 ff., www.rsa.com

²⁷⁹ vgl. Langheinrich (2005), S. 351

ausschließlich dem Lesegerät und dem Transponder bekannt sind und vor allem bei einer beschränkten Anzahl von Zugriffen eingesetzt werden.²⁸⁰

Die hier vorgestellten Schutzmechanismen stellen eine Auswahl an möglichen technischen Lösungsansätzen dar. Anhand ihrer jeweiligen, spezifischen Stärken und Schwächen lässt sich allerdings erkennen, dass die Gewährleistung absoluter Sicherheit aktuell noch nicht möglich ist. Bestehende Sicherheitslücken gilt es durch kontinuierliche Forschungs- und Entwicklungstätigkeit zu schließen.

Doch nicht nur die hier genannten technischen Möglichkeiten können dem unbefugten Auslesen und Sammeln von Transponderdaten entgegenwirken. Auch die auf europäischer und auf nationaler Ebene bestehenden Regelungen gewährleisten Datenschutz und Datensicherheit. Ebenso die von EPCglobal im Jahr 2005 veröffentlichten Verbraucherschutzrichtlinien für die Nutzung von EPCs auf Konsumgütern.

5.4. Fazit

Insbesondere die Ausführungen über aktuell bestehende Lösungsansätze zur Gewährleistung von Datenschutz und Datensicherheit sowie die bestehenden Regelungen auf europäischer und nationaler Ebene verdeutlichen, dass einerseits die Angst der Konsumenten oftmals nicht unbegründet ist, andererseits die Schutzwürdigkeit ihrer Interessen bereits im Zentrum vielfältiger Anstrengungen steht.

Die Autorin vertritt die Meinung, dass jegliche weitere technische und rechtliche Anstrengungen zur Sicherung der Konsumenteninteressen verlaufen, wenn nicht zuerst eine grundlegende Aufklärungsarbeit zur Erhöhung der Kenntnis über die Funktionsweise, die Stärken und Schwächen der RFID-Technologie sowie die bereits bestehenden Datenschutzregelungen erfolgt.

Eine im Jahr 2006 veröffentlichte Studie belegt anschaulich, dass insbesondere bei Konsumenten aber auch bei Anwendern und Beratern ein erhebliches Defizit bezüglich der Datenschutzkenntnisse besteht.

An der Umfrage nahmen 202 Vertreter der deutschen RFID-Branche teil. 42% der Befragten vertraten Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeitern, 53% mit weniger als 250 Mitarbeitern, wobei die Unternehmen insbesondere in den Bereichen Beratung, Hardware, Software und Vertrieb tätig sind.²⁸¹

Nachfolgende Abbildung verdeutlicht die Erkenntnisse der Studie:

²⁸⁰ vgl. Spenger (2006), S. 37

²⁸¹ vgl. FTK (2006), S. 10, www.ftk.de

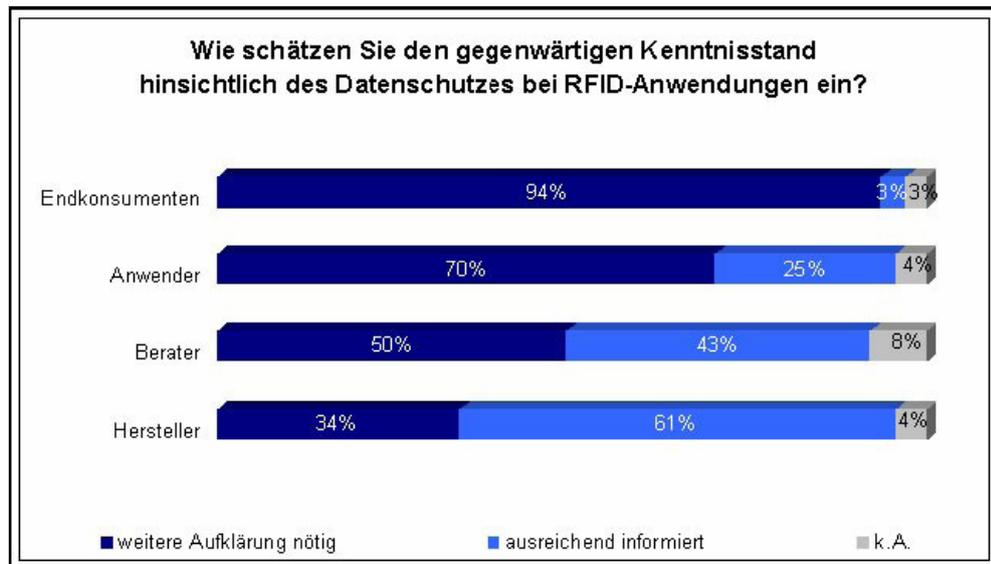


Abbildung 26: Datenschutzkenntnisse²⁸²

Trotz der begrenzten Teilnehmeranzahl von 202 Personen, schließt die Autorin aus dem generierten Umfrageergebnis, dass einerseits das Wissen über die Technologie selbst zu erhöhen ist, da Wissen über Unbekanntes die Angst davor wesentlich reduziert und die RFID-Technologie, ihre Stärken und Schwächen dadurch greifbarer und verständlicher werden. Andererseits besteht zusätzlicher Aufklärungsbedarf über die spezifischen datenschutzrechtlichen Aspekte, auf welche in Verbindung mit RFID-Systemen zu achten ist. Wobei derartige Anstrengungen nicht nur auf den Konsumenten fokussieren sollten, sondern ebenso auf:

- die Anwender, damit diese wissen, worauf beim RFID-Einsatz in datenschutzrechtlicher Hinsicht zu achten ist bzw. was zulässig ist,
- die Berater, damit diese ihre Klienten bestmöglich über Datenschutzregelungen informieren können, sowie
- die Hersteller, welche ihre Produkte bereits in der Entwicklungsphase an bestehende Richtlinien anpassen und technische Sicherheitssysteme implementieren können.

²⁸² FTK (2006), S. 8, www.ftk.de

6. Anwendungsfelder der RFID-Technologie

In den nachfolgenden Unterpunkten werden die konkreten Einsatzgebiete der RFID-Technologie dargestellt. Zur Systematisierung ihrer Vielfalt wird folgender Aufbau gewählt:

Kapitel 6.1. beschäftigt sich mit den Anwendungsfeldern der RFID-Technologie in der Logistik. Den Teilprozessen Lagerhaltung, Kommissionierung, Transport und Produktion entsprechend, werden die RFID-Einsatzmöglichkeiten diskutiert.

Kapitel 6.2. widmet sich dem Behältermanagement und dessen optimierte Gestaltung infolge der RFID-Verwendung.

Kapitel 6.3. konzentriert sich auf die Erhöhung der Supply Chain Visibility, welche durch die RFID-Technologie erreicht werden kann. Der Fokus liegt dabei insbesondere auf der Rückverfolgbarkeit von Produkten in der Pharma- und der Lebensmittelindustrie.

Um eine ganzheitliche Betrachtung der einzelnen Bereiche zu gewährleisten, wird:

- die jeweilige Ist-Situation dargestellt,
- der Situation mit RFID bzw. den daraus hervorgehenden Veränderungen gegenüber gestellt,
- der RFID-Einsatz teils qualitativ, teils quantitativ beurteilt sowie
- mit Beispielen aus dem wirtschaftlichen Alltag ergänzt.

6.1. RFID zur Optimierung logistischer Prozesse

In Logistiksystemen übernimmt die Transponder-Technologie heute folgende fünf grundlegende Funktionen.²⁸³

- Identifikationsfunktion
Auf jedem Transponder wird eine individuelle Identifikationsnummer hinterlegt, welche jedes Objekt eindeutig beschreibt. Die Nummer kann dabei direkt bei der Produktion oder später über eine drahtlose Schnittstelle auf den Chip gespeichert werden.
- Datenspeicherung
Neben der reinen Identifikationsfunktion besteht die Möglichkeit, zusätzliche, das Objekt näher definierende Informationen auf dem Transponder zu speichern, wie zum Beispiel Adressdaten, Serien- oder Chargennummern, Handhabungsanweisungen oder Serviceinformationen.

²⁸³ vgl. Gerhäuser/Pflaum (2004), S. 279

- **Prozesssteuerung**
Insbesondere in der Automobilindustrie erfolgt seit Langem eine Steuerung der Fertigungsprozesse mit Hilfe der RFID-Technologie. Auf einzelnen Teilen angebrachte, mit spezifischen Produktdaten hinterlegte Transponder helfen, die Prozesse effektiver und effizienter zu gestalten. So erkennt ein Schweißroboter ob beispielsweise eine Limousine oder ein Kombifahrzeug gefertigt werden soll und wo bei der jeweiligen Produktgruppe die Schweißpunkte zu setzen sind. Aufwendige Umrüstungsprozesse werden reduziert.
- **Automatisierung**
Durch die Möglichkeit zur Pulkerfassung, sprich der parallelen Erfassung von heute bis zu 80 Transpondern pro Sekunde, werden sowohl der Wareneingang als auch Zählprozesse vollständig automatisiert.
- **Sensorische Datenerfassung**
Die Transponder können mit elektronischen Bauelementen ausgestattet werden, welche Temperatur, Druck aber auch Beschleunigung kontinuierlich messen und speichern können. Wobei der Energieverbrauch der Sensoren als kritisch zu betrachten ist. Wird auf eine eigene Energieversorgung verzichtet und ein passives System implementiert, reduziert sich die Reichweite auf wenige Zentimeter.

Die hier genannten Funktionen werden sich in der nachfolgenden Darstellung der Lagerhaltungs-, Kommissionier-, Transport- und Produktionsprozesse wieder finden.

6.1.1. Lagerhaltung

Die Funktionen der Lagerhaltung sind vielfältig und umfassen im Allgemeinen eine zeitliche, preisliche oder mengenmäßige Überbrückungsfunktion. Dabei übernehmen ganzheitliche Lagersysteme neben der tatsächlichen Lagerfunktion die Lagerverwaltung, die Lagersteuerung sowie die Lagerbewirtschaftung. Aufgabe der Lagerverwaltung ist es, Bestände, Aufträge und Lagerpersonal zu verwalten. Die Steuerung der Lagerprozesse, wie beispielsweise des Materialflusses, der Ein- und Auslagerung oder der Kommissionierung sind zentrale Aufgabenfelder der Lagersteuerung. Bis dato basierte der kontinuierliche Datenaustausch zwischen den genannten Bereichen auf unterschiedlichen computergestützten Systemen, wobei die Dateneingabe meist durch die Mitarbeiter durchzuführen bzw. eine Erfassung via Barcode-Scanner nötig ist.²⁸⁴

Die Aufgaben eines ganzheitlichen Lagermanagements lassen sich wie folgt im Detail darstellen:

²⁸⁴ vgl. Martin (2006), S. 310 f.

Lagermanagement: Aufgaben	
Physisch-technische	Materialwirtschaftlich-administrative
Annehmen und identifizieren	Zugänge erfassen
Prüfen, ggf. behandeln	Bestände führen
Einlagern ggf. umpacken	Abgänge erfassen
Schützen und pflegen	Differenzen bereinigen
Kommissionieren und ausgeben	Inventuren machen
	Disponieren und nachbestellen
Material	Daten

Tabelle 8: Aufgaben des Lagermanagements²⁸⁵

Wie die Tabelle zeigt, kann grundsätzlich zwischen physisch-technischen und materialwirtschaftlich-administrativen Aufgaben differenziert werden, wobei das Handling von Material und Daten untrennbar miteinander verbunden ist.

In den nachstehenden Ausführungen werden sowohl einzelne der genannten Aufgaben als auch Aufgabenbündel vorgestellt. Durch die Darstellung der aktuellen Ist-Situation und der Situation bei RFID-Einsatz sowie einer zusammenfassenden Beurteilung soll einerseits ein Überblick über die konkreten Möglichkeiten der RFID-Anwendung als auch eine Gegenüberstellung zur heutigen Situation erfolgen. Durch die Bewertung sollen dem Leser die Vorteile aber auch zu berücksichtigende Schwächen der Technologie vorgestellt und der Einfluss der Lagertechnik auf die Lagerleistung und die Lagereffizienz nochmals verdeutlicht werden. Beispiele für den RFID-Einsatz im wirtschaftlichen Alltag dienen als Ergänzung und verknüpfen Theorie und Praxis.

Obwohl der Prozess der Kommissionierung im Lagermanagement inbegriffen ist, erfolgt dessen separate Darstellung in Kapitel 6.1.2.

6.1.1.1. Ent- und Verladung, Wareneingang und –Ausgang

Darstellung der Ist-Situation

Waren und Materialien, welche sich am Wareneingang oder Warenausgang befinden, werden heute entweder manuell oder mit Hilfe eines Barcode-Scanners erfasst sowie einer Mengenkontrolle unterzogen.²⁸⁶

Im Detail sind vor der tatsächlichen Einlagerung eine Reihe von Prüfungen vorzunehmen:²⁸⁷

- die Belegprüfung,
- die Mengenprüfung,
- die Zeitprüfung sowie
- die Qualitätsprüfung

²⁸⁵ Hirschsteiner (2006), S. 422

²⁸⁶ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 125

²⁸⁷ vgl. Vry (2004), S. 137

Bei Erstgenannter sind die Begleitpapiere, beispielsweise Lieferscheine oder Begleitscheine, mit der Bestellkopie zu vergleichen. Es werden die Art, die Anzahl sowie der Zustand der Versandeinheiten geprüft. Fehlen Begleitpapiere gänzlich oder sind diese fehlerhaft, so treten weitere Erfordernisse, beispielsweise Rückfragen in der Beschaffungsabteilung, auf. Die Mengenprüfung vergleicht die tatsächlich gelieferte Menge mit jener im Lieferschein genannten Menge. Bei der Zeitprüfung wird festgestellt, ob der tatsächliche Liefertermin mit jenem auf dem Bestellsatz übereinstimmt. In der zuletzt erfolgenden Qualitätsprüfung wird die Qualität der angelieferten Waren mit den festgelegten Anforderungen verglichen. Sie kann dabei mittels Stichproben erfolgen, wobei allerdings keine 100%ige Qualitätssicherheit erreicht werden kann und daher die Ergebnisse der Stichproben nur bedingt auf die Gesamtheit übertragen werden können. Dies liegt unter anderem an der Wahl des Stichprobenumfangs. Eine größere Stichprobe, wie auch ein kleinerer gewählter Stichprobenumfang hätten beispielsweise zu einem anderen Sicherheitsgrad geführt.²⁸⁸

Die hier genannten Überprüfungsprozesse sind bei manueller Ausführung durch das Lagerpersonal vergleichsweise zeitintensiv. Durch den breiten Einsatz der Barcode-Technologie und der damit einhergehenden teilautomatisierten Erfassung von Daten konnten diese bereits effizienter gestaltet werden. Die bestehenden Nachteile des Barcodes, insbesondere der möglichen Zerstörung infolge rauer Transport- oder Lagerbedingungen oder möglicher Lesefehler aufgrund der Verschmutzung, der Beschädigung oder der suboptimalen Ausrichtung der Barcode-Labels und den damit entstehenden Unter- oder Abrechnungen der Prozesse, stellen für die RFID-Technologie ein noch auszuschöpfendes Potenzial zur Prozessverbesserung, sowohl im Wareneingang als auch im Warenausgang dar.

Die Möglichkeiten des RFID-Einsatzes sollen anhand einer Darstellung der oben genannten Teilprozesse verdeutlicht werden.

Darstellung mit RFID

Sind Ladungsträger, beispielsweise Paletten, Gitterboxen, Wechselaufbauten oder Container, mit einem RFID-Transponder sowie die Tore an Lagerhallen mit einem RFID-Lesegerät (vgl. Gate Reader) ausgestattet, so kann bereits beim Durchfahren der LKWs die komplette Ladung erfasst werden. Auf ein Abladen der einzelnen Ladungsträger kann daher bei Bedarf verzichtet werden, da die Erfassung ohne Sichtkontakt erfolgt. Dies ist insbesondere bei Cross-Docking als enormer Vorteil zu sehen, da der Prozess wesentlich beschleunigt wird.

Auf die einzelnen genannten Prüfungsprozesse bezogen können folgende Optimierungseffekte erzielt werden: Durch die Möglichkeit zur kontaktlosen Erfassung jedes einzelnen Artikels, welcher sich in oder auf einem der Ladungsträger befindet, wird der Aufwand bei der Belegprüfung verringert. Die ausgelesenen Transponderdaten der jeweiligen Waren werden an die Middleware übertragen und mit den in den Warenwirtschaftssystemen hinterlegten Liefer- und Auftragsdaten

²⁸⁸ vgl. Vry (2004), S. 137 ff.

verglichen. Art und Anzahl der Lieferung werden nicht mehr manuell bzw. mit einem Barcode-Scanner erfasst, sondern ohne direkten Sichtkontakt. Auf die Entfernung der am Ladungsträger befindlichen Umverpackung kann daher verzichtet werden. Der benötigte Zeit- und Personalaufwand wird reduziert. Durch die Möglichkeit zur Pulkerfassung, sprich dem parallelen Auslesen einer Vielzahl von Transpondern mit nur einem Lesegerät, wird der Aufwand der Erfassung nochmals verringert, die Geschwindigkeit erhöht. Ebenso die Mengenprüfung wird vollständig automatisiert. Die Anzahl der ausgelesenen Artikel wird im System mit jener des Lieferscheins automatisch abgeglichen. Analoges steht in Gültigkeit für die Zeitprüfung und der damit verbundenen Überprüfung des tatsächlichen und des vereinbarten Liefertermins. Im Bezug auf die Qualitätsprüfung ist festzuhalten, dass vor allem bei verderblichen oder temperatursensiblen Produkten die RFID-Technologie enorme Vorteile birgt. So kann durch die Integration eines Sensors im Transponder eine Aufzeichnung des Temperaturverlaufs, beispielsweise während des Transportes erfolgen und dadurch die Lückenlosigkeit der Kühlkette überprüft sowie die Qualität der Waren sichergestellt werden. Eine detaillierte Darstellung hierzu erfolgt in Kapitel 6.1.1.5. Werden in den Prüfungsprozessen Abweichungen festgestellt, wird anhand im Vorhinein definierter Regeln entschieden, welche Folgeprozesse auszulösen sind. Wareneingangs- und Lieferbestätigungen als auch Fehlerberichte, im Falle unvollständiger, beschädigter oder gänzlich falscher Lieferungen, werden automatisch generiert und an die entsprechenden Partner elektronisch weitergeleitet.²⁸⁹

Der Einsatz der RFID-Technologie könnte die Warenvereinnahmung, sprich „die physische und organisatorische Entgegennahme von Waren“²⁹⁰ vollständig automatisieren. Durch entsprechende Gestaltung der Fördertechnik, welche bis zur Laderampe reicht, würden die angelieferten Paletten direkt zur Einlagerung, in den Kommissionierbereich oder zur Qualitätskontrolle transportiert werden. Einsparungen im Bereich des Personaleinsatzes, beispielsweise bei Staplerfahrern, könnten erzielt werden.²⁹¹

Beurteilung

Zusammengefasst kann der Einsatz der RFID-Technologie wie folgt beurteilt werden:

- Die Datenerfassung am Wareneingang erfolgt in Echtzeit.
- Medienbrüche sowie durch Personen falsch eingegebene Datensätze oder Prozessstörungen infolge unlesbarer oder zerstörter Barcode-Labels werden verhindert.
- Durch die kontaktlose Erfassung von Artikeln sowie der Pulkerfassung werden sowohl Zeit- als auch Personenaufwand verringert.

²⁸⁹ vgl. Popova (2006), S. 39

²⁹⁰ vgl. Hompel ten/Heidenblut (2006), S. 244

²⁹¹ vgl. Ende (2005), S. 220

- Erfassungsvorgänge erfolgen parallelisiert und nicht mehr sequentiell wie im Falle manueller Abwicklung.
- Vorteile durch den Einsatz der RFID-Technologie lassen sich sowohl in der Belegprüfung, der Mengenprüfung, der Zeitprüfung als auch der Qualitätsprüfung realisieren.
- Der Wareneingangsbereich des Lagers wird effizienter gestaltet, der Zeitaufwand der Entladung sowie der Verladung kann wesentlich reduziert werden.
- Pro Zeiteinheit wird eine höhere Anzahl an Ent- und Verladungen realisiert, die Abfertigungsquote erhöht.
- Ohne die Ware auszupacken erfolgt eine stückgenaue Erfassung – zeitaufwendige Mengenprüfungen werden obsolet. Zu berücksichtigen sind allerdings Probleme beim Auslesen von Transpondern, welche durch Metalle und metallische Oberflächen im Lager entstehen können, beispielsweise bei Gitterboxen oder metallischen Bauteilen. Eine exakte Analyse genannter Einflussfaktoren ist in der Planungsphase durchzuführen.

Für den Warenausgang gelten die hier vorgestellten Möglichkeiten sowie Vor- und Nachteile analog. Zusätzlich werden durch das Auslesen der im Warenausgang befindlichen Waren oder Warenbündel sowohl Lieferungen falscher Artikel als auch in falscher Menge oder Bündelung vermieden. Der Warenausgang wird weitgehend automatisiert, der Personalaufwand reduziert und die Prozesssicherheit erhöht. Dadurch können Retouren und die daraus entstehenden Aufwendungen gesenkt sowie die Zufriedenheit der Kunden infolge fehlerloser Lieferungen erhöht werden.²⁹² Auf Basis elektronischer Lieferavis wird die zeitgerechte Planung, beispielsweise von Transportaufträgen unterstützt. Dies führt zu einer Reduktion der Durchlaufzeit der Ware.²⁹³

Praxisbeispiel: Toshiba Europe GmbH

In den letzten 5 Tagen des Monats hatte der Computerproduzent Toshiba Europe GmbH in Regensburg eine Vielzahl von Lagermanagement-Problemen zu bewältigen. In diesem Zeitraum müssen infolge von Sonderabverkäufen, Marketingaktionen oder dem Eingang regulärer Bestellungen 40% der monatlichen Verkaufsmenge ausgeliefert werden. So erhöhten sich in der Vergangenheit, aufgrund des großen Zeitdrucks das Fehlerrisiko durch Mehrfachbuchungen, Verzögerungen in der Produktverfügbarkeit sowie räumliche Engpässe. Durch die Einführung des RFID-Systems im September 2006 sollten diese Problembereiche beseitigt, auf Auftragsspitzen besser reagiert werden. Jedes Notebook ist mit einer Zubehörbox ausgestattet, auf welcher seither der RFID-Transponder angebracht wird, bevor die Umverpackung geschlossen wird. Somit kann jedes Notebook eindeutig identifiziert werden. Auf einer Palette werden 36 Notebooks von der Produktion in den Wareneingangsbereich des Lagers transportiert.

²⁹² vgl. Ende (2005), S. 222

²⁹³ vgl. Tellkamp/Quiede (2005), S. 146

Dabei wird die Palette durch ein mit einem RFID-Lesegerät ausgestattetes Portal geführt. Mit nur einem Arbeitsschritt wird jeder einzelne Laptop erfasst, die ausgelesenen Daten automatisch an das Lagermanagementsystem übermittelt. Dadurch wurde die mehrfache Abfertigung eines Produkts obsolet, Verzögerungen in der Verfügbarkeit eliminiert, da jedes Gerät nicht mehr separat von Hand eingescannt werden muss, um ins Lagermanagementsystem eingebucht zu werden. In der Vergangenheit dauerte dieser Vorgang etwa 1 Minute und 40 Sekunden. Durch die Einführung der RFID-Technologie wurde eine Reduktion auf wenige Sekunden erreicht. Die Anzahl der eingebuchten Einheiten erhöhte sich von 9.600 auf 17.300 pro Tag, wobei die Anzahl der hierfür benötigten Arbeiter von 8 auf 2 reduziert wurde. Dabei besteht noch Kapazität für die Erhöhung der Verbuchungsrate auf 30.000 Vorgänge pro Tag. Laut den Angaben von Toshiba konnten durch die RFID-Einführung die Kosten pro Einbuchungsvorgang von 25 Cent auf 15 Cent verringert werden und bei einer Systemzuverlässigkeit von 99,7% werden jedes Jahr Einsparungen in der Höhe von 330.000 Euro realisiert.²⁹⁴

Praxisbeispiel: Kaufhof und Gerry Weber

Mit 1. Juli 2003 starteten die Kaufhof Warenhaus AG, eine 100%ige Tochtergesellschaft der Metro Group, sowie Gerry Weber International AG, Hersteller von Modeartikeln, gemeinsam ein Pilotprojekt zum Einsatz der RFID-Technologie in der Lieferkette. Hierzu wurden etwa 5.000 Kleidungsstücke mit hängenden RFID-Transpondern sowie die Bereiche des Wareneingangs und des Warenausgangs der Teilnehmer mit RFID-Lesegeräten ausgestattet. Als Ergebnis konnten sowohl Gerry Weber als auch die Kaufhof Warenhaus AG Effizienzsteigerungen infolge der Reduzierung manueller Arbeitsprozesse erreichen. So führt der RFID-Einsatz zu einem reduzierten Arbeitsaufwand im Bereich der Wareneingangs- und Ausgangskontrolle, Mengenprüfungen erfolgten automatisch. Bei Gerry Weber konnte dadurch der traditionelle Arbeitsprozess des manuellen Abgleichs der Auslieferung mit der Bestellung unter Verwendung von Barcodescannern beseitigt werden. Kaufhof setzte RFID unter anderem dazu ein, um von einer stichprobenbasierten Kontrolle der Lieferungen zu einer 100%igen Kontrolle auf Produktebene zu wechseln, um dadurch die Anzahl der Fehllieferungen zu senken. Insgesamt betrachtet konnten beide Unternehmen durch den RFID-Einsatz die Vollkontrolle im Wareneingang und Warenausgang realisieren, Fehler durch die Verringerung manueller Tätigkeiten vermeiden sowie den Grad an Falschliefungen reduzieren.²⁹⁵ Zusätzlich bewirkten der Geschwindigkeitsgewinn in den einzelnen Prozessen, die automatische Verbuchung und Bestandsführung, die eliminierten Übertragungsfehler sowie die hohe Lesegenauigkeit (99,9%) laut Angaben der beteiligten Unternehmen eine schnelle Amortisation des RFID-Projektes.²⁹⁶

²⁹⁴ vgl. O. V. (2007b), S. 58 f.

²⁹⁵ vgl. Tellkamp/Quiede (2005), S. 149 ff.

²⁹⁶ vgl. Resl/Windischbauer (2006), S. 68

Praxisbeispiel: Buchhandelskette BGN

Um die Wettbewerbsposition zu stärken, eröffnete die niederländische Buchhandelskette BGN im April 2006 die erste Filiale, welche die RFID-Technologie aktiv nützt. Hierzu stattete der Mediendistributor 'Centraal Boekhuis', von welchem BGN 98% der Buchlieferungen erhält, alle an BGN gelieferten Bücher mit einem RFID-Etikett, basierend auf EPC-GEN 2-Standard, aus. Die Lieferungen werden zusammengestellt, verpackt, an die Filiale ausgeliefert und parallel Advanced Shipping Notices (elektronische Lieferavise) übermittelt. Im Wareneingangsbereich der BGN-Filiale wurden zwei Tunnelseegeräte installiert, welche die eingehenden Ladungen scannen. Der Inhalt wird automatisch mit den ASN abgeglichen, in Echtzeit wird festgestellt, ob die gelieferte Ware im Detail mit der Bestellung übereinstimmt. Der in der Vergangenheit durch Mitarbeiter durchgeführte manuelle Vergleich wird obsolet. Im Detail kann heute durch den Einsatz der RFID-Technologie eine Lieferung von 45.000 Büchern in drei Tagen erfasst werden. In der Vergangenheit hätte dieser Prozess etwa zwei Wochen beansprucht. Die Kontrolle eines einzelnen Kartons konnte von fünf bis sechs Minuten durch den RFID-Einsatz auf Produktebene auf unter 10 Sekunden reduziert werden.²⁹⁷

6.1.1.2. Inventur und Bestandsgenauigkeit

Darstellung der Ist-Situation

Die Inventur, als eine der zentralen Aufgaben der Lagerverwaltung wird im Allgemeinen als „die vollständige Bestandsaufnahme der Vermögenswerte und Wirtschaftsgüter eines Unternehmens bezeichnet. Im engeren Sinn ist die körperliche Bestandsaufnahme der Vorräte und Lagerbestände gemeint.“²⁹⁸

Nachfolgende Ausführungen werden sich dabei auf die Definition im engeren Sinne beziehen. Der Fokus liegt auf der Erfassung der Lagerbestände sowie der in den Verkaufsregalen vorgehaltenen Waren.

Bis dato sind umfassende Bestandsaufnahmen mit einem erheblichen Zeit- und Arbeitsaufwand verbunden und führen meist zu vorübergehenden Betriebs-, Filial- oder Lagerschließungen. Inventuren sind folglich als aufwendig und den Geschäftsfluss störend zu klassifizieren. Nachfolgendes Beispiel verdeutlicht diesen Umstand: Nimmt man an, dass 10.000 Artikel aufzunehmen sind und die durchschnittliche Aufnahmezeit pro Artikel für 2 Personen ca. 3 Minuten umfasst, so ergibt sich ein Zeitbedarf von 1000 Stunden oder 125 Manntagen. Bei einem Personaleinsatz von 10 Zählern und 10 Aufnehmern würde die Inventur 6 Arbeitstage andauern. Werden ausschließlich die Arbeitskosten angesetzt, so würden etwa 10 Euro pro Artikel, also 100.000 Euro an Gesamtkosten anfallen.²⁹⁹ Allerdings sind in dieser Berechnung sowohl der eventuell entfallende Umsatz, verursacht durch die Betriebsunterbrechungen, als auch mögliche zusätzliche Personalkosten, aufgrund zeitlich begrenzter Neueinstellungen zum Zweck

²⁹⁷ vgl. O. V. (2006c), S. 30

²⁹⁸ Hirschsteiner (2006), S. 129

²⁹⁹ vgl. Hirschsteiner (2006), S. 131

der Inventur noch nicht berücksichtigt und würden die Gesamtkosten nochmals erhöhen.

Die am Jahresende durchgeführte Stichtagsinventur sowie die permanente Inventur sind die zentralen Formen der Bestandsermittlung.³⁰⁰ Folgende Prinzipien sind dabei zu beachten:³⁰¹

- Vollständigkeit
- Richtigkeit
- Wirtschaftlichkeit
- Wesentlichkeit
- Klarheit
- Nachprüfbarkeit

Ziel ist es, tatsächlich im Lager befindliche Bestände zu erfassen, die Mengen zu kontrollieren sowie deren Werte zu überprüfen.³⁰² Insbesondere bei der Stichtagsinventur ergibt sich der Nachteil, dass es sich um eine reine Momentaufnahme der Bestände handelt. Zwischen den einzelnen Inventuren existieren keine exakten Aufzeichnungen über die jeweiligen Lagerbestände.

Darstellung mit RFID

Um die mit einem RFID-Einsatz verbundenen Vorteile bei der Bestandserfassung zu realisieren, ist die Ausstattung aller Produkte sowie der Paletten mit einem RFID-Transponder unabdingbar. Die benötigten Lesegeräte können wie folgt angebracht sein:

- direkt an den Regalböden der einzelnen Regalsysteme,
- am Regalbediengerät, welches die Lagerfächer abfährt oder
- am Stapler, wenn es sich um ein traditionelles manuelles Lager handelt.

Das im konkreten Fall eingesetzte Lesegerät ruft den Bestand auf jeder Palette ab. Sodann wird das Inventurdatum auf dem Palettentag geschrieben und die ausgelesenen Daten an die entsprechenden Anwendungsprogramme übermittelt. Um unkorrekte Zahlen bzw. Bestandsdaten zu vermeiden, kann eine stichprobenartige manuelle Überprüfung einzelner Paletten erfolgen.³⁰³

Beschränkt sich der Einsatz der RFID-Transponder auf die Umverpackung, erfolgt keine RFID-Auszeichnung auf Produktebene, so ist eine exakte Bestandserfassung nur möglich, insofern die Umverpackung noch nicht geöffnet wurde.³⁰⁴

³⁰⁰ vgl. Weber (2006), S. 197

³⁰¹ Oeldorf/Olfert (2004), S. 200

³⁰² vgl. Hirschsteiner (2006), S. 130

³⁰³ vgl. Ende (2005), S. 221

³⁰⁴ vgl. Tellkamp/Quiede (2005), S. 146

Beurteilung

„[...] information sent from either hand-held wireless scanners or RFID chips creates real-time stock information and eliminates the need for manual inventory counting.“³⁰⁵

Durch den Einsatz der Transpondertechnologie wird eine Inventur in Echtzeit ermöglicht. Auf Knopfdruck kann der aktuelle Bestand im Lager jederzeit ermittelt werden. Fehler infolge mangelnder Sorgfalt werden eliminiert. Die Kosten und Aufwendungen im Vergleich zu einer traditionellen Inventur im Allgemeinen reduziert:

- vorübergehende Schließungen von Lagern oder Filialen sind nicht mehr nötig und führen damit zu keinerlei Umsatzeinbußen,
- für die Inventur muss kein zusätzliches Personal von anderen Abteilungen abgezogen werden, und
- Kosten aufgrund kurzzeitig eingestellter Arbeiter zur Durchführung der Inventur werden eingespart.

Des Weiteren können Bestandsveränderungen, auch zwischen den jeweiligen Stichtagen nachverfolgt, exakte Bestandsdaten jederzeit abgerufen und Medienbrüche verhindert werden. Lagerbestandsmengen werden optimiert, die Kapitalbindungskosten, welche einen großen Anteil an den gesamten Lagerkosten darstellen, gesenkt.³⁰⁶

Infolge unterstützt die RFID-Technologie die erfolgreiche Umsetzung des Konzepts des Vendor Managed Inventory, kurz VMI. Dabei übernimmt der Lieferant das Lagermanagement des Kunden, ist verantwortlich für dessen Bestände. Um die optimale Bestandsmenge zu gewährleisten sind exakte Aufnahmen dieser nötig. Dadurch sollen Bestände bei beiden Partnern gesenkt werden. Der RFID-Einsatz erhöht die benötigte Datenqualität sowie die Transparenz der tatsächlichen Lagerbestände und vermindert das vom Lieferanten getragene Risiko.³⁰⁷

Zusammengefasst wird durch eine permanente Inventur in Echtzeit:³⁰⁸

- auf atypische Lagerbewegungen schneller reagiert,
- das Risiko des Warenverderbs reduziert, da die Haltbarkeitsdaten unter stetiger Überwachung stehen,

³⁰⁵ Fein (2006), S. 34

³⁰⁶ vgl. Popova (2006), S. 39

³⁰⁷ vgl. Gillert/Hansen (2007), S. 53

³⁰⁸ vgl. Popova (2006), S. 40

- die Nachschubversorgung effizienter gestaltet und somit die Warenverfügbarkeit erhöht, sowie
- der Schwund durch Warensicherung auf ein Minimum gesenkt.

Für eine kostenseitige Bewertung ist, in Abhängigkeit von der Anzahl der Lagerobjekte und der daraus entstehenden Inventurkosten, eine Gegenüberstellung mit den Anschaffungskosten eines RFID-Systems zu tätigen. In kleinen Lagern, mit vergleichsweise wenigen Objekten wird sich der Einsatz eines RFID-Systems möglicherweise weniger bezahlt machen als in großen Lagern mit einer hohen Anzahl an Lagerartikeln.

Eine monetäre Bewertung des RFID-Einsatzes ausschließlich den Vorteilen in der permanenten Inventur gegenübergestellt, ist jedoch zu determiniert. Die RFID-Anschaffungskosten sind stattdessen mit dem RFID-Nutzen aller genannten Einsatzfelder zusammen zu vergleichen.

Laut Ansicht der Autorin wird diese Entwicklung, aufgrund der aktuell noch zu hohen Kosten des RFID-Einsatzes auf Produktebene, aber erst allmählich im wirtschaftlichen Alltag Fuß fassen.

Praxisbeispiel: Papier- und Verpackungsindustrie

Ein global agierender Papier- und Verpackungskonzern setzt die RFID-Technologie zur Optimierung des Rohstoffmanagements ein. Dies umfasst im Wesentlichen die Kennzeichnung, Identifikation und Prozessverfolgung der mit wieder verwendbaren RFID-Transpondern versehenen Materialien. Zum Auslesen der Transponder wurden die eingesetzten Gabelstapler mit RFID-Lesegeräten ausgestattet. Als größten Nutzen nennt das Unternehmen die mit Hilfe von RFID realisierte exakte Erfassung der Bestandsdaten. Dies war in der Vergangenheit nicht möglich, da beispielsweise bereits angebrochene Papierrollen im Bestand nicht berücksichtigt werden konnten, da die Beschriftung nur auf der Außenseite der Rolle möglich war. Bei der Verfügbarkeitsprüfung können nun auch Restrollen eingerechnet werden, wodurch die Bestände reduziert, die Kapitalbindungskosten gesenkt werden. Außerdem stellen die exakte Lagerbestandsführung sowie die automatisierte Materialausbuchung aus dem Lager die optimale Basis für die Einführung von 'Vendor Managed Inventory' (VMI) dar.³⁰⁹

Praxisbeispiel: Buchhandelskette BGN

Durch den Einsatz der RFID-Technologie auf Produkt- bzw. Buchebene konnte die Buchhandelskette BGN unter Verwendung mobiler RFID-Lesegeräte die Durchführung der jährlichen Inventur erheblich effizienter gestalten. In der Vergangenheit waren hierfür die Schließung der Filiale sowie der Einsatz von 20 bis 25 Personen erforderlich. Heute werden für den gleichen Prozess weniger als zwei Stunden

³⁰⁹ vgl. Resl/Windischbauer (2006), S. 70 ff.

benötigt. Laut Angaben von BGN führt dies bei der Inventur zu einer Ersparnis von € 260.000 pro Jahr.³¹⁰

Praxisbeispiel: Karstadt Warenhaus GmbH

Mit August 2007 startet die Karstadt Warenhaus GmbH den RFID-Einsatz bei Jeans und Jeanswear-Artikeln in einer Pilotfiliale. Ziel ist sowohl die Beschleunigung der Lieferprozesse als auch die verbesserte Bedienung der Nachfrage. Durch einen an den Jeans-Etiketten angebrachten RFID-Transponder können die Mitarbeiter jederzeit den Aufenthaltsort einer bestimmten Ware lokalisieren. In Echtzeit wird der aktuelle Bestand im Regal sowie im Filial- und Nachschublager abgerufen. Als zentrale Vorteile werden dabei gesehen:

- der Entfall aufwendiger Jahresinventuren,
- die kontinuierlich bestehende Möglichkeit zur Bestandabfrage,
- die Erhöhung der Warenverfügbarkeit sowie
- die Verkürzung der Reaktionszeit bei Preisänderungen.

Um aktuelle Datenschutzerfordernissen zu erfüllen, sowie die Akzeptanz der Kunden zu erhöhen, werden die RFID-Transponder bei der Bezahlung an der Kasse entfernt.³¹¹

6.1.1.3. Lagerplatzbewirtschaftung, Ein- und Auslagerung

Darstellung der Ist-Situation

Neben der Umschlagshäufigkeit, der Zugriffshäufigkeit und –Sicherheit sowie der Lagertechnik und der Länge der zurückzulegenden Transportwege innerhalb des Lagers hat der Grad der Raumnutzung einen wesentlichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit und die Wirtschaftlichkeit eines Lagers.³¹²

Der Raumnutzungsgrad steht dabei in Abhängigkeit von der Art der Lagerplatzordnung. Unterschieden werden die feste Lagerplatzordnung sowie die freie oder chaotische Lagerplatzordnung. Bei Erstgenannter hat jeder Artikel einen festen Lagerplatz bis der Artikel aus dem Sortiment genommen wird. Der Platz der jeweiligen Materialposition ist speziell für diese reserviert und kann von keiner anderen in Anspruch genommen werden – unabhängig von der tatsächlichen Belegungsquote des Stellplatzes. Das erwartete Lagervolumen eines Artikels bestimmt dabei die vorgehaltene Größe des Lagerplatzes. Um auf mögliche Erhöhungen des Lagervolumens zumindest begrenzt reagieren zu können, werden teilweise Lagerplätze in Reserve gehalten. Daraus ergibt sich, dass feste Lagerordnungen vor allem bei langfristig konstanten Lagermengen zum Einsatz kommen, da wenig Flexibilität in der Umplanung der Lagerplätze besteht. Im Unterschied zum Festplatzsystem wird bei der freien, flexiblen oder chaotischen Lagerplatzordnung jeder Stellplatz nach Bedarf belegt. Abhängig von der Größe bzw. dem Volumen der

³¹⁰ vgl. O. V. (2006c), S. 31

³¹¹ vgl. O. V. (2007I), S. 29

³¹² vgl. Hirschsteiner (2006), S. 431

Materialposition wird ein passender freier Platz gesucht.³¹³ Im Vergleich zur festen Lagerordnung kann dadurch ein signifikant höherer Nutzungsgrad des Lagerplatzes erreicht werden, da freie Lagerflächen optimal genutzt werden. Des Weiteren besteht absolute Flexibilität gegenüber Schwankungen im Lagervolumen. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass ein Auffinden der Artikel ohne entsprechende Hilfsmittel erschwert bzw. unmöglich wird und die Organisation gegenüber dem relativ einfachen programmtechnischen Aufwand der Festplatzvergabe wesentlich aufwendiger ist.³¹⁴

Darstellung mit RFID

Ausgehend davon, dass jeder Artikel mit einem RFID-Transponder bestückt wird, können verschiedene Artikel mit unterschiedlichen Merkmalen in einem Lagerbehälter oder einer Palette gemeinsam eingelagert werden. Durch die am Transponder gespeicherte individuelle Seriennummer, beispielsweise dem EPC, ist jedes Objekt eindeutig identifizierbar. Abhängig von der Menge der am Transponder gespeicherten Daten werden die Eigenschaften jedes einzelnen Artikels, wie Größe, Gewicht oder Haltbarkeitsdatum durch Auslesen ermittelt. Dadurch wird es möglich, zum Beispiel verschiedene Milchprodukte mit unterschiedlichen Haltbarkeitsdaten gemeinsam aufzubewahren. Indem vor allem viele kleinere Einheiten zusammengefasst werden, wird Lagerplatz eingespart. Zusätzlich kann überprüft werden, ob verschiedene Produkte aus sicherheitstechnischen Gründen gemeinsam gelagert werden können bzw. ob besondere Erfordernisse bezüglich der Lagerbedingungen bestehen. Insbesondere die flexible Lagerhaltung wird durch den RFID-Einsatz unterstützt, da jedes Produkt über eine spezifische Identifikationsnummer verfügt und unabhängig von einem festen Lagerort schnell erfasst und gefunden werden kann. Des Weiteren ist die direkte Einlagerung mit unterschiedlichen Objekten bestückter Paletten, ohne eine vorangehende Sortierung möglich. Die genannten Kriterien werden durch das Lagerverwaltungssystem geprüft und der jeweiligen Warenposition sodann der optimale Lagerplatz zugewiesen.³¹⁵

Nimmt ein Gabelstapler, ausgestattet mit einem RFID-Lesegerät eine Palette auf, erfolgt eine umgehende Identifikation der getaggtten Waren. Die ausgelesenen Daten werden an das LVS übermittelt. Abhängig von den Merkmalen der Ware weist es dem Fahrer über ein Display den Lagerplatz der Palette zu. Bei der tatsächlichen Einlagerung verifiziert das Stapler-Lesegerät nochmals den Lagerplatz. Derart werden Fehler in der Einlagerung auf ein Minimum reduziert, der zeitliche Aufwand verringert sowie die Lagerplatzerfassung automatisiert.³¹⁶

Beurteilung

Die Auswirkungen des RFID-Einsatzes sind in der Lagerplatzbewirtschaftung insbesondere im höheren Grad der Lagerraumnutzung zu finden. Durch die Möglichkeit Artikel verschiedenster Art und Größe gemeinsam zu lagern, werden bestehende Lagerkapazitäten optimal genutzt. Zusätzlich können infolge der sofortigen Einlagerung

³¹³ vgl. Hirschsteiner (2006), S. 430

³¹⁴ vgl. Weber (2006), S. 311

³¹⁵ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 129

³¹⁶ vgl. Grundler/Mühlemann (2006), S. 14 ff.

von Ladungsträgern, bestückt mit Artikeln verschiedenster Art, sowohl zeitliche als auch auf das Handling und die Umsortierung bezogen, Optimierungspotenziale erschlossen werden.

RFID-Gabelstapler führen durch die automatische Zuteilung von Lagerplätzen durch das LVS zu einer signifikanten Erhöhung der Prozessgeschwindigkeit und –Sicherheit. Durch die Kontrolle bei der tatsächlichen Einlagerung wird Fehlern vorgebeugt. Analoges gilt für die Auslagerung von Paletten.

Durch den Einsatz der RFID-Technologie wird der Grad der Transparenz im Lager gesteigert. Unter Umständen können dadurch die Lagerbestände gesenkt bzw. der Liefergrad erhöht werden. Das Risiko entgangener Umsätze durch das Nichtauffinden bestimmter Artikel wird reduziert.³¹⁷

Praxisbeispiel: Metro Group

Die Metro Group testet aktuell in einem ihrer Distributionszentren den Praxis-Einsatz eines mit einem RFID-Lesegerät ausgestatteten Gabelstaplers. Hierzu wurden die Paletten bereits beim Produzenten mit RFID-Transpondern versehen und passieren bei der Anlieferung ein RFID-Gate, wodurch die Vereinnahmung automatisch erfolgt. Der RFID-Gabelstapler nimmt eine dieser Paletten auf, liest die entsprechenden Transponderdaten aus und übermittelt diese an das LVS. Über ein Display teilt das LVS dem Fahrer den optimalen Lagerplatz für die Palette mit. Am Lagerort befindet sich wiederum ein Lesegerät, welches dem LVS die ausgeführte Einlagerung bestätigt. Eine manuelle Lagerplatzerfassung entfällt.³¹⁸

6.1.1.4. Schwund und Warensicherung

Darstellung der Ist-Situation

Laut einer von KPMG im Jahr 2006 durchgeführten branchenübergreifenden Studie zur Wirtschaftskriminalität in Deutschland, sehen mehr als 70% der 420 befragten Unternehmen Wirtschaftskriminalität als ein ernsthaftes Problem, weitere 62% sind der Meinung, dass diese in naher Zukunft noch weiter ansteigen wird. In den letzten drei Jahren waren etwa 32% direkt von wirtschaftskriminellen Taten betroffen. Dabei gehen die befragten Führungskräfte allerdings von einer hohen Dunkelziffer aus und schätzen, dass zu jedem entdeckten Fall etwa fünf unentdeckte Fälle hinzuzurechnen sind. Dies entspricht einer Dunkelziffer von 80%. Laut den Angaben der befragten Unternehmen, waren insbesondere geldnahe Prozesse wie, Vertrieb, Lager, Einkauf, Produktion und Finanzen betroffen. Bei der Art der wirtschaftskriminellen Handlungen lag Diebstahl/Unterschlagung mit 82% an erster Position. Lager und Vertrieb wurden dabei von 43% bzw. 58% aller Befragungen genannt.³¹⁹

³¹⁷ vgl. Tellkamp/Quiede (2005), S. 146

³¹⁸ vgl. O. V. (2006b), S. 42

³¹⁹ vgl. John (2006), S. 6 ff.

Inventurdifferenzen entstehen aber nicht nur infolge von Diebstählen in Lagerstätten, sondern auch durch Diebstähle im Wareneinzelhandel. So verlor der europäische Einzelhandel im Jahr 2006 etwa 29 Milliarden Euro. Dies entspricht 1,24% des Einzelhandelsumsatzes. Im EU-25-Vergleich liegt Österreich mit einer jährlichen Schwundrate von 0,96% neben Deutschland mit einer Schwundrate von 1,07% und der Schweiz mit 0,92% unter dem EU-Durchschnitt, allerdings stieg der entstandene Schaden zwischen 2005 und 2006 von 429 Millionen auf 438 Millionen Euro an. Der EU-weite Verlust von 29 Milliarden Euro verteilt sich wie folgt:

- Diebstahl durch Kunden (ca. 14,2 Milliarden Euro)
- Diebstahl durch Mitarbeiter (ca. 9 Milliarden Euro), sowie
- infolge von internen Fehlern oder Lieferantendiebstahl (ca. 5,8 Milliarden Euro).

Der zentrale Grund für die Diebstähle liegt dabei laut Angaben der Befragten am Mangel entsprechender Warensicherungssysteme, wobei allerdings bereits heute ca. 8 Milliarden Euro zur Diebstahlsicherung eingesetzt werden.³²⁰

„Internal theft happens because of opportunity. If your store has loose or no store policies to protect you from theft, expect high internal losses.“³²¹

Aus den dargestellten Daten zu Schwund und Diebstahl ist zu schließen, dass in den betroffenen Bereichen hoher Handlungsbedarf besteht. Obwohl bereits heute durch den Einsatz von Kameras oder Alarmanlagen versucht wird Abhilfe zu schaffen, stellen Kunden und Mitarbeiter nach wie vor große Risikofaktoren dar. Durch den Aufbau effizienter Sicherungssysteme muss die Möglichkeit unbemerkt Waren zu entnehmen versagt werden.

Zu den heute am häufigsten eingesetzten Sicherungssystemen zählen unter anderem Mitarbeiterschulungen, kamerabasierte sowie verschiedene elektronische Warensicherungssysteme, welche sich der RFID-Technologie, der Elektro-Magnetik oder der Akkusto-Magnetik bedienen. Auch der Einsatz von Ladendetektiven ist nicht selten. Als am erfolgreichsten eingestuft wird dabei eine Kombination genannter Methoden.³²²

Darstellung mit RFID

Abgeleitet von der Darstellung des RFID-Einsatzes bei Inventuren (vgl. Kapitel 6.1.1.2.) kann mit Hilfe der permanenten Inventur jederzeit ein Abgleich der Ist- und Soll-Bestände erfolgen. Unregelmäßigkeiten jeder Art werden unmittelbar abgebildet. Durch die Ausstattung der Lagerplätze mit Lesegeräten wird zeitnah erfasst, zu welchem Zeitpunkt und an welchem Ort, sprich Lagerplatz, ein Artikel verschwunden ist.³²³

³²⁰ vgl. Kober (2006), S. 17

³²¹ Michaud (2007), S. 56

³²² vgl. Wilhelm (2006), S. 46

³²³ vgl. Tellkamp/Quiede (2005), S. 147

Zusätzlich können hochwertige Lagergüter neutral verpackt werden. Durch die Kernfunktion des kontaktlosen Auslesens von Transpondern und die dadurch mögliche eindeutige Identifikation des Objektes bleiben bestehende Vorteile der RFID-Technologie unangetastet, potenziellen Dieben wird das Auffinden genannter Objekte allerdings erschwert.³²⁴

Durch die Erweiterung des Transponders um ein so genanntes Warensicherungsbit wird die Sicherheit nochmals erhöht. Befindet sich ein derart ausgestatteter, nicht im Vorhinein deaktivierter Transponder im Ansprechbereich eines Lesegerätes, beispielsweise an Ladetoren oder Lagereingangstüren, so wird ein Alarmsignal ausgelöst, welches das unautorisierte Verlassen der Ware aus dem gesicherten Bereich signalisiert. In einer abgeleiteten Ausführung wird dieses System bereits seit geraumer Zeit im Einzelhandel erfolgreich eingesetzt.

Wird aufgrund von Kostengründen auf die RFID-Ausstattung einzelner Güter oder Ladungsträger verzichtet, so besteht die Möglichkeit, mittels eines durch RFID-Technologie gesteuerten Kontrollsystems den Zutritt zum gesamten Lager oder einzelnen Lagerbereichen auf spezifische Personen zu beschränken. Dadurch erhalten einerseits nur ausgewählte Personen Zutritt, andererseits wird bei entsprechender Systemgestaltung festgehalten, wer zu welchem Zeitpunkt einen bestimmten Lagerabschnitt betreten hat.

Beurteilung

Das durch die RFID-Technologie realisierbare Nutzenpotenzial zur Reduzierung von Schwund, liegt häufig bereits in der Benennung der bestehenden Möglichkeit, Diebstahl zeitnah aufdecken zu können. Der RFID-Einsatz und davon abgeleitet die jederzeit durchführbare Bestandsüberprüfung beinhalten bereits ein hohes Abschreckungspotenzial, da das Risiko entdeckt zu werden erhöht wird.³²⁵

Der Einsatz der RFID-Technologie auf Produktebene scheint auf den ersten Blick die Lösung aller Probleme im Bereich der Warensicherung zu sein. Auf den zweiten Blick zeigt sich allerdings, dass neben den anfallenden Kosten insbesondere die Reichweite der im Einzelhandel verwendbaren Transponder ein Problem technischer Art darstellt. Diese beschränkt sich bei im Kurzwellenbereich (13,56 MHz) auf etwa 1m bis 1,5m. Ein Vergleich mit den aktuellen Bestimmungen zur Größe von beispielsweise Fluchtwegen (2m) zeigt, dass eine 100%ige Sicherung noch nicht möglich ist.³²⁶

Praxisbeispiel: Halbleiterhersteller NXP

Der Halbleiterhersteller NXP kündigte eine erste Einführung eines RFID-Transponders zum Schutz von DVDs und anderen Disk-basierten Produkten im Juni 2007 an. Hierzu wird der RFID-Tag auf der DVD angebracht und deaktiviert diese. Erst durch die Freischaltung an der Kasse wird die DVD aktiviert und kann abgespielt werden. Diebstahl wird uninteressant, da die DVD ohne den Freischaltungsprozess nicht

³²⁴ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 130

³²⁵ vgl. Darkow/Decker (2006), S. 50

³²⁶ vgl. Jansen/Mannel (2006), S. 52 f.

verwendbar ist. Auch ein Einsatz bei anderen elektronischen Geräten zur Warensicherung ist laut NXP vorstellbar.³²⁷

Eine Ausstattung hochwertiger elektronischer Güter mit derartigen RFID-Transpondern durch den Hersteller würde auch in der Lagerhaltung zu einer Senkung der Diebstahlquote führen. Analog zur vorherigen Darstellung würde kein Anreiz zum Diebstahl bestehen, da die Güter nicht verwendbar wären.

Praxisbeispiel: Carrefour

Bis Ende 2007 will Europas größter Handelskonzern Carrefour in Kooperation mit Checkpoint Systems in seinen 179 Selbstbedienungs-Warenhäusern ein auf RFID-basierendes Warensicherungssystem installieren. Hierzu werden die Artikel bereits bei der Herstellung mit einem Warensicherungs-Etikett ausgestattet. Zusätzlich werden insgesamt 7.800 RFID-Lesegeräte sowie 8.300 Deaktivierungsstationen und Scanner für die Kassen durch Checkpoint Systems geliefert. Zu Beginn sollen vor allem Produkte mit einem hohen Diebstahlsrisiko mit RFID-Transpondern versehen werden. Zu diesen zählen:

- Kleidungsstücke,
- Drogerie- und Multimedia-Artikel sowie
- Alkoholische Getränke

Durch die Investition von ca. 15 Millionen Euro erhofft sich Carrefour eine signifikante Reduktion des Warenschwundes, sowohl durch Kunden als auch durch Mitarbeiter.³²⁸

Praxisbeispiel: Ottoversand

Im August 2004 startete das Versandhandelsunternehmen Otto in Kooperation mit Tochtergesellschaft Hermes Logistik ein RFID-Testprojekt zur Senkung des Schwundes innerhalb der Transportkette. Vor allem hochwertige Güter, wie Digitalkameras oder Handys gingen während des Transportes zum Kunden häufig 'verloren'. Durch die lückenlose Rückverfolgbarkeit der Ware bis zum Kunden sollten derartige Verluste reduziert werden. Im Otto-Lager werden diebstahlgefährdete Produkte bei der Kommissionierung mit einem RFID-Etikett bestückt und mit den übrigen bestellten Artikeln verpackt. Auf dem Transponder werden die Identnummer der Sendung sowie der Retourenschlüssel hinterlegt. Auf eine Speicherung von Kundendaten wird verzichtet. Innerhalb der Transportkette können die getaggten Artikel verfolgt werden, da sowohl fünf Hermes-Versanddepots als auch im Otto-Lager selbst RFID-Lesegeräte installiert wurden. Seit der Einführung der Transponder-Technologie ist der Ottoversand in der Lage, die Transportkette besser zu überwachen, parallel die Kundenzufriedenheit infolge der Steigerung der Liefertreue zu erhöhen. Nach einer mehrere Monate andauernden Testphase hat sich Otto dazu entschieden, die RFID-Lösung auch im laufenden Betrieb im Warenverteilzentrum in Hamburg zu implementieren, da durch den Einsatz hohe Einsparungen erwartet werden. Aktuell bestückt Otto etwa 80.000 Artikel mit RFID-

³²⁷ vgl. O. V. (2007e), S. 50

³²⁸ vgl. Lippok (2006), S. 47

Transpondern. Laut Angaben des Ottoversands wird ab einem Transponderpreis von 3 Cent darüber nachgedacht, etwa die Hälfte des 200 Millionen umfassenden Sortiments mit Tags zu bestücken.³²⁹

Die Einsparungspotenziale ergeben sich dabei insbesondere durch die Möglichkeit der lückenlosen Rückverfolgbarkeit hochwertiger Güter. Die Möglichkeit zur exakten Feststellung, an welchem Ort und zu welchem Zeitpunkt die Ware das Lager verließ bzw. an die Transportkette übergeben wurde, reduziert die Diebstahlgefahr und damit den Schwund. Die Erhöhung der Kundenzufriedenheit ist als zusätzlicher positiver Effekt festzuhalten.

Praxisbeispiel: Spedition Schmidt Gevelsberg

Um den Schwund im Lager zu senken sowie Einsparungen im Bereich des Auffindens von Sendungen zu realisieren, setzt die Spedition auf ein RFID-System im Lager. Jeder Mitarbeiter, welcher das Lager betritt wird mittels eines RFID-Transponders eindeutig identifiziert und automatisch im System angemeldet. Der Diebstahl von Waren wird signifikant erschwert, da im System jederzeit nachverfolgbar ist, wer sich in welchem Zeitraum im Lagerbereich befunden hat. Parallel wird das Videoüberwachungssystem über dieses System gesteuert. Ein unbemerktes Entwenden von Artikeln wird beinahe unmöglich.³³⁰

6.1.1.5. Handhabungssicherheit, Ladungssicherung und Packen

Darstellung der Ist-Situation

Handhabungsprozesse stellen typische Unterstützungstätigkeiten des Material- und Warenflussmanagements dar. Sie umfassen jegliche Art der Bewegung von Waren und Materialien, sind spezifisch, heterogen und meist von geringem Umfang, wodurch sie überwiegend manuell durchgeführt werden. Allerdings nimmt der Automatisierungsgrad infolge kontinuierlich voranschreitender Entwicklungen in der Robotertechnik stetig zu.³³¹

Spezifische Stoffe, Materialien oder Produkte bedürfen oftmals einer besonderen Handhabung, sowohl bei Transport-, Lager- als auch Kommissionierprozessen. Produkt- und Prozesssicherheit müssen sichergestellt, gesetzliche Vorschriften eingehalten werden. Die permanente Zustandsüberwachung bei Gefahrenstoffen, pharmazeutischen Produkten und Lebensmittel – insbesondere Tiefkühlprodukten – ist essentiell, um Fehler in der Handhabung, der Lagerung oder dem Transport frühzeitig zu erkennen bzw. um geeignete Gegenmaßnahmen einzuleiten.³³²

Die Kühllogistik birgt aktuell großes Verbesserungspotenzial. So stellen etwa 10% der Kunden bei diversen Eis-Produkten eine Schädigung fest. Im Jahr 2004 lag in

³²⁹ vgl. O. V. (2006e), S. 40

³³⁰ vgl. Walter (2007), S. 17

³³¹ vgl. Kummer/Grün/Jammerneegg (2006), S. 224

³³² vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 132

Deutschland das Marktvolumen zu kühlender Produkte bei 20 Milliarden Euro, wobei ca. 5% aufgrund von Verderb abgeschrieben werden mussten und einen Verlust von etwa 1 Milliarde Euro verursachten. Eine Berücksichtigung der Verluste durch geschädigte Medikamente infolge unterbrochener Kühlketten, würde diese Zahl nochmals signifikant erhöhen.³³³

Die genannten Zahlen verdeutlichen das große Einsparungspotenzial, welches durch den Einsatz der RFID-Technologie realisiert werden kann.

Darstellung mit RFID

Werden beispielsweise Stapler mit RFID-Lesegeräten ausgestattet oder führen Mitarbeiter mobile Lesegeräte mit sich, können die direkt auf Produkten, Verpackungen oder Ladungsträgern hinterlegten Informationen bezüglich ihrer spezifischen Handhabungsvorschriften ausgelesen werden.³³⁴

Einer falschen oder den Mitarbeiter gefährdenden Handhabung wird erfolgreich entgegengewirkt. Die Prozesssicherheit wird erhöht, da jeder Mitarbeiter weiß, wie er welche Produkte oder Materialien zu behandeln hat.

Infolge der RFID-Ausstattung des Flurförderfahrzeuges erkennt dieses, welche Waren oder Materialien transportiert werden – sofern auch diese mit einem RFID-Transponder ausgestattet sind und die entsprechenden Informationen auf diesem hinterlegt sind. Erkennt der Stapler ein Gefahrgut, so wird dessen Geschwindigkeit automatisch reduziert. Werden zusätzlich die spezifischen Gefahrenstellen innerhalb eines Lagers mit einem Transponder gekennzeichnet, erkennt der Stapler auch diese und senkt automatisch das Fahrtempo.³³⁵

Werden auf Transportbehältern angebrachte Transponder zusätzlich mit Sensoren ausgestattet, so kann während des Transportes der Temperaturverlauf überwacht und aufgezeichnet werden. Die RFID-Technologie übernimmt eine Monitoring-Funktion, welche die Einhaltung im Vorhinein festgelegter Parameter gewährleistet. Neben der Temperatur zählen zu diesen unter anderem:

- Haltbarkeitsstufen,
- die Abnutzung,
- die Stoßintensität beim Transport oder
- die Luftfeuchtigkeit

Bei der Überschreitung bestimmter Grenzen, welche die Produkt- oder Prozesssicherheit gefährden, werden die betroffenen Artikel identifiziert und aussortiert. Schwachstellen in der Lieferkette werden offen gelegt und beseitigt.³³⁶

³³³ vgl. Clasen (2007), S. 40

³³⁴ vgl. O. V. (2006a), S. 1

³³⁵ vgl. Clasen/Kalmbach (2006), S. 43

³³⁶ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 132 f.

Beurteilung

Durch den Einsatz der RFID-Technologie

- werden Fehler, Unfälle oder die Weitergabe geschädigter Artikel, infolge falscher Handhabung signifikant reduziert,
- wird die Prozess- und Produktsicherheit erhöht,
- kann die Anzahl an Kundenreklamationen verringert werden, da die Qualität der weitergegebenen Waren kontinuierlich überprüft wird und ausschließlich einwandfreie Produkte an den Kunden verkauft werden.
- werden sowohl Kundenanforderungen als auch gesetzliche Vorschriften erfüllt,
- in der Kühllogistik wird sowohl beim Transport als auch bei der Lagerung temperaturempfindlicher Lebensmittel und Medikamente die Sicherheit erhöht. Kosten, verursacht durch die Abschreibung verdorbener Produkte werden gesenkt.

Praxisbeispiel: Spar Österreich

Seit Februar 2007 überwacht Spar Österreich mit Hilfe der RFID-Technologie die gesamte Tiefkühlkette zwischen dem zentralen Tiefkühlager in Asten bei Linz über Umladepunkte bis zum Wareneingang der belieferten Spar-Filiale. Hierzu führt jeder Kühl-LKW zumindest einen Temperatursensor mit. Dieser wird auf jenen Rollwagen gelegt, welcher die geringste Entfernung zur Lastwagentür aufweist. Der Temperaturverlauf wird dadurch an der temperatursensibelsten Stelle gemessen. Der verwendete Sensor besteht aus drei Teilen:

- einer polymeren Gelmasse, welche in ihren Kälteeigenschaften mit Eis oder Fisch vergleichbar ist und dadurch Rückschlüsse auf die Temperatur der tiefgekühlten Ware zulässt,
- einem Messfühler, welcher die Temperatur der polymeren Gelmasse misst, sowie
- einem aktiven RFID-Transponder, welcher die gemessenen Temperaturwerte speichert, später an ein mobiles Handlesegerät übermittelt und vor dem nächsten Transport neu beschrieben wird.

Das Intervall der Temperaturaufzeichnung kann zwischen einer Minute und mehreren Stunden, in Abhängigkeit von den spezifischen Anforderungen der Ware, gewählt werden. In den maximal 13.000 gespeicherten Messwerten wird festgehalten, ob es im LKW oder beim Umladen auf einen kleineren Verteilungs-LKW zu Überschreitungen der Grenzen gekommen ist. Auch während der Fahrt hat der LKW-Lenker die Möglichkeit, die Messwerte auszulesen und bei möglichen Unregelmäßigkeiten Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Durch die kontinuierliche Aufzeichnung des Temperaturverlaufs ist eine Qualitätskontrolle auf höchstem Niveau möglich. Gleichzeitig wird die Warenübergabe an die Filiale wesentlich effizienter gestaltet. Auf

dem Display des Lesegerätes kann der zuständige Filial-Mitarbeiter sofort feststellen, ob die Temperaturparameter eingehalten wurden. Aufwendige Kontrollprozesse gehören der Vergangenheit an. Aktuell setzt Spar Österreich 250 Transponder ein, in naher Zukunft soll die Stückzahl auf insgesamt 500 erhöht werden.³³⁷

Praxisbeispiel: Blutkonserven

Als eine Anwendung der RFID-Technologie außerhalb des traditionellen Logistikbereichs ist die Bestückung von Blutkonserven mit RFID-Transpondern gekoppelt mit Temperatursensoren zu nennen. In der Vergangenheit mussten Blutkonserven aufgrund mangelnder Temperaturüberwachung vernichtet werden. Dies verschlimmerte die bereits bestehende Knappheit an Blutreserven nochmals. Durch den RFID-Einsatz wird die Kühlkette gesichert, die Qualität der Konserven sichergestellt.³³⁸

weitere Praxisbeispiele:

Die RFID-Technologie gekoppelt mit Temperatursensoren wird des Weiteren vom Handelsunternehmen Carrefour für den Transport von Fisch eingesetzt als auch vom Logistikdienstleister Trans-o-flex für den Transport pharmazeutischer Produkte.³³⁹

6.1.2. Kommissionierung

Darstellung der Ist-Situation

Unter dem Prozess der Kommissionierung wird „das Zusammenstellen von Waren aus einem bereitgestellten Artikelsortiment nach vorgegebenen Aufträgen“³⁴⁰ verstanden und bezeichnet den Übergang einer sortenreinen Lagerung zu einem sortenunreinen Auftrag. Dabei werden vier Teilprozesse unterschieden:³⁴¹

- die statische oder dynamische Warenbereitstellung,
- die eindimensionale oder zweidimensionale Fortbewegung des Kommissionierers,
- die manuelle oder mechanische Warenentnahme, sowie
- die zentrale oder dezentrale Warenabgabe

Nachfolgende Ausarbeitung definiert die einzelnen Teilprozesse im Detail und untersucht die Möglichkeit eines RFID-Einsatzes und damit verbundene Prozessoptimierungen.

Warenbereitstellung

Die Warenbereitstellung bzw. die Methode der Warenentnahme kann sowohl statischer als auch dynamischer Natur sein. Dies entspricht den Prinzipien 'Mann zur Ware' bzw. 'Ware zu Mann'. Bei Erstgenanntem begibt sich der Kommissionierer zum Lagerplatz, entnimmt die benötigte Anzahl des jeweiligen Artikels und legt diese in einen

³³⁷ vgl. Rode (2007), S. 22

³³⁸ vgl. Lachmann (2007), S. 7

³³⁹ vgl. O. V. (2006d), S. 43

³⁴⁰ Gudehus (2005), S. 685

³⁴¹ vgl. Martin (2006), S. 367

mitgeführten Sammelbehälter. Der Vorteil hierbei liegt in der hohen Flexibilität und eignet sich insbesondere für die Entnahme geringer Mengen, kleiner und leichter Artikel sowie für Eilaufträge. Bei zweitgenannter Methode werden die Behälter, in welchen sich die benötigten Artikel befinden, ausgelagert und über ein automatisiertes Fördersystem zum Kommissionierer transportiert. Dieser entnimmt die angegebene Anzahl der Artikel und der Lagerbehälter wird zu seinem Lagerplatz zurücktransportiert oder in einer Vorzone des Lagers bis zum nächsten Auftrag zwischengelagert. Anwendung findet die dynamische Warenbereitstellung vor allem in Hochregallagern.³⁴²

Bei beiden Methoden der Warenbereitstellung kann die Person des Kommissionierers durch eine Maschine ersetzt werden. Man spricht sodann von 'Maschine/Roboter zur Ware' bzw. 'Ware zu Maschine/Roboter'. Aufgrund der menschlichen kognitiven Fähigkeiten, wie dem Tast- oder Greifvermögen, welche durch eine Maschine nur schwer imitierbar sind, ist in der Praxis noch häufig der Mensch als Kommissionierer vorzufinden.³⁴³

Fortbewegung des Kommissionierers

Die Fortbewegung des Kommissionierers ist ausschließlich auf die statische Warenbereitstellung beschränkt. Es werden alle Bewegungen subsumiert, welche dieser zwischen der Auftragsannahme, der Warenentnahme sowie der Warenabgabe vorzunehmen hat. Es wird, in Abhängigkeit von der Koordinatenrichtung, zwischen der eindimensionalen und der zweidimensionalen Fortbewegung differenziert. Bei Erstgenannter sind die Bewegungen des Kommissionierers auf eine Koordinatenrichtung beschränkt. Er arbeitet ebenerdig im Regalgang – kann Lagerplätze, welche sich außerhalb seines Greifradius befinden, nicht erreichen. Die Fortbewegung kann sowohl zu Fuß als auch unter Zuhilfenahme eines Horizontalkommissionierers erfolgen. Bei der zweidimensionalen Fortbewegung hat der Kommissionierer die Möglichkeit, sich in zwei Koordinatenrichtungen zu bewegen, indem er ein Regalbediengerät oder einen Vertikalkommissionierer verwendet. Es kann mit Regalen mit größerer Höhe gearbeitet werden. Die Fortbewegung in die Höhe ist dabei durch die technischen Ausstattungsmerkmale beschränkt.³⁴⁴

Warenentnahme

Bei der Entnahme der Artikel aus der Bereitstellungseinheit wird zwischen manueller und automatischer Entnahme unterschieden. Die Entnahme erfolgt folglich direkt durch die Hand des Kommissionierers oder durch einen Kommissionierautomaten. Da der Greifradius eines Menschen körperlich begrenzt ist, können zusätzlich mechanische Hilfsmittel wie etwa ein Greifer verwendet werden.³⁴⁵

³⁴² vgl. Vry (2004), S. 152 f.

³⁴³ vgl. Arnold/Furmans (2007), S. 214 f.

³⁴⁴ vgl. Martin (2006), S. 369

³⁴⁵ vgl. Martin (2006), S. 369

Warenabgabe

Die Abgabe der gesammelten Artikel kann zentral als auch dezentral erfolgen. Bei der zentralen Übergabe wird der Kommissionierbehälter an einem bestimmten Bedarfsort abgegeben, wie beispielsweise am Warenausgang oder der Montage. Bei der dezentralen Abgabe werden die Kommissionierbehälter auf einem Stetigförderer oder einem automatischen Unstetigförderer an mehreren Bedarfsorten abgegeben.³⁴⁶

Zur Ausführung eines Kommissionierauftrages sind:³⁴⁷

- die Informationsaufnahme,
- der Zugriff,
- die Quittierung sowie
- die Rückmeldung

erforderlich. Um dies zu unterstützen, werden folgende Informationstechniken eingesetzt: Picklisten, beleglose Kommissionierung sowie automatische Kommissionieranlagen. Bei erstgenannten Pick- oder Kommissionierlisten erhält der Kommissionierer eine Papierliste, anhand derer er die entsprechende Menge der angegebenen Artikel einsammelt. Diese Methode ist heute weit verbreitet, hat aber vor allem bei einer hohen Anzahl an Pickpositionen den Nachteil, dass Ablesefehler passieren können. Bei der beleglosen Kommissionierung handelt es sich um ein teilautomatisiertes System, welches auf Basis der Online-Kommunikation arbeitet. Eingesetzt werden Datenterminals zur mobilen Datenerfassung sowie Pick-by-Light-Systeme und Pick-by-Voice-Systeme.³⁴⁸ Folgende Vorteile können im Vergleich zur papierbasierten Kommissionierung erzielt werden:³⁴⁹

- markant erhöhte Kommissionierleistungen
- kürzere Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten
- weniger Fehler und Verwechslungen
- flexibler Personaleinsatz
- geringere Personalkosten

Die genannten Vorteile führen sowohl zu einer Produktivitätssteigerung als auch zu einer Erhöhung der Qualität der Arbeitsleistung, da:³⁵⁰

- eine geringere Beleganzahl erstellt und bearbeitet wird,
- Sortier- und Verteilungsprozesse vereinfacht und beschleunigt werden,
- sowohl Lesezeiten als auch Suchvorgänge reduziert werden und
- zurückzulegende Kommissionierwege optimiert werden.

³⁴⁶ vgl. Arnold/Furmans (2007), S. 216 f.

³⁴⁷ vgl. Martin (2006), S. 371

³⁴⁸ vgl. Martin (2006), S. 371

³⁴⁹ Hirschsteiner (2006), S. 442

³⁵⁰ vgl. Hirschsteiner (2006), S. 442

In der Ablauforganisation des Kommissionierprozesses wird grundsätzlich zwischen der einstufigen auftragsorientierten und der mehrstufigen artikelorientierten Kommissionierung unterschieden. Bei Erstgenannter wird der Kommissionierauftrag durch eine Person abgearbeitet. Nacheinander werden alle auf der Pickliste angegebenen Artikel entnommen. Der Auftrag wird abgeschlossen, anschließend der nächste Kommissionierauftrag bearbeitet. Bei der artikelorientierten Kommissionierung werden der Entnahme- und der kundenauftragbezogene Zusammenstellungsprozess voneinander getrennt, in zwei aufeinander folgenden Prozessen – zweistufig – erledigt. Mehrere Aufträge werden gesammelt (Batch), identische Artikel werden in einem Kommissioniervorgang entnommen, die jeweilige Bereitstellungseinheit ist nur einmal anzusteuern. In einem zweiten Schritt erfolgt die Aufteilung der gepickten Artikel auf die einzelnen Kundenaufträge.³⁵¹

Wie sowohl die einzelnen Teilprozesse als auch die konkreten Tätigkeiten zur Ausführung eines Kommissionierauftrages zeigen, handelt es sich bei der Kommissionierung um einen kosten- und zeitintensiven Prozess. Eine optimale Auswahl und Gestaltung des Kommissioniersystems und die daraus folgende Reduktion der Kommissionierzeit sowie die Erhöhung der Kommissionierleistung stellen die Basis für einen wirtschaftlichen Betrieb dar.

Die Kommissionierzeit bezieht sich dabei auf die Zeit, welche für das Sammeln eines Auftrages benötigt wird und besteht aus Basis-, Weg-, Greif- und Totzeit. Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Struktur der Kommissionierzeit:

Bestandteile der Kommissionierzeit	Tätigkeiten	Anteil an der Kommissionierzeit
Basiszeit	Übernahme des Auftrags, Aufnahme des Behälters, Abgabe der Ware	5-10%
Wegzeit	Durchschnittszeit zwischen zwei Entnahmestellen multipliziert mit der Anzahl der Entnahmestellen pro Auftrag	30-50%
Greifzeit	Hinlangen, Aufnehmen, Befördern, Ablegen	5-10%
Totzeit	Entsteht durch: Positionier-, Such-, Lese-, Schalt- und Kontrollvorgänge	10-35%

Tabelle 9: Struktur der Kommissionierzeit³⁵²

Die Kommissionierleistung bezieht sich auf die mengenmäßige Entnahme pro Zeiteinheit in Bezug auf die durchschnittliche Auftragsgröße. Sie wird ausgedrückt in: Griffenheiten/h, Behälter/h oder Positionen/h, ist allerdings von einer Vielzahl von Faktoren abhängig, wie beispielsweise:³⁵³

- der Art der Fortbewegung des Kommissionierers (zu Fuß oder mit einem Fahrzeug)
- der Art der Warenentnahmen (manuell oder automatisch)
- der gewählten Bereitstellungsstrategie (statisch oder dynamisch)
- der Ablauforganisation
- der Größe der Artikel

³⁵¹ vgl. Hompel ten/Schmidt (2005), S. 41 f.

³⁵² in Anlehnung an: Martin (2006), S. 374 ff.

³⁵³ vgl. Martin (2006), S. 376 f.

- das Gewicht der Artikel
- die Auftragsstruktur
- die Art der Kommissionierregale
- die Physiologie und die Motivation des Kommissionierers.

Darstellung mit RFID

Der RFID-Einsatz bietet in der Kommissionierung eine Vielzahl an Möglichkeiten, die Steuerung sowie die Kontrolle der Kommissionierprozesse zu verändern, effizienter zu gestalten. Sind beispielsweise sowohl Produkte mit RFID-Transpondern als auch die Kommissionierbehälter mit wiederbeschreibbaren Transpondern ausgestattet, so kann beim Kommissioniervorgang eine Kommissionierkontrolle in Echtzeit erfolgen. Fehler in der Kommissionierung werden dadurch beinahe vollständig reduziert.³⁵⁴

Beim Einsatz automatischer Förderanlagen und der damit einhergehenden dynamischen Bereitstellung der Waren, kann durch die Verwendung der RFID-Technologie auf Produktbasis eine automatische Sortierung als auch Kommissionierung erfolgen, indem die getaggten Artikel auf den Förderanlagen an RFID-Lesegeräten vorbei geführt werden. Die ausgelesenen Daten werden mit den im Warenwirtschaftssystem hinterlegten Bestellungen in Echtzeit abgeglichen. Diesen entsprechend werden die Weichen an den Abzweigungen innerhalb des Fördersystems derart umgestellt, dass der jeweilige Artikel in korrekter Anzahl an den gewünschten Bestimmungsort gelangt – beispielsweise zu jenem Kommissionierer, welcher die endgültige Zusammenstellung des Kommissionierauftrages über hat.³⁵⁵

Bei einer zusätzlichen RFID-Verwendung auf Behälterebene, wird der Behälter, in welchen hinein kommissioniert wird, mit einem beschreibbaren Tag aufgerüstet. Auf diesem Transponder ist die genaue Arbeitsgangfolge hinterlegt, ersetzt somit den Begleitschein. Dem Kommissionierbehälter wird eine spezifische Pickliste mit detaillierten Artikeldaten zugewiesen. Erfolgt die Warenentnahme manuell und ist der Kommissionierbehälter mit einem RFID-Lesegerät ausgestattet, so wird eine Fehlkommissionierung sofort erkannt – die Fehlerquote dadurch reduziert.³⁵⁶

Auch vorstellbar ist die Ausstattung eines mechanischen Greifarmes, verwendet zur Unterstützung des Kommissionierers, mit einem RFID-Lesegerät. Wird ein falscher Artikel entnommen, ist beispielsweise ein Signalton zu hören.

Beurteilung

Durch den Einsatz der RFID-Technologie kann die Quote an Fehlkommissionierungen im Allgemeinen signifikant reduziert werden. Die Vorteile der Resistenz gegen Verschmutzung oder Zerstörung des Transponders im Vergleich zur Barcode-Technologie senken die Wartungskosten der mit RFID ausgezeichneten Kommissionierbehälter. Das Auslesen der Transponder ohne direkten Sichtkontakt führt zu einer schnelleren Abwicklung der Kommissionierprozesse, da beispielsweise

³⁵⁴ vgl. Darkow/Decker (2006), S. 49

³⁵⁵ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 131

³⁵⁶ vgl. Ende (2005), S. 222

bei der dynamischen Bereitstellung die Verstellung der Weichen innerhalb von Fördersystemen wesentlich schneller und einfacher erfolgt – eine exakte Ausrichtung der Transponder zum Lesegerät im Gegensatz zum Barcode nicht nötig ist.

Durch den Einsatz eines mechanischen Greifarmes ausgestattet mit RFID wird die Fehlerquote in der Entnahme auf ein Minimum reduziert.

Ebenso werden Einsparungen auf Personalebene realisiert. "If we were still trying to pick from paper, we would need more personnel to do the same job, and at the end of the day, we'd have mistakes."³⁵⁷

Praxisbeispiel: Witt

Der Versandhändler Witt gehört seit 1987 zum Hamburger Otto-Konzern, der größten Versandhandelsgruppe weltweit. In Zusammenarbeit mit SSI Schäfer, wurde das Retourenlager in Weiden mit RFID-Technologie aufgerüstet. Alle Mehrwegbehälter wurden hierzu mit RFID-Transpondern ausgestattet. Im innerbetrieblichen Fördersystem wurden an den zentralen Aussteuerungspunkten Lesegeräte installiert. Die Behälterdaten werden während dem Umlauf auf den Förderbändern ausgelesen. Die Datenerfassung, wenn nötig die Vervollständigung von Datensätzen sowie die Identifikation der Artikel erfolgt in Sekundenbruchteilen. Die Behälterdaten werden mit den jeweiligen Auftrags- oder Kommissionierdaten verknüpft. Eine Online-Prozesssteuerung in Echtzeit wird realisiert, ermöglicht durch die hohe Lesegeschwindigkeit als auch die hohe Datenrate. Zudem erfolgt eine einfache und integrierte Prozessdokumentation.³⁵⁸

Praxisbeispiel: Daunis

Der katalanische Haustechnikspezialist Daunis entschied sich im Jahr 2003 ein neues Logistikzentrum aufzubauen, um die bisher suboptimale Lagerung des äußerst heterogenen Artikelsortiments zu optimieren. Die Produktpalette reicht von 2cm großen Schrauben bis hin zu 4,5t schweren Kompressoren und umfasst etwa 60.000 Artikel, wobei nicht alle eingelagert werden. Im Wareneingang erfolgt der manuelle Abgleich der Lieferung mit der Bestellung durch einen Mitarbeiter. Die Lieferscheine werden computertechnisch erfasst und in ein RFID-System übertragen. Sodann werden RFID-Tags für alle Artikel – bei Kleinprodukten für jedes Artikelset – gedruckt und angebracht. Die gesamte Ware wird nochmals mit Hilfe eines mobilen Handlesegerätes ausgelesen, die Menge bestätigt und sodann entweder eingelagert oder direkt einem Kommissionierauftrag zugeteilt. Die jeweilige Zuteilung übernimmt das Lagerverwaltungssystem. Die Kommissionierung erfolgt in verschiedenen Lagerbereichen, wobei die Mitarbeiter über ihr Handterminal die Aufträge erhalten. Beim Pickvorgang wird die entnommene Ware über das mobile RFID-Lesegerät erfasst. Die oder der gesammelte Artikel wird auf ein Durchlaufregal gegeben und in den Abfertigungsbereich transportiert.³⁵⁹

³⁵⁷ Trebilcock (2006), S. 39

³⁵⁸ vgl. O. V. (2005a), S. 108

³⁵⁹ vgl. O. V. (2007c), S. 18 f.

Praxisbeispiel: Rewe

Rewe überprüft die Möglichkeiten des Transpondereinsatzes im Kommissionierbereich. So wurde gemeinsam mit dem Unternehmen ProLogistik ein RFID-Handschuh entwickelt. Durch die im Handschuh integrierte RFID-Leseinheit werden die Transponder ausgelesen. Dem Kommissionierer, welcher den Handschuh bei der manuellen Warenentnahme trägt, wird dadurch mitgeteilt, ob er den richtigen Artikel, sowie die richtige Menge entnommen hat.³⁶⁰ Nachfolgende Abbildung zeigt den bei Rewe verwendeten RFID-Handschuh:



Abbildung 27: RFID-Handschuh³⁶¹

6.1.3. Transport

Zu den logistischen Hauptaufgaben in der Supply Chain zählt der Transport, sprich die Überwindung räumlicher Distanzen, von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen sowie (Halb-) Fertigerzeugnissen und Waren. Sowohl inner- als auch außerbetriebliche Transportsysteme stehen zur Verfügung. Erstgenannte sind auf den Transport genannter Güter innerhalb eines Unternehmens bzw. zwischen verschiedenen Unternehmensbereichen mittels so genannter Fördermittel beschränkt. Außerbetriebliche Transportsysteme beruhen hingegen auf den Transport von Gütern zwischen Lieferant und Kunde bzw. zulieferndem und abnehmendem Unternehmen.³⁶²

Nachstehende Ausführungen beziehen sich sowohl auf den innerbetrieblichen als auch den außerbetrieblichen Transport. Analog zu den vorhergehenden Ausführungen wird zuerst die Ist-Situation beschrieben. Sodann folgt eine Darstellung mit der RFID-Technologie, deren Beurteilung sowie die Vorstellung ausgewählter Praxisbeispiele.

6.1.3.1. Innerbetriebliche Transportsysteme

Zur Durchführung innerbetrieblicher Transporte können sowohl Stetig- als auch Unstetigförderer herangezogen werden. Erstgenannte werden bei festen Transportstrecken, stetigem Materialfluss und insbesondere in der Massenfertigung eingesetzt. Nachstehende Tabelle zeigt ihre spezifischen Vor- und Nachteile:

³⁶⁰ vgl. O. V. (2006b), S. 40

³⁶¹ O. V. (2006b), S. 41

³⁶² vgl. Gienke/Kämpf (2007), S. 382

Stetigförderer	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Unbeschränkte Einsatzbereitschaft • Geringer Personalbedarf • Niedrige Betriebskosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Anschaffungskosten • Hohe Auslastung zum wirtschaftlichen Betrieb • Beschränktes Einsatzgebiet • Probleme bei deren Ausfall oder Störung

Tabelle 10: Vor- und Nachteile von Stetigförderern³⁶³

Die bekanntesten Vertreter sind:³⁶⁴

- Roll- und Röllchenbahnen,
- Gurt-, Stapel-, Kreis- und Kettenförderer sowie
- Rutschen

Unstetigförderer können im Gegensatz zu Stetigförderern ihre Transportrichtung weitgehend selbst bestimmen und ihre Transportaufgaben zeitlich unterbrechen. Im Allgemeinen können ortsfeste und fahrbare Hebezeuge, wie beispielsweise Aufzüge und Hebebühnen sowie Krane jeder Art, und Flurförderfahrzeuge, wie verschiedene Staplerarten, Regalbediengeräte oder fahrerlose Transportsysteme, unterschieden werden. Flurförderfahrzeuge können sowohl manuell als auch automatisiert bewegt werden, frei oder geführt fahrbar sein.³⁶⁵

Darstellung der Ist-Situation

Aktuell werden intralogistische Transporte zum Teil noch manuell ausgeführt. In Zukunft wird die Optimierung derartiger Transportaufgaben im Fokus vieler Anstrengungen stehen.³⁶⁶ Durch deren Automatisierung bzw. dem Einsatz moderner Identifikationstechnologien werden:³⁶⁷

- Personalkosten eingespart,
- Prozesse bezüglich zurückzulegender Wege und Zeitaufwand optimiert,
- die Fehlerquote reduziert sowie
- die Transparenz erhöht

Darstellung mit RFID

Durch die RFID-Ausstattung von Flurförderfahrzeugen werden diese zur zentralen Schnittstelle zwischen Ware, Ladungsträger und Übergabestation aufgerüstet. Hierzu wird beispielsweise der Lagerboden mit passiven RFID-Transpondern versehen. Fährt der an der Unterseite mit einem RFID-Lesegerät versehene Stapler über diese hinweg, wird dessen Position exakt ermittelt. Durch die Verknüpfung mit dem übergeordneten IT-System wird dem Staplerfahrer über ein in der Fahrerkabine angebrachtes Display der kürzeste und schnellste Weg zu einem spezifischen Lagerplatz mitgeteilt. Durch

³⁶³ Eigene Darstellung – in Anlehnung an: Gienke/Kämpf (2007), S. 393 f.

³⁶⁴ vgl. Gienke/Kämpf (2007), S. 393 f.

³⁶⁵ vgl. Gienke/Kämpf (2007), S. 394 f.

³⁶⁶ vgl. Werder von (2007), S. 30

³⁶⁷ vgl. Werder von (2007), S. 30

Installation von RFID-Transpondern an kritischen Punkten des Lagers kann des Weiteren eine automatische Geschwindigkeitsreduktion bei deren Passierung erfolgen, die Sicherheit von Mitarbeiter und Ladung erhöht werden.³⁶⁸

Doch wie bereits in Kapitel 6.1.2. (RFID-Einsatz in der Kommissionierung) dargestellt, beschränkt sich die Verwendung der Transponder-Technologie nicht auf Unstetigförderer.

Auch im Bereich der Stetigförderer, beispielsweise Förderbändern, birgt die RFID-Technologie Effizienzsteigerungspotenziale. Durch die Installation von RFID-Lesegeräten an Förderbändern, wird bei einer parallelen RFID-Ausstattung auf Behälter- oder Produktebene die Steuerung automatisiert:

- die eindeutige Identifikationsnummer wird ausgelesen,
- in Echtzeit mit dem entsprechenden Produktions- oder Kommissionierauftrag abgeglichen und
- die Weichen der Förderbänder sodann automatisch umgestellt.

Beurteilung

Der RFID-Einsatz führt infolge der Vermeidung von Umwegen zu einer Prozessoptimierung, Zeit und Kosten werden eingespart. Zusätzlich wird die Sicherheit der Fahrer als auch der transportierten Güter erhöht, da an kritischen Stellen beispielsweise die Geschwindigkeit automatisch gedrosselt wird.

Bei Stetigförderern werden die Probleme der Barcode-Technologie vermieden. Eine exakte Ausrichtung der RFID-Transponder ist vernachlässigbar, da die Identifikation ohne Sichtkontakt erfolgt. Infolge wird die Prozessgeschwindigkeit als auch die Prozesssicherheit erhöht. Unterbrechungen aufgrund verunreinigter oder zerstörter Barcode-Etiketten werden verhindert.

Praxisbeispiel: RFID-Gabelstapler von Jungheinrich

Das Unternehmen Jungheinrich AG, Spezialist für Flurförderfahrzeuge und Lagertechnik, entwickelte einen mit RFID-Technologie ausgestatteten Gabelstapler. Insbesondere die RFID-Bodensteuerung (vgl. vorangehende Darstellung) stellt laut Angaben des Unternehmens die Steuertechnik der Zukunft dar.³⁶⁹

Praxisbeispiel: Rutishauser AG Züberwangen

Der Schweizer Blumenproduzent Rutishauser AG setzt ein durch RFID-Technologie gesteuertes Fördersystem zur innerbetrieblichen Warenflusssteuerung ein. Aufgrund der von Wasser, Erde, Luftfeuchtigkeit und Wärme gekennzeichneten Umfeldbedingungen war ein ausschließlicher Einsatz der Barcode-Technologie nicht möglich. Zusätzlich bestand die Gefahr der Verdeckung der Barcode-Etiketten durch

³⁶⁸ vgl. Werder von (2007), S. 30

³⁶⁹ vgl. O. V. (2007j), S. 36

den vom Lebenszyklus abhängigen Blattwuchs der Pflanzen. Prozessstörungen auf der 0,5m/s schnell laufenden Förderanlage wären die Folge gewesen. Zur Verbesserung der intralogistischen Prozesse werden die Blumentrays mit wieder verwendbaren, nach Ende des Durchlaufs wieder entfernbaren RFID-Transpondern versehen. In die Trays werden die verschiedenen Blumen und eingetopften Pflanzen hineinkommissioniert, teils mit Folie, Blumentöpfen oder Accessoires ausgestattet und preislich ausgezeichnet. Die Behälter werden über die Förderanlage vollautomatisch und auftragsbezogen zu den jeweiligen Kommissionier- und Verpackungsstationen transportiert. An den Knotenpunkten der Förderanlage lesen RFID-Lesegeräte die eindeutige Identifikationsnummer des Transponders aus. Der Tray wird einem spezifischen Auftrag zugeordnet, dementsprechend die Weichen des Stetigförderers eingestellt, um zur jeweiligen Verpackungsstation zu gelangen. Vor der Verpackung in Kartons oder Container wird der Transponder nochmals ausgelesen und sodann entfernt. Auf Basis der ausgelesenen spezifischen Daten wird ein Etikett erstellt und auf die Verpackung geklebt. Die RFID-Transponder sind aufgrund der Geschlossenheit des Systems wieder verwendbar.³⁷⁰



Abbildung 28: Via Transponder gesteuerter Warenfluss bei der Rutishauser AG³⁷¹

6.1.3.2. Außerbetriebliche Transportsysteme

6.1.3.2.1. Allgemeine Aspekte

Zu den außerbetrieblichen Transportsystemen zählen:

- der Straßenverkehr,
- der Schienenverkehr,
- der Schiffsverkehr,

³⁷⁰ vgl. Lipp/Mezger (2007), S. 14 ff.

³⁷¹ In Anlehnung an: Lipp/Mezger (2007), S. 16

- der Luftverkehr
- der kombinierte Verkehr sowie
- der Rohrleitungsverkehr

Letztgenannter wird in den nachfolgenden Darstellungen jedoch nicht weiter behandelt.

Insbesondere die durch den RFID-Einsatz verbesserte Rückverfolgung von Ladungen, beispielsweise von See- oder Luftfrachten, sowie die Koppelung mit Sensoren oder GPS (Global Positioning System) und die damit einhergehende Möglichkeit zur lückenlosen Überwachung stellen die wesentlichen Vorteile der RFID-Technologie im Bereich der Transportlogistik dar. Die RFID-Monitoring-Funktion kann dabei bei der Verwendung von jedem der genannten Verkehrsträger genutzt werden.

Via GPS oder dem in Europa aktuell in der Entwicklung befindlichen, weltweit verfügbaren Ortungsservice 'Galileo' können sowohl

- Eisenbahnwaggone,
- LKWs
- Container als auch
- Ladebrücken

geortet, deren Position exakt festgestellt werden.³⁷² Nachstehende Abbildung verdeutlicht den Aufbau eines derartigen Systems:

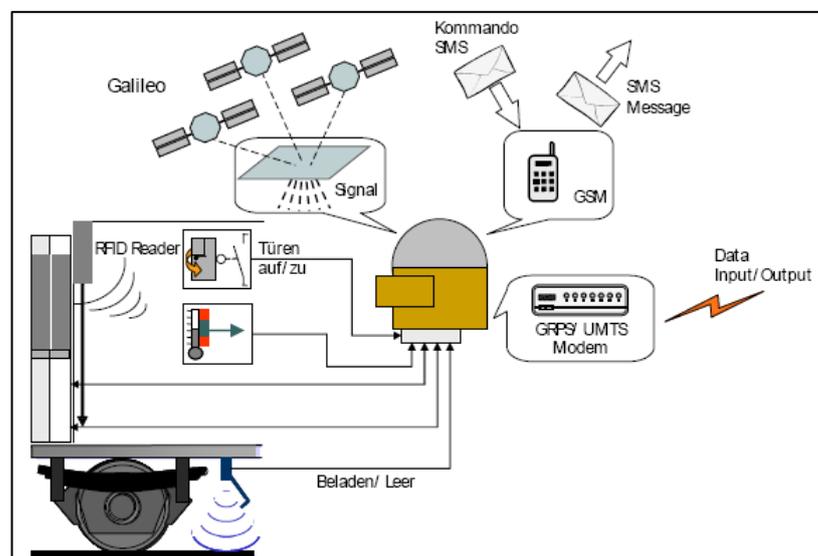


Abbildung 29: RFID, Sensoren und GPS/Galileo gekoppelt³⁷³

Die RFID-Anwendung in der Kühllogistik wurde bereits dargestellt (vgl. Kapitel 6.1.1.5.). Analog zum LKW-Transport kann diese auch zur Überwachung temperatursensibler Produkte im Luft-, Schiff- oder Schienenverkehr verwendet werden.

³⁷² vgl. Schuh (2006), S. 43

³⁷³ Schuh (2006), S. 45

Im Folgenden werden weitere Anwendungsmöglichkeiten im Luftfrachtverkehr und der Containerschifffahrt diskutiert. Hierzu erfolgt zuerst eine Darstellung der Ist-Situation, um die besonderen Herausforderungen dieser Bereiche kennen zu lernen sowie um die Potenziale der RFID-Technologie verständlich zu machen.

6.1.3.2.2. Luftfrachtverkehr

Darstellung der Ist-Situation

Die Wachstumsrate im Luftfrachtverkehr steht in hoher Abhängigkeit zum kontinuierlich ansteigenden internationalen Warenaustausch. Infolge wird dem AirCargo-Bereich für die nächsten 20 Jahre ein stetiges Wachstum prognostiziert. Laut Studien der beiden Flugzeughersteller Boeing und Airbus wird ein durchschnittlicher Anstieg des Luftfrachtaufkommens von jährlich 6% vorhergesagt. Dabei verhält sich der Warenstrom analog zu den jeweiligen Handelsbeziehungen eines Staates. Aktuell werden etwa 1,1% aller weltweit transportierten Gütermengen über den Luftweg abgewickelt, wobei ihr anteiliger Wert an der Gesamttransportmenge bei etwa 40% liegt. Durch das hohe Wachstum wird der Markt zunehmend auch für neue Anbieter interessant. Der Wettbewerb steigt, jegliche Potenziale zur Effizienzsteigerung müssen ausgeschöpft werden. Insbesondere für klassische Luftfrachtanbieter besteht die Möglichkeit durch integrierte Partnerschaftslösungen, Cost-Benefit-Sharing, Collaboration, die Standardisierung der Prozesse und der gemeinsamen Infrastrukturnutzung Rationalisierungspotenziale zu erschließen. Unter anderem ist der Nutzladefaktor zu erhöhen, die Bodenzeiten auf ein Minimum zu reduzieren. Abseits genannter Herausforderungen sowie steigenden Treibstoffpreisen bestehen seit der Ratifizierung des 'Montrealer Abkommens' im Jahr 2004 erhöhte Anforderungen an die Rückverfolgbarkeit von Ladungen sowie verschärfte Haftungsbedingungen für Luftfrächter. Detaillierte Zustandsinformationen vor und nach der Verladung sind zu gewährleisten. Dadurch sollen Schäden vermieden bzw. die Qualität im Luftfrachtverkehr erhöht werden.³⁷⁴ Den genannten Herausforderungen kann entsprochen werden, durch:³⁷⁵

- die Bereitstellung und Erfassung aller notwendigen Informationen über die Fracht und vorhandene Kapazitäten,
- die Automatisierung und Standardisierung der Warenerfassung und der Dokumentation,
- die Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit (Tracking & Tracing) der beförderten Fracht.

Nachstehende Abbildung zeigt das prognostizierte Wachstum im Luftfrachtverkehr bis zum Jahr 2023:

³⁷⁴ vgl. Schoetzke/Krischel (2006), S. 60 f.

³⁷⁵ Schoetzke/Krischel (2006), S. 61

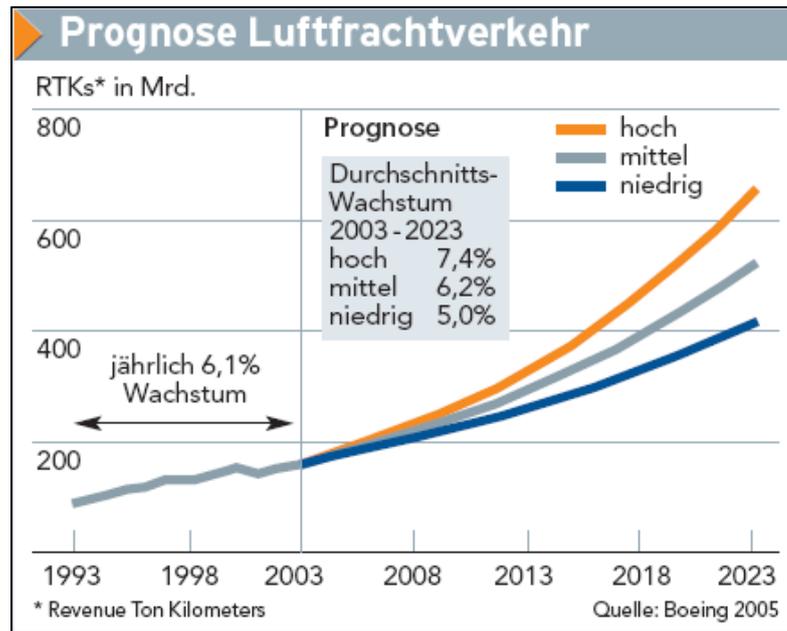


Abbildung 30: Prognose Luftfrachtverkehr bis 2023³⁷⁶

Erklärtes Ziel des Luftfrachtverkehrs muss die Vorantreibung papierloser Prozesse sein. Infolge des geringen Einsatzes neuer Technologien werden aktuell lediglich 15% der jährlich etwa 35 Millionen Luftfrachtbriefe elektronisch erstellt.³⁷⁷

Unter dem Titel 'Simplifying the Business' strebt die IATA (International Air Transport Association) die Umsetzung der papierlosen Fracht an. Komplexe, ineffiziente und nicht mehr zeitgemäße Dokumentationsprozesse sollen eliminiert werden. Aktuell werden Sammelgut-Transporte von 38 Dokumenten begleitet. Dies verursacht Kosten von etwa 30 USD pro Transport. Die innerhalb eines Jahres anfallende Papierflut könnte dabei 39 Frachtflugzeuge füllen. Die durchschnittliche Transportzeit einer Luftfracht von Tür zu Tür beträgt 6 Tage. Im Vergleich zu 6,5 Tagen im Jahr 1972 kein wirklicher Fortschritt. Die e-freight-Initiative soll Abhilfe schaffen. Benötigte Informationen sollen digitalisiert und allen Beteiligten zur Verfügung stehen. Durch die industrieweite e-freight-Einführung bis zum Jahr 2010 wird eine monetäre Entlastung von bis zu 1,2 Milliarden USD angestrebt.³⁷⁸

Darstellung mit RFID

Die RFID-Ausstattung von Unit Load Devices (ULD) sowie die Installation von RFID-Lesegeräten im Verladebereich führen zu einer effizienteren Frachtabwicklung. Einerseits wird die Geschwindigkeit der Verladeprozesse erhöht, andererseits die Fehlerrate im Bereich von Fehlverladungen reduziert. Nachstehende Abbildung zeigt, wie der RFID-Einsatz zu einer effizienteren Gestaltung der Frachtabwicklung führt:

³⁷⁶ Boeing (2005), in: Schoetzke/Krischel (2006), S. 61

³⁷⁷ vgl. O. V. (2007k), S. 2

³⁷⁸ vgl. Maruhn (2005), S. 1

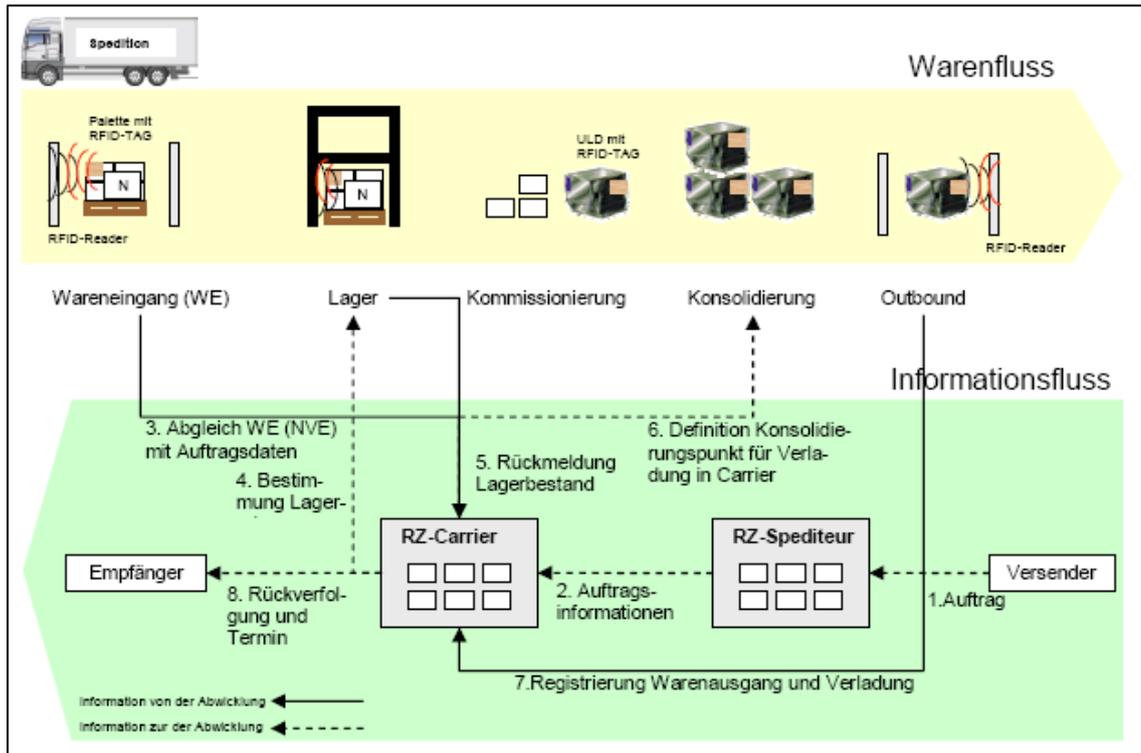


Abbildung 31: Prozesskette Cargo-Abwicklung³⁷⁹

Der Spediteur transportiert die vom Versender aufgegebene Fracht, welche bereits mit einem RFID-Transponder bestückt wurde, beispielsweise per LKW zum Hub. Diese wird im Wareneingang des Verladebereiches infolge der RFID-Verwendung automatisch erfasst. Sowohl die Nummer der Versandeinheit (NVE) als auch die benötigten Frachtinformationen sind auf dem Transponder des Transportträgers hinterlegt. Diese werden ausgelesen und mit den vorliegenden Auftragsdaten abgeglichen. Automatisch wird der Lagerort festgelegt. Den individuellen Merkmalen der Fracht entsprechend, wird die Kommissionierung in die optimale Unit Load Devices (ULD) vorgenommen. In Abhängigkeit vom eingesetzten Flugzeugtyp liegt diese in unterschiedlichen Formen und Ausmaßen vor. Die ULD wird mit einem RFID-Transponder versehen, auf welchem die eindeutige Identifikationsnummer der Fracht sowie Informationen zur Destination, Produktdaten, einzuhaltende Termine, der Versender und die Flugroute hinterlegt sind. Jede ULD kann folglich eindeutig zurückverfolgt werden. An einem Konsolidierungspunkt werden die einzelnen ULDs zur Verladung in ein bestimmtes Flugzeug zugewiesen. Im Outbound-Bereich werden die ULDs durch die angebrachten RFID-Lesegeräte automatisch erfasst und der Ladungsausgang im System festgehalten. Um die falsche ULD-Zuordnung zu verhindern, kann eine einfache Ampelsteuerung eingesetzt werden.³⁸⁰

Die Monitoring-Funktion der RFID-Technologie führt zu einem weiteren Einsatzgebiet im Luftfrachtverkehr. Durch die Koppelung aktiver RFID-Transponder mit entsprechenden Sensoren werden beispielsweise die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit oder die Stoßintensität während dem Transport überprüft. Die lückenlose Aufzeichnung

³⁷⁹ Schoetzke/Krischel (2007), S. 4

³⁸⁰ vgl. Schoetzke/Krischel (2007), S. 4 f.

genannter Parameter erhöht das Vertrauen der Versender in den Carrier und dient gleichzeitig der Qualitätssicherung. Im Zuge der Ratifizierung des Montrealer Übereinkommens wurde die elektronische Erstellung des Frachtbriefes ermöglicht. Im Gegensatz zur klassischen Luftfahrt haben Integratoren wie DHL, TNT, FedEx oder UPS bereits Systeme zur Erstellung von Air Way Bills (AWB) installiert. Die RFID-Technologie würde zu einer weiteren Vereinfachung beitragen.³⁸¹

Beurteilung

- Durch den RFID-Einsatz wird die Transparenz der Verladeprozesse signifikant erhöht.
- Sowohl Versender und Spediteur als auch der Frachtempfänger können den Status der Ladung jederzeit abrufen bzw. die entsprechenden Logistikdaten einsehen.
- Die eindeutige Identifikation jeder Ladung reduziert das Risiko an Fehlverladungen.
- Handlingprozesse werden standardisiert.
- Bodenzeiten werden reduziert.
- Wird ein aktiver RFID-Transponder mit einem Sensor verknüpft, werden während des gesamten Transportprozesses die Umweltbedingungen aufgezeichnet. Unregelmäßigkeiten beispielsweise im Temperaturverlauf werden augenblicklich aufgezeigt, die Qualität der transportierten Güter gesichert.

Insgesamt betrachtet kann durch den Einsatz der RFID-Technologie den genannten Herausforderungen im Luftfracht-Bereich besser bzw. effizienter entsprochen werden.

Praxisbeispiel: Emirates SkyCargo

SkyCargo ist der Luftfrachtbereich der in Dubai ansässigen Emirates Airlines. Mitte des Jahres 2005 wurde bekannt gegeben, dass sowohl aktive als auch passive RFID-Transponder zur Rückverfolgung von Unit Load Devices (ULD), Paletten und zu einem späteren Zeitpunkt auch einzelner Luftfrachtgüter geplant seien. Durch den Einsatz der Transponder-Technologie sollen sowohl (Boden-) Zeit- als auch Personalaufwand reduziert sowie die Produktivität erhöht werden. Ziel ist es, die Transparenz für jeden Kunden zu erhöhen, ihm Statusinformationen über das Internet bereit zu stellen. Papierbasierte Prozesse sollen vollständig digitalisiert werden, die Rückverfolgbarkeit jeder einzelnen Sendung langfristig verwirklicht werden.³⁸²

³⁸¹ vgl. Schoetzke/Krischel (2007), S. 5

³⁸² vgl. Roberti (2005), www.rfidjournal.com

6.1.3.2.3. Schiffverkehr

Darstellung der Ist-Situation

Infolge der Anschläge des 11. September 2001 in New York wurden die Sicherheitsmaßnahmen im internationalen Containerverkehr drastisch erhöht. Sowohl durch US-Gesetze, EU-Initiativen als auch internationale Abkommen soll der weltweite Containerverkehr sicherer gestaltet werden. Insbesondere in den USA sind hohe Sicherheitsanforderungen an Reeder, Terminalbetreiber und Logistikdienstleister gestellt. Hierzu entwickelten die US-Behörden das CSI-Programm (Container Security Initiative), dessen Ziel die Sicherung von Warenströmen zwischen ausländischen Häfen und den Häfen der USA ist. Die CSI beruht im Wesentlichen auf folgenden drei Kernpunkten:

- der Nutzung automatisierter Informationssysteme und manueller bzw. physischer Kontrollen, wodurch bereits im Ausgangshafen potenziell gefährliche Container identifiziert werden sollen,
- der Einsatz hoch entwickelter Entdeckungstechnologien, wie beispielsweise mobile oder stationäre Röntgengeräte oder Gasspürgeräte um Container schnell hinsichtlich möglicher Bedrohungen überprüfen zu können, sowie
- die Verwendung von Containern, welche gegenüber Manipulationen gesichert sind etwa durch high-security-seals/e-seals.

Des Weiteren sind die Reeder verpflichtet, 24 Stunden vor der Containerbeladung des Schiffes spezifische Informationen die Ladung betreffend, wie etwa Inhalt, Menge, Wert und Auftraggeber, an den US-Zoll in elektronischer Form zu übermitteln.³⁸³

Darstellung mit RFID

Mit Hilfe der RFID-Technologie wird eine lückenlose Überwachung der Containertransporte gewährleistet, den Vorgaben des CSI entsprochen. Hierzu wird zum Beispiel ein mechanisches Siegel durch die Koppelung mit der Transponder-Technologie sowie Web-Servern zu einem intelligenten, elektronischen Siegel umfunktioniert. Der Verloader schließt den Container mit einem RFID-Transponder ausgestatteten Siegel und meldet dies, zusammen mit der Containernummer an den Reeder. Die im RFID-Siegel hinterlegten Daten können sodann in allen Seehäfen ausgelesen werden. Medienbrüche würden verhindert, eine Ortung und Überwachung der Container wird sowohl allen Beteiligten der Logistikkette sowie den jeweiligen Sicherheitsbehörden ermöglicht.³⁸⁴ Ein mit einem aktiven Transponder verknüpftes e-seal ermöglicht die Überwachung der Öffnungs- und Verschlussvorgänge am Container. Ein unbefugtes Öffnen wird einer zentralen Stelle unmittelbar angezeigt, Gegenmaßnahmen können ergriffen werden.³⁸⁵

³⁸³ vgl. Neureiter (2006), S. 16 ff.

³⁸⁴ vgl. Bruckner (2006), S. 7

³⁸⁵ vgl. Dietmar (2006), S. 12

Beurteilung

Der Einsatz elektronischer Siegel auf Basis der RFID-Technologie besitzt das Potenzial, die Sicherheit im internationalen Containerverkehr deutlich zu erhöhen. Unbefugte Öffnungsprozesse werden angezeigt bzw. aufgezeichnet, entsprechende Maßnahmen können rechtzeitig ergriffen werden. Durch die Koppelung mit GPS besteht die Möglichkeit, die Position des Containers während des gesamten Transportes zu verfolgen.

Die Kosten für den Einsatz des e-seals werden auf etwa € 10 je Container geschätzt, in Verbindung mit GPS ist allerdings mit einem Vielfachen der Kosten zu rechnen. Zusätzlich besteht das Problem der weltweiten Standardisierung.³⁸⁶ Die internationale Standardisierungsorganisation ratifiziert im heurigen Jahr den ISO-Standard 18185 für den Einsatz von e-seals bei Frachtcontainern³⁸⁷, wodurch ein weiterer Schritt hinsichtlich deren erfolgreichen Verwendung getätigt wurde.

Praxisbeispiel: Schenker

Die Schenker AG überprüft die mit einem RFID-Einsatz in der Seefracht einhergehenden Potenziale und Risiken sowie dessen monetäre Auswirkungen. Hierzu wurden zehn Container mit einem passiven, wasserdichten und stoßresistenten RFID-Transponder ausgestattet. Diese kommen im Pendelverkehr zwischen Hamburg und Hongkong zum Einsatz. Des Weiteren stehen an verschiedenen Messpunkten Lesegeräte zur Verfügung, um Daten zur Wirksamkeit und den anfallenden Kosten zu generieren. Zu den definierten Messpunkten zählen beispielsweise die Packstationen, an welchen bei der Be- und Entladung der Container die Transponderdaten durch mobile Leseinheiten ausgelesen werden. Die Daten werden via GPRS oder W-LAN an die Middleware übermittelt, welche alle benötigten Frachtdaten speichert. Durch die RFID-Meldungen wird der Standort des jeweiligen Containers unmittelbar erfasst. Weitere Installationen von Lesegeräten in bestimmten Hafenterminals sind für die Zukunft geplant. Auch Untersuchungen hinsichtlich eines möglichen Einsatzes des elektronischen Siegels und bestimmter Sensoren werden unternommen.³⁸⁸

Praxisbeispiel: Shanghai International Port Group (SIPG)

Aktuell bereitet die Shanghai International Port Group, Betreiber aller staatlichen Terminals am Hafen Shanghai, ein RFID-Pilotprojekt zur Verfolgung von Containern zwischen Shanghai und Savannah, Georgia, vor. Sowohl Position als auch Sicherheitsstatus soll verfolgt werden. Hierzu werden auf aktiven Transpondern basierende elektronische Siegel eingesetzt. 500 Container sollen im mehrere Monate andauernden Pilotprojekt mit derartigen Siegeln versehen werden. Mit mobilen und stationären Lesegeräten wird die eindeutige Identifikationsnummer jedes Containers ausgelesen. Die ausgelesenen Daten werden zusammen mit den GPS-Koordinaten in einer Datenbank gespeichert. Passiert ein Container das Einfahrtstor zum Terminal, welches mit einem stationären Lesegerät ausgestattet ist, so wird das e-seal ausgelesen, dessen Zustand überprüft. Nach der Ankunft am Hafen von Savannah

³⁸⁶ vgl. Weise (2006), S. 11

³⁸⁷ vgl. ISO (2007e), www.iso.org

³⁸⁸ vgl. Dietmar (2006), S. 12

werden die e-seals beim Verlassen des Terminals wiederum mittels stationärer Lesegeräte erfasst, der Status kontrolliert. In einem Depot außerhalb des Hafens werden die elektronischen Siegel ein letztes Mal mit einem mobilen Handlesegerät ausgelesen und dadurch stillgelegt. Durch den Einsatz der RFID-Siegel versprechen sich die teilnehmenden Unternehmen sowohl eine Erhöhung der Transparenz als auch der Sicherheit im internationalen Containerverkehr.³⁸⁹

6.1.4. Produktion

Die in der Produktion durch den RFID-Einsatz zu realisierenden Vorteile sind im Wesentlichen auf folgende fünf Bereiche zurückzuführen:³⁹⁰

- **Qualitätskontrolle:**
Die Objektqualität kann bereits während des Produktionsprozesses laufend überprüft werden. Alle erhobenen Daten der Qualitätsprüfung werden auf dem, das Objekt begleitenden Transponder hinterlegt und nach erfolgter Fertigstellung ausgelesen.
- **Systemsicherheit:**
Durch die dezentrale Vorhaltung von Informationen wird die Systemsicherheit erhöht. Produktionsstillstände infolge von Ausfällen des Computersystems werden reduziert, da die benötigten Daten direkt vom Objekte am jeweiligen Arbeitsplatz ausgelesen werden. Jedes Objekt kann dem Fertigungsprozess entnommen werden, ohne Datenverluste nach sich zu ziehen. Eine spätere Eingliederung ist problemlos möglich.
- **Datensicherheit:**
Auf den Transpondern gespeicherte Daten werden durch die Verwendung von Zugriffskontrollen gesichert, nicht jeder Mitarbeiter ist beispielsweise berechtigt entsprechende Informationen auszulesen. Eventuell auftretende Lesefehler werden umgehend angezeigt.
- **Flexibilität:**
Durch den Einsatz der Transponder-Technologie erfährt die Produktionssteuerung eine wesentliche Flexibilisierung. Objekte werden eindeutig identifiziert, vorzunehmende Bearbeitungsschritte auf dem Transponder hinterlegt. Produkt- sowie Prozessinformationen stehen dezentral, direkt vor Ort zur Verfügung. Die Fertigung kleiner Losgrößen wird vereinfacht und optimiert.

³⁸⁹ vgl. Bacheldor (2007), www.rfidjournal.com

³⁹⁰ vgl. Finkenzeller (2006), S. 439

- Raue Umgebungsbedingungen:
Insbesondere in Produktionsbetrieben sind raue Umgebungsbedingungen vorzufinden. Staub, Nässe, Schmutz, Schmierstoffe und Öle oder hohe Temperaturen sind nur einige, möglicherweise auftretender Beeinträchtigungen. Die Nachteile der bis dato am häufigsten eingesetzten Barcode-Technologie sowie die Vorteile der RFID-Technik sind auf diese zurückzuführen. Bei Letztgenannter besteht keine Empfindlichkeit gegenüber derartigen Bedingungen.

6.1.4.1. Rohstoffe, Teil, (Halb-) Fertigprodukte und Transportbehälter

Darstellung der Ist-Situation

Viele Branchen zeichnen sich durch einen hohen Grad an Wettbewerb aus. Differenzierungsstrategien werden gesucht, um sich von der Konkurrenz abzuheben und um steigenden Kundenanforderungen gerecht zu werden.

Zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit wird auf Individualität gesetzt. In der Automobilindustrie steigt die Anzahl neuer Modelle und Varianten kontinuierlich an. Der Trend geht hin zu einem nach den individuellen Bedürfnissen gestalteten Automobil – weg vom Angebot eines klassischen undifferenzierten Modells. Wünschen nach spezifischen Sonderausstattungsmerkmalen oder neuen Technologien sind beinahe keine Grenzen gesetzt. Ergebnis der stetig zunehmenden Produktvielfalt sind die Erhöhung der Komplexität in der Produktion – sowohl in der Entwicklungsphase, dem tatsächlichen Fertigungsprozess und in Bezug auf After-Sales-Services, als auch eine hohe Teile-, Komponenten- und Modulanzahl, welche zum Großteil von verschiedenen Zulieferfirmen gefertigt und an den Automobilkonzern geliefert werden.³⁹¹

Um die Differenzierungsstrategie umzusetzen, sind häufig wechselnde Produktionsprogramme unumgänglich, Mitarbeiter müssen sich kurzfristig auf diese umstellen. Bis dato erhielten sie die entsprechenden Informationen über zentrale Computer oder Handbücher. Vor Ort war ein direkter Abruf aktualisierter Daten meist nicht möglich.³⁹²

Darstellung mit RFID

Die Komplexität infolge der hohen Variantenvielfalt in der Automobilindustrie sowie dem Umstand, dass beinahe jedes Fahrzeug aus unterschiedlichen Baugruppen besteht, nicht alle Autos einer Klasse beispielsweise den gleichen Motor oder das gleiche Armaturenbrett haben, lässt die Einsatzgebiete der RFID-Technologie bereits erahnen.

Bei der Anlieferung der Baugruppen oder auch einzelner Komponenten würde eine Ausstattung dieser mit RFID-Transpondern deren Zuordnung zu den jeweiligen Aufträgen wesentlich erleichtern. Die am Transponder hinterlegten, produktspezifischen Daten werden bei der Anlieferung ausgelesen – beispielsweise mit

³⁹¹ vgl. Hab/Wagner (2006), S. 5 ff.

³⁹² vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 114

einem am Stapler angebrachten RFID-Lesegerät. Unmittelbar bei der Entladung wird festgestellt, welchem Auftrag die Lieferung zuzuordnen ist. Werden bestimmte Komponenten in mit Transpondern ausgestatteten Mehrwegbehältern geliefert, erfolgt eine analoge Zuweisung. Durch die RFID-Aufrüstung der Behälter besteht des Weiteren die Möglichkeit, zurückzuverfolgen wie lange der Behälter unterwegs war bzw. ob Effizienzsteigerungspotenziale bei der Weggestaltung bestehen. Eine direkte Zuführung zu den entsprechenden Produktionsschritten kann bei beiden genannten RFID-Ausstattungsvarianten realisiert werden. Durch die Speicherung eines Sicherungsbits auf dem Transponder wird der Diebstahlschutz erhöht – der Schwund reduziert. Der Entwendung hochwertiger Teile wird entgegengewirkt.³⁹³

Neben der automatisierten Auftragszuweisung, dem verbesserten Behältermanagement und der Möglichkeit zur Diebstahlsicherung wird infolge der Ausstattung von Teilen, Halbfertigprodukten oder Modulen mit RFID-Transpondern die lückenlose Verfolgung über den gesamten Produktionsprozess realisiert. Wird der RFID-Transponder am Objekt oder am Werkstückträger angebracht, kann jederzeit festgestellt werden,

- auf welcher Produktionsstufe sich dieses im Moment befindet,
- welche Fertigungsprozesse bereits durchlaufen wurden bzw.
- welche noch durchzuführen sind.

Der Mitarbeiter stellt unter Zuhilfenahme eines mitgeführten mobilen oder stationär angebrachten RFID-Lesegerätes fest, seit welchem Zeitpunkt sich das Objekt auf der jeweiligen Produktionsstufe befindet oder wie viel Zeit zur weiteren Bearbeitung noch zur Verfügung steht. Auch können die einzelnen Komponenten eines Produktes diesem ununterbrochen eindeutig zugeordnet werden. In der Automobilindustrie wird hierzu zum Beispiel sowohl auf der Rohkarosserie als auch auf deren Türen ein Transponder angebracht. Um die Türen zu lackieren, müssen diese von der Karosserie demontiert werden. Nach der erfolgten Lackierung ist auf Basis der gespeicherten Identifikationsnummern eine eindeutige Zuordnung zum entsprechenden Automobil möglich. Es kann bereits während des Fertigungsprozesses überprüft werden, ob die jeweiligen Teile, (Halb-) Fertigprodukte oder Baugruppen zusammengehören bzw. richtig montiert wurden. Hierzu wird zum Beispiel die auf den Transpondern hinterlegte Auftragsnummer überprüft. Fehler im Zusammenbau werden durch ein Alarmsignal des Transponders angezeigt. Wurden ausschließlich mit Transpondern bestückte Komponenten für die Fertigung des Produktes verwendet, so kann nach Abschluss der Endmontage überprüft werden, ob alle Teile korrekt verbaut wurden, das Endprodukt dem Auftrag entspricht.³⁹⁴

Der direkt am Werkstück oder auf der Werkstückträgerpalette angebrachte Transponder dient als elektronischer Begleitschein. Mittels einer an der Fertigungsstation anbrachten Lese- und Schreibeinheit werden alle wichtigen

³⁹³ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 107 f.

³⁹⁴ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 108 f.

Produktinformationen während des Fertigungsprozesses kontinuierlich und unmittelbar auf diesem gespeichert.³⁹⁵

Der Einsatz der RFID-Technologie bietet Produktionsbetrieben die Möglichkeit, Baugruppen und Endprodukte jederzeit, sowohl auf Freigeländen als auch in Fabrikhallen, aufzufinden. Jedes einzelne Objekt wird mit einem aktiven Transponder versehen. Bei der Auswahl des konkreten Transponder-Typs ist auf eine hohe Leistungsstärke und Reichweite zu achten, da beispielsweise das Werksgelände eines Automobilherstellers eine Million Quadratmeter groß sein kann und folglich große Distanzen zu überwinden sind. Grundlegend stehen dabei zwei Arten der Positionierung zur Auswahl. Entweder sendet der Transponder ein Signal aus, durch welches er geortet wird oder auf dem Transponder wird der exakte Standort hinterlegt und diese Information an das Lesegerät gesendet.³⁹⁶

Beurteilung

Die RFID-Aufrüstung von Teilen, (Halb-) Fertigprodukten oder Transportbehältern führt in den vorgestellten Teilbereichen der Produktion zu einer optimierten Prozesssteuerung. Analog zu den genannten Vorteilen beim Wareneingang erfolgt durch die automatisierte Identifikation der Ladung

- eine schnellere und lückenlose Einbuchung dieser
- Medienbrüche und damit einhergehende Ineffizienzen werden verhindert
- die unmittelbare Zuweisung zu den jeweiligen Aufträgen erhöht die Prozessgeschwindigkeit
- die RFID-Auszeichnung aller Komponenten eines Objektes reduziert die Fehlerquote im Zusammenbau
- die Qualitätskontrolle wird automatisiert
- die Zahl der Reklamationen infolge von Montagefehlern wird auf ein Minimum gesenkt
- aufwendige Umrüstprozesse werden aufgrund der automatisierten Identifikation obsolet
- Zeit- und Kostenersparnisse werden verwirklicht

Wird die Dauer eines jeden, manuell oder automatisiert durchgeführten Bearbeitungsschrittes auf dem Transponder gespeichert, können diese Daten zu Kapazitätsplanungen herangezogen werden. Die Montagezeiten eines jeden

³⁹⁵ vgl. O. V. (2007g), S. 44

³⁹⁶ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 112 f.

Produktionsprozesses werden exakt erhoben, dienen der Feinplanung zukünftiger Aufträge.³⁹⁷

Die Positionsortung der Fertigprodukte führt sowohl zu einer Senkung des Zeit- als auch des Kostenaufwands. Mitarbeiter können den Standort eines Objektes jederzeit abrufen, zeitaufwendige Suchprozesse werden beseitigt.

Aufgrund der hohen Kosten aktiver Transponder ist auf eine lange Lebensdauer bzw. deren Wiederverwendbarkeit zu achten. In geschlossenen Systemen ist diese gewährleistet, eine Amortisation des Investitionsprojekts aufgrund der Kostendegression rascher verwirklicht.

Insbesondere bei Transportbehältern ist eine unternehmensübergreifende Lösung zu realisieren, um die genannten Vorteile zu realisieren. Eine Zusammenarbeit mit Lieferanten, inklusive entsprechender Anreizgestaltung zum RFID-Einsatz ist ebenso essentiell, wie die gemeinsame Kostendeckung. Alternativ besteht die Möglichkeit auf Pooling-Systeme zurück zu greifen.

Durch die Verwendung RFID-gestützter Lokalisierungssysteme können nachstehende Vorteile realisiert werden:³⁹⁸

- Suchzeiten werden von Stunden auf wenige Sekunden reduziert,
- Lager- aber auch Stellplatzkapazitäten optimal genutzt,
- sowohl die Einlagerung als auch das Abstellen von Waren, Fahrzeugen oder Behältern kann chaotisch erfolgen,
- Betriebsmittel werden effizienter eingesetzt, deren Anzahl kann möglicherweise reduziert werden,
- Zulieferer können am Werksgelände optimal gesteuert werden.

Praxisbeispiel: Achsenmontage bei 3er-BMW

Insbesondere infolge der signifikanten Verbesserung des Produktdatenmanagements ist der Einsatz der RFID-Technologie in der Automobilindustrie bereits seit längerer Zeit auf den Fertigungs- und Montagelinien der größten Hersteller zu finden. Der BMW-Konzern verwendet im Münchner Werk zur Montage der Achsen am 3er-BMW mobile Datenträger, welche an den Montagebändern ausgelesen und beschrieben werden. Hierzu werden vor Montagebeginn auf den mit Transpondern ausgestatteten Werkstückträger die benötigten Produktionsdaten, wie die Fahrgestellnummer oder Vorgaben für die einzelnen Montagestationen, hinterlegt. An den jeweiligen Arbeitsstationen werden die entsprechenden Informationen über stationäre Lesegeräte ausgelesen. Nach Beendigung der Tätigkeit werden die Transponderdaten aktualisiert.

³⁹⁷ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 151

³⁹⁸ vgl. Glasmacher (2006), S. 50

Infolge der RFID-Implementierung können die Produktionsdaten unmittelbar abgerufen werden. Die Produktionssteuerung wird optimiert, da die in Echtzeit vorliegenden Informationen über die jeweiligen Produktionsstufen eine exaktere Planung erlauben. Der Datentransfer gewinnt an Geschwindigkeit, die jeweiligen Montagestationen werden schneller bestückt, die Fehlerquote wird reduziert, da das RFID-System eine Verknüpfung zwischen den vorliegenden Produktionsinformationen und dem Qualitätsmanagementsystem ermöglicht und so einen direkten Abgleich der Soll- und Ist-Werte bei montierten Teilen erlaubt.³⁹⁹

Praxisbeispiel: Produktion bei OPEL

Opel fertigt auf zwei Produktionsstraßen täglich etwa 1.600 Autos der Modelle Astra und Vectra. Um die Auslastung in der Fertigung zu optimieren, erfolgt eine gemischte Montage beider Modelle mit den Varianten Links- oder Rechtslenker. Bei der Zuführung der Bauteile bedarf es einer exakten Prozesssteuerung, um Fehleinbauten zu verhindern. In die jeweiligen Modelle gehen eine Vielzahl unterschiedlicher, allerdings schwer unterscheidbarer Komponenten ein. Mit Hilfe der RFID-Technologie wird sichergestellt, dass der richtige Warenträger, mit der richtigen Aufnahmevorrichtung zur richtigen Zeit am richtigen Ort ist. Dadurch wird die Zuführung falscher Komponenten unmöglich, die Montagegeschwindigkeit infolge der geringeren Anzahl an Störungen erhöht.⁴⁰⁰

Praxisbeispiel: Prozesssteuerung bei Audi

In Ingolstadt produziert Audi jährlich etwa 700.000 Autos. Um den aktuellen Fertigungsstatus jedes einzelnen Fahrzeuges jederzeit abrufen zu können, wird die RFID-Technologie eingesetzt. Um die Echtzeit-Verfolgung zu realisieren, wurden 2.500 Gitterboxen, in welchen die einzelnen Komponenten intern transportiert werden, mit einem passiven Transponder versehen, welcher sowohl hitzebeständig (bis 200°C) ist als auch hohe Reichweiten erzielt. Die auf dem Transponder hinterlegten Daten dienen sowohl der Lagerverwaltung als auch der Prozesssteuerung. Hierzu zählen beispielsweise:

- die Art der Komponente (was befindet sich in der Gitterbox?),
- Informationen hinsichtlich des Fahrzeugtyps (zu welchem Modell gehört es?) oder
- der exakten Montage (wo am Fahrzeug ist die Komponente zu montieren?).

Derartige Informationen erhöhen die Prozesssicherheit und reduzieren die Fehlerquote. Des Weiteren haben die Gitterboxen während des gesamten Fertigungsprozesses große Wegstrecken zurückzulegen. Durch die Installation 28 stationärer Lesegeräte kann jede Gitterbox erfasst, der Prozess überwacht sowie der Transportweg gesteuert werden. Durch die hohe Reichweite der Transponder sowie der Beständigkeit gegenüber Umwelteinflüssen, forciert Audi deren Einsatz auch im Freigelände. Durch die Ausstattung von Gabelstaplern mit einem RFID-Lesegerät kann die Position der Gitterboxen auch außerhalb des Produktionsgebäudes festgestellt werden. Der Einsatz der RFID-Technologie führte zu einer Optimierung der

³⁹⁹ vgl. O. V. (2006h), S. 60

⁴⁰⁰ vgl. O. V. (2003), S. 23

Verwaltungs- und Produktionsprozesse, Fehler werden frühzeitig erkannt, Zeit- und Materialeinsatz reduziert, die Lieferpünktlichkeit und die Qualität erhöht.⁴⁰¹

Praxisbeispiel: Siemens-Gerätewerk Amberg

Bereits seit dem Jahre 1992 wird im Siemens-Gerätewerk in Amberg auf die RFID-Technologie zur Prozesssteuerung vertraut. Produziert werden täglich etwa 10.000 Niederspannungs-Schaltgeräte, im Vier-Sekunden-Takt in hunderten von Varianten. Die elektronischen Schaltgeräte werden auf einem mit einem wieder beschreibbaren RFID-Transponder versehenen Kunststoffträger montiert. Auf dem Tag sind die spezifischen Montageinformationen, wie etwa Art und Anzahl zu verwendender Komponenten, hinterlegt. Vor und nach jedem der 60 Produktionsschritte wird der Transponder über RFID-Lesegeräte ausgelesen und damit überprüft, ob die korrekten Bauteile verarbeitet wurden. Insgesamt sind 400 mit der RFID-Technologie aufgerüstete Kunststoffträger sowie 100 RFID-Lesegeräte im Einsatz. Das Investitionsvolumen lag bei € 155.000, die Projektamortisation bereits im zweiten Betriebsjahr erreicht.⁴⁰² Im Detail wurde:⁴⁰³

- die Kapazität um 70.000 Stück pro Jahr erhöht,
- die Anlagenauslastung optimiert,
- die Produktions- und Produktqualität infolge der Echtzeit-Verfügbarkeit der Daten sowie der permanenten Qualitätskontrolle signifikant verbessert,
- die Logistikprozesse effizienter gestaltet, sowie
- die Betriebskosten reduziert.

Praxisbeispiel: Fahrzeugortungssystem bei BMW

Um jedes einzelne Auto am Stellplatz schnell zu finden, installierte BMW am Werksgelände in Dingolfing im Jahr 2002 ein RFID-System zur Fahrzeugortung. Insgesamt können auf acht Stellplätzen 3.000 Neuwagen geparkt werden. Trotz der Zuweisung eines festen Standortes, kam es aufgrund unerwarteter Umpark-Prozesse teils zu zeitintensiven Suchvorgängen um ein spezifisches Auto zu finden. Heute erhält jedes Fahrzeug nach Verlassen der Montagehalle einen aktiven Transponder, der mit Hilfe eines Bügels am Innenspiegel angebracht wird und dessen individuelle Identifikationsnummer übermittelt. Sucht heute ein Mitarbeiter ein bestimmtes Auto, so fragt er dessen Standort im Intranet ab und erhält eine auf 5m genaue Positionsangabe. Die Fahrzeugdurchlaufzeit wird gesenkt, der Auslieferungsvorgang erfolgt zeitlich gestraffter. Ein satellitengestütztes System hätte im Vergleich sowohl zu höheren Kosten als auch zu ungenaueren Positionsangaben geführt und wäre im

⁴⁰¹ vgl. O. V. (2002a), S. 26

⁴⁰² vgl. O. V. (2007m), S. 34 ff.

⁴⁰³ vgl. O. V. (2007m), S. 35 f.

Gegensatz zum RFID-System innerhalb von Gebäuden oder Lagerhallen nicht anwendbar.⁴⁰⁴

Praxisbeispiel: Behältermanagement bei VW

Für den Transport sensibler Blechteile setzt VW Spezialbehälter ein, welche die Schadensquote auf ein Minimum reduzieren. Diese sind aufgrund ihrer Ausstattung sehr kostenintensiv und teilweise für spezifische Fahrzeugkomponenten ausgelegt. Um mögliche Optimierungspotenziale auszuschöpfen installierte VW auf 1.500 Spezialbehältern für die Blechteile des Golf IV einen aktiven Transponder. Die Behälter durchlaufen in Europa drei Fertigungsstandorte (Wolfsburg, Mosel und Brüssel) in denen insgesamt 20 stationäre Lesegeräte und 80 Antennen installiert wurden. Aufgrund des großen Erfolges in der Produktion des Golf IV wurde das RFID-System für die Fertigung des Golf V unmittelbar übernommen.⁴⁰⁵ Durch den RFID-Einsatz konnten folgende Optimierungen im Behältermanagement erzielt werden:

Art der Optimierung	Höhe der Optimierung
Reduktion Umlaufzeit	5%
Reduktion Fehlbestand bei Erstlieferung	1%
Reduktion Verlust im Betrieb	2%
Verringerung Suchaufwand	75%
Reduktion falscher Lieferungen	90%
Reduktion Maschinenstillstand	35%

Tabelle 11: Optimierungen beim Behältermanagement⁴⁰⁶

6.1.4.2. Instandhaltung und Handhabung von Anlagen und Maschinen

Darstellung der Ist-Situation

Neben dem RFID-Einsatz auf Produkt- oder Behälterebene stellen insbesondere hochwertige Maschinen und Anlagen ein interessantes Einsatzgebiet der RFID-Technologie dar. Raue Produktionsbedingungen, Verschmutzungen durch Öle oder Schmierstoffe führen dazu, dass auf Typenschildern oder Barcodes hinterlegte Maschineninformationen verunreinigt, zerstört und daher nicht mehr lesbar sind. Für an schwer zugänglichen Stellen angebrachte Schilder gilt selbiges, ein Auslesen der Informationen ist ohne eine zeitaufwendige Demontage teils nicht möglich. Genannte Daten stellen jedoch die Grundlage einer fehlerlosen Wartung und Bedienung der Maschine dar.⁴⁰⁷

Moderne Instandhaltungsstrategien beschränken sich heute nicht mehr auf die Reparatur einer Maschine, sondern erfüllen und unterstützen eine Vielzahl an Aufgaben, wie beispielsweise:⁴⁰⁸

⁴⁰⁴ vgl. O. V. (2002b), S. 34

⁴⁰⁵ vgl. Cocca/Schoch (2005), S. 202

⁴⁰⁶ Cocca/Schoch (2005), S. 202

⁴⁰⁷ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 110

⁴⁰⁸ vgl. Kömpf (2006), S. 26

- die verbesserte Gestaltung von Fertigungsprozessen,
- die Steigerung der Produktionserträge,
- die Einhaltung von Lieferterminen,
- die Verhinderung von Produktionsstörungen und –Ausfällen,
- die Reduktion des Ressourcenverbrauchs, und
- die Erhöhung der Arbeitsplatzsicherheit.

Der Instandhaltungsprozess ist dabei Bestandteil des Anlagenmanagements. Während der Nutzungsdauer sollen die wirtschaftlichen Folgen der Wertminderung und des Anlagenverschleißes gemindert, beseitigt oder vermieden werden. Unter Berücksichtigung der Kosteneffizienz ist sowohl die Sicherheit als auch die Funktionsfähigkeit aller technischen Einrichtungen eines Unternehmens zu gewährleisten. Zeit- und Leistungsverfügbarkeit sind sicherzustellen.⁴⁰⁹

Instandhaltungsprozesse können hinsichtlich der Planmäßigkeit und der Vorbeugewirkung ihrer Maßnahmen wie folgt differenziert werden: Bei der ausfalldeterminierten Instandhaltungsstrategie werden die Maßnahmen bewusst erst durchgeführt, wenn die Anlage nicht mehr funktioniert, Ausfälle und Störungen auftreten. Trotz der grundsätzlichen Planmäßigkeit liegt keine Vorbeugewirkung vor. Die zeitlich determinierte als auch die zustandsdeterminierte Instandhaltungsstrategie versuchen unplanmäßige Störungen oder Ausfälle zu verhindern. Kosten infolge unerwarteter Produktionsstopps sowie kurze Unterbrechungszeiten und hohe Effizienz und Qualität der Maßnahmen sind im Vergleich zur unplanmäßigen Instandhaltung als Vorteile zu nennen. Bei Erstgenannter erfolgt die Instandhaltung in einem bestimmten Zyklus, welcher in Abhängigkeit zur Betriebsdauer stehen kann. Das Intervall wird vom Schädigungsverhalten beeinflusst. Bei Letztgenannter erfordert der Zustand der Maschine oder einer ihrer Bestandteile die Instandhaltung. Periodisch, aperiodisch oder laufend ist der Zustand der Betriebsmittel festzustellen, bei Bedarf die entsprechenden Maßnahmen durchzuführen. Störinstandsetzungen sind nicht planbar und dann vorzunehmen, wenn trotz vorbeugender Maßnahmen Unterbrechungen auftreten. Im Gegensatz zur Ausfallstrategie erfolgt allerdings keine bewusst geplante Strategiewahl. Im Detail beinhaltet die Instandhaltung die Aufgabenbereiche: Inspektion, Wartung, Instandsetzung und Verbesserung bzw. Modernisierung.⁴¹⁰

Um Instandhaltungsmaßnahmen in kürzester Zeit durchführen zu können, bedarf es der Vorhaltung von Ersatzteilen. Kurze Wiederbeschaffungszeiten sowie eine hohe Verfügbarkeit der Ersatzteile sind sicherzustellen. Aufgrund der steigenden Produktvielfalt nimmt die Anzahl zu lagernder Komponenten kontinuierlich zu.⁴¹¹

Laut Angaben der Automobilhersteller, sind heute bereits 10% der in Europa im Umlauf befindlichen Ersatzteile gefälscht. Die Verwendung von Plagiaten ist teils mit einem erheblichen Sicherheitsrisiko verbunden – mit Ausnahme der Komponenten

⁴⁰⁹ vgl. Nebel/Prüß (2006), S. 190

⁴¹⁰ vgl. Nebel/Prüß (2006), S. 190 ff.

⁴¹¹ vgl. Gudehus (2005), S. 561

renommierter Teilehersteller wie Bosch oder Sachs, welche qualitativ hochwertige Ersatzteile produzieren.⁴¹²

In den nachfolgenden Ausführungen werden die genannten Begriffe der Instandsetzung, der Wartung, der Modernisierung und der Inspektion analog verwendet.

Darstellung mit RFID

Der Einsatz der RFID-Technologie ist insbesondere bei hochwertigen, teuren Maschinen und technischen Anlagen von Vorteil. Auf einem an der Maschine angebrachten, aktiven Transponder wird nachverfolgt:

- wann die letzte Wartung erfolgte,
- ob Wartungsintervalle eingehalten wurden bzw.
- wann die nächste Instandhaltungsmaßnahme vorzunehmen ist.

Probleme infolge verschmutzter oder zerstörter Barcodes bzw. nicht oder schwer erreichbarer Typenschilder werden verhindert, Wartungs-, Bedienungs-, Handhabungs- und Sicherheitsvorschriften können jederzeit ausgelesen werden. Wird der Transponder mit einem Sensor gekoppelt, kann zusätzlich der Verschleiß der Maschine bzw. bestimmter Anlagenkomponenten überwacht werden. Die Überschreitung eines im Vorhinein festgelegten Grenzwertes wird angezeigt, der betroffene Teil ausgetauscht oder repariert. Zum Auslesen der entsprechenden Daten verwendet der Mitarbeiter beispielsweise ein tragbares RFID-Lesegerät. Dieses zeigt an, welche konkreten Instandhaltungsmaßnahmen vorzunehmen sind, wie die Maschine zu bedienen ist bzw. welche Sicherheitsvorschriften zu beachten sind. Um getätigte Maßnahmen zu den sie durchführenden Mitarbeitern zurückzuverfolgen, werden persönliche Signaturen angewandt. So speichert der technische Mitarbeiter nach jeder Wartung seine individuelle Signatur auf dem Transponder.⁴¹³ Nachfolgende Abbildung dient als Beispiel für einen derartigen RFID-unterstützten Prozess:

⁴¹² vgl. Müller-Wondorf (2006), S. 86 f.

⁴¹³ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 110 f.

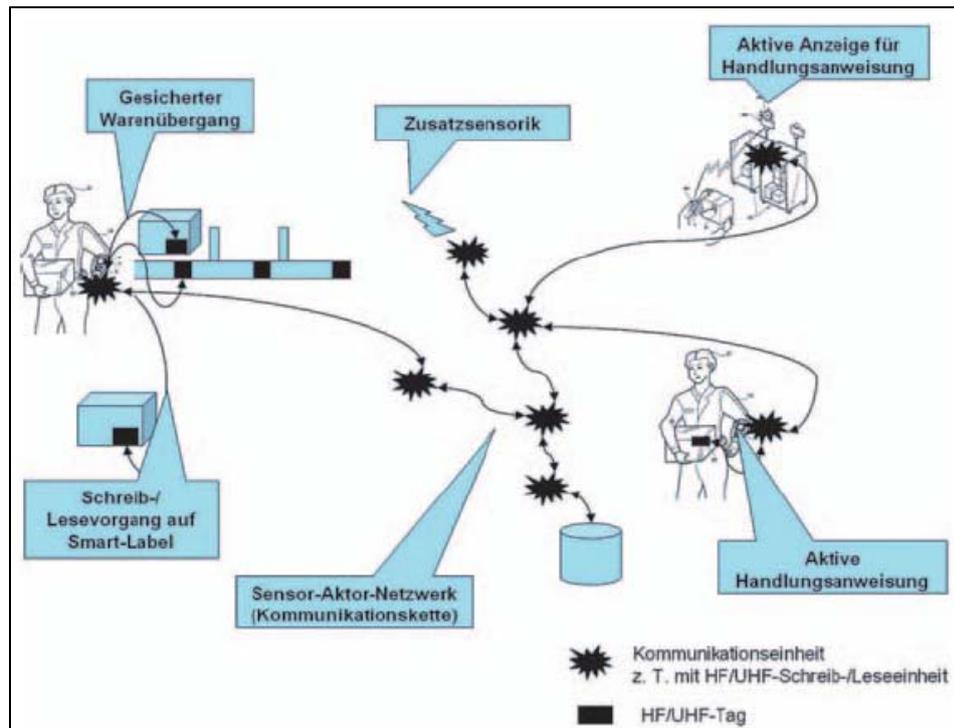


Abbildung 32: RFID-unterstützter Prozess⁴¹⁴

Durch die RFID-Auszeichnung wird die Suchzeit hochwertiger Ersatzteile sowie zur Instandhaltung benötigter Maschinen verringert. Analog zur Darstellung in der Lagerhaltung wird der Lagerplatz der benötigten Komponente umgehend identifiziert und steht schneller zur Verfügung. Produktionsstillstände und Umsatzeinbußen werden reduziert. Der Schutz vor gefälschten Ersatzteilen wird erhöht. Mit der am Transponder gespeicherten eindeutigen Identifikationsnummer kann zurückverfolgt werden, wo, wann und von wem die Komponente hergestellt wurde. Echtheitszertifikate können hinterlegt werden und geben Auskunft darüber, ob es sich bei einem Ersatzteil um ein Original oder eine Fälschung handelt (vgl. Kapitel 6.3.1).⁴¹⁵

Auch beim Leasing von Maschinen und Anlagen führt die RFID-Technologie zu Veränderungen. Einerseits sind, wie eben dargestellt, die spezifischen Maschineninformationen direkt vor Ort verfügbar. Bedienungsanleitungen oder Sicherheitsvorschriften werden unmittelbar ausgelesen, die Prozesssicherheit infolge erhöht. Für das verleihende Unternehmen ergibt sich der Vorteil, dass exakt festgestellt werden kann, wer die Maschine, wann, wo und wie lange verwendet hat. Schäden können der verursachenden Person oder Organisation eindeutig zugeordnet werden. Eine leistungs- oder verwendungsabhängige Gebührenberechnung ist möglich, indem auf dem an der Maschine befestigten Transponder festgehalten wird, wie lange die Maschine genützt wurde bzw. wie viele Prozesse sie durchführte.⁴¹⁶

⁴¹⁴ Gründler/Richter/Buttinger (2005), S. 24

⁴¹⁵ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 120 f.

⁴¹⁶ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 110

Beurteilung

Durch Ausstattung von Maschinen und Anlagen mit RFID-Transpondern kann eine Reparatur- oder Instandhaltungshistorie dieser erstellt, gespeichert und fortgeschrieben werden. Sowohl die zustandsdeterminierte als auch die zeitlich determinierte Instandhaltung werden unterstützt. Die Wartungsintervalle werden für jede einzelne Maschine optimal festgelegt. Durch den Einsatz von Sensoren wird der Verschleiß in Echtzeit überwacht, nur jene Komponenten werden ersetzt, welche tatsächlich Schäden oder Verschleißerscheinungen aufweisen. Auf die zustandsdeterminierte Instandhaltungsstrategie bezogen bedeutet dies, dass sowohl der zeitliche als auch der kostenseitige Aufwand der periodischen, aperiodischen oder laufenden Überwachung durch einen Mitarbeiter signifikant reduziert wird, da die angebrachten Sensoren die Zustandsüberwachung automatisieren. In Summe werden durch den RFID-Einsatz:

- die Anlagensicherheit erhöht,
- die Wartungsprozesse optimiert,
- gleichzeitig die Kosten der Instandhaltung reduziert.

Durch die Verknüpfung mit persönlichen Signaturen wird die Sicherheit nochmals erhöht, da deren Speicherung nur möglich ist, wenn die Wartungsmaßnahmen tatsächlich durchgeführt wurden. Es kann exakt zurückverfolgt werden, welcher Mitarbeiter die Anlage oder Teil der Anlage gewartet hat. Treten beispielsweise spezifische Schäden häufiger auf und sind diese auf die unsachgemäße Wartung zurückzuführen, kann die Kompetenz des entsprechenden Mitarbeiters durch zusätzliche Weiterbildungsmaßnahmen erhöht, das Fehlerrisiko gesenkt werden. Durch den kontaktlosen Auslesevorgang ist die genaue Position des Transponders unwichtig. Jeder Mitarbeiter ruft mit Hilfe eines mobilen Lesegerätes die entsprechenden Handhabungs-, Wartungs- und Sicherheitsvorschriften ab. Die Prozess- und Anlagensicherheit wird signifikant erhöht, die spezifischen Kosten reduziert sowie die Transparenz der Prozesse infolge der Echtzeitverfügbarkeit der Daten erhöht. Transponder mit eigener Energieversorgung, großem Speichervolumen, hoher Widerstandsfähigkeit gegenüber Umwelteinflüssen gekoppelt mit Sensortechnik sind allerdings äußerst kostenintensiv. Nicht jedes geringwertige Werkzeug wird folglich mit der RFID-Technologie aufgerüstet. Der Einsatz beschränkt sich auf hochwertige Maschinen und Anlagen.⁴¹⁷

Nachfolgende Tabelle gibt einen abschließenden Überblick über die Nutzenpotenziale der RFID-Verwendung in der Instandhaltung:

⁴¹⁷ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 110 f.

RFID-Auswirkung	Folge
Flexiblere, nutzenbasierte Instandhaltungsmodelle	Transparente Instandhaltungskosten Größere Wartungsintervalle
Reduktion von Störfällen und Stillstandzeiten	Erhöhung der Prozesssicherheit
Erhöhte Eigenständigkeit der Mitarbeiter aufgrund verbesserter Unterstützung bei der Aufgabenerfüllung	Verringerung der Fehlerquote
Verringerung der Reaktionszeiten aufgrund von Zusatzinformationen und Eliminierung von Medienbrüchen	Erhöhung der Prozessgeschwindigkeit
Gesetzeskonforme Dokumentation der Instandhaltungsdurchführung aufgrund der Transparenz	Gesetzeskonformität
Reduktion der Inspektionen aufgrund eines transparenten und sicheren Instandhaltungsprozesses und aktueller Zustandsinformationen der Objekte	Reduktion der Prozesskosten
Reduktion der Anzahl der Wartungsaufträge aufgrund nutzungsbasierter Wartungsintervalle	Reduktion der Prozesskosten
Plagiatschutz bei Ersatzteilen und Echtheitszertifikate	Erhöhung der Sicherheit des Kunden sowie Schutz der Marke

Tabelle 12: RFID-Nutzen in der Instandhaltung⁴¹⁸

Wie die Tabelle zeigt, können durch den RFID-Einsatz enorme Nutzenpotenziale ausgeschöpft werden. Zukünftig wird die RFID-Verwendung, insbesondere bei hochwertigen Anlagen und Maschinen, in modernen Instandhaltungsstrategien zunehmen. „Die RFID-Technik ist geeignet, Prozesse in der Instandhaltung transparenter und effizienter zu gestalten. [...] Technische Objekte können dadurch mit Intelligenz ausgestattet werden und sind so verknüpfbar mit internen und externen Informationssystemen. Dies ist ein wichtiger Schritt zur mobilen Instandhaltung.“⁴¹⁹

Praxisbeispiel: Brandschutzklappenwartung am Frankfurter Flughafen

Der Frankfurter Flughafen ist mit 50 Millionen Fluggästen pro Jahr der größte Flughafen Kontinentaleuropas. Eine Vielzahl an technischen Einrichtungen bedarf einer regelmäßigen Inspektion, Wartung und Instandsetzung. Hierzu zählen beispielsweise:

- Rolltreppen,
- Gepäckförderanlagen,
- Filtersysteme in Klima- und Lüftungsanlagen sowie
- Brandschutzklappen und –Türen.

Der Wartungsprozess Letztgenannter steht im Zentrum nachfolgender Ausführung. Am Gelände des Frankfurter Flughafens befinden sich etwa 22.000 Brandschutzklappen, für deren Instandhaltung eine gesetzliche Nachweispflicht besteht. Die Wartung wird dabei von drei externen Unternehmen durchgeführt. Der jeweilige Techniker erhält ein PDA, auf welchem der Wartungsauftrag hinterlegt ist. Erreicht dieser die zu wartende Brandschutzklappe, welche mit einem RFID-Transponder ausgestattet ist, so wird

⁴¹⁸ in Anlehnung an: Hanhart et al. (2005), S. 65 f.

⁴¹⁹ Kömpf (2006), S. 26

diese automatisch identifiziert und der ihr zugehörige Wartungsauftrag am PDA geöffnet. Durch die Beschränkung der Lesereichweite auf 3cm ist sichergestellt, dass sich der Techniker an der richtigen Brandschutzklappe befindet. Das PDA gibt die benötigten Wartungsschritte vor, welche sodann mit standardisierten Schadenscodes in Form von Meldungspositionen in diesem abgelegt werden. Nach der erfolgten Bearbeitung wird der Auftrag durch ein erneutes Auslesen des RFID-Transponders geschlossen. Parallel werden Beginn und Ende der Wartung sowie das Datum auf dem RFID-Tag gespeichert. Im Nachhinein ist der Wartungsauftrag nicht mehr zu öffnen und wird nach Arbeitsende an das Backend-System zurückgeladen. Durch den RFID-Einsatz wurde der papierbasierte Prozess digitalisiert. Infolge konnten sowohl die Fehlerquote als auch die Personalkosten signifikant reduziert werden.⁴²⁰

In der Dokumentation der Wartungsprozesse wird die erzielte Einsparung mit € 450.000 pro Jahr beziffert. Bei etwa € 100.000 für die Anschaffung der RFID-Transponder und der RFID-Lesegeräte konnte bereits im ersten Jahr ein überzeugender Return on Investment (ROI) erzielt werden.⁴²¹

Nachstehende Abbildung zeigt den RFID gestützten Prozessablauf der Brandschutzklappenwartung:

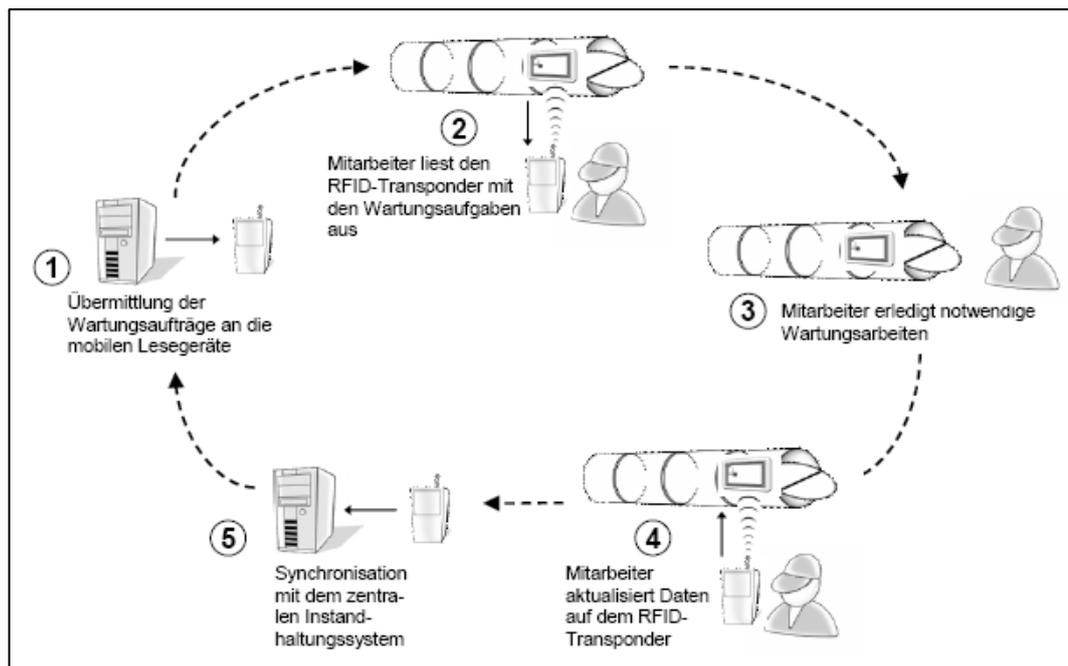


Abbildung 33: RFID gestützte Brandschutzklappenwartung am Frankfurter Flughafen⁴²²

⁴²⁰ vgl. Hanhart et al. (2005), S. 69 f.

⁴²¹ vgl. Gillert/Hansen (2007), S. 191

⁴²² Melski (2006), S. 39

Beispiel: Lufthansa

Aktuell arbeitet Lufthansa an der RFID-Implementierung an Flugzeugbauteilen. Ziel ist es, durch die RFID-Kennzeichnung der Komponenten die Instandhaltungs-, Wartungs- und Reparaturarbeiten effizienter zu gestalten. Durch die eindeutige Identifikation einzelner Teile sollen diese einerseits schneller aufgefunden werden, andererseits infolge detaillierter Informationen zu deren (De-) Montage die Fehlerquote auf Null gesenkt werden.⁴²³

Praxisbeispiel: P. S. Cooperation GmbH

Die P. S. Cooperation GmbH entwickelte das auf RFID basierende Reparatur-Tool 'Repsys'. Dabei handelt es sich um eine Datenbank, welche die vollständige Historie eines spezifischen Produktes beinhaltet und diese mit nur einem Mausklick darstellt. Hierzu wird das Objekt mit einem RFID-Transponder und dadurch mit einer individuellen Identifikationsnummer versehen. Indem diese ausgelesen wird, erhält der Mitarbeiter Zugriff auf die Repsys-Datenbank. Am Notebook des Mitarbeiters scheinen die für die Instandhaltung und Wartung benötigten Informationen auf, wie etwa:

- Herstellungsdatum
- Chargennummer
- Stückliste
- Reparaturinformationen
- Reparaturhistorie
- Ersatzteilliste
- Zeichnungen

Durch den Echtzeit-Zugriff auf diese Daten, wird die Instandhaltungsmaßnahme schnell und in hoher Qualität durchgeführt, da die benötigten Informationen unmittelbar verfügbar sind. Nach Beendigung der Wartung werden die getätigten Maßnahmen wiederum in die Datenbank übermittelt, die Reparaturhistorie weitergeführt. Das Reparatur-Tool ist sowohl für Serienprodukte als auch für einzelne Spezialanfertigungen anwendbar und kann, spezifischen Kundenbedürfnissen entsprechend, angepasst werden.⁴²⁴

Praxisbeispiel: Motorenproduktion bei Deutz AG

Im Jahr 1992 baute der Motorenhersteller Deutz AG in Köln-Porz ein neues 26.000 Quadratmeter großes Montagewerk, in welchem jährlich bis zu 150.000 Motoren hergestellt werden. Aufgrund individueller Kundenansprüche beschränkt sich die Losgröße oftmals auf 1. Beinahe jeder Motor ist folglich einzigartig. Um sowohl die Prozesssicherheit als auch die Prozessgeschwindigkeit zu erhöhen, wird seit 1992 das RFID-System MOBY von Siemens verwendet. Hierzu wird jeder Motor auf einem mit einem RFID-Transponder bestückten Werkstückträger befestigt. Auf dem Transponder befinden sich alle benötigten Produktionsinformationen, wie die exakte Typenbezeichnung oder die Produktionsprogrammnummer. Die einzelnen Produktionsschritte werden teils manuell durch Mitarbeiter als auch automatisch durch

⁴²³ vgl. Winkler (2006), S. 40

⁴²⁴ vgl. O. V. (2005b), S. 43

Roboter durchgeführt. Am Arbeitsplatz des Werkers ist ein Display installiert, welches diesem die zu tätigen Arbeitsschritte vorgibt, indem er die am Transponder hinterlegte Produktionsprogrammnummer ausliest. Analoges gilt für den Einsatz eines Roboters zur Durchführung eines Prozesses. Erledigte Arbeitsschritte werden auf dem Transponder gespeichert, parallel deren Vollständigkeit überprüft. Durch die Verwendung der RFID-Technologie ist eine Vielzahl an Daten direkt vor Ort verfügbar. Handhabungs- und Einbauvorschriften werden dem Werker unmittelbar angezeigt. Trotz der Variantenvielfalt erfolgt eine zeiteffiziente Motorenfertigung. Zeitaufwendige Prozesse, wie das Nachschlagen in papierbasierten Montageanleitungen, werden obsolet, Fehler infolge des raschen Variantenwechsels signifikant reduziert.⁴²⁵

Praxisbeispiel: Virgin Atlantic

Virgin Atlantic ist mit einer Flotte von 30 Flugzeugen die zweitgrößte Airline Großbritanniens. Um im Wettbewerb weiter bestehen zu können, Pünktlichkeit, Effizienz und Zuverlässigkeit zu steigern sowie sich für erwartete EASA-Richtlinien (European Aviation Safety Agency) bezüglich der Rückverfolgbarkeit und Echtheit von Flugzeugteilen zu rüsten, wurde im Jahr 2005 ein RFID-Pilotprojekt ins Leben gerufen. Ziel war es, das RFID-System hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Zuverlässigkeit und Zukunftssicherheit zu prüfen sowie im Detail die Umschlagshäufigkeit, die Teileverfügbarkeit sowie die Transparenz hinsichtlich des Bestands hochwertiger Flugzeugkomponenten zu erhöhen. Hierzu wurden alle Ersatzteile mit einem RFID-Etikett bestückt, welches von einem EPCglobal-Gen2-zertifizierten Drucker hergestellt wurde. Der RFID-Einsatz umfasste das Logistikzentrum am Flughafen Heathrow sowie einige Einrichtungen am Flughafen Gatwick. Zum Auslesen der Transponder setzte Virgin Atlantic auf mobile Handlesegeräte gekoppelt mit einem drahtlosen Netzwerk (WLAN), um die Position einzelner Ersatzteile zurückzuverfolgen. Durch die Verwendung der RFID-Technologie realisiert die Fluglinie sowohl zeitliche als auch monetäre Effizienzsteigerungen. So werden benötigte Ersatzteile im Vergleich zur Vergangenheit in der Hälfte der Zeit lokalisiert. Bei etwa 100 Komponenten täglich führt dies zu einer signifikanten Erhöhung der Prozessgeschwindigkeit und davon abgeleitet zu Kostensenkungen. Aufgrund des Erfolges der vorgestellten RFID-Implementierung ist Virgin Atlantic aktuell an der Untersuchung der Auswirkungen hinsichtlich einer vollständigen RFID-Umstellung der unternehmensinternen Supply Chain sowie deren mögliche Amortisationszeit.⁴²⁶ In Bezug auf die genannte EASA-Richtlinie geht man davon aus, dass dieser durch die frühzeitige RFID-Implementierung wesentlich besser und schneller entsprochen werden kann. Des Weiteren stellt das RFID-System die Grundlage für die von den Flugzeugherstellern Boeing und Airbus vorgeschlagene RFID-Spezifikation für die gesamte Supply Chain dar.⁴²⁷

⁴²⁵ vgl. Franke/Dangelmaier (2006), S. 232 ff.

⁴²⁶ vgl. O. V. (2006f), S. 52

⁴²⁷ vgl. O. V. (2006g), S. 32

6.2. RFID zur Optimierung des Behältermanagements

Darstellung der Ist-Situation

Der Duden liefert für den Begriff des Behälters folgende Definition: „etwas, was zum Aufbewahren und Transportieren beliebiger Gegenstände oder Flüssigkeiten (auch Gase) dient.“⁴²⁸

Beim Behältermanagement handelt es sich folglich um einen gezielten Planungs-, Steuerungs- und Verwaltungsprozess von Behältern in unternehmensinternen oder unternehmensübergreifenden Prozessen.

Das aktive Management einer Vielzahl von Lade- und Transporthilfsmitteln wird dabei subsumiert. Kisten, Paletten, Gitterboxen; Klein- und Großladungsträger sowie Gestelle ebenso wie See- und Luftfrachtcontainer oder Wechselaufbauten. Es bestehen sowohl standardisierte als auch nach speziellen Anforderungen entworfene Behälter, welche sowohl in geschlossenen, in branchenspezifischen als auch offenen Kreisläufen zur Anwendung kommen.⁴²⁹

Unterschieden wird zwischen Ein- und Mehrwegbehältern, welche durch folgende Vor- und Nachteile charakterisiert werden:

	Einweg	Mehrweg
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Geringere Produktionskosten • Geringere Transportkosten • Kein Kosten- und Energieaufwand für die Reinigung • Spezifische Packstoffe für spezifische Anforderungen • Individuelle Gestaltungsmöglichkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Weniger Umweltbelastung bei der Produktion • Verbesserter Warenschutz durch stabile Ausführung • Pooling reduziert Leerguttransporte • Entspricht den Vorstellungen des Gesetzgebers • Steigende Kundenakzeptanz
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Ökologische Belastung durch Produktion und Wegwerfverhalten • Problem der Entsorgung • Sinkende Kundenakzeptanz • Rücknahme- und Verwertungspflicht 	<ul style="list-style-type: none"> • z. T. erhebliche Kapitalbindungskosten • Redistributionsstrukturen müssen entwickelt werden • Aufwendige Verwaltung (einschl. Reparaturen) • Reinigung und Sortierung der Mehrwegbehälter • Fehlende Individualität

Tabelle 13: Vor- und Nachteile von Ein- und Mehrwegbehältern im Vergleich⁴³⁰

Infolge der Verpackungsverordnung und der damit einhergehenden Pflicht Einwegverpackungen und –Behälter zurückzunehmen und zu verwerten, steigt der Anreiz Mehrwegsysteme einzusetzen bzw. der Druck auf nicht wieder verwendbare Verpackungen und Behälter zu verzichten.⁴³¹

⁴²⁸ Duden (1999), S. 496

⁴²⁹ vgl. Gillert/Hansen (2007), S. 73

⁴³⁰ Gillert/Hansen (2007), S. 74

⁴³¹ vgl. Vahrenkamp (2005), S. 244

Nachstehende Ausarbeitung konzentriert sich auf das Management von Mehrwegbehältern. Dabei werden die Begriffe Behälter, Mehrwegtransportverpackung (MTV), Ladungsträger und Transportträger analog verwendet.

Mehrwegtransportverpackungen (MTV) stehen in verschiedenen Varianten zur Auswahl. Abhängig vom transportierten oder gelagerten Gut wird zwischen MTV für Stück- und Schüttgut sowie Flüssigkeiten differenziert. Stückgutbehälter eignen sich sowohl für eine sortenreine Beladung als auch zur Aufnahme gemischter Objekte. Ladungsträger für Schüttgut und Flüssigkeiten sind hingegen auf homogene Güter beschränkt. Eine weitere Differenzierung besteht hinsichtlich der Behälterform: tragende, umschließende bzw. abschließende Träger werden unterschieden.⁴³²

Tragende Ladehilfsmittel	Umschließende Ladehilfsmittel	Abschließende Ladehilfsmittel
Paletten:	Gitterboxen	Container:
Europaletten	Vollwandboxpaletten	ISO-Container
Düsseldorfer-Mehrwegpalette	Paletten mit faltbarem Aufsetzrahmen	Binnencontainer
Flats/Flachcontainer	Kleinladungsträger	Wechselaufbauten
Werkstückträger	Langguttassetten	Luftfrachtcontainer
		Tankpaletten

Tabelle 14: Wichtige Ladungsträger⁴³³

Mehrwegsysteme bedienen sich des Kreislaufmechanismus: Während befüllte Behälter zum Kunden transportiert werden, wandern leere Behälter zum Lieferanten zurück. Insbesondere bei der Verwendung nicht standardisierter Spezialbehälter wird das zweiseitige Pendelsystem angewandt. Der Rückfluss leerer Behälter erfolgt direkt zwischen dem Lieferanten und einem spezifischen Kunden. Im Gegensatz hierzu kann beim zentral gesteuerten Poolsystem (Pooling) von Mehrwegbehältern eine größere Anzahl von Kunden und Lieferanten an das System angeschlossen werden. Verwendet werden Standardbehälter.⁴³⁴ Nachstehende Abbildung verdeutlicht den Unterschied zwischen Pendel- und Poolsystemen grafisch:

⁴³² vgl. O. V. (2006I), S. 98

⁴³³ Eigene Darstellung – in Anlehnung an: Koether (2006), S. 364 ff.

⁴³⁴ vgl. Vahrenkamp (2005), S. 337

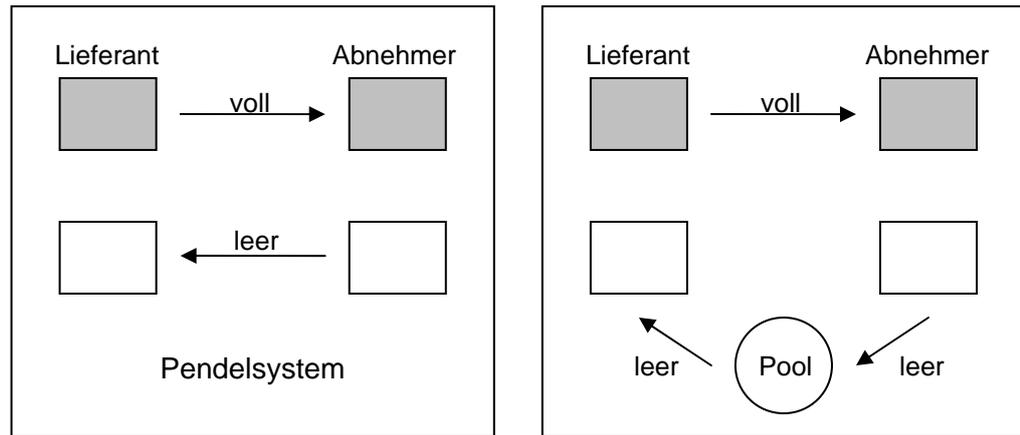


Abbildung 34: Pendel- vs. Poolsysteme⁴³⁵

Beim Pooling führt die kollektive Nutzung einerseits zu Skalenvorteilen, andererseits steigt die Systemkomplexität und bedarf einer optimalen Planung. Diese wird von Poolbetreibern angeboten. Zu ihren Dienstleistungen zählen unter anderem die Organisation des Behälterumlaufs, die Behälterbereitstellung auf Miet- oder Pfandbasis, die Behälterinstandhaltung und –Reinigung sowie die Organisation des Rücklaufs leerer Behälter. Durch die Parallelisierung des Austauschs von leeren und befüllten Behältern entfallen Kosten durch Leerfahrten.⁴³⁶

Durch die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten mancher Behälter ist mit hohen Schwund- und Diebstahlsraten als auch mit Verlusten infolge der Zweckentfremdung des Behälters zu kämpfen. Nicht selten findet man Kleinladungsbehälter in Kofferräumen oder Büros, um dort für Ordnung zu sorgen. Die Anzahl an zurückgeführten Behältern sinkt, Neuanschaffungen sind nötig um die benötigte Kapazität vorhalten zu können. Die fehlende Transparenz führt zu höheren Kapitalbindungskosten verursacht durch Diebstahl und Schwund als auch in Form von Überbeständen.⁴³⁷ Folgende Aufgabenfelder des Managements von Mehrwegbehältern ergeben sich daraus:⁴³⁸

- Bestandserfassung und Kontrollmöglichkeiten
- Übersicht über Umlaufbestände und –Geschwindigkeit
- Rückverfolgbarkeit
- Sendungsverfolgung (Tracking & Tracing)
- Verursachungsgerechte Kostenerfassung und –Verrechnung
- Integration aller Teilnehmer der Prozesskette.

Bis dato ist der Automatisierungsgrad im Behältermanagement vergleichsweise gering. Bestehende IT-gestützte Verwaltungssysteme geben meist nur Auskunft über die Anzahl einer Behältersorte. Die eindeutige Identifikation jedes einzelnen Behälters ist mit einem aus Kostensicht zu hohem Aufwand verbunden und würde sowohl durch die

⁴³⁵ Vahrenkamp (2005), S. 245

⁴³⁶ vgl. Vahrenkamp (2005), S. 245 f.

⁴³⁷ vgl. Gillert/Hansen (2007), S. 75

⁴³⁸ Gillert/Hansen (2007), S. 75

manuelle Erfassung als auch auftretenden Medienbrüchen zu Fehlern führen. Ineffiziente Prozesse, lange Umlaufzeiten, eine ungenügende Auslastung, zu hohe Behälterbestände als auch fehlende Informationen hinsichtlich des physischen Zustands der Behälter sind die Folge. Durch die teils fehlende Möglichkeit zur Rückverfolgung spezifischer Behälter zu einem bestimmten Kunden besteht für diese nur ein geringer Anreiz, leere Behälter zurückzuführen. Dies verringert den Bestand an tatsächlich verwendbaren Behältern und führt zu Investitionen in neue Ladungsträger. Bei Paletten scheint dies bei etwa € 10 für eine Palette anfangs als vernachlässigbar. Bezogen auf Spezialbehälter, welche beispielsweise in der Automobilindustrie zum Transport von Motoren oder Türen eingesetzt werden und mit einem Preis von teilweise über € 1.000 zu veranschlagen sind, führen zusätzliche Anschaffungen zu einer hohen monetären Belastung. In Bezug auf den physischen Zustand des Behälters ist festzuhalten, dass die verzögerte Feststellung eines Behälterschadens sowohl zu Lieferverzögerungen als auch zu Unfällen führen kann.⁴³⁹

Heute, zur Verfolgung von Behältern installierte Systeme, beruhen überwiegend auf der Barcode-Technologie. In Kombination mit einem computergestützten Verwaltungssystem und den darin hinterlegten Informationen, wie Versanddaten, Empfänger- und Behälternummer wurde eine Teilautomatisierung des Behältermanagements realisiert. An spezifischen Erfassungspunkten werden die einzelnen Behälter entweder manuell oder durch stationär angebrachte Barcode-Scanner identifiziert. Die ausgelesenen Daten an das Verwaltungssystem übermittelt, abgeglichen und hinterlegt. Statusinformationen zu jedem einzelnen Behälter, beispielsweise zur bereits erfolgten oder noch ausstehenden Reinigung können ebenso abgefragt werden wie der aktuelle Besitzer eines spezifischen Behälters. Erfolgt der Scannvorgang automatisch, so ist auf die exakte Anbringung des Barcode-Labels zu achten um fehlerfreie Prozesse sicherzustellen. Bei der Erfassung durch einen Mitarbeiter ist mit zusätzlichen Zeit- und Personalkosten zu rechnen. Die Beschaffenheit des Barcode-Etiketts führt sowohl bei Reinigungsprozessen als auch bei rauen Transport-, Lager- und Produktionsbedingungen zu Problemen, da keine Resistenz gegenüber Verschmutzung oder Zerstörung besteht.⁴⁴⁰

Darstellung mit RFID

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über jene Aufgabenbereiche des Behältermanagements, welche durch den RFID-Einsatz eine Verbesserung erfahren bzw. unterstützt werden:

⁴³⁹ vgl. Strassner/Eisen (2005), S. 209 f.

⁴⁴⁰ vgl. O. V. (2004), S. 56 f.

Aufgabenbereich	RFID-Unterstützung
Bestandsmanagement	Stammdatenhaltung (Behältertyp, Hersteller, Volumen, etc.) Bestellwesen (Zukauf, Ergänzung) Entsorgung (Altbehälter, beschädigte nicht reparierbare Behälter) Lagerung, Sortierung und Bereitstellung
Instandhaltungsmanagement	Reinigung von Behältern Reparatur von Behältern Modifikation Lebenszyklus-Dokumentationen
Umlaufmanagement	Umlaufzahl und Umlaufgeschwindigkeit Verweildauer je Bestimmungsort Verfügbarkeit bestimmter Behälter je Lagerort
Kostenmanagement	Kapitalbindungskosten Kosten infolge von Diebstahl bzw. Schwund

Tabelle 15: RFID-unterstützte Aufgabenbereiche des Behältermanagements⁴⁴¹

Durch die RFID-Ausstattung von Behältern sowie der Installation von RFID-Lesegeräten an spezifischen Knotenpunkten, wie beispielsweise an Lade- oder Zufahrtstoren, werden die Behälter automatisch identifiziert, Bewegungsdaten erfasst, gespeichert und zur Prozesssteuerung herangezogen.⁴⁴²

Die individuelle Identifikation jedes einzelnen Behälters erhöht die Prozesstransparenz. In Echtzeit wird festgestellt, welche Behältertypen sich in welcher Anzahl bei welchem Kunden befinden. Infolge der exakten Zuordenbarkeit eines Behälters zu einem spezifischen Kunden wird die verursachergerechte Kostenverrechnung ermöglicht. Der Behälterbestand wird optimiert, die Kapitalbindungskosten gesenkt, da die Umlaufgeschwindigkeit erhöht sowie die Verweildauer beim Kunden gesenkt wird. Investitionen in Ersatzbehälter werden reduziert. Durch die gleichmäßige Nutzung der Behälter wird die Wartungs- und Reparaturplanung unterstützt. Schäden können dem Verursacher eindeutig zugeordnet werden. Die Diebstahl- oder Schwundrate wird infolge der Rückverfolgbarkeit gesenkt.

Die Verwendung der RFID-Technologie zur Identifikation von Behältern wird aktuell bereits eingesetzt, wenn folgende Voraussetzungen gegeben sind:⁴⁴³

- hoher Wert des Ladungsträgers
- hoher Wert, Verderblichkeit oder Gefährlichkeit von Gütern
- hohe Folgekosten, falls die Lieferung nicht rechtzeitig eintrifft
- Verleihmodelle
- geschlossene Kreisläufe
- ungeführte Prozesse

⁴⁴¹ in Anlehnung an: Gillert/Hansen (2007), S. 76

⁴⁴² vgl. Strassner/Eisen (2005), S. 209

⁴⁴³ Strassner/Eisen (2005), S. 222 f.

Beurteilung

Der Einsatz von RFID-Systemen im Behältermanagement führt zu einer Optimierung der Auslastung, der Umlaufzeit sowie der Verfügbarkeit der Ladungsträger. Die Bewegung jedes einzelnen Behälters wird erfasst, die Transparenz der Prozesse erhöht. Der Bestand an Ladungsträgern wird kontinuierlich überwacht und gesteuert. Infolge wird die Auslastung erhöht, parallel die Verfügbarkeit sichergestellt sowie die Umlaufgeschwindigkeit durch die unmittelbare Rückverfolgbarkeit zum jeweiligen Kunden gesteigert. Durch die Verfolgung der Ladungsträger wird indirekt auch der Standort der auf diesen transportierten Gütern überwacht. Man spricht in diesem Fall von Soft-Tracking.⁴⁴⁴

Bereits abgeschlossene RFID-Projekte haben gezeigt, dass durch die verbesserte Kreislauftransparenz die Anzahl der Behälter um mindestens 20% reduziert werden kann. Die Amortisation der RFID-Investition wird infolge von Einsparungen bei der Behälterbeschaffung unterstützt.⁴⁴⁵

Bei geschlossenen Behälterkreisläufen wird aufgrund der langen Haltbarkeit von RFID-Transpondern und deren wiederholten Verwendbarkeit die frühe Erzielung eines Return on Investment (ROI) unterstützt.

Bei der RFID-Ausstattung von Containern und anderen metallischen Ladungsträgern ist insbesondere auf die Beeinflussung der Lesereichweite durch Metalle zu achten. Vor dem tatsächlichen RFID-Einsatz ist zu analysieren, welcher Transpondertyp erfolgreich verwendet werden kann.

Beim Einsatz von Transpondern auf Palettenebene ist auf das Material der Palette Bedacht zu nehmen. Holzpaletten können im Nachhinein mit RFID-Transpondern aufgerüstet werden, wodurch deren Weiterverwendung ermöglicht wird, tragen allerdings das Risiko einer Absorbierung von Flüssigkeit und einer damit einhergehenden negativen Beeinflussung der Kommunikationszuverlässigkeit zwischen Transponder und Lesegerät. Bei Kunststoffpaletten wird der RFID-Transponder direkt in den Ladungsträger eingebettet. Ein besserer Schutz des Mikrochips gegenüber Flüssigkeiten und anderen Fremdkörpern ist die Folge. Es besteht keine Gefahr der Absorbierung der Funkwellen durch im Behältermaterial aufgesogenes Wasser.⁴⁴⁶

Praxisbeispiel: Volkswagen

Durch den Einsatz der RFID-Technologie versucht die Volkswagen AG eine intelligente selbst steuernde Behälterlogistik zu implementieren. Diese bezieht sich auf den Transport von Fahrzeugmodulen von Deutschland nach China, Südafrika, Argentinien, Brasilien und Mexiko. Diese werden in etwa 800.000 Universalbehältern transportiert, wobei jeder Behälter einen durchschnittlichen Wert von € 100 hat und zwei Durchläufe pro Jahr oder 11 Durchläufe während seiner Lebensdauer schafft. Die Probleme liegen

⁴⁴⁴ vgl. Strassner/Eisen (2005), S. 222

⁴⁴⁵ vgl. O. V. (2007h), S. 30

⁴⁴⁶ vgl. O. V. (2006l), S. 98

aktuell in der hohen Schwundrate von 4% bzw. in den mangelhaften Informationen hinsichtlich der Behälterbestände in den 13 von Volkswagen vorgehaltenen Behälter- und Verpackungsstandorten. Durch die RFID-Ausstattung aller Behälter verspricht sich der Automobilhersteller sowohl eine bessere Rückverfolgbarkeit als auch lückenlose Zuordenbarkeit einzelner Behälter zum entsprechenden Standort. Folgende drei Rationalisierungspotenziale sollen durch eine netzweite RFID-Einführung realisiert werden:

- die Einhebung von Behältermieten für die Verweildauer im jeweiligen Werk,
- die Reduktion von Schwund bzw. dessen verursachergerechte Zuweisung,
- die Senkung manueller Tätigkeiten sowie die Verknüpfung von Lieferscheindaten und Behälteridentifikation zur effizienteren Gestaltung des Materialflusses.

In einem Pilotprojekt wurden die Behälter mit passiven Transpondern sowie die Ladetore mit RFID-Lesegeräten versehen.⁴⁴⁷

Praxisbeispiel: Scholz Recycling GmbH

Die Scholz Recycling GmbH recycelt und verarbeitet an über 50 Standorten in Deutschland verschiedenste Schrottsorten aus Metall, Guss oder Eisen. Bis zum Jahr 2004 schickte das Unternehmen die vom Kunden geordnete Anzahl an Containern an deren Bestimmungsort. Der Standort jedes einzelnen Containers wurde dabei manuell erfasst. Bei insgesamt etwa 10.000 Behältern war der Aufwand dementsprechend groß. Im Jahr 2004 entschied sich die Scholz Recycling GmbH zur Automatisierung des Containermanagements. Der Einsatz der Barcode-Technologie war aufgrund der rauen Umweltbedingungen und den daraus hervorgehenden Unzulänglichkeiten nicht denkbar. Die Robustheit gegenüber derartigen Bedingungen führte zur Entscheidung für die RFID-Technik. Trotz der metallischen Umgebung und der Gefahr der Reflektion der Funkwellen werden laut Unternehmensangaben sehr gute Leseergebnisse erzielt. Die Implementierung erfolgte im Jahr 2005. Dabei wurden 8.000 der 10.000 Behälter mit einem RFID-Transponder versehen. Ordert heute ein Kunde einen Behälter, wird die eindeutige, am Transponder hinterlegte Identifikationsnummer des Containers dem Kundenauftrag zugeordnet. Vor dem Verlassen der Niederlassung als auch nach der Auslieferung beim Kunden wird der Transponder mittels eines mobilen RFID-Lesegerätes ausgelesen. Durch den RFID-Einsatz auf Containerebene kann die Scholz Recycling GmbH jederzeit den Standort eines spezifischen Behälters nachverfolgen. Zeitintensive manuelle Dokumentationsprozesse werden obsolet, ebenso die Fehler infolge manueller Erfassungen. Eine detaillierte Berechnung möglicher Einsparungen wurde (noch) nicht vorgenommen, die logistischen Prozesse seien allerdings wesentlich verbessert worden.⁴⁴⁸

⁴⁴⁷ vgl. Kohagen von (2005), S. 5

⁴⁴⁸ vgl. O. V. (2006i), S. 58 f.

Praxisbeispiel: Siemens Power Generation

Siemens Power Generation produziert – unter anderem – hochwertige Turbinenschaufeln, welche den Preis eines Kleinwagens erreichen können. Für deren Aufbewahrung und Transport setzt das Unternehmen Spezialbehälter ein. Das Management dieser Behälter bringt einige Probleme, hinsichtlich aktuellem Behälterbestand, -Standort und -Zustand mit sich. Benötigte in der Vergangenheit beispielsweise ein Lieferant eine bestimmte Anzahl an Schaufelbehältern, musste ein Mitarbeiter im Lager nachsehen, ob diese überhaupt zur Verfügung stand. Die Verwaltung der rund 7.000 Behälter erfolgte in Form von Excel-Tabellen. Unverlässliche Daten, hoher Behälterschwund und -Suchaufwand, die fehlende eindeutige Identifizierung jedes einzelnen Ladungsträgers sowie Fehllieferungen und fehlende Begleitscheine waren die Folge. Durch den RFID-Einsatz sollte sowohl das interne als auch das externe Behältermanagement optimiert werden. In einem Pilotprojekt wurden 150 der Schaufelbehälter mit RFID-Etiketten versehen. Aufgrund der positiven Ergebnisse hinsichtlich der Transparenz der jeweiligen Behälterstandorte und der damit einhergehenden Verbesserung der Behälterlogistik wurde der RFID-Einsatz bis dato auf zwei Drittel der im Umlauf befindlichen 7.000 Behälter ausgeweitet. Im Warenein- und Ausgang erfolgt die Erfassung der Ladungsträger mittels mobiler RFID-Lesegeräte. Das Unternehmen kann den aktuellen Behälterbestand jederzeit abrufen sowie den exakten Standort jedes Behälters ausmachen. Durch das Auslesen der Transponder an spezifischen Messpunkten wird der Zustand des Ladungsträgers (befüllt oder leer) festgestellt. Aufwendige Suchvorgänge wurden obsolet.⁴⁴⁹

Praxisbeispiel: Jöbstl Warehousing & Fashion GmbH

Bei der Jöbstl Warehousing & Fashion GmbH handelt es sich um einen europäischen Logistikdienstleister, welcher die Logistik für die Charles Vögele Gruppe, einer Modehandelskette, durchführt. Um die Datenerfassung zu automatisieren, setzt Jöbstl ein Hybridsystem, bestehend aus RFID-Technologie und GSM ein. Hierzu wurde jeder Container mit einem aktiven RFID-Transponder ausgestattet. Die RFID-Lesegeräte wurden derart installiert, dass jeder Container auf dem 20.000 Quadratmeter großen Areal bei Vögele und Jöbstl geortet werden kann. Infolge der RFID-Einführung konnte der Logistikdienstleister manuelle Datenerfassungsprozesse vollständig automatisieren, Containerverluste durch die umfassende Containerverfolgung und -Lokalisierung beseitigen. Laut eigenen Angaben konnte Jöbstl durch den optimierten Behältereinsatz die Containerkosten um 20% reduzieren sowie den vormals einwöchigen Abrechnungsprozess auf einen halben Tag senken.⁴⁵⁰

Praxisbeispiel: Finland Post Corporation

Die finnische Post beschäftigt etwa 23.000 Mitarbeiter und befördert jährlich ca. 2,6 Milliarden Versandstücke. Hierzu werden rund 200.000 Metall-Rollwagen eingesetzt. Der Preis je Stück liegt bei € 300. In der Vergangenheit hatte das Unternehmen mit hohen Schwundraten und Rollwagen-Engpässen zu Spitzenzeiten zu kämpfen. Infolgedessen kam es zu erhöhten Personalkosten durch anfallende Überstunden

⁴⁴⁹ vgl. O. V. (2006j), S. 60 f.

⁴⁵⁰ vgl. O. V. (2007i), S. 43

sowie zu verspäteten Auslieferungen. Um weitere Engpässe zu verhindern, investierte die Finland Post Corporation jährlich ca. 1 Million Euro zum Ankauf zusätzlicher Rollwagen. Im Herbst des Jahres 2005 entschied sich das Unternehmen zur RFID-Unterstützung der Prozesse. Im acht Wochen andauernden Pilotprojekt wurden 200 Trolleys mit einem RFID-Transponder sowie die drei Ladetore des Postzentrums Helsinki mit RFID-Lesegeräten ausgestattet. Zur ortsunabhängigen Identifikation der Rollwägen erhielten die Mitarbeiter mobile RFID-Lesegeräte. Durch den RFID-Einsatz erhielt die finnische Post exakte Daten über die tatsächliche Zirkulationszeit jedes Rollwagens. Im Durchschnitt lag diese bei ein bis zwei Tagen, viele verblieben aber weitaus länger beim Kunden. Infolge der individuellen Identifikation konnte festgestellt werden, welcher Kunde wie viele Trolleys hat, bzw. wie lange diese bereits bei ihm stehen. Die Transparenz wurde signifikant erhöht, Engpässe vermieden sowie die Verfügbarkeit gesteigert. Von Schwund betroffene Schnittstellen konnten eindeutig eruiert werden.⁴⁵¹

⁴⁵¹ vgl. O. V. (2006k), S. 20

6.3. RFID zur Erhöhung der Supply-Chain-Visibility

Darstellung der Ist-Situation

Trotz hoher Qualitätsstandards und stetig dichter werdenden Qualitätskontrollen gibt es keine absolute Sicherheit, dass fehlerbehaftete Produkte nicht in Umlauf gelangen. Sowohl in der Pharma-, der Lebensmittel- als auch der Automobilindustrie kommt es immer wieder zu Rückrufaktionen, welche neben dem Imageverlust vor allem zu einem hohen logistischen, verwaltungstechnischen und damit monetären Aufwand führen. Ziel ist es, die Anzahl der zurückzurufenden Produkte zu minimieren, den wirtschaftlichen Schaden gering zu halten. Die Chargenverfolgung zählt hierbei zu den effektivsten Hilfsmitteln. Unter einer Charge wird dabei eine bestimmte Anzahl von Werkstoffen, Bauteilen, Baugruppen oder Endprodukten verstanden, welche unter einheitlichen Bedingungen entstanden sind. Synonyme sind beispielsweise Los oder Partie. In der diskontinuierlichen Produktion, welche sich durch einen zeitlich unterbrochenen Materialfluss auszeichnet, bestehen die Merkmale einer Charge in einer homogenen Materialzusammensetzung, einem identischen Produktionsprozess sowie einer identischen Produktqualität. Der Begriff der Charge wird aktuell immer häufiger auch für den kontinuierlichen Produktionsprozess verwendet, welcher sich durch folgende Eigenschaften auszeichnet: die Produktion auf einer spezifischen Fertigungslinie, die Verwendung einheitlicher Zulieferteile in homogener Qualität sowie durch die Produktion an einem Tag. Ziel der Chargenverfolgung ist es, die Rückverfolgbarkeit der produzierten Güter über die gesamte Supply Chain hinweg zu gewährleisten. Die Nachvollziehbarkeit der Warenflüsse muss dabei sowohl in die dem Produktionsprozess vorgelagerte (Upstream) als auch nachgelagerte (Downstream) Bereiche reichen. Unter Upstream versteht man die Beziehungen des produzierenden Unternehmens zu dessen Vorlieferanten. Unter Downstream jene zum Handel und im Idealfall zum Endkonsumenten. Für die Durchführung einer gezielten Rückrufaktion sollte ein Unternehmen daher immer wissen, wann und wo Produkte gelagert, verkauft oder eingesetzt wurden, sowie welche Teile oder Materialien von welchem Lieferanten in einer spezifischen Charge verarbeitet wurden. Der tatsächliche Warenfluss ist mit dem entsprechenden Informationsfluss zu koppeln. Hierzu können sowohl die Endprodukte direkt als auch Verpackungen oder Verpackungseinheiten gekennzeichnet werden. In der Praxis wird die Chargennummerierung meist vom Hersteller autonom vorgenommen, das heißt, dass eine Rückverfolgbarkeit einzelner Artikel nur mit Hilfe einer exakten Hersteller- und Produktidentifikation erfolgen kann.⁴⁵²

Aktuell konzentrieren sich viele Unternehmen auf die Rückverfolgung von Transportträgern, meist Paletten. Hierzu wird der Serial Shipping Container Code (SSCC) bzw. die Nummer der Versandeinheit (NVE) verwendet, um die Transporteinheit eindeutig zu identifizieren. Dabei wird im Allgemeinen auf teilautomatisch arbeitende Barcode-Systeme zurückgegriffen.⁴⁵³

⁴⁵² vgl. Böse/Uckelmann (2006), S. 133 ff.

⁴⁵³ vgl. Einbock/Kummer (2006), S. 198

Darstellung mit RFID

Die RFID-Technologie ermöglicht die eindeutige Identifikation jedes einzelnen produzierten Artikels einer Charge. Dessen Verfolgung über die gesamte Supply Chain wird ermöglicht. Wird dem Produzenten ein Mangel an einem bestimmten Werkstoff, beispielsweise durch einen Vorlieferanten mitgeteilt, so kann unter Zuhilfenahme entsprechender Produktionsdaten exakt nachverfolgt werden, in welche Charge der fehlerhafte Werkstoff einging bzw. ob, und wenn ja, für welche nachfolgende Charge diese eingesetzt wurde. Sind die einzelnen Produkte einer Charge mit einer individuellen Identifikationsnummer versehen, welche mit der Chargennummer verbunden werden kann, wird eine exakte Benennung fehlerhafter Produkte ermöglicht. Nicht mehr eine gesamte Produktserie, sondern ausschließlich die betroffene Charge ist vom Rückruf betroffen. Geht der Qualitätsmangel einer Charge allerdings auf Schwankungen im Produktionsprozess zurück, welche beispielsweise nur jedes dritte Produkt betrifft, so könnte bei Verwendung einer fortlaufenden Seriennummer, welche auf dem jeweiligen Produkt hinterlegt wird, genau ermittelt werden, welche konkreten Produkte betroffen sind.

Wird zur individuellen Kennzeichnung des Produktes ein passiver Transponder verwendet, so können durch die eindeutige Seriennummer, beispielsweise dem EPC, das Produkt näher definierende Informationen, wie

- das Abfülldatum,
- die Chargennummer,
- die Verladezeit oder
- der Zielort

über eine Datenbank abgerufen werden. Beim Einsatz aktiver Transponder ist eine Speicherung dieser Daten auf dem Transponder selbst möglich, ist allerdings als weitaus kostenintensiver zu bewerten, ein Einsatz auf Produktebene aktuell nicht vorstellbar.⁴⁵⁴

Geht man davon aus, dass eine Charge nun nicht zu einem einzigen Kunden geliefert wird, sondern an eine Vielzahl von Abnehmern weitergegeben wurde, kann mit Hilfe der eindeutigen Seriennummer festgestellt werden, welche Produkte an welchen Abnehmer verkauft wurden bzw. welche dieser Produkte vom Rückruf betroffen sind.

Eine Zuordnung der Charge oder einzelner Produkte dieser zu weiteren Fertigungsaufträgen oder Lieferaufträgen erfolgt. Die Transparenz entlang der gesamten Wertschöpfungskette wird erhöht, die Rückverfolgbarkeit erleichtert.

Beurteilung

Durch den konsequenten, unternehmensübergreifenden Einsatz der RFID-Technologie lassen sich sowohl die logistischen als auch die verwaltungstechnischen Arbeitsprozesse einer Rückrufaktion effizienter gestalten, da eine exakte und schnelle

⁴⁵⁴ vgl. Einbock/Kummer (2006), S. 203 f.

Identifikation einer spezifischen Charge auf Produkt- oder Verpackungsebene realisiert wird.⁴⁵⁵

Der Informationsfluss entlang der gesamten Supply Chain gewinnt an Geschwindigkeit, die Abnehmer der, von einer Rückrufaktion betroffenen Produkte können eindeutig identifiziert und gezielt angesprochen werden. Der Verzicht auf die Einschaltung der Medien zur Durchführung des Call Backs ist die Folge. Ein möglicher Imageschaden kann im Allgemeinen weitestgehend verhindert werden.

Wird bereits während des Produktionsprozesses eine kontinuierliche Qualitätsprüfung verfolgt, so können Rückrufaktionen infolge schadhafter Produktkomponenten oftmals verhindert werden.

Praxisbeispiel: Thyssen-Krupp Krause

Im englischen Motorenwerk von Thyssen-Krupp Krause wird aktuell die Motorenproduktion hochgefahren. In Zukunft sollen etwa 400.000 Motoren pro Jahr in einer Vielzahl von Varianten gefertigt werden. Hierzu wird der Motor auf einem Werkstückträger montiert. Aufgrund der spezifischen Merkmale eines jeden Motors wird zwischen Motor und Träger eine Adapterplatte installiert. Diese sowie der Werkstückträger sind mit einem RFID-Transponder versehen. Auf dem Werkstückträger-Transponder werden sämtliche Produktionsinformationen hinterlegt. Wird der Schaden einer bestimmten Komponente bekannt, werden die entsprechenden Montagedaten abgerufen. Es kann exakt festgestellt werden, in welchem Zeitraum welche Motoren produziert wurden. Produktions- und Qualitätsdaten sowie die Seriennummern aller Einbauteile werden mit der Identifikationsnummer des Motors verknüpft. Von der Speicherung aller Montagedaten erhofft sich Thyssen-Krupp Krause infolge der Chargenverfolgung eine Senkung der Anzahl vom Rückruf betroffener Motoren.⁴⁵⁶

6.3.1. Rückverfolgung und Fälschungssicherheit in der Pharmaindustrie

Darstellung der Ist-Situation

Neben einem geschätzten Schaden von 32 Milliarden USD für die Pharmaindustrie führt die Fälschung von Medikamenten zur Gefährdung des Menschen. Gesundheit und Leben werden bewusst aufs Spiel gesetzt. Die World Health Organization (WHO) geht davon aus, dass etwa jedes zehnte, weltweit verkaufte Arzneimittel bereits gefälscht ist. In manchen afrikanischen Ländern liegt die Quote an Plagiaten bei erschreckenden 80%.⁴⁵⁷

Aufgrund des Risikos, Menschenleben durch gefälschte Medikamente zu gefährden, besteht in der Pharmabranche eine erhöhte Sorgfaltspflicht. Infolge sind der gesamte Fertigungs- und Distributionsprozess zu dokumentieren. Papierbasierte Methoden sind

⁴⁵⁵ vgl. Böse/Uckelmann (2006), S. 145 f.

⁴⁵⁶ vgl. Hammermeister (2007), S. 60 f.

⁴⁵⁷ vgl. Reckter (2006), S. 10

dabei mit einem erheblichen Zeit- und Kostenaufwand verbunden. Die Dokumentationspflicht ermöglicht allerdings sowohl die Lokalisation der Pharmazeutika während der genannten Prozesse als auch die Nachvollziehbarkeit der im Medikament verwendeten Substanzen, des Produktionsortes, der Chargennummer, etc. Durch Tracking und Tracing werden Plagiate folglich schneller erkannt und bekämpft, die Sicherheit der Patienten erhöht.⁴⁵⁸

Um Plagiaten entgegenzuwirken, die Fälschungssicherheit zu erhöhen, verwendet die Mehrheit der Pharmakonzerne den Barcode bzw. den DataMatrix-Code zur Medikamentensicherung. Weiter gängige Verfahren zum Schutz gegen Arzneimittelfälschungen sowie deren Wirksamkeitsgrad zeigt nachstehende Tabelle auf:

Fälschungsschutz	Verdeckt	Sichtbar	Wirksamkeit
Intra-Rezeptur:			
Immuntest	X		Hoch
Einzelne Inhaltsstoffe		X	Hoch
Verpackungsebene:			
Design		X	Gering
Wasserzeichen	X	X	Gering
Digitale Wasserzeichen	X	X	Hoch
Faser und Fäden	X	X	Mittel
Reaktive Tinte	X	X	Mittel
Hologramme, OVD	X	X	Gering
Barcode		X	gering

Tabelle 16: Verfahren zum Schutz gegen Arzneimittelfälschung⁴⁵⁹

Wie die Tabelle zeigt, kann der technische Schutz gegen Arzneimittelfälschungen sowohl verdeckt als auch sichtbar erfolgen. Des Weiteren wird zwischen chemischen, auf der Rezeptur der Medikamente basierenden und auf der Verpackungsebene basierenden Schutzmechanismen differenziert. Beide Methoden stellen allerdings einen statischen, temporär beschränkten Schutz dar, da Betrüger meist nach relativ kurzer Zeit in der Lage sind, genannte Sicherheitsmerkmale zu imitieren. Infolge der hoch entwickelten Computer- und Drucker-Technologie sinkt der hierfür benötigte Zeitraum stetig.⁴⁶⁰

Darstellung mit RFID

Der Einsatz der RFID-Technologie stellt eine effiziente Methode zur Sicherung der Patienten und der Pharmaindustrie gegenüber gefälschten Medikamenten dar. Im Vergleich zum Barcode ist das RFID-Etikett fälschungs- und kopiersicher. Um der Gefährdung von Patienten entgegen zu wirken, schreibt die US-amerikanische

⁴⁵⁸ vgl. Koh/Staake (2005), S. 161 f.

⁴⁵⁹ Koh/Staake (2005), S. 165

⁴⁶⁰ vgl. Koh/Staake (2005), S. 165

Behörde FDA (Food and Drug Administration) die lückenlose Chargenverfolgung vor und empfiehlt hierzu die Transponder-Technologie.⁴⁶¹

Um die lückenlose Verfolgung und damit die Sicherheit vor gefälschten Arzneimitteln sicherzustellen, ist die Verwendung der RFID-Technologie auf Produktebene zu forcieren. Hierzu wird jede Medikamentenpackung, der Beipackzettel oder das Medikament selbst mit einem RFID-Tag versehen. Dieser trägt eine eindeutige Identifikationsnummer, anhand derer die produktspezifischen Informationen, wie etwa die Chargennummer, das Haltbarkeits- oder Herstellungsdaten, über eine zentrale Datenbank abgerufen werden können. Durch die Rückverfolgbarkeit wird gleichzeitig die Echtheit des Medikaments überprüft. Erfolgt eine Erfassung bei jedem Umschlag der Medikamente bzw. bei jedem Ein- und Auslagerungsprozess zwischen allen Teilnehmern der Wertschöpfungskette und werden die ausgelesenen Informationen in der zentralen Datenbank gespeichert, so erhöhen sich Transparenz und damit Sicherheit in der gesamten Supply Chain. Ein effizientes Tracking und Tracing liefert neben dem Schutz vor pharmazeutischen Plagiaten auch Informationen zu Optimierungspotenzialen innerhalb der Wertschöpfungskette.⁴⁶² Nachstehende Abbildung gibt einen Überblick über eine auf RFID/EPC basierende Supply Chain in der Pharmaindustrie:

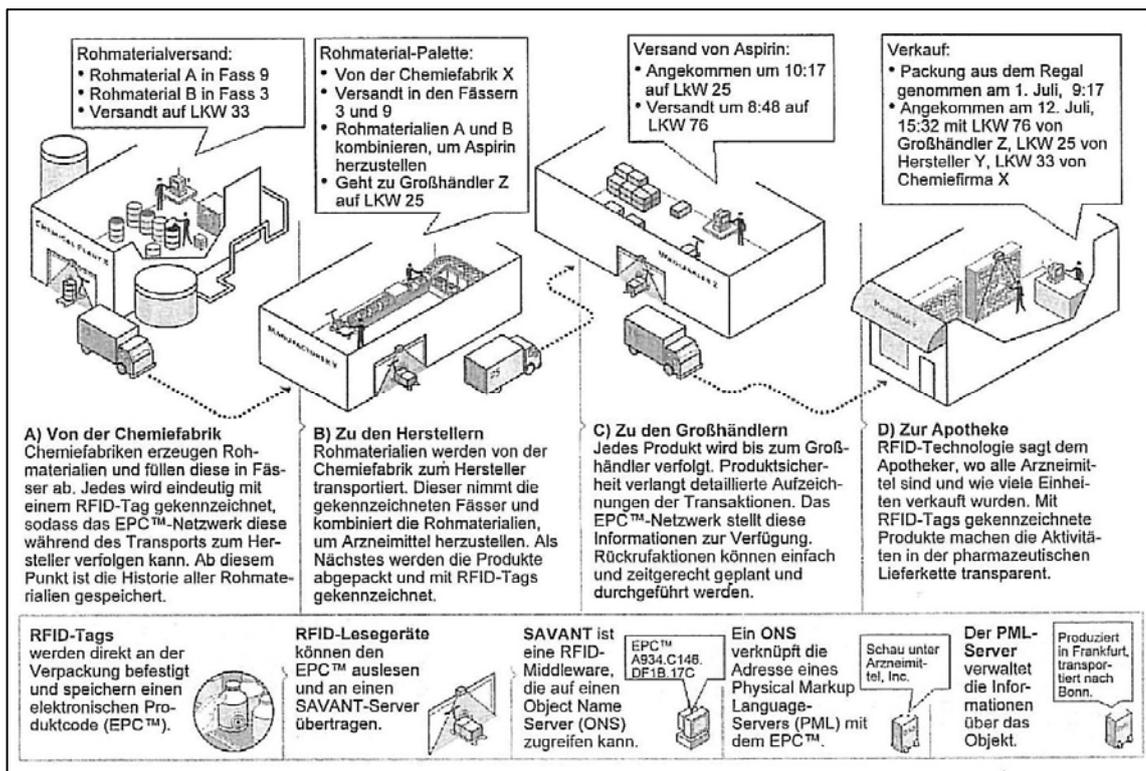


Abbildung 35: Eine transparente Lieferkette: Historie von Arzneimitteln⁴⁶³

⁴⁶¹ vgl. Fuchslocher (2006), S. 72

⁴⁶² vgl. Koh/Staake (2005), S. 166 ff.

⁴⁶³ Koh/Staake (2005), S. 167

Beurteilung

Durch die RFID-Auszeichnung von Produkten wird sowohl die Rückverfolgbarkeit als auch der Schutz vor Plagiaten sichergestellt. Die Pharmaindustrie erhöht die Sicherheit und stärkt das Vertrauen der Patienten in ihre Produkte, da der gesamte Weg zwischen Hersteller und Endkunde rückverfolgt werden kann.

Insbesondere bei der RFID-Verwendung auf Produktebene sind Datenschutz und Datensicherheit zu gewährleisten. Einer Verknüpfung und Speicherung mit kundenindividuellen Informationen ist entgegenzuwirken. Eine Rückverfolgbarkeit dahingehend, dass jede beliebige Person überprüfen kann, wer welche Medikamente zu welchem Zeitpunkt eingenommen hat und ein damit einhergehender Rückschluss auf mögliche Erkrankungen darf durch die RFID-Technologie nicht ermöglicht werden.⁴⁶⁴

Praxisbeispiel: Pfizer

Seit Herbst 2005 setzt der Pharmakonzern Pfizer die RFID-Technologie zur Sicherung gegenüber Fälschungen beim Produkt Viagra ein. Laut eigenen Angaben verliert das Unternehmen Beträge in hoher zweistelliger Millionenhöhe infolge von Plagiaten. Dadurch wird das Investitionsvolumen von 5 Millionen USD in die RFID-Auszeichnung gerechtfertigt. Jede Produktverpackung wird mit einem RFID-Transponder bestückt.⁴⁶⁵ Über die individuelle Identifikationsnummer ist jede Medikamentenpackung eindeutig identifizierbar, dessen Echtheit sichergestellt sowie der Verbreitung von Plagiaten Einhalt geboten. Um die Echtheit zu überprüfen, wird die am Transponder hinterlegte Nummer ausgelesen und mit den auf der sicheren Homepage des Unternehmens angeführten Codes verglichen.⁴⁶⁶

Praxisbeispiel: GlaxoSmithKline

Mitte des Jahres 2006 brachte das US-amerikanische Pharmaunternehmen GlaxoSmithKline im Rahmen eines sechsmonatigen Pilotprojektes RFID-Transponder an allen in den USA verkauften Fläschchen des Präparates 'Trizivir', einem HIV-Medikament, an. Ziel war die Erhöhung der Sicherheit für die Patienten, da 'Trizivir' zu den 32 am häufigsten gefälschten Arzneimitteln zählt. Der RFID-Transponder wurde sowohl im pharmazeutischen Großhandel als auch in Apotheken mit einem mobilen oder stationär installierten RFID-Lesegerät ausgelesen und dessen Echtheit überprüft. Das Pilotprojekt wurde in enger Zusammenarbeit mit der FDA durchgeführt um das Potenzial der RFID-Technologie zur Fälschungssicherung in der Pharmabranche zu evaluieren. Weitere Projekte stehen in Planung.⁴⁶⁷

Praxisbeispiel: Purdue Pharma & H. D. Smith

Im November 2004 starteten der Medikamentenhersteller Purdue Pharma und der pharmazeutische Großhändler H. D. Smith gemeinsam, ein auf RFID basierendes Pilotprojekt zur Sicherung von Arzneimitteln in der Supply Chain. Fokus lag auf der

⁴⁶⁴ vgl. Fuchslocher (2006), S. 72

⁴⁶⁵ vgl. Trechow (2006), S. 22

⁴⁶⁶ vgl. Fuchslocher (2006), S. 72

⁴⁶⁷ vgl. O. V. (2006m), S. 8

Distribution des Schmerzmittels 'Oxycontin' zwischen Hersteller und Abnehmer. Die Echtheit des Präparats und damit die Sicherheit des Patienten sollte sichergestellt werden. An jedem Punkt der Wertschöpfungskette ist die Möglichkeit gegeben, den Ursprung und damit die Authentizität des jeweiligen Medikaments zu überprüfen, indem die auf den Medikamenten angebrachten RFID-Transponder ausgelesen und die jeweilige Identifikationsnummer überprüft wird.⁴⁶⁸

6.3.2. Rückverfolgung in der Lebensmittelindustrie

Darstellung der Ist-Situation

In den letzten 10 Jahren waren aus den Medien immer wieder Berichte über Lebensmittelskandale zu vernehmen. BSE, Schweinepest, Vogelgrippe, der Gammel-Fleisch-Skandal oder mit Stechapfelsamen verunreinigte Hirse stellen eine begrenzte Auswahl dieser dar.

Im Zuge des BSE-Skandals forcierte die Europäische Union eine Neuausrichtung des Lebensmittelrechts. Die EU-Kommission entwickelte einen neuen rechtlichen Rahmen zur Abdeckung der gesamten Lebensmittelwertschöpfungskette einschließlich der Futtermittelindustrie. Mit 22. Februar 2002 trat die EU-Verordnung 178/2002 mit entsprechendem Inhalt in Kraft. Ziel ist der Schutz von Leben und Gesundheit der Menschen. Unter dem Begriff des Lebensmittels werden all jene Stoffe subsumiert, welche in un-, teil- oder verarbeitetem Zustand dazu geeignet sind, vom Menschen aufgenommen zu werden. Lebensmittel die als unsicher gelten, dürfen nicht in den Handel gelangen. Im Zuge der EU-Verordnung 178/2002 wurde die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit gegründet. Aufgabe der in Parma situierten Behörde ist unter anderem die umgehende und objektive Information der Öffentlichkeit und der Beteiligten in Krisensituationen. Um umgehende und effiziente Rückrufaktionen zu realisieren, ist jeder Lebensmittelhersteller verpflichtet, den jeweils vor- bzw. nachgelagerten Partner innerhalb der Wertschöpfungskette eines spezifischen Produktes zu nennen. Eine stufenübergreifende Rückverfolgung ist nicht ausdrücklich vorgesehen. Um im Krisenfall exakte Informationen bereitstellen zu können, ist jedes Lebensmittel produzierende Unternehmen dazu angehalten, entsprechende Verfahren und Systeme vorzuhalten. Ein einheitliches, durch die EU vorgegebenes System besteht nicht. Es ist ausschließlich sicherzustellen, dass beispielsweise Chargennummer, produktions- und distributionsspezifische Daten oder Informationen hinsichtlich verwendeter Verpackungsmaterialien der jeweils vor- bzw. nachgelagerten Stufe in der Supply Chain zur Verfügung stehen. Neben der Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit bestehen des Weiteren sofortige Melde-, Warn- und Rückrufpflichten, sobald einem Mitglied der Lebensmittelwertschöpfungskette die fehlende Sicherheit eines Produktes bekannt wird.⁴⁶⁹

⁴⁶⁸ vgl. Koroneos (2005), S. 19

⁴⁶⁹ vgl. Schroeder/Kraus (2005), S. 423

Darstellung mit RFID

Die RFID-Technologie wird einen wichtigen Beitrag zur Verwirklichung der EU-weiten Rückverfolgbarkeit von Lebensmitteln leisten. Vorstellbar wäre der Aufbau einer Datenbank, welche die Aufenthaltsorte verarbeiteter Chargen dokumentiert. Sowohl Lieferanten, Herstellern als auch die Endkonsumenten hätten sodann die Möglichkeit, spezifisch (Vor-) Produkte über die gesamte Supply Chain hinweg zurück zu verfolgen. Dies wird ermöglicht indem jedes Produkt einen RFID-Transponder trägt, welcher beispielsweise in Form eines EPC eine eindeutige Identifikation gewährleistet. Ist in der Online-Datenbank überprüfbar, welche Charge in welches Vorprodukt des fertigen Endproduktes einging, wird der geforderten Rückverfolgbarkeit entsprochen, Rückrufaktionen können wesentlich rascher und effizienter durchgeführt werden, die Sicherheit des Konsumenten steigt. Die Einführung eines EU-weiten Online-Services zur Rückverfolgung von Lebensmitteln wird von Experten auf etwa 20 Millionen Euro geschätzt.⁴⁷⁰

Beurteilung

Inwieweit und zu welchem Zeitpunkt das hier dargestellte Szenario tatsächlich realisiert werden kann, wird die Zukunft zeigen. Aktuell stehen dem jedoch sowohl die hohen Investitionskosten als auch Datenschutzprobleme entgegen.

Wie nachstehende Praxisbeispiele zeigen, wird der unternehmensinterne RFID-Einsatz zur Rückverfolgung und Identifikation von Waren allerdings bereits praktiziert – eine EU-weite elektronische Plattform fehlt bis dato noch.

Praxisbeispiel: Spar

Die Salomon Automation GmbH entwickelte gemeinsam mit der TU Graz und Tricon Consulting für das Handelsunternehmen Spar das 'Smart Warehouse'. Dabei handelt es sich jedoch nicht – wie der Name vorzugeben scheint – um ein Projekt zur Optimierung der Lagerverwaltung sondern um eine Lösung zur Abbildung des Work Flow sowie zur Steuerung von Logistikprozessen. Projektanlass war die im Jahr 2002 verabschiedete EU-Verordnung 178/2002 zur Sicherung und Rückverfolgung von Lebensmitteln und Ladungsträgern. Durch die Kennzeichnung und eindeutige Identifikation der Transportbehälter und deren Beobachtung innerhalb der Logistikprozesse sollte überprüft werden, inwieweit dadurch der genannten Verordnung entsprochen werden kann. Hierzu wurden die von Spar zur Auslieferung verwendeten Rollbehälter mit RFID-Transpondern versehen. Bei der Be- und Entladung der LKWs wurden diese automatisch mit Hilfe mobiler bzw. stationärer RFID-Lesegeräte erfasst sowie die ausgelesenen Daten im Verwaltungssystem gespeichert. Infolge ist Spar in der Lage, den Weg jedes einzelnen Rollbehälters zu verfolgen und dadurch den Warenfluss abzubilden. Spar geht außerdem davon aus, dass in Zukunft die RFID-Technologie auf Produktebene zum Einsatz kommen wird, wodurch eine lückenlose Rückverfolgbarkeit aller Lebensmittel realisiert werden kann.⁴⁷¹

⁴⁷⁰ vgl. Lochmeier (2005), S. 13

⁴⁷¹ vgl. O. V. (2006n), S. 178

Praxisbeispiel: Zott

Die Molkerei Zott setzt die RFID-Technologie zur Identifikation von Käseblöcken und damit einhergehend zur Chargenverfolgung gemäß EU-Verordnung 178/2002 ein. Hierzu werden in die Kunststoffpaletten RFID-Transponder eingelassen. Pro Palette werden sechs à 120kg schwere Käseblöcke transportiert. Der Einsatz der Barcode-Technologie war aufgrund der täglichen Niederdruckreinigung der Paletten nicht möglich. Aufgrund hygienischer Anforderungen war auch eine Verwendung von Metallschildern ausgeschlossen. Zum Auslesen der Transponder wurden an der Palettierstation sowie an allen Aufnahmevorrichtungen der Fertigungslinie RFID-Lesegeräte installiert. Wird eine leere Palette in die Ladestation eingefahren, erfolgt eine automatische Erfassung der am RFID-Transponder hinterlegten Daten. Im Vorhinein bereits identifizierte Käseblöcke werden auf die Palette gehoben. Die Fertigungsnummer des jeweiligen Käseblocks entspricht dabei der Chargennummer und wird mit der eindeutigen Identifikationsnummer der Palette verknüpft. Bei der Zuführung zur jeweiligen Verarbeitungsstation werden die hinterlegten Daten ausgelesen und überprüft. Bei der Zuführung einer falschen Palette wird Alarm ausgelöst, der weitere Verarbeitungsprozess unterbrochen bzw. eine eindeutige Chargenzuordnung sichergestellt. Zuletzt erfolgt die Stückelung sowie Verpackung der einzelnen Käsestücke. Auf einem Barcode-Etikett werden Artikel, Gewicht, Chargennummer, Herstellungsdatum, etc aufgedruckt. Jedes Käsestück ist daher eindeutig einer spezifischen Charge zuzuordnen. Den in der EU-Verordnung 178/2002 spezifizierten Anforderungen wird entsprochen.⁴⁷²

⁴⁷² vgl. B&M (2007), S. 7

7. Conclusio

Wie die Ausführungen zu den Anwendungsfeldern der RFID-Technologie zeigen, hat die Transponder-Technologie bereits heute in eine Vielzahl von Industrien Einzug gehalten. In allen logistischen Teilprozessen sind Beispiele für deren erfolgreichen Einsatz zu finden: die Lagerhaltung und –Verwaltung sowie die Kommissionierung werden optimiert, Produktionsprozesse und –Sicherheit unterstützt bzw. erhöht, der innerbetriebliche Transport effizienter gestaltet sowie Tracking and Tracing in außerbetrieblichen Transportsystemen verwirklicht. Zusätzlich werden im Behältermanagement Potenziale der Effizienz- und Effektivitätssteigerung genutzt, die Transparenz in der Supply Chain infolge der RFID-gestützten Chargenverfolgung gesteigert.

Die Mehrheit genannter RFID-Projekte bezieht sich allerdings auf geschlossene, unternehmensinterne Kreisläufe. Die Essentialität der weiter voranschreitenden Standardisierung zur Verwirklichung von unternehmens- und länderübergreifenden, offener RFID-Anwendungen wird dadurch unterstrichen. Einen wichtigen Beitrag hierzu tätigen sowohl EPCglobal als auch die Internationale Standardisierungsorganisation ISO. Von ihnen entwickelte und ratifizierte, branchenübergreifende Standards unterstützen die Interoperabilität und Komplementarität der RFID-Systeme. Insbesondere das EPCglobal-Netzwerk stellt einen umfassenden RFID-Implementierungsrahmen dar, ist aber aufgrund der ausschließlichen Fokussierung auf den EPC und der damit einhergehenden zentralen Datenhaltung nicht gegenüber jeder Kritik immun.

Auch im Bereich des Datenschutzes und der Datensicherheit ist EPCglobal aktiv. Durch die seit 1. Jänner 2005 in Geltung stehenden Verbraucherschutzrichtlinien erhalten die RFID anwendenden Unternehmen einen Überblick zur rechtskonformen Behandlung von Konsumenten (-Daten) und ergänzen bestehende europarechtliche und nationale Gesetze. Die im EPCglobal Gen2-Standard inkludierte Kill-Funktion entspricht den Anforderungen der Datensicherheit. Um die Akzeptanz der RFID-Technologie in der Bevölkerung zu erhöhen, bedarf es neben einschlägigen Gesetzen und Regelungen einer zusätzlichen Aufklärung über deren Funktionsweise und den generierten Nutzen für Unternehmen und den Kunden selbst. Denn die vielfach artikulierten Befürchtungen, hinsichtlich dem 'gläsernen Konsumenten' oder fehlender informationeller Selbstbestimmung sind teils auf das zu geringe Wissen über die Transponder-Technologie zurückzuführen und könnten durch Aufklärungsarbeit beseitigt werden. Des Weiteren ist aufgrund des überwiegend innerbetrieblichen RFID-Einsatzes oftmals kein direkter Kontakt zum Endkonsumenten gegeben, wodurch genannte Kritikpunkte nicht zum Tragen kommen. Für die erfolgreiche Installation ist sowohl die Akzeptanz der Mitarbeiter als auch jene der Kunden unumgänglich.

Neben Standardisierung und Datenschutz haben auch die Kosten der RFID-Implementierung großen Einfluss auf die Entscheidung für oder wider die Technologie. Hardware-, Software- und Schulungskosten sind nur ein Teil zu berücksichtigender

monetärer Faktoren. In Abhängigkeit von der Abnahmemenge kann ein passives RFID-Etikett heute zu einem Preis von 10 Cent eingekauft werden. Infolge stetiger Entwicklungen, insbesondere auf dem Feld der Polymertechnologie ist in naher Zukunft mit einem Preis von unter 5 Cent pro Label zu rechnen. Laut Aussagen des Textil- und Lebensmittelhandels ist ein RFID-Einsatz auf Produktebene ab Kosten von 2-3 Cent als wirtschaftlich anzunehmen.

An einer RFID-Installation interessierten Unternehmen ist aufgrund der vielfältigen Leistungsmerkmale der Technologie zu empfehlen, konkrete Einsatzfelder zu definieren, die spezifischen Vor- und Nachteile der zur Verfügung stehenden RFID-Systeme gegeneinander abzuwägen und Pilotprojekte zu starten, um die jeweiligen Stärken und Schwächen zu eruieren, eine Wissensbasis für die Implementierung auf breiter Ebene aufzubauen.

Die Autorin ist der Ansicht, dass trotz der vielfältigen Vorteile und Stärken der RFID-Technologie auch in Zukunft noch ein paralleler Einsatz von RFID und Barcode in der Praxis anzutreffen sein wird. Vertrauen in die Transponder-Technik muss aufgebaut, das vollständige Nutzenpotenzial teilweise erst noch erkannt werden. Trotzdem wird die Ablösung des Barcodes durch RFID kommen, der genaue Zeitpunkt wird dabei von der Entwicklung der Kosten, der weiteren Standardisierungstätigkeit sowie der Datenschutzregelungen und der allgemeinen Akzeptanz abhängig sein.

8. Literaturverzeichnis

Arnold/Furmans (2007)

Arnold, D./Furmans, K.: Materialfluss in Logistiksystemen, 5. Auflage, Berlin/Heidelberg 2007

Bacheldor (2007)

Bacheldor, B.: Pilot Project Tracks Cargo from Shanghai to Savannah, in: <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/3398/> (05.07.2007)

Baginski (2006)

Baginski, R.: Dezentrale Informationstechnologien für Flurförderfahrzeuge und Ladungsträger zur Optimierung der Intralogistik, in: Arnold, D. (Hrsg.): Intralogistik – Potentiale, Perspektiven, Prognosen, Berlin/Heidelberg 2006, S. 224-238

BITCOM (2006)

BITCOM: BITCOM RFID Guide 2006, http://www.bitkom.org/files/documents/rfid_guide_2006.10.11_ST.pdf (08.03.2007)

B&M (2007)

B&M: Zott High-tech Molkerei mit RFID – Chargenverfolgung in Käserei mit RFID, in: B&M FBI News 2007, S. 7

Böse/Uckelmann (2006)

Böse, F./Uckelmann, D.: Von der Chargenverfolgung zur Produktverfolgung – Veränderungen in der logistischen Rückverfolgung auf Basis innovativer Identifikationstechnologien, in: Engelhardt-Nowitzki, C./Lackner, E. (Hrsg.): Chargenverfolgung, Wiesbaden 2006, S. 133-148

Bruckner (2006)

Bruckner, W.: Sicherheit wirtschaftlich umsetzen, in: Deutsche Verkehrs-Zeitung, Nr. 131/2006, S. 7

BSI (2004)

BSI – Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik: Risiken und Chancen des Einsatzes von RFID-Systemen, <http://www.bsi.de/fachthem/rfid/RIKCHA.pdf> (08.05.2007)

Buhl (2005)

Buhl, H.: CCG – RFID/EPC – EPCglobal – GS1 Germany: Hintergründe und Zusammenhänge, in: ident, Heft 2/2005, 10. Jahrgang, S. 34-35

Clasen (2005)

Clasen, M.: Das EPCglobal-Netzwerk – Das Internet der Dinge, in: Seifert, W./Decker, J. (Hrsg.): RFID in der Logistik – Erfolgsfaktoren für die Praxis, Hamburg 2005, S. 181-193

Clasen (2006a)

Clasen, M.: Aktueller Stand der RFID-Standardisierung, in: http://www.gs1-germany.de/common/daten/epcglobal/files/zeitschriftenaufsaetze/stand_rfid_standardisierung.pdf (16.04.2007)

Clasen (2006b)

Clasen, M.: RFID-Transponder nach EPCglobal-Standard – Hightech zum Discount-Tarif, in: http://www.isis-specials.de/profile_pdf/editorial_gs1_rfid0206.pdf (25.05.2007)

Clasen (2007)

Clasen, M.: RFID-Sensoren überwachen Kühlkette, in: retail technology journal, Heft 2/2007, S. 40

Clasen/Jansen/Hustadt (2005)

Clasen, M./Jansen, R./Hustadt, J.: Aktueller Status der Standardisierung bei RFID-Anwendungen für die Logistik, in: Seifert, W./Decker, J. (Hrsg.): RFID in der Logistik – Erfolgsfaktoren für die Praxis, Hamburg 2005, S. 61-85

Clasen/Kalmbach (2006)

Clasen, M./Kalmbach, U.: RFID heute und morgen – Die Identifikationstechnologie RFID macht weitere Fortschritte, in: Logistik inside, Heft 01/2006, S. 42-45

Cocca/Schoch (2005)

Cocca, A./Schoch, T.: RFID-Anwendungen bei der Volkswagen AG – Herausforderungen einer modernen Ersatzteillistik, in: Fleisch, E./Mattern, F. (Hrsg.): Das Internet der Dinge, Berlin/Heidelberg 2005, S. 197-208

Darkow/Decker (2006)

Darkow, I.-L./Decker, J.: Technologie und Anwendungsfelder von RFID, in: Engelhardt-Nowitzki, C./Lackner, E. (Hrsg.): Chargenverfolgung, Wiesbaden 2006, S. 39-57

Dietmar (2006)

Dietmar, H.-M.: Bald wird die Box kommunizieren, in: Deutsche Verkehrs-Zeitung – Sonderbeilage 'Container', Heft 144/2006, S. 12

DSG (2000)

DSG – Datenschutzgesetz 2000, BGBl. I Nr. 165/1999, idF. 136/2001

Duden (1999)

Duden – Das große Wörterbuch der deutschen Sprache in 10 Bänden, 3. Auflage, Mannheim/Leipzig/Wien/Zürich/ 1999, 2. Band

Duin et al. (2005)

Duin, H. et al.: Cross-Impact Analysis of RFID Scenarios for Logistics, in: Lasch, R./Janker, Ch. G. (Hrsg.): Logistik Management – Innovative Logistikkonzepte, Wiesbaden 2005, S. 363-376

ECIN (2007)

ECIN: RFID bleibt 2007 Thema, <http://www.ecin.de/news/2007/01/09/10288/index.html> (12.03.2007)

Eckert (2006)

Eckert, C.: IT-Sicherheit – Konzepte, Verfahren, Protokolle, 4. Auflage, München 2006

EG-Richtlinie 2002/58/EG

Richtlinie 2002/58/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Juli 2002 über die Verarbeitung personenbezogener Daten und den Schutz der Privatsphäre in der elektronischen Kommunikation, Abl. Nr. L 201, 37 vom 31.07.2002

Ehrhardt (2001)

Ehrhardt, M.: Netzwerkeffekte, Standardisierung und Wettbewerbsstrategie, Wiesbaden 2001

Einbock/Kummer (2006)

Einbock, M./Kummer, S.: Logistiktelematik als Ansatzpunkt effizienter Chargenverfolgung, in: Engelhardt-Nowitzki, C./Lackner, E. (Hrsg.): Chargenverfolgung, Wiesbaden 2006, S. 193-208

Ende (2005)

Ende, W.: Innerbetrieblicher Materialfluss, in: Seifert, W./Decker, J. (Hrsg.): RFID in der Logistik – Erfolgsfaktoren für die Praxis, Hamburg 2005, S. 216-223

EPCglobal (2005)

EPCglobal: Object Naming Service (ONS) Version 1.0 – EPCglobal Ratified Specification, in: http://www.epcglobalinc.org/standards/Object_Naming_Service_ONS_Standard_Version_1.0.pdf (17.04.2007)

EPCglobal (2006)

EPCglobal: Reader Protocol Standard, Version 1.1, in: http://www.epcglobalinc.org/standards/Reader_Protocol_Standard.pdf (19.04.2007)

EPCglobal (2007)

EPCglobal, <http://www.epcglobalinc.org/about/governance/> (04.04.2007)

EPCglobal Austria (2007a)

EPCglobal, http://www.epcglobal.at/was_ist_epcglobal/netzwerk (16.04.2007)

EPCglobal Austria (2007b)

EPCglobal, http://www.epcglobal.at/dokumente_standards/die_standards_von_epcglobal (17.04.2007)

EPCglobal Austria (2007c)

EPCglobal, <http://www.epcglobal.at/node/98> (20.04.2007)

EPCglobal Austria (2007d)

EPCglobal, http://www.epcglobal.at/files/hen_Frequenzbereichen_und_Anwendungsgebieten.pdf (25.04.2007)

Ephan/Werke (2006)

Ephan, N./Werke, K.: Lesequalität passiver UHF RFID Tags, in: BITCOM RFID Guide 2006, S. 25-36, http://www.bitkom.org/files/documents/rfid_guide_2006.10.11_ST.pdf (08.03.2007)

ETSI (2006)

ETSI, http://www.etsi.org/about_etsi/5_minutes/home.htm (02.05.2007)

EU-Kommission (2007)

EU-Kommission: Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen – Frequenzkennzeichnung (RFID) in Europa: Schritte zu einem ordnungspolitischen Rahmen, in: http://ec.europa.eu/information_society/policy/rfid/doc/rfid_de.pdf (17.05.2007)

Fein (2006)

Fein, A. J.: Warehouses Go RELESS, in: Contracting Business, Heft 2/2006, S. 34

Finkenzeller (2006)

Finkenzeller, K.: RFID Handbuch – Grundlagen und praktische Anwendungen induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipkarten, 4. Auflage, München/Wien 2006

Fishkin/Roy (2003)

Fishkin, K. P./Roy, S.: Enhancing RFID Privacy via Antenna Energy Analysis, in: <http://www.rfidprivacy.us/2003/papers/fishkin.pdf> (10.05.2007)

Flörkemeier (2005)

Flörkemeier, Ch.: EPC-Technologie – vom Auto-ID Center zu EPCglobal, in: Fleisch, E./Mattern, F. (Hrsg.): Das Internet der Dinge, Berlin/Heidelberg 2005, S. 87-100

Franke/Dangelmaier (2006)

Franke, W./Dangelmaier, W. (Hrsg.): RFID – Leitfaden für die Logistik, Wiesbaden 2006

Froböse (2006)

Froböse, R.: Normen & Standards, in: ident, Heft 6/2006, S. 54-55

Fuchslocher (2006)

Fuchslocher, M.: Funktechnik macht Medikamente fälschungssicher – Gegen Risiken und Nebenwirkungen, in: cav chemie-anlagen + verfahren, Heft 10/2006, S. 72

Füßler (2005)

Füßler, A.: Im Mittelpunkt steht immer der Mensch, in: ident, Heft 1/2005, S. 26-27

FTK (2006)

FTK: RFID-Umfrage 2006 – Wohin geht der Markt?, in:
<http://www.ftk.de/downloads/rfid/rfid-umfrage-2006.pdf> (24.05.2007)

Garber (2005)

Garber, T.: RFID-Technologie – Goldene Zukunft oder nur ein Marketing-Hype?, in: Absatzwirtschaft – Zeitschrift für Marketing, Heft 2/2005, S. 30-33

Gerhäuser/Pflaum (2004)

Gerhäuser, H./Pflaum, A.: RFID verändert die Architektur logistischer Informationssysteme, in: Prockl, G./Bauer, A./Pflaum, A./Müller-Steinfahrt, U. (Hrsg.): Entwicklungspfade und Meilensteine moderner Logistik, Wiesbaden 2004, S. 267-294

Gienke/Kämpf (2007)

Gienke, H./Kämpf, R.: Handbuch Produktion, München 2007

Gillert/Hansen (2007)

Gillert, F./Hansen, W. R.: RFID für die Optimierung von Geschäftsprozessen, München/Wien 2007

Glasmacher (2005)

Glasmacher, A.: Grundlagen der Radio Frequenz Identifikation (RFID), in: Seifert, W./Decker, J. (Hrsg.): RFID in der Logistik – Erfolgsfaktoren für die Praxis, Hamburg 2005, S. 23-31

Glasmacher (2006)

Glasmacher, A.: RFID Lokalisierungssysteme, in: ident, Heft 1/2006, S. 50

Graf (2004)

Graf, W.: Datenschutzrecht im Überblick, Wien 2004

Grundler/Mühlemann (2006)

Grundler, E./Mühlemann, P.: LogiMAT 2006 – Small Size auf Rekordkurs, in: Logistik und Fördertechnik, Heft 3/2006, S. 14-19

Gründler/Richter/Buttinger (2005)

Gründler, U./Richter, K./Buttinger, G.: RFID in der Arbeitsgestaltung - eine neue Erfassungstechnologie für die REFA-Arbeit, in: REFA-Nachrichten, Heft 5/2005, S. 23-28

GS1-Austria (2007)

http://www.gs1austria.at/epc/html/11_2_1epc.html (17.04.2007)

GS1-Germany (2007a)

http://www.gs1-germany.de/content/produkte/epcglobal/epc_rfid/der_epc/index_ger.html (04.04.2007)

GS1-Germany (2007b)

http://www.gs1-germany.de/internet/content/produkte/epcglobal/organisation/organisationsstruktur/auto_id_labs/index_ger.html, (04.04.2007)

GS1-Germany (2007c)

http://www.gs1-germany.de/internet/content/produkte/epcglobal/organisation/organisationsstruktur/index_ger.html (04.04.2007)

GS1-Germany (2007d)

http://www.gs1-germany.de/internet/content/produkte/epcglobal/organisation/organisationsstruktur/action_groups/index_ger.html (04.04.2007)

GS1-Germany (2007e)

http://www.gs1-germany.de/internet/content/produkte/epcglobal/organisation/organisationsstruktur/gremien/index_ger.html (04.04.2007)

GS1-Germany (2007f)

http://www.gs1-germany.de/internet/content/produkte/epcglobal/epc_rfid/epcglobal_netzwerk/funktionsweise/index_ger.html (20.08.2007)

Gudehus (2005)

Gudehus, T.: Logistik – Grundlagen, Strategien, Anwendungen, 3. Auflage, Berlin/Heidelberg 2005

Hab/Wagner (2006)

Hab, G./Wagner, R.: Projektmanagement in der Automobilindustrie, 2. Auflage, Wiesbaden 2006

Hammermeister (2007)

Hammermeister, T.: Pkw-Motoren flexibel montieren - RFID im industriellen Einsatz, in: ke - konstruktion + engineering, Heft 4/2007, S. 60-61

Hanhart et al. (2005)

Hanhart, D./Jinschek, R./Kipper, U./Legner, Ch./Österle, H.: Mobile und Ubiquitous Computing in der Instandhaltung – Bewertung der Anwendungsszenarien bei der Fraport AG, in: HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik, Heft 244/2005, S. 62-73

Heng (2006)

Heng, St.: RFID-Funkchips – Zukunftstechnologie in aller Munde, in: Deutsche Bank Research, http://www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD0000000000195905.pdf (07.06.2007)

Hirschsteiner (2006)

Hirschsteiner, G.: Materialwirtschaft und Logistikmanagement, Ludwigshafen 2006

Hompel ten/Schmidt (2005)

Hompel ten, M./Schmidt, T.: Warehouse Management, 2. Auflage, Berlin/Heidelberg 2005

Hompel ten/Heidenblut (2006)

Hompel ten, M./Heidenblut, V.: Taschenlexikon Logistik, Berlin/Heidelberg 2006

Informationsforum RFID (2007)

Informationsforum RFID: Basiswissen RFID,
http://www.info-rfid.de/downloads/basiswissen_rfid.pdf (18.03.2007)

ISO (2007a)

ISO: <http://www.iso.org/iso/en/aboutiso/introduction/index.html> (23.04.2007)

ISO (2007b)

ISO: <http://iso.nocrew.org/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSNUMBER=31432> (03.05.2007)

ISO (2007c)

ISO: <http://iso.nocrew.org/iso/en/CombinedQueryResult.CombinedQueryResult?queryString=iso+15693> (03.05.2007)

ISO (2007d)

ISO: <http://www.iso.org/iso/en/CombinedQueryResult.CombinedQueryResult?queryString=14443> (03.05.2007)

ISO (2007e)

ISO: <http://www.iso.org/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSNUMBER=40809&scopelist=PROGRAMME> (05.07.2007)

IT Wissen (2007)

IT Wissen: http://www.itwissen.info/definition/lexikon//_cicccicc_ciccclose%20coupling%20integrated%20chip%20cardcicc_cicccicc-karte.html (03.05.2007)

Jansen (2007)

Jansen, R.: Nutzen und Potenziale des RFID-Einsatzes, in: ident Jahrbuch 2007, S. 60-65

Jansen/Mannel (2006)

Jansen, R./Mannel, A.: Die Zukunft von EAS und RFID – Wachsen die Technologien zusammen?, in: ident, Heft 6/2006, S. 52-53

Japs (2006)

Japs, S.: Regulierungsrahmen, in: BITCOM RFID Guide 2006, S. 56-58, http://www.bitkom.org/files/documents/rfid_guide_2006.10.11_ST.pdf (08.03.2007)

John (2006)

John, D.: KPMG – Studie 2006 zur Wirtschaftskriminalität in Deutschland, in: http://www.kpmg.de/library/pdf/060626_Studie_2006_Wirtschaftskriminalitaet_de.pdf (10.06.2007)

Jules/Rivest/Szydlo (2003)

Jules, A./Rivest, R. L./Szydlo, M.: The Blocker Tag: Selective Blocking of RFID Tags for Consumer Privacy, Washington, DC, USA 2003 in: <http://www.rsa.com/rsalabs/staff/bios/ajuels/publications/blocker/blocker.pdf> (10.05.2007)

Kern (2006/2007)

Kern, Ch.: Anwendung von RFID-Systemen, 2. Auflage, Berlin/Heidelberg 2006/2007

Kiess (2006)

Kiess, M.: RFID sorgt für die optimale Lieferkette, in: Beschaffungsmarkt – Das Jahrbuch für den industriellen Einkauf 2006, S. 8-9

Kleinemeyer (1998)

Kleinemeyer, J.: Standardisierung zwischen Kooperation und Wettbewerb, Frankfurt am Main 1998

Kober (2006)

Kober, I.: In Österreich werden Waren im Wert von 438 Mio. Euro (rd. 6 Mrd. Schilling!) gestohlen. Oje, Diebe schröpfen den Handel, in: Regal, Nr. 11/06, S. 17

Koether (2006)

Koether, R.: Taschenbuch der Logistik, 2. Auflage, München/Wien 1006

Koh/Staake (2005)

Koh, R./Staake, T.: Nutzen von RFID zur Sicherung der Supply Chain der Pharmaindustrie, in: Fleisch, E./Mattern, F. (Hrsg.): Das Internet der Dinge, Berlin/Heidelberg 2005, S. 161-175

Kohagen von (2005)

Kohagen von, J.: Mit RFID-Chip gegen Behälterschwund, in: Deutsche Verkehrs-Zeitung, Nr. 23/2005, S. 5

Kömpf (2006)

Kömpf, M.: Instandhaltung hält die Wertschöpfungskette zusammen, in: VDI Nachrichten, NR. 47/2006, S. 26

Koroneos (2005)

Koroneos, G.: RFID Pedigree Program Enters Pilot Phase, in: Pharmaceutical Technology, Cleveland: Jul 2005. Vol. 29, Iss. 7; pg. 19

Kranke (2007)

Kranke, A.: Was hinter EPCIS steckt, in: Logistik inside, Heft 07-08/2007, S. 52-53

Kuhlmann/Amende (2006)

Kuhlmann, F./Amende M.: EPC-Informationsservice (EPCIS) und Umsetzung im EPC-Showcase (2006), in: http://www.gs1-germany.de/content/e39/e466/e468/datei/epc_rfid/epcis_epcshowcase.pdf (16.04.2007)

Kummer/Grün/Jammerneegg (2006)

Kummer, S./Grün, O./Jammerneegg, W.: Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik, München 2006

Lachmann (2007)

Lachmann, H.: RFID-Chips überwachen Blutkonserven, in: VDI Nachrichten, NR. 09/2007, S. 7

Lampe/Flörkemeier/Haller (2005)

Lampe, M./Flörkemeier, Ch./Haller, St.: Einführung in die RFID-Technologie, in: Fleisch, E./Mattern, F. (Hrsg.): Das Internet der Dinge, Berlin/Heidelberg 2005, S. 69-86

Langheinrich (2005)

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

Lipp/Mezger (2007)

Lipp, U./Mezger, M.: Auch Floristik braucht Logistik – RFID steuert Blumenpracht bei Rutishauser AG Züberwangen, in: ident, Heft 4/2007, S. 14-16

Lippok (2006)

Lippok, Ch.: Carrefour sichert an der Quelle, in: Textil-Wirtschaft 13/2006, S. 47

Lochmeier (2005)

Lochmeier, L.: Lebensmittelsicherheit: EU-weite Nachverfolgbarkeit in der Lebensmittelindustrie macht Fortschritte – Niedersachsen deutscher Vorreiter, in: VDI, NR. 14/2005, S. 13

Loderhose (2005)

Loderhose, B.: Lobby für klügere Tags, in: Lebensmittel-Zeitung, Heft 43/2005, S. 28

Martin (2006)

Martin, H.: Transport- und Lagerlogistik – Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik, 6. Auflage, Wiesbaden 2006

Maruhn (2005)

Maruhn, E.: Auftrieb aus dem Netz, in: Deutsche Verkehrs-Zeitung – Luftfracht, Heft 109/2005, S. 1

Mattern (2005)

Mattern, F.: Die technische Basis für das Internet der Dinge, in: Fleisch, E./Mattern, F. (Hrsg.): Das Internet der Dinge, Berlin/Heidelberg 2005, S. 39-66

Melski (2006)

Melski, A.: Grundlagen und betriebswirtschaftliche Anwendungen von RFID, in: Schumann, M. (Hrsg.): Arbeitsbericht Nr. 11/2006, S. 39, in: http://www.wi2.wiso.uni-goettingen.de/getfile/ID_608/AB_06_11_Grundlagen_RFID.pdf (12.03.2007)

Michaud (2007)

Michaud, Ch.: When Product Goes Away, in: Dealernews, Jan. 2007, Vol. 43, Iss. 1, S. 56

Müller-Wondorf (2006)

Müller-Wondorf, R.: Original oder Fälschung?, in: Verkehrs-Rundschau, Heft 37/2006, S. 86-90

Nebi/Prüß (2006)

Nebi, T./Prüß, H.: Anlagenwirtschaft, München 2006

Neumann (2006)

Neumann, G.: Prozessführung mit intelligenten Logistikobjekten, in: Engelhardt-Nowitzki, C./Lackner, E. (Hrsg.): Chargenverfolgung, Wiesbaden 2006, S. 73-92

Neureiter (2006)

Neureiter, R.: Steter Abgleich, in: Gefahrgut, Heft 06/2006, S. 16-18

Oeldorf/Olfert (2004)

Oeldorf, G./Olfert, K.: Materialwirtschaft, 11. Auflage, Ludwigshafen (Rhein) 2004

O. V. (2002a)

O. V.: Audi optimiert Prozess-Steuerung und Lagerverwaltung mit Hilfe von RFID – Identensystem für schöne Karossen, in: FM Fracht + Materialfluß, Heft 3/2002, S. 26

O. V. (2002b)

O. V.: Logistik mit RFID-Technologie – Puzzlespiel mit 3000 Autos auf dem Parkplatz, in: elektrotechnik Nr. 12/2002, S. 34

O. V. (2003)

O. V.: Null-Fehler-System mit Transpondern Opel steuert Produktion per RFID-Technik, in: Deutsche Verkehrs-Zeitung, Nr. 014/2003, S. 23

O. V. (2004)

O. V.: Auf der Behälterspur, in: LOGISTIK HEUTE – Extra: Verpackung, Heft 9/2004, S. 56-57

O. V. (2005a)

O. V.: SSI Schäfer/Retouren- und Kommissionierlager mit RFID, in: "a3-volt" Nr. 07-08/05, S. 108, Ressort: Logistik

O. V. (2005b)

O. V.: RFID-gestützte Reparatur- und Servicearbeiten – Die Wahrheit liegt auf dem Transponder, in: Industrieanzeiger, Heft 44/2005, S. 43

O. V. (2006a)

O. V.: Intermec and Cascade Team to Create the 'RFID Forklift of the Future', in: Wireless News, Feb 9, 2006, S. 1

O. V. (2006b)

O. V.: Funktechnologie: Metro testet staplergestütztes RFID-System, in: Industrieanzeiger, Heft 29/2006, S. 42

O. V. (2006c)

O. V.: Intelligente Bücher, in: LOGISTIK HEUTE, Heft 11/2006, S. 30-31

O. V. (2006d)

O. V.: Identec Solutions: Aktive RFID-Datenträger sichern wertvolle Objekte, in: "it&t-business" Nr. 4/06, S. 43

O. V. (2006e)

O. V.: Versandhandel Otto: Weniger Schwund bei hochwertigen Gütern durch Transponder-Etiketten, in: FM Fracht + Materialfluß, Heft 4/2006, S. 40

O. V. (2006f)

O. V.: Virgin Atlantic beginnt Pilotprojekt einer RFID-Lösung von Printronix – RFID in der Praxis auf dem Prüfstand, in: FM Fracht + Materialfluß, Heft 10/2006, S. 52

O. V. (2006g)

O. V.: Mit RFID bleiben die Teile auf dem Radar, in: Computerwoche, Nr. 16/2006, S. 32

O. V. (2006h)

O. V.: RFID: Transponder dokumentieren jeden Handgriff im Prozess – Autobauer haben wieder mal die Nase vorn, in: Industrieanzeiger, Heft 47/2006, S. 60

O. V. (2006i)

O. V.: Recycling mit Transpondern, in: LOGISTIK HEUTE, Heft 1-2/2006, S. 58-59

O. V. (2006j)

O. V.: Funkende Kisten, in: LOGISTIK HEUTE, Heft 1-2/2006, S. 60-61

O. V. (2006k)

O. V.: Licht ins Dunkel, in: LOGISTIK HEUTE, Heft 4/2006, S. 20

O. V. (2006l)

O. V.: Kennzeichnung von Mehrwegtransportverpackungen, in: PACKREPORT 09/2006, S. 98

O. V. (2006m)

O. V.: GlaxoSmithKline starts RFID anti-counterfeit tests, in: Healthcare Purchasing News. Northfield: May 2006, Vol. 30, Iss. 5; pg. 8

O. V. (2006n)

O. V.: Lückenlos überwacht, in: Trend, 10/06, S. 178

O. V. (2007a)

O. V.: BMBF-Forschungsprojekt IdentProLog – Auf dem Weg zur intelligenten Europalette?, in: ident, Heft 2/2007, 12. Jahrgang, S. 32

O. V. (2007b)

O. V.: Transparenz mit Tags, in: LOGISTIK HEUTE, Heft 3/2007, S. 58-59

O. V. (2007c)

O. V.: Tags für Schrauben & Kompressoren, in: LOGISTIK HEUTE, Heft 4/2007, S. 18-19

O. V. (2007d)

O. V.: RFID wird langsam erwachsen, in: Verpackungs-Rundschau, Heft 3/2007, S. 38-42

O. V. (2007e)

O. V.: Neue RFID-Lösung – Diebsgut wird unbrauchbar, in: "a3-eco" Nr. 06/07, S. 50

O. V. (2007f)

O. V.: Verkaufte Stückzahlen 2006 waren enttäuschend – globale Forschungskoooperation gegründet – RFID-Verbreitung geht langsamer als erwartet, in: Computer Zeitung, http://www.computerzeitung.de/article.html?thes=&art=/articles/2007019/31081903_ha_CZ.html (12.07.2007)

O. V. (2007g)

O. V.: Transponder als elektronische Warenbegleitscheine, in: ident, Heft 2/2007, S. 44

O. V. (2007h)

O. V.: RFID und Automotive – Qualität für die Lieferkette, in: "a3-volt" Nr. 06A/07, S. 30

O. V. (2007i)

O. V.: Lokalisierendes Aktiv-RFID-System, in: ident, Heft 2/2007, S. 43

O. V. (2007j)

O. V.: Stapler mit Intelligenz, in: LOGISTIK HEUTE, Heft 3/2007, S. 36

O. V. (2007k)

O. V.: Komplexität abbauen – Die Luftfracht droht in Papier zu ertrinken, in: Deutsche Verkehrs-Zeitung, Nr. 71/2007, S. 2

O. V. (2007l)

O. V.: RFDI bringt Durchsicht in Waren-Dickicht, in: ident, Heft 4/2007, S. 29

O. V. (2007m)

O. V.: RODUKTIONSSTEUERUNG – RFID in der Industrie ermöglicht hohe Produktionsqualität durch Echtzeitdaten, in: MM Maschinen Markt, Nr. 28/2007, S. 34-37

Peter (2007)

Peter, M.: Die neue Mittelschicht – Reibungsloser RFID-Betrieb durch den Einsatz einer „Middleware“, in: ident, Heft 3/2007, S. 30-33

Pieringer (2007)

Pieringer, M.: Schöne, neue RFID-Welt, in: Logistik inside, Heft 07-08/2007, S. 46-51

Plur (2006)

Plur, Ch.: Intelligente Netzwerkdienste für RFID, in: BITCOM RFID Guide 2006, S. 17-20, http://www.bitkom.org/files/documents/rfid_guide_2006.10.11_ST.pdf (08.03.2007)

Popova (2005)

Popova, T.: Internet der Dinge – Management Information, in: http://www.gs1-germany.de/content/e39/e466/e468/datei/epc_rfid/mip_6_internet_der_dinge_gs1.pdf (16.04.2007)

Popova (2006)

Popova, T.: RFID in der Distribution und im Handel, in: BITCOM RFID Guide 2006, S. 37-42, http://www.bitkom.org/files/documents/rfid_guide_2006.10.11_ST.pdf (08.03.2007)

Reckter (2006)

Reckter, B.: Mit Hightech gegen skrupellose Giftmischer, in: VDI-Nachrichten, Nr. 28/2006, S. 10

Resl/Windischbauer (2006)

Resl, B./Windischbauer, H.: Warenflusssteuerung mit RFID, in: Engelhardt-Nowitzki, C./Lackner, E. (Hrsg.): Chargenverfolgung, Wiesbaden 2006, S. 59-72

RFID Support Center (2007)

RFID SUPPORT CENTER, http://www.rfid-support-center.de/index.php?mySID=3057a7777a257d524ee1459b174553d5&cat_id=2998&menu_cat=2998#3 (22.03.2007)

Riemer (2006)

Riemer, M.: RFID – Wo liegen ihre Möglichkeiten und Grenzen?, in: Forum InformatikerInnen für Frieden und gesellschaftliche Verantwortung e. V. (Hrsg.): RFID – Radio Frequency Identification, Bremen 2006, S. 11-16

Roberti (2005)

Roberti, M.: Emirates will use RFID to track air cargo, in: RFID Journal, <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1709/1/1/>, (04.07.2007)

Rode (2007)

Rode, J.: Spar kontrolliert Temperatur per Funk, in: Lebensmittel Zeitung 22/2007, S. 22

Rost (2007)

Rost, H.: Von der Rolle, in: Kunststoffe – Werkstoffe, Verarbeitung, Anwendung, Heft 5/2007, S. 97-101

Safai (2006)

Safai, S.: RFID und Datenschutz: Technische Ansätze zur Wahrung der Privatsphäre bei Smart Labels, in: Fröschle, H. P./Strahinger, S. (Hrsg.): HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik: IT-Governance, Heft 250, August 2006, S. 132-141

Schmidt (2006)

Schmidt, D.: RFID im Mobile Supply Chain Event Management, Wiesbaden 2006

Schoblick/Schoblick (2005)

Schoblick, R./Schoblick G.: RFID – Radio Frequency Identification, Poing 2005

Schoch (2005)

Schoch, T.: Middleware für Ubiquitous-Computing-Anwendungen, in: Fleisch, E./Mattern, F. (Hrsg.): Das Internet der Dinge, Berlin/Heidelberg 2005, S. 119-140

Schoetzke/Krischel (2006)

Schoetzke, F./Krischel, P.: Auftrieb im Gegenwind, in: LOGISTIK HEUTE, Heft 11/2006, S. 60-61

Schoetzke/Krischel (2007)

Schoetzke, F./Krischel, P.: AirCargo mit RFID, in: <http://www.logistik-inside.de/fm/2248/RFID.172828.pdf>, (03.07.2007)

Scholz-Reiter (2006)

Scholz-Reiter, B.: Die Potenziale von RFID nutzen, in: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Heft 11/2006, S. 616-617

Schroeder/Kraus (2005)

Schroeder, W./Kraus, M.: Das neue Lebensmittelrecht - Europarechtliche Grundlagen und Konsequenzen für das deutsche Recht, in: Europäische Zeitschrift für Wirtschaftsrecht, Heft 14/2005, S. 423

Schuh (2006)

Schuh, T.: Tracking & Tracing mit Real-time-Enterprise- und Galileo-Services, in: BITCOM: BITCOM RFID Guide 2006, S. 43-46, http://www.bitkom.org/files/documents/rfid_guide_2006.10.11_ST.pdf (08.03.2007)

Spenger (2006)

Spenger, G.: RFID und Datenschutz – Kryptographische Methoden auf RFID-Systemen, in: Forum InformatikerInnen für Frieden und gesellschaftliche Verantwortung e. V. (Hrsg.): RFID – Radio Frequency Identification, Bremen 2006, S. 36-41

Strassner/Eisen (2005)

Strassner, M./Eisen, St.: Tracking von Ladungsträgern in der Logistik – Pilotinstallation bei einem Güterverladeterminale, in: Fleisch, E./Mattern, F. (Hrsg.): Das Internet der Dinge, Berlin/Heidelberg 2005, S. 209-224

Sweeney (2005)

Sweeney, P. J.: RFID for Dummies, Indianapolis/Indiana 2005

Sweeney (2006)

Sweeney, P. J.: RFID für Dummies, Weinheim 2006

Tellkamp/Quiede (2005)

Tellkamp, Ch./Quiede, U.: Einsatz von RFID in der Bekleidungsindustrie – Ergebnisse eines Pilotprojekts von Kaufhof und Gerry Weber, in: Fleisch, E./Mattern, F. (Hrsg.): Das Internet der Dinge, Berlin/Heidelberg 2005, S. 143-160

Traub et al. (2005)

Traub, K. et al.: The EPCglobal Architecture Framework, in: <http://www.epcglobalinc.org/standards/Final-epcglobal-arch-20050701.pdf> (15.03.2007)

Trebilcock (2006)

Trebilcock, B.: Balancing customer service and productivity, in: Modern Materials Handling, (Warehousing Management Edition), 2006, Vol. 61, Iss. 10; S. 39

Trechow (2006)

Trechow, P.: Schutzrechte: Produktpiraterie nimmt zu – Täter produzieren nur fürs Auge – Qualität ist Nebensache, in: VDI, NR. 20/2006, S. 22

Urban/Weyand (2005)

Urban, V./Weyand, W.: RFID Middleware in der Logistik, in: Seifert, W./Decker, J. (Hrsg.): RFID in der Logistik – Erfolgsfaktoren für die Praxis, Hamburg 2005, S. 194-203

VDI (2006a)

VDI: <http://imperia5.vdi-online.de/vdi/pdf/rili/9716317.pdf> (02.05.2007)

VDI (2006b)

VDI: <http://imperia5.vdi-online.de/vdi/pdf/rili/9716319.pdf> (02.05.2007)

Vogell (2005)

Vogell, K.: Stand der Standardisierung und Implementierung (2. Management Informationspapier), in: http://www.gs1-germany.de/content/e39/e466/e468/datei/epc_rfid/mip_2_entwicklungsstand_gs1.pdf (12.03.2007)

Vry (2004)

Vry, W.: Beschaffung und Lagerhaltung – Materialwirtschaft für Handel und Industrie, 7. Auflage, Ludwigshafen 2004

Walk (2007)

Walk, E.: RFID Standards 2007, in: ident Jahrbuch 2007, S. 52-59

Walk (2006)

Walk, E.: RFID Standards, in: ident, Heft 4/2006, S. 48-54

Walter (2007)

Walter, M.: Bit für Bit gespart, in: Deutsche Verkehrs-Zeitung, Nr. 56/2007, S. 17

Weber (2006)

Weber, R.: Zeitgemäße Materialwirtschaft mit Lagerhaltung, 8. Auflage, Renningen 2006

Weis (2003)

Weis, St. A.: Security and Privacy in Radio-Frequency Devices, in:
<http://saweis.net/pdfs/weis-masters.pdf> (09.05.2007)

Weise (2006)

Weise, H.: Frühwarnsysteme haben versagt, in: Deutsche Verkehrs-Zeitung, Nr. 83/2006, S. 11

Werder von (2007)

Werder von, M.: Der Gabelstapler als Schnittstelle, in: retail technology journal, Heft 3/2007, S. 30-31

Wilhelm (2006)

Wilhelm, S.: Inventurdifferenzen, in: Der Handel, Nr. 02/2006, S. 46

Winkler (2006)

Winkler, D.: Die Zukunft kommt von der Rolle, in: Verkehrs-Rundschau, Heft 41/2006, S. 40-42

Wissendheit/Kuznetsova (2006)

Wissendheit, U./Kuznetsova, D.: RFID-Anwendungen heute und morgen, in: Forum InformatikerInnen für Frieden und gesellschaftliche Verantwortung e. V. (Hrsg.): RFID – Radio Frequency Identification, Bremen 2006, S. 17-25