



universität
wien

Magisterarbeit

Titel der Magisterarbeit

“Vor- und Nachteile der RFID Technologie im Logistikmanagement”

eingereicht von

Alexander Kurys

0206512

angestrebter akademischer Grad

Magister rerum socialium oeconomicarumque

Wien, im März 2010

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 157

Dissertationsgebiet lt. Studienblatt: Logistik Management

Betreuer: Univ.Ass. Privatdoz. DI. Dr. Christian Almeder

Für Astrid und Eva

Ich versichere in der vorliegenden Diplomarbeit nur die angeführten
Quellen verwendet und die Arbeit an keiner anderen
Universität als Prüfungsarbeit eingereicht zu haben.

Wien, im März 2010 _____

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	x
Tabellenverzeichnis.....	xi
Abkürzungsverzeichnis	xii
1. Einführung	1
1.1 Automatische Identifizierung.....	1
1.2 Entstehungsgeschichte	3
1.3 Vergleich zum Barcode	3
1.4 Internet der Dinge	7
2. Technologie und Standards.....	8
2.1 Technologie.....	8
2.1.1 Aufbau und Funktionsweise.....	8
2.1.2 Frequenzbereiche	10
2.1.3 Lese-/Schreibreichweite.....	11
2.1.4 Datenübertragung.....	13
2.1.5 Transponder-Klassen.....	14
2.1.6 Middleware.....	14
2.2 Standards	15
2.2.1 Elektronischer Produktcode (EPC).....	15
2.2.2 Nationale und Internationale Vorschriften.....	17
2.2.3 RFID-Standards im Entwicklungsstadium	17
3. RFID im Logistik-Management.....	18
3.1 Prioritäten eines Logistikmanagers	22
3.2 Vier Grundbereiche.....	22
3.2.1 Auslastung der Betriebsmittel.....	23
3.2.2 Operativer Einsatz.....	25
3.2.3 Sicherheit.....	25
3.2.4 Kontrolle.....	26

3.3	RFID-Einsatz im Einzelunternehmen.....	28
3.4	Integration in bestehende Systeme	29
3.5	Prozessinnovation.....	29
3.6	Auswirkung auf LM Modelle	29
	3.6.1 Beispiel Bedarfsplanung.....	30
	3.6.2 Beispiel Lagerhaltung.....	34
	3.6.3 Der Peitscheneffekt.....	40
4.	Einsatz von RFID-Systemen.....	45
4.1	RFID Systeme in der Logistik	45
	4.1.1 Metro Group.....	45
	4.1.2 NATO-Beschaffung und Versorgung.....	48
	4.1.3 Transportgewerbe.....	48
	4.1.4 Flughafen Gepäckmanagement.....	49
	4.1.5 Pharmaindustrie.....	49
4.2	Andere RFID Systeme	50
	4.2.1 Bibliothek.....	50
	4.2.2 Personenidentifizierung/Zugangskontrollen	51
	4.2.3 Tiererkennung.....	51
	4.2.4 Near Field Communication.....	51
	4.2.5 Bekleidung.....	53
	4.2.6 Alltagsgegenwärtigkeit.....	53
5.	Einsatzmöglichkeiten und Zukunftsvisionen.....	54
	5.1 Intelligenter Kühlschrank.....	55
	5.2 Kontinuierliche Ortung	55
	5.3 Pharmaindustrie.....	55
	5.4 Diebstahlsicherung und Plagiatschutz.....	56
	5.5 Zusatzinformationen für den Endverbraucher	56
6.	Probleme und Gefahren des RFID-Einsatzes	57
	6.1 Datenschutz.....	57
	6.2 Marketing Ausbeutung.....	58

6.3 Recycling	58
6.4 Globalisierung als Gefahrenquelle	59
7. Schlussfolgerung	60
Quellenverzeichnis	62
A Literaturverzeichnis	62
B Pressetexte	65
C Appendix	66
<i>Tabelle A1</i>	66
<i>Tabelle A2</i>	67
<i>Tabelle A3</i>	68
<i>Tabelle A4</i>	69
Zusammenfassung	70
Abstract	71
Curriculum Vitae	72

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Auto-ID Technologien	2
Abbildung 2: Symbolische Darstellung eines Barcodes	3
Abbildung 3: passives RFID-System	9
Abbildung 4: RFID-Betriebsfrequenzen	11
Abbildung 5: Einsatzbereiche von RFID im Logistik Management	23
Abbildung 6: Grundstruktur eines CM Systems mit RFID Integration	24
Abbildung 7: Vier-Prioritäten-Modell	27
Abbildung 8: Bedarf Unternehmen A und B in Perioden 1 bis 24	31
Abbildung 9: Bedarfsprognose durch exponentielle Glättung ohne RFID	32
Abbildung 10: Bedarfsprognose durch exponentielle Glättung mit RFID	33
Abbildung 11: (t,S) - und (s,S) - Politik	35
Abbildung 12: Bestellungen und Intervalle der Unternehmen A und B	37
Abbildung 13: Lagerbestand der Unternehmen A und B.....	39
Abbildung 14: Peitscheneffekt	40
Abbildung 15: Online Beer Game Szenario 1.....	42
Abbildung 16: Informationsfluss der Beer Game Szenerien	43
Abbildung 17: Online Beer Game mit perfekter Information	44
Abbildung 18: Marktplan real,- Future Store	47
Abbildung 19: NFC Einsatz der Wiener Linien	52
Abbildung 20: Liveauswertung Kontrollgang	53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich Barcode und RFID-Systeme	6
Tabelle 2: Nahfeldradien	12
Tabelle 3: Reichweite von RFID-Systemen	12
Tabelle 4: RFID-Transponder Klassen	14
Tabelle 5: Bedarf d Unternehmen A und B in Perioden T 1 bis 24	30
Tabelle 6: Bedarfsprognose durch exponentielle Glättung ohne RFID	32
Tabelle 7: Bedarfsprognose durch exponentielle Glättung mit RFID	33
Tabelle 8: Bedarf der Unternehmen A und B	36
Tabelle 9: Bedingungen Beispiel 3.6.2	36

Abkürzungsverzeichnis

Auto-ID	Automatische Identifizierung
CM	Container Management
EPC	Elektronischer Produktcode
HF	High Frequency
ISO	International Standard Organisation
JIT	Just in Time
LF	Low Frequency
MW	Micro Wave
RFID	Radiofrequenz Identifizierung
SCM	Supply Chain Management
UHF	Ultra High Frequency
WWS	Warenwirtschaftssystem
EAS	Electronic Article Surveilance
3PL	Third Party Logistics

1. Einführung

Die vorliegende Diplomarbeit stellt allgemein die Technologie der Radiofrequenz Identifikation (RFID) vor und beschreibt im folgenden laufende Projekte und Implementierungsbarrieren für den Einsatz im lokalen und globalen Logistik Management.

Die Einführung in das Themengebiet erfolgt anhand der Eingliederung von Radiofrequenz-Identifizierung als eine automatische Identifikationstechnologie. Weiterführend werden die Möglichkeiten von eingesetzten RFID-Systemen im Konsumgüterfluss anhand eines Beispiels mit den Möglichkeiten des derzeit gängigen Barcode-Systems verglichen. Die technologische Basis und bereits eingeführte Standards werden im zweiten Kapitel vorgestellt. Nachfolgend (Kapitel 4) werden eingesetzte Systeme vorgestellt und auf Vor- und Nachteile analysiert. Die Ergebnisse werden daraufhin kategorisiert und als Kernthema dieser Arbeit diskutiert. Abschliessend werden Visionen (Kapitel 5) und Kritiken (Kapitel 6) vorgestellt.

1.1 Automatische Identifizierung

RFID-Systeme im Logistik Management werden derzeit überwiegend zur automatischen Identifizierung von Objekten innerhalb des logistischen Systems eingesetzt. Unter der Bezeichnung Automatische Identifikation oder Automatische Identifizierung (Auto-ID) werden Techniken zur Identifizierung, Datenerfassung, Datenerhebung sowie Datenübertragung zusammengefasst¹. Das Ziel von Auto-ID-Systemen ist es manuelle Tätigkeiten zurückzudrängen und fehlerhafte Eingaben zu reduzieren (Schmitt und Michahelles, 2005, S. 8). Wie in Abbildung 1 dargestellt, ist der derzeit häufig verwendete Barcode nur eines der möglichen Auto-ID Systeme. Weitere bekannte Auto-ID Systeme sind die Chipkarte, Biometrie² (u.A. Gesichtsfeldererkennung, Fingerabdruck), Optical Character Recognition (OCR), der Scan der Augeniris und Radiofrequenz-Identifikation.

¹ http://de.wikipedia.org/wiki/Automatische_Identifikation_und_Datenerfassung (25.01.2009)

² Biometrie ist die Vermessung (Metrik) von individuellen Merkmalen des menschlichen Körpers zur Identifizierung/Authentifizierung (Pawlicek 2005).

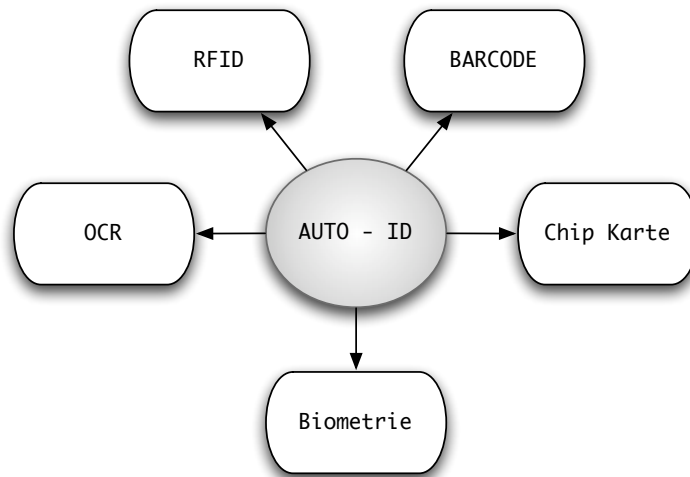


Abbildung 1: Auto-ID Technologien (www.rfid-ready.de)

Wie man anhand der den einzelnen Systemen zugrunde liegenden Methoden [diese sind: direkte (Chip Karte, Biometrie) und kontaktlose (OCR, Barcode, RFID) Datenübertragung, Voraussetzung einer Sichtverbindung (OCR, Barcode), Übergabe von Daten zu einem Objekt (Barcode, RFID) oder einer Person (OCR, Biometrie, Chip Karte), erkennen kann, eignen sich nicht alle Verfahren für den Einsatz im Logistik Management. In der Logistik zählen zu den Anwendungsbereichen für Auto-ID Systeme unter anderem die Distribution von Gütern, Sortierung von Warenströmen (Flörkemeier 2005), Lagerplatzverwaltung, Lagerumschlag, Paketverfolgung und anderes. Insbesondere die Kernaufgabe, dass heisst, die Sicherstellung der Verfügbarkeit von *Gütern* stellt dabei ein besonderes Problem für optische personenbezogene Verfahren wie Biometrie und OCR dar. Auch Chip Karten sind durch ihre Konzeption, ihr Format und das Hinführen zu einem Lesegerät, für den Gebrauch bei Personenidentifikation und Zugangskontrollen gedacht. So bleiben zum Einsatz in der Logistik der Barcode und die Radiofrequenz Identifikation. Um einen zu Beginn weitläufigen Einblick in das Themengebiet der Radiofrequenz Identifikation zu geben, wird nachfolgend die Entstehung dieser Technologie skizziert und der Unterschied zum Barcode verdeutlicht dargestellt.

1.2 Entstehungsgeschichte

Die Technologie der Informationsübertragung zwischen einer stationären und einer mobilen Einheit über Funkwellen, mit dem Ziel der Identifikation der mobilen Einheit, ist bereits seit den 1940er Jahren bekannt. Zur Zeit des zweiten Weltkrieges wurde auf amerikanischer Seite ein System zur Unterscheidung eigener und feindlicher Flugzeuge getestet und eingesetzt. Mit der Zeit wurde diese die Technologie weiterentwickelt und in anderen Bereichen zum Einsatz gebracht. Seit 1960 (Overmeyer 2005) wird die RFID-Technologie erfolgreich in Warenhäusern als Diebstahlsicherung eingesetzt. Diese Warensicherungssysteme, EAS (Electronic Article Surveillance) genannt, basieren auf Mikrowellentechnologie bzw. Induktion. Die ursprünglichen Modelle konnten nur 1 Bit an Informationen speichern, werden aber auch heute noch in ihrer Funktion als EAS eingesetzt (Hirt, Ringgenberg, 2004). Die Einsatzgebiete wurden vor allem in den letzten Jahren erweitert oder spezialisiert, so wird RFID heute unter anderem auch in der Tiererkennung, für Mautsysteme oder als Medium für elektronische Zugangskontrollen oder Zahlungsmittel eingesetzt. Fürsprecher behaupten schon heute, dass RFID in den nächsten 5 bis 10 Jahren den Barcode von dessen derzeitiger Position als verbreitetstes Auto-ID Verfahren verdrängen wird.

1.3 Vergleich zum Barcode

Der Barcode ist das derzeit bekannteste automatische Identifikationsverfahren. Er ist auf beinahe jedem Gegenstand in der Umgebung des Menschen angebracht. Was aber steckt hinter einem Barcode? Seine Hauptaufgabe besteht darin, Informationen zu einer *Objektgruppe* wiederzugeben. Die abrufbaren Informationen sind zentral in einem Warenwirtschaftssystem³ (WWS) gespeichert. Mit einem WWS sind zum Beispiel Scanner und Kassen von Kaufhäusern und Supermärkten verbunden.

³ Warenwirtschaftssystem, Abkürzung WWS, EDV-gestützte Informationssysteme, die Warenströme in den Bereichen Disposition, Bestellwesen, Rechnungskontrolle, Wareneingang, -ausgang und Kassenabwicklung zur Bestands- und Erfolgssteuerung artikelgenau nach Menge und Wert erfassen, speichern und bewirtschaften. Warenwirtschaftssysteme liefern Informationen über Lieferanten, Kunden und Waren (z. B. Umsätze, Absatzmengen, Sortimentsbeziehungen, Wirkung verkaufsfördernder Aktionen). (<http://lexikon.meyers.de/meyers/Warenwirtschaftssystem>) (13.06.2008)

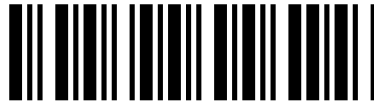


Abbildung 2: Symbolische Darstellung eines Barcodes

Durch das Auslesen eines Strichcodes (siehe Abbildung 2) übermittelt der Scanner einen Zahlensatz an das WWS, welches die Nummer mit der Datenbank abgleicht und Informationen zu der eingescannten Objektgruppe bekommt. Das WWS sendet die für den Kauf relevanten Informationen (im Regelfall: Objekttyp und Preis) an die Kassa. Das etikettierte Objekt wird somit durch das Auslesen des Strichcodes automatisch als zu der Objektgruppe zugehörig identifiziert und den zugehörigen Preis zugewiesen.

Der Einsatz von RFID-Systemen basiert auf den gleichen drei Schritten wie das eben beschriebene Barcode-System:

- (1) Daten auslesen
- (2) Abgleichen mit zentralem Datenspeicher (z.B. WWS)
- (3) Informationsausgabe

Im Vergleich zum Barcode kann RFID jedoch im Detail betrachtet einen höheren Automatisierungsgrad mit gleichzeitiger Generierung von mehr Daten bieten. Ein hervorste- chender Unterschied zum Barcode ist auch die Möglichkeit mittels eines RFID-Systems nicht nur *Objektgruppen* sondern einzelne *Objekte* zu erkennen und somit von einander zu unterscheiden. Eben diese Vorteile lassen sich mit folgendem Beispiel aus dem Log- istikalltag veranschaulichen:

Eine Flasche Orangensaft, die in der Fabrik A am 30. April 2008 zu Testzwecken abge- füllt wird, ist sowohl mit einem Barcode als auch mit einem RFID-Tag ausgestattet. So- bald die Flasche in die Transportkiste gestellt wird, kann der Barcode jedoch nicht mehr gelesen werden. Es muss gegebenenfalls ein neuer Barcode ausgestellt und mit der Kis- te verbunden werden. Hierfür muss wiederum ein Eintrag in die Datenbank des WWS erfolgen. Der RFID-Tag ist jedoch immer noch lesbar und mit Hilfe der Pulkerfassung⁴, kann der gesamte Inhalt der Kiste ohne zusätzliche Aufwendungen gelesen werden.

⁴ Pulkerfassung ist die Möglichkeit mehrere RFID-Tags gleichzeitig auszulesen.

Während des Transportes werden die Kühlbedingungen des Orangensafts eingehalten. Letzteres kann der Empfänger der Ware bei Verwendung des Barcodes normalerweise eher schwer oder gar nicht kontrollieren. Wenn jedoch ein RFID-Chip mit einem Temperatursensor ausgestattet wurde, kann der Empfänger der Ware sofort in Erfahrung bringen, ob die vorgegebenen Temperaturvorschriften eingehalten wurden, da der Temperatursensor Schwankungen auf dem Chip speichert und diese Informationen beim Auslesen weitergibt. Weiter kann beim Wareneingang durch das Einlesen des Extra-Barcodes auf den Kisten die Lagerhaltung zwar in Erfahrung bringen, wie viele Flaschen geliefert werden sollten, weiß jedoch in Wirklichkeit nur, wie viele *Kisten* angekommen sind. Im Gegensatz dazu kann mit RFID-Tags festgestellt werden, wie viele *Flaschen* wirklich geliefert wurden. Im nächsten Schritt kann ein Verkäufer, dessen Lager und Verkaufsfläche mit RFID-Lesegeräten ausgestattet sind, nun automatisch den IST-Zustand erkennen. Zudem kann ausgelesen werden, wie viele Flaschen Orangensaft vorhanden sind und ob ausreichend im Verkaufsraum angeboten werden. Außerdem kann die Lagertemperatur des Orangensaftes kontinuierlich überprüft werden und Flaschen mit abgelaufenen Mindesthaltbarkeitsdatum können rechtzeitig erkannt und aus dem Verkauf genommen werden, da eben jene Zusatzinformationen auf den RFID-Tags gespeichert werden können.

Ein Vergleich des RFID-Systems mit dem Barcode wird sicherlich vor allem deswegen meist in Erwägung gezogen, weil der Barcode das derzeit am Markt am stärksten verbreitet Auto-ID-Verfahren ist. Der Einsatz von RFID wird verstärkt in der Identifikation von Gütern gesehen und langfristig herrscht eine allgemeine Erwartung, dass der Barcode von der RFID-Technologie abgelöst wird (Wyld 2006). Letzteres ist sicherlich in der Tatsache begründet, dass ein RFID-System dasselbe wie ein Barcode-System leisten kann, (1) zusätzlich jedoch weitere Möglichkeiten wie Datenspeicherung oder Sensor-Kopplung bietet wie das zuvor angeführte Beispiel gezeigt hat. Ein entscheidender Vorteil für RFID-Systeme ist die (2) Lesekapazität. Während Barcodes einzeln und nacheinander durch eine direkte Sichtverbindung gescannt werden müssen, können die meisten RFID-Systeme alle in Reichweite befindlichen Tags gleichzeitig und ohne direkte Sichtverbindung auslesen (über die so genannte Pulkerfassung). Somit wird eine höhere Datenverarbeitungsrate erreicht. Weiterhin kann der Barcode lediglich die Art des Objekts (Objektgattung) identifizieren, während (3) RFID-Systemen zwischen den einzel-

nen Objekten unterscheiden können (Item-Level-Tagging). Hervorstechend ist auch das Informationsvolumen, welches auf den RFID-Tags gespeichert werden kann. Das System ist nicht mehr nur auf binäre Informationsübertragung beschränkt, sondern kann eine Vielzahl von Daten mehrfach speichern und überschreiben. Die wesentlichen Unterschiede werden in folgender Tabelle dargestellt:

Barcode	RFID
Nicht beschreibbar	Wiederbeschreibbar
Direkte Sichtverbindung erforderlich	Funkübertragung ohne Sichtkontakt
Lesefehler durch Schmutz/Beschädigung	Umweltresistent
12-74 Numerische Zeichen	bis 128 kB
In der Regel händisches Scannen	Automatisches Lesen
Einzelabfertigung	gleichzeitiges Einlesen (Pulkerfassung)
Kostengünstig	höhere Kosten (Systemabhängig)

Tabelle 1: Vergleich Barcode und RFID-System⁵

Hemmschwellen für die Implementierung von RFID und das Ersetzen von bereits vorhandenen Barcode-Systemen sind derzeit vor allem die hohen Kosten für Lesegeräte und Tags. Aber auch fehlende Softwareanwendungen und ausgebildetes Personal stellen eine Barriere. Bei den derzeitigen Anwendern der Technologie handelt es sich in der Regel um Großunternehmen, die die Technologie als Lösung der Intralogistik⁶ einführen. Großunternehmen und Einzelanwender haben in der Regel ein effizientes Rechnungswesen und gut ausgebildetes Forschungs- und Entwicklungspersonal. Diese Unternehmen führen in vorerst Pilotprojekten RFID in ihre Unternehmensstruktur ein, da sie darauf abzielen, das von ihnen entwickelte System in Zukunft in der gesamten Wertschöpfungskette anwenden zu können. Diese Ziele kann man beispielsweise dem Vorgehen von Wal-Mart (USA) und Metro Group (EU) in deren bestreben RFID-Systeme für ihre Warenhäuser zu entwickeln entnehmen. Sie versprechen sich davon mittel- bis

⁵ eigene Darstellung anhand von Wyld (2006), GS1
http://www.gs1.org/barcodes/technical/bar_code_types (20.06.2009), Flörkemeier (2005)

⁶ Intralogistik ist bezieht sich auf innerbetriebliche logistische Koordination (Günther 2008)

langfristig logistische und personelle Kosten zu sparen und die Effizienz der Firmenprozesse durch mehr Transparenz und einen höheren Informationsgrad zu steigern.

1.4 Internet der Dinge

RFID gilt als die Schnittstelle in Richtung des "Internet der Dinge" (Commission of the European Communities 2007), einem Systeme in dem Objekte sich selber zuordnen und durch den Herstellungs- und Transportprozess steuern. Laut ten Hompel (2005) müssen folgende Schritte durchgeführt werden, um eine neue Logistik der selbststeuernden Objekte und selbstorganisierenden Systeme zu schaffen:

1. Moor - Exponentielle Entwicklung der Rechnerkapazität⁷
2. Internet & Atomisierung der Warensendungen
3. Kommunikation – WebServices et al
4. Kooperation & Integration – CPFR, EAI, CRM et al.
5. **RFID-Standards – Frequenzen, Dateninhalte**
6. Polymerchips als Träger eines globalen EPC
7. Beherrschung der Komplexität
8. Selbststeuerung für logistische Objekte
9. Selbstorganisation für logistische Systeme
10. Internet der Dinge

RFID ist die Zwischenstufen auf dem Weg von der herkömmlichen Logistik, in der der Mensch die im System befindlichen Objekte steuert, zum Internet der Dinge, in dem Objekte sich selber zu ihrem Ziel lenken.

⁷ "Moore (1975) sagte vor über 25 Jahren voraus, dass sich die Rechenleistung von Mikroprozessoren bei gleichen Kosten alle 18 Monate verdoppeln wird. Ursprünglich bezog sich diese Aussage auf die Anzahl von Transistoren auf einem Chip, die sich mit jeder neuen Generation, d.h. alle 18-24 Monate, verdoppelte. Sie wurde dann auf die Leistungsfähigkeit des Prozessors erweitert. Über die letzten 25 Jahre hat sich diese Vorhersage immer wieder bewahrheitet." (Schmidt 2001)

2. Technologie und Standards

Abgesehen von den derzeit hohen Kosten (siehe Kapitel 1.3) stellt eines der größten Probleme im globalen Einsatz von RFID-Systemen ist das Fehlen von internationalen Standards dar. Die beteiligten Komponenten müssen in der gesamten Wertschöpfungskette optimal zusammenarbeiten, um das Potential der Technologie auch nutzen zu können. Es entstehen erst dann “Economies of Scale” wenn es gelingt, die Systemarchitektur zu standardisieren (Schmitt & Michahelles, 2005). In diesem Kapitel werden bereits eingeführte und noch in der Entwicklung stehende Standards für RFID-Anwendungen vorgestellt. Je klarer die Richtlinien und Normen für eine Technologie sind, umso erfolgreicher kann sie eingesetzt und mit anderen Netzwerken und Unternehmen gekoppelt werden.

2.1 Technologie

Was verbirgt sich nun hinter Radiofrequenz-Identifikation. RFID ist eine Technologie der kontaktlosen Datenübertragung, die in verschiedenen regionalen und operativen Gebieten eingesetzt werden kann. Der operative Einsatz wird in Kapitel 3 anhand von Beispielen des heutigen Einsatzes beschrieben. Die regionalen Gebiete sind vor allem aus rechtlicher Sicht zu berücksichtigen und werden in der Problemerkklärung der Frequenzbereiche (Kapitel 2.1.2) angesprochen. Technologisch ist ein RFID-Tag, welcher an allen zu identifizierenden Objekten angebracht werden kann, wie in Abbildung 3 dargestellt, aufgebaut.

2.1.1 Aufbau und Funktionsweise

Wie viele Auto-ID Technologien basiert auch die Funktionsweise von RFID auf einem Schreib-/Lesegerät und einem Speichermedium. Bei der Funktechnologie liegt ein mit einer Antenne kombinierter Datenspeicher als Medium vor. Der Schlüssel liegt hier in der Antenne-Datenspeicher-Vereinigung, dem RFID-Tag, Chip oder auch Transponder genannt, der an dem zu identifizierenden Objekt angebracht wird.

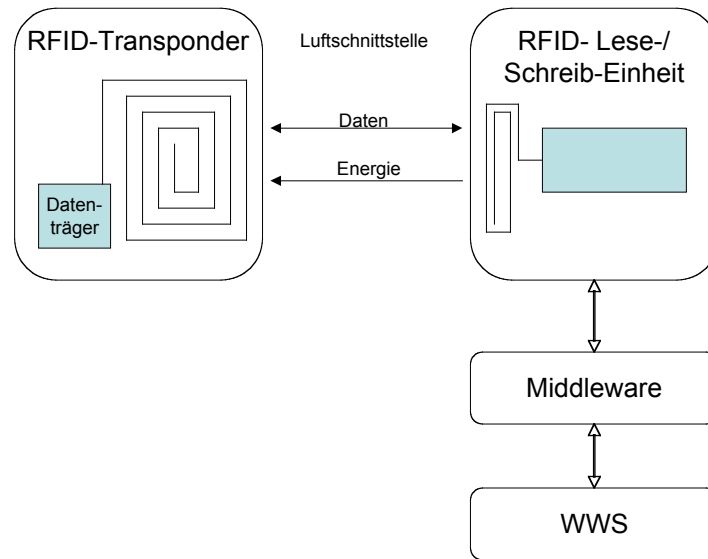


Abbildung 3: passives RFID-System (nach Flörkemeier 2005)

“Der Begriff **Transponder** setzt sich aus “*transmit*” und “*respond*” zusammen und beschreibt damit wortwörtlich die Funktion als Antwortsendegerät.” (Overmeyer 2005)

Der Transponder besteht in seiner Grundbauweise lediglich aus einem Speicherchip und einer Antenne. Diese Basisversion des RFID-Tags ist ein *passives* System. Da es keine eigene Stromversorgung hat, wird der Transponder erst dann aktiv, wenn er in ein, von einem Lese-/Schreibgerät erzeugtes, elektromagnetisches Feld gerät. Dieser, als induktive Kopplung bekannte Prozess speist über die Antenne den Chip mit einer Versorgungsspannung und erlaubt somit den Datentransfer. Der Vorteil von passiven RFID-Tags liegt in den geringen Kosten und der Größe der Tags. Hitachi hat bereits einen passiven Transponder von der Größe 0,16 mm² (0,4 x 0,4 mm) entwickelt, aber auch derzeit gängige RFID-Tags in den Größen von bis zu einer Chipkarte, können schon als einfache Aufkleber auf die zu verfolgenden Güter befestigt werden.

Aktive RFID-Chips besitzen eine eigene Stromversorgung in Form einer Batterie und können auch mit weiteren Funktionen ausgestattet werden. Der aktive Chip kann zum Beispiel mit einem digitalen Thermometer kombiniert werden, um die Temperatur-

schwankungen während des Transportes nachvollziehen zu können. Dies kann besonders für die Lebensmittelindustrie von großer Bedeutung sein, da sie eine Möglichkeit erhält, frühzeitig die Transportbedingungen und den Zustand der Ware zu überprüfen.

Auch *Mischformen* aus aktiven und passiven Systemen, Semi-aktive Systemen, werden eingesetzt. Semi-aktive Systeme stützen sich nur bei ihren integrierten Funktionen auf die eigene Stromversorgung, um somit zum Beispiel eine höhere Kommunikationsreichweite zu ermöglichen. Der beschriebene RFID-Chip mit zusätzlichem Thermometer ist dann ein semi-aktiver Chip, wenn die Spannungsquelle nur zur Versorgung des Thermometers und der internen Datenaufzeichnung verwendet wird und die Energie zum Auslesen durch die induktive Kopplung mit dem Lesegerät bereitgestellt wird.

Die Performance von RFID-Systemen wird als eine Kombination aus Leserate (Datenübertragung, Kapitel 2.1.4) und Lesereichweite (Kapitel 2.1.3) definiert. Leseraten von bis zu 100 Prozent⁸ sind bis jetzt nur unter Laborbedingungen erreicht worden, für einen betrieblichen Einsatz ist dies jedoch noch nicht umgesetzt worden. Ein-RFID System muss aber eine 100-prozentige Leserate gewährleisten können, um die Konkurrenzfähigkeit des Systems zu garantieren (Braunschweig, Ringler, 2007).

Neben der auf der Hand liegenden Unterscheidung in der Energieversorgung der aktiven und passiven RFID-Tags, gibt es weitere Kriterien nach denen RFID-Systeme unterschieden werden können, nämlich die Frequenzbereiche, Lese-/Schreibreichweite und Tag-Klassen. Nachfolgend wird auf letztere im Detail eingegangen.

2.1.2 Frequenzbereiche

Die eingesetzten Betriebsfrequenz zu unterscheiden und sie unter einer eigenen Überschrift aufzulisten ist insoweit von Bedeutung, da viele Eigenschaften der RFID-Systeme davon beeinflusst werden. So wäre beispielsweise die Reichweite eines passiven Mikro Wellen (MW) Systems so gut wie nicht vorhanden und die Sendeleistung eines UHF Tags auf weite Entfernung zu gering.

⁸ Als Schreib- und Leserate bezeichnet man Informationsflüsse die sowohl in ihrer Reihenfolge als auch in ihrer Geschwindigkeit den zugeordneten Quellen entsprechen müssen (Czichos 2006).

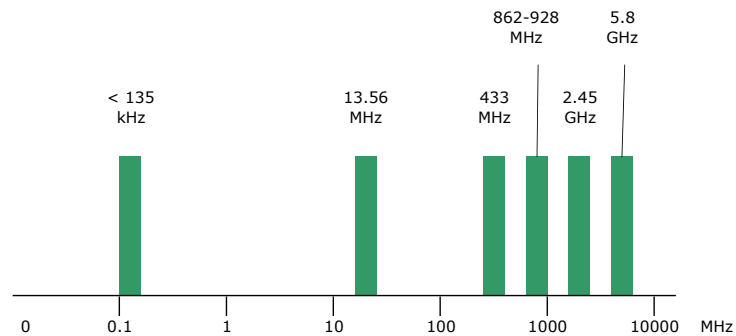


Abbildung 4: RFID-Betriebsfrequenzen (Walk 2007)

Man unterscheidet zwischen vier verwendeten Frequenzbereichen, die von 100 kHz bis 5,8 GHz liegen, in denen RFID-Systeme arbeiten. Die Wahl der Frequenzen geschieht auf Grund äußerer Einflüsse (Umwelteinflüsse). “Die Zulassung für die entsprechenden Frequenzen regeln nationale und internationale Fernmeldevorschriften.” (Overmeyer 2005)⁹ Low-Frequency (LF) Systeme übertragen auf einer Frequenz zwischen 100 und 135 kHz und werden oft in der Tieridentifikation eingesetzt. Die nachfolgenden Betriebsfrequenzen fallen in die ISM (Industrial-Scientific-Medical) Frequenzbereiche und werden weltweit für industrielle, wissenschaftliche und medizinische Anwendungen freigehalten (Bundesnetzagentur, D 2007). High-Frequency (HF) liegt im Frequenzband um 13,56 MHz, um höherer Lese-/Schreibreichweiten zu ermöglichen, werden der Ultra-High Frequency (UHF) Bereich mit 868 MHz in Europa und 915 MHz in den USA eingesetzt. Nur für aktive Funkssysteme eignet sich auch der Micro-Wave (MW) Bereich um 2,45 GHz und 5,8 GHz.

2.1.3 Lese-/Schreibreichweite

Die Lese- und Schreibreichweite des Systems hängen nicht unwesentlich von der eingesetzten Frequenz- und Energieversorgung ab. Passive und Semi-aktive Systeme erhalten ihre Betriebsspannung über das von dem Lese-/Schreibgerät erzeugte Feld. Diese induk-

⁹ Auf die Aspekte der Standardisierung wird in einem späteren Kapitel eingegangen.

tiv gekoppelt betriebenen Transponder können nur innerhalb eines Abstandes betrieben werden, dieser Abstand wird als Nahfeld-Radius bezeichnet. “Die Grenze zwischen Nah- und Fernfeld ist proportional zur Wellenlänge λ , welche über die Lichtgeschwindigkeit c mit der Frequenz ν gekoppelt ist: Nahfeld-Radius $r = \lambda / 2\pi$ mit $\lambda = c / \nu$ ” (Waldmann 2007). Nachfolgender Tabelle kann man die Radien der in Kapitel 2.1.2 angeführten Frequenzen entnehmen.

Frequenz (ν)	Wellenlänge (λ)	Radius (r)
125 kHz	2400,00 m	382,00 m
13,56 MHz	22,00 m	3,50 m
868 MHz	0,35 m	0,06 m
2,45 GHz	0,12 m	0,02 m

Tabelle 2: Nahfeldradien (Waldmann 2007)

Die Reichweite von RFID-Systemen werden in der Literatur aus verschiedenen Blickwinkeln beschrieben. Man kann sie von der Betriebsfrequenz abhängig darstellen: Demnach haben LF-Systeme (Niederfrequenz) eine Reichweite von bis zu 50 cm, HF-Systeme (Hochfrequenz) ca. 1 Meter, UHF-Systeme senden in einem Radius zwischen 4-5 Metern und MW-Systeme schaffen Datenübertragungen von bis zu 15 Metern. Auf der anderen Seite kann man die Reichweite von RFID-Systemen abhängig von deren Anwendungsgebieten gruppieren. So unterscheidet man meistens vier Systeme:

System	Reichweite	Beispiel
Close Coupling	< 1 cm	<i>Chipkarten</i>
Remote Coupling	proximity	15 cm <i>Zugangskontrollen</i>
	vicinity	100 cm <i>Logistikanwendungen</i>
Long Range	> 1m	<i>Mautsysteme</i>

Tabelle 3: Reichweite von RFID-Systemen (Overmeyer 2005)

Dieser Gruppierung der RFID-Systeme nach ihrer Reichweite geht die Überlegung des Datenschutzes voraus. **Close-Coupling-Systeme**, deren Lese-/Schreibgerät unmittelbar

bei dem Transponder sein muss, um Daten austauschen zu können, ist für sicherheitsrelevante Anwendungen (z.B. Speicherung von persönlichen Daten - Bank-/Versicherungsinformationen) von Bedeutung. Hierfür eignen sich deshalb passive Transponder, da diese durch die geringe Entfernung mit ausreichend Spannung induktiv versorgt werden können.

Remote-Coupling-Systeme haben eine Reichweite von bis zu einem Meter. Auch hier greift die Industrie oft zu passiven Tags, da in der oft verwendeten HF die induzierte Spannung für den Datenaustausch ausreichend ist.

Für eine Reichweite von mehr als einem Meter werden **Long-Range**-Systeme aus einem aktivem Transponder mit einer UHF oder MW eingesetzt. Um die Datenübertragung einzuleiten, schickt die Leseschreibeinheit ein Wake-up- und nach Beendigung ein Sleepsignal.

2.1.4 Datenübertragung

Die Möglichkeit der Datenübertragung über die Luftschnittstelle ohne eine direkte Sichtverbindung zwischen dem RFID-Chip und der Leseschreibeinheit zu haben, ist eines der hervorragenden Vorteile des Systems. Das Verfahren der Datenübertragung hängt hierbei von der Komplexität des Anwendungsgebietes des RFID-Systems ab. RFID kann als reines Identifikationssystem eingesetzt werden, bei dem es eine Kommunikation in Richtung des Lesegerätes gibt (z.B. in der Tieridentifikation) oder es herrscht ein stetiger Datenaustausch zwischen der Leseschreibeinheit und dem Transponder (z.B. in der Fahrzeugfertigung).

Die eigentliche Datenübertragung erfolgt durch die Modifikation des Induktionsfeldes von Seiten des Schreibgerätes und der Gegeninduktivität auf der Seite des Transponders (Flörkemeier 2005). Im Prinzip herrscht somit das gleiche Kommunikationsprinzip wie bei einem Modem vor.

Der Datenaustausch selbst kann weiterhin in zwei Gruppen aufgespalten werden. Einerseits gibt es das Vollduplexverfahren (FDX), bei dem Daten *zeitgleich* vom Transponder zu der Leseinheit und von der Schreibeinheit zum Transponder übertragen werden, auch die Energieversorgung durch die Leseschreibeinheit ist beim FDX-System perma-

ment. Weiters können Daten auch *abwechselnd* ausgetauscht werden. Wenn nur ein Gerät sendet und das Andere empfängt spricht man vom sogenannten Halbduplexverfahren (HDX). Bei dem HDX-System erhält der Transponder in der Zeit der Datenübertragung zum Lesegerät keine Energie. Eine Variante des letzteren Verfahrens ist das sequenzielle oder auch gepulste System (SEQ). Hierbei macht das Leseschreibgerät periodisch Pausen, während denen der Transponder seine Informationen sendet.

2.1.5 Transponder-Klassen

In Abhängigkeit von den beschriebenen Funktionen werden RFID-Tags in 4 Klassen unterteilt. Die folgende Tabelle listet den Stand vom 01. November 2007 der von EPCglobal / GS1 definierten Tag Klassen auf.

Klasse	Mindestfunktionen	Energieversorgung
1	<ul style="list-style-type: none"> - EPC-Identifikation - Tag-Identifizierung - Deaktivierungsfunktion - Passwort Sicherung (optional) - zusätzlicher Speicher (optional) 	passiv
2	<ul style="list-style-type: none"> - Klasse 1 - erweiterte Tag-Identifizierung - erweiterter Speicher - Lesekontrolle - Zusatzfunktionen 	passiv
3	<ul style="list-style-type: none"> - Klasse 2 - Energiequelle - Sensoren 	semi-aktiv
4	<ul style="list-style-type: none"> - EPC Identifikation - erweiterte Tag-Identifizierung - Lesekontrolle - Energiequelle - Datenaustausch über einen autonomen Transmitter - erweiterter Speicher (optional) - Sensoren (optional) 	aktiv

Tabelle 4: RFID-Transponder Klassen (Quelle: GS1 Germany)

2.1.6 Middleware

Die Middleware hat eine große Bedeutung in RFID-Systemen, sie bindet die aus dem Chip gelesenen Daten in das unternehmensinterne IT-System, speziell in der Güterlogis-

tik das Warenwirtschaftssystem, ein. Eine weitere Aufgabe der Middleware ist die Vorverarbeitung der Rohdaten durch Filterung, Fehlerkorrektur oder Formattransformation (Thiesse 2006). Es ist mittel und langfristig ineffizient für jede einzelne RFID-Lösung eine eigene Middleware zu entwickeln, da dies zu einem kostenintensiven Aspekt eines Projekt werden kann. Sinnvoll erscheint es, ein System zu entwickeln oder durch entsprechende Standards zu beschreiben, welches durch Einsatz von Zusatzelementen dem spezifischen Projekt angepasst, doch in seiner Grundstruktur universal eingesetzt werden kann. So äußern sich Bremicker und Cuny zu diesem Problem, dass “Um Medienbrüche bei der Datenübertragung an verschiedene Partner zu vermeiden, [...] die Etablierung einer standardisierten Middleware notwendig [...]” ist (Bremicker, Cuny 2007 S. 39).

2.2 Standards

Ein Standard ist ein anerkannter Qualitätstyp, eine Norm zur Vereinheitlichung einer Ware. Für RFID-Produkte werden Standards von zwei mit einander kooperierenden Gruppen erarbeitet: das Gremium für Standards zur automatischen Identifikation und Datenerfassung der ISO (International Standards Organisation) und der EPCglobal (EPC - Electronic Product Code, s.u.) Gruppe. Diese Organisationen entwickeln zwar keine Standards perse, setzen aber Richtlinien anhand von angewandten Maßen, die sich in der Praxis positiv hervorgehoben oder bereits bei mehreren Verbrauchern durchgesetzt haben.

Bei der Entwicklung und dem Einsatz von RFID-Systemen und Standards müssen auch geltende internationale und regionale Funkvorschriften eingehalten werden. Dies stößt die globale Standardisierung dieser Technologie gelegentlich vor Probleme, da Richtlinien über den Einsatz von Frequenzbereichen in den verschiedenen Ländern derzeit oft unterschiedlich geregelt sind.

2.2.1 Elektronischer Produktcode (EPC)

Als Äquivalent zur EAN (Europäischen Artikel Nummer), dem internationalen 12-stelligen Barcode Standard, ist für die RFID-Technologie der Electronic Product Code

(EPC) entwickelt worden. Der EPC soll eine weltweit eindeutige Identifizierung von Waren/Objekten ermöglichen. Der EPC ist Teil des EPC-Netzwerkes, welches das Auto-ID-Center des MIT Boston in Zusammenarbeit mit verschiedenen Unternehmen entwickelt wurde. Diese Unternehmen haben 2003 die Gruppe EPCglobal ins Leben gerufen, um die Entwicklung des EPC-Netzwerkes voranzutreiben.

Es gibt bereits mehrere Versionen des elektronischen Produktcodes (EPC). Sie haben grundsätzlich eine binäre Struktur und sind in Abschnitten unterschiedlicher Länge aufgeteilt. Dies hat zum Zweck, dass verschiedene Angaben verschlüsselt und gespeichert werden können (Metro Group 2007). Nachfolgend wird als Beispiel ein 94 Bit EPC angeführt (Hirt, Ringgenberg 2004):

01.	0000A89.	00016F.	000169DC0
Datenkopf	EPC Manager	Objektklasse	Seriennummer

- Datenkopf: EPC Versionsnummer
- EPC Manager: Hersteller (z.B. The Coca Cola Company)
Zahlenraum: 268 Millionen
- Object-Class: Produkt-Typ (z.B. Cola Light 330 ml Dose)
Zahlenraum: 16 Millionen
- Serial-Number: Eindeutige Nummer der Einheit
Zahlenraum: 68 Milliarden

Dieser EPC aus dem Jahr 2004 wurde bereits weiterentwickelt und modifiziert, sodass der, bei der METRO AG eingesetzte, EPC aus folgenden 6 Elementen besteht: Datenkopf zur Speicherung der EPC Version, Filterwert, der die Handelseinheit beinhaltet, Partition, Basisnummer mit der Herstelleridentifikation, Artikelnummer zur Angabe des Warentyps und die Seriennummer zur eindeutigen Identifikation des Objekts.

Durch den EPC-Standard wird nur ein Minimum an Informationen lokal auf dem Transponder selber gespeichert. Die zu dem Objekt dazugehörenden vollständigen In-

formationen sind zentral in dem Backend-System des Unternehmens hinterlegt (Thiesen 2006).

2.2.2 Nationale und Internationale Vorschriften

Wie im vorherigen Abschnitt bereits erwähnt, stellen Frequenzen eine große Herausforderung in der Schaffung von einheitlichen Standards dar. Haben große Vorreiter-Unternehmen sich auf eine Frequenz festgelegt, z.B. Wal-Mart in den Vereinigten Staaten, so ist die von ihnen benutzte Frequenz in vielen Teilen Europas und in Japan für die kommerzielle Nutzung nicht zugelassen (Twist 2005). Derzeit kann man nur einen Frequenzbereich für globalen RFID-Einsatz verwenden, nämlich Hochfrequenz (HF - 13,56 MHz). Die restlichen Frequenzbereiche sind von Land zu Land mit anderen Funktionen belegt und somit nicht für allgemeine RFID-Systeme zugänglich (Danner 2006 S. 22). Die zivile Flugsicherung der Vereinigten Staaten (Federal Aviation Administration) sieht zudem beispielsweise dem gegenüber nur den Einsatz von "aktiven" Chips mit einer Betriebsfrequenz von 433 MHz vor (FAA Memorandum 2005).

2.2.3 RFID-Standards im Entwicklungsstadium

In erster Instanz wird momentan an Hardwarestandards gearbeitet damit Transponder und Lesegeräte unterschiedlicher Hersteller miteinander benutzt und somit firmen- bzw. netzwerkübergreifende Kooperationen eingegangen werden können. Nichtsdestotrotz entwickeln RFID-Dienstleistungsunternehmen bereits eigene und auf ihren Kunden angepasste Systeme. Diese Anpassungen finden vor allem auf der Middleware-Ebene statt, um die Integration der Transponderdaten in das Backend-System des Unternehmens zu ermöglichen.

3. RFID im Logistik-Management

Die stete Weiterentwicklung logistischer Prozesse geht heute Hand in Hand mit der fortschreitenden Globalisierung und dem wachsenden Wettbewerbsdruck. Dies hat zur Folge, dass sich in der Logistik ein Wandel von einer funktionsorientierten zu einer flussorientierten Betrachtungsweise vollzogen hat, in deren Mittelpunkt die Gestaltung und Optimierung von Prozessen steht (Baumgarten 2002). Laut Baumgarten (2002) entwickelt sich die Logistik zunehmend zu einer unternehmensweiten und - übergreifenden Koordinationsfunktion mit Fokus auf die wachsende Bedeutung von Informationsflüssen. Vor diesem Hintergrund ist es nicht abwegig die RFID-Technologie in den logistischen Prozess zu integrieren um Güter und Informationsflüsse zu optimieren und automatisieren. Unter Berücksichtigung dieser Ziele sind bereits Insellösungen¹⁰ geplant und umgesetzt worden (Metro Future Store/Wal-Mart). Um jedoch unternehmensübergreifende Prozesse einzuführen, bedarf es noch intensiver Weiterentwicklung und der in den ersten Kapiteln angesprochenen Normalisierung (Standardisierung).

Insellösung bedeutet, dass ein System speziell an das Unternehmen angepasst oder sogar nur für dieses Unternehmen entwickelt wird. Es handelt sich dabei um den Einsatz in einem geschlossenen logistischen System (Closed-Loop-Systems) (Schmitt, Michahelles, 2007). Insellösungen sind für Unternehmen interessant, da im voraus berechenbar ist, ob der interne Einsatz eines RFID-Systems wirtschaftlich tragbar ist und sich dadurch eine Optimierung der Prozesse herbeiführen lässt. Eine auf RFID basierende "Intralogistik" kann von vorn herein auf das Unternehmensziel angepasst konzipiert, berechnet und errichtet werden. Große Unternehmen (Automobilindustrie, Handel) haben mit dem Einsatz der Funktechnologie die Automatisierung der Herstellungsprozesse bereits optimieren können. Die Identifizierung einzelner Komponenten findet schneller, zuverlässiger und vor allem automatisch statt. Die Zuverlässigkeit der RFID-Technologie lässt sich in geschlossenen Systemen auch heute schon garantieren, da die eingesetzten Komponenten an die Umgebung angepasst und getestet werden können. So können Tags, die durch Interferenzen mit dem Umfeld (Metall, Flüssigkeit) beeinträchtigt werden, vom Einsatz ausgeschlossen werden.

¹⁰ Mit Insellösung ist eine lokal begrenzte, einmalige Lösung gemeint die nicht mit verwandten Systemen kompatibel ist.

Den funktionierenden Closed-Loop-Systemen steht die Herausforderung gegenüber, offene logistische Systeme (Open-Loop-Systems) mit RFID auszustatten (Schmitt, Michahelles, 2007). Bestehende Insellösungen werden geöffnet und dem Markt zugänglich gemacht. Vorerst wird angestrebt die Zulieferer in das bestehende System zu integrieren, um den Warenfluss in das bestehende System zu verfolgen. Als weiterer Schritt wird der Konsument mit der Technologie in Berührung kommen. Auf die Probleme und Gefahren des letzteren Schrittes soll im späteren Verlauf eingegangen werden. Die Integration der Lieferanten stellt den Markt jedoch vor allem vor ein Problem: welche Schnittstellen sollen benutzt werden. Die Lösung kann eine staatliche Kontrolle oder eine durch den Markt bestimmte Selbstkontrolle sein, so wie zu Beginn der RFID-Euphorie von Wal-Mart und Metro demonstriert. Beide veranlassten 100 seiner Lieferanten ihre Waren mit RFID-Tags auszustatten (Wu 2005) und legte die dafür notwendigen Normen vor, welche in betriebseigenen Forschungseinrichtungen erarbeitet wurden.

Die Standardisierung wie in Kapitel 2 beschrieben ist eine, aber nicht die einzige Grundvoraussetzung für einen erfolgreichen und effizienten Einsatz in der Konsumgüterindustrie und im Handel. Auch der Kunde muss von der Industrie über die Technologie informiert und mit ihr vertraut gemacht werden. Doch an erster Stelle muss sich der Systemgestalter im klaren über die Möglichkeiten von RFID sein um diese den unternehmensspezifischen Einsatzzielen zuordnen zu können.

Laut Thiesen (2007) zählen zu den derzeit aktuellen Einsatzzielen der RFID -Technologie im Supply Chain Management vor allem die Vereinfachung des Warenumschlages, Automatisierung der Bestandskontrollen im Lager und auf den Verkaufsflächen, Diebstahlschutz und Produktverfolgung. Aber auch moderne Bereiche wie Kundenbeziehungsmanagement (CRM - Customer Relationship Management) und Produktlebenszyklusmanagement (PLM - Product Lifecycle Management) profitieren von der Technologie. Ausserdem können neue Services konzipiert und angeboten werden, wie zum Beispiel lieferantengeführte Bestände - Vendor Managed Inventory (VMI). Bei VMI übernimmt der Lieferant die Verantwortung über die Lagerbestände des Kunden um die Kommunikation zwischen Kunde und Lieferant zu verbessern und seinen gesamten Absatz genauer vorhersagen zu können (Danese 2006). Der Lagerbestand des Zwischenhändlers oder auch Kunden kann bei entsprechender technischer Ausrüstung

der Lagerstätte automatisch und in Echtzeit festgestellt werden. Der Lieferant kann an das System eine Anfrage über den aktuellen Lagerstand stellen, bzw, das System kann diesen dem Lieferanten bekannt geben, sobald eine entsprechende, vorher definierte, Schwelle (Sicherheitsbestand) des Lagerbestandes unterschritten wird. Der Lieferant kann somit schneller reagieren und besser vorausplanen. Ein lieferantengeführter Bestand kann den Peitscheneffekt¹¹ aus einer Lieferkette substituieren und somit durch Prozessoptimierung Kosten im Informationsmanagement senken. Hierbei kann auch der dispositive Lagerbestand kontinuierlich aktuell gehalten werden.

Nutzenbasierte Bezahlung kann auch ein Folgeservice der Integration von RFID in Logistischen Systemen sein. Dieses Bezahlssystem wird von dem Wirtschaftlichkeitsgedanken angetrieben. Der Kunde bezahlt exakt nur für die Transportleistungen, die er erhalten hat. Es kann auch hier auf Objektebene nachvollzogen werden, wie viel pro Kunde transportiert wurde. Für Anbieter von Logistischen Dienstleistungen (3PL)¹² kann dies eine bedeutende USP¹³ sein, vor allem, wenn der Service verschiedenen Kunden gleichzeitig angeboten werden kann. Durch exaktere Kostenkontrolle und Zurechenbarkeit dieser an einen speziellen Kunden sowie Optimierung der Transportflächenausnutzung kann ein 3PL weiterführende Services anbieten, u.a. eine transparente Kostenerfassung (Baumgarten).

Diesen einzelnen Einsatzmöglichkeiten liegt ein Prozess zugrunde, die physische Einführung der Technologie in ein bereits bestehendes System. Thiesse identifiziert vier allgemeine Projektkategorien zur Einführung von RFID in bestehende oder neu gestaltete Systeme:

- a. Ersatz des Barcodes
- b. Steigerung der Prozesseffizienz
- c. Prozessinnovation
- d. Visibilität der Lieferkette

¹¹ Der Peitscheneffekt (bullwhip effect) resultiert aus den komplexen und dynamischen Abhängigkeiten in der Supply Chain (Simchi-Levi 2004).

¹² 3PL - 3rd Party Logistics

¹³ USP - Unique Selling Proposition

Diese Liste überschneidet sich mit der auf der vorhergehenden Seite gestellten Aussage, dass ein Systemgestalter die unternehmensspezifischen Einsatzziele von RFID abwägen muss. Die erarbeiteten Ziele können weiterführend den von Thiesse (2007) identifizierten Projektkategorien untergeordnet werden.

Punkt a: wurde bereits in Kapitel 1 angesprochen und soll hier nur kurz zusammengefasst dargestellt werden. In seiner einfachsten Form ist ein RFID-System mit dem heutigen Standard der automatischen Identifikation, dem Barcode, vergleichbar. Ein Datensatz wird von einem Lesegerät erfasst und mit der Datenbank abgeglichen, um Informationen über das erfasste Objekt zu erhalten.

Punkt b: Prozesseffizienz bedeutet, dass ein Ziel mit minimalem Ressourceneinsatz erreicht wird (Wildemann 2008) beziehungsweise die Ressource maximal ausgenutzt wird.

Punkt c: RFID kann nicht nur zur Beschleunigung von bestehenden Prozessen, sondern zur grundsätzlichen Änderung der Prozesslogik eingesetzt werden. Ein Beispiel ist der Einsatz zur Lokalisierung von Objekten in Produktionsprozessen, wo die zusätzliche Datenqualität und -granulいた eine Optimierung der Fertigungssteuerung an einzelnen Maschinen ermöglicht, so dass in Folge Durchlaufzeiten und Fehlerquoten gesenkt werden können.

In Herstellungsprozessen kann RFID eine bis zu 100% Übersicht über die 'location' (Position) der Objekte im Wertschöpfungsprozess geben. Dadurch kann nicht nur die Produktionseffizienz bestehender Prozesse sondern eine Neugestaltung der vorhandenen Prozesse eingeleitet werden.

Punkt d: deutet auf einen gesteigerten und für alle Positionen in der Lieferkette transparenten Informationsfluss. Die Daten können über das Internet allen Managern zur Verfügung gestellt werden. Diese haben dadurch nicht nur eine größere Datenmenge um genauere Vorausplanungen zu berechnen. Es besteht auch durch die Aktualität der Daten die Möglichkeit, kurzfristig und vor allem flexibel die vorhandenen Waren auf die Einzelhändler zu verteilen, die einen unerwarteten Anstieg in der Nachfrage erfahren.

3.1 Prioritäten eines Logistikmanagers

Kostengünstiger, schneller und gleichzeitig zuverlässiger - das sind die wichtigsten Punkte, an die ein Logistikmanager (Systemgestalter) denkt, wenn er eine Distribution aufbauen oder verbessern will. Um diese Ziele zu erreichen, ist zur Zeit ein Zugang zu aktuellen Daten notwendig. Diese sollen die gesamten, sich in der Lieferkette befindlichen Objekte und Informationen aufweisen. Hierbei kann RFID mittel- und langfristig ein kostengünstiger Lieferant dieser Daten sein. Wichtig für die Weiterentwicklung der RFID-Systeme ist dabei der Weitblick des jeweiligen Projekts. Eines der Ziele muss sein, die gesamte Kommunikation mit Lieferanten und Kunden zu verbessern und nicht nur auf die Innerbetrieblichen Prozesse zu achten. Dies erfordert einen guten Kontakt zu den jeweiligen Personen der Partnerunternehmen, die Zugang zu den nötigen Informationen in den Partnerunternehmen haben und deren Einbezug in das Projekt. Bei guter Projektplanung und Durchführung kann der Einsatz von RFID in einem Unternehmen eine signifikante Reduktion des Inventarlevels, effizientere Lieferungen und eine Senkung des out-of-stock-Risikos bewirken (Chow et. al, 2007). Im folgenden werden vier Bereiche der Logistik vorgestellt und analysiert, für die der Einsatz von einem RFID-System von Vorteil ist.

3.2 Vier Grundbereiche

Die Einsatzmöglichkeiten von RFID-Systemen speziell im Logistik Management können im Vergleich zu Thiesse's vorhergehender Auflistung in 4 Bereiche: (1) Auslastung der Betriebsmittel, (2) Operativer Einsatz, (3) Sicherheit und (4) Kontrolle gegliedert werden. Jeder einzelne Bereich für sich genommen, kann bereits von dem Einsatz der Technologie profitieren. Aber auch über mehrere Bereiche übergreifend kann eine Optimierung durchgeführt werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass dies wiederum einen höheren Umsetzungsgrad des Projekts mit sich führt.

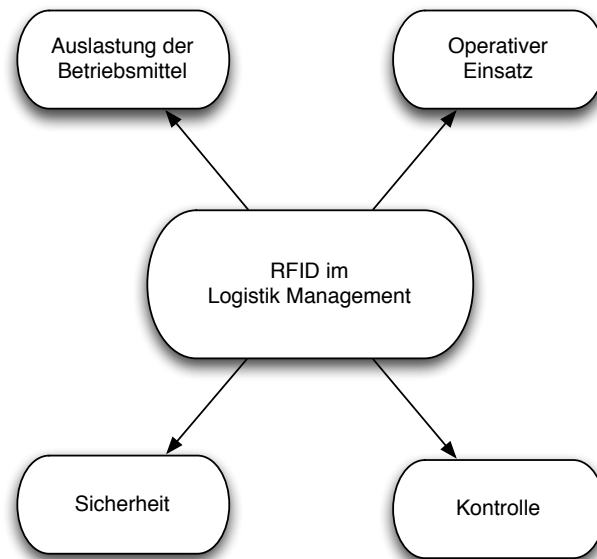


Abbildung 5:
Einsatzbereiche von RFID im Logistik Management (nach Thiesse 2007)

3.2.1 Auslastung der Betriebsmittel

“Auslastung der Betriebsmittel” ist ein selbsterklärender Begriff. Es handelt sich um einen Prozess, bei dem es in erster Linie darum geht, Leerzeiten zu vermeiden. Ein höherer Informationsgrad, der durch den Einsatz von RFID ermöglicht werden kann, erfordert zwar eine schnellere Datenverarbeitung, kann aber bei entsprechender, an das Datenvolumen angepasster Optimierungslogik und Einsatz von durch RFID ermöglichter Zusatzservices (zum Beispiel Real Time Positioning); den aktuellen IST-Stand der Betriebsmittel aufweisen und somit die Reaktionszeit des verwaltenden Logistikmanagers erhöhen. Unter Betriebsmittel werden hier primär Container (als wichtigstes Beispiel das Container-Management (CM)) und jede Art von wirtschaftlich genutztem Fuhrpark verstanden. Vereinzelt ist RFID bereits in diesen Bereichen im Einsatz (siehe Kapitel 4.1.3).

Die Anforderungen an ein CM werden in einer Case Study am Beispiel eines Container Depot im Hafen von Hong Kong von Ngai et al (2007) beschrieben. Ngai et al stellen eine Systemarchitektur vor deren Ziele die Lokalisierung der Container und Stapler, Einsicht in die operativen Daten sowie Optimierung des Kontrollprozesses sind. Zu der Grundstruktur des System (Abbildung 6) zählen sie 1. ein RFID System, 2. ein Drahtlo-

ses Netzwerk, 3. ein Container Depot Management Support System (CDMSS), 4. Kommunikationsschnittstellen und 5. Schlüsselfunktionen. Die Autoren behaupten das das beschriebene Gerüst Kundenservice, Bestell- und Kontainermanagement sowie Kontrolle in Echtzeit optimal vereint.

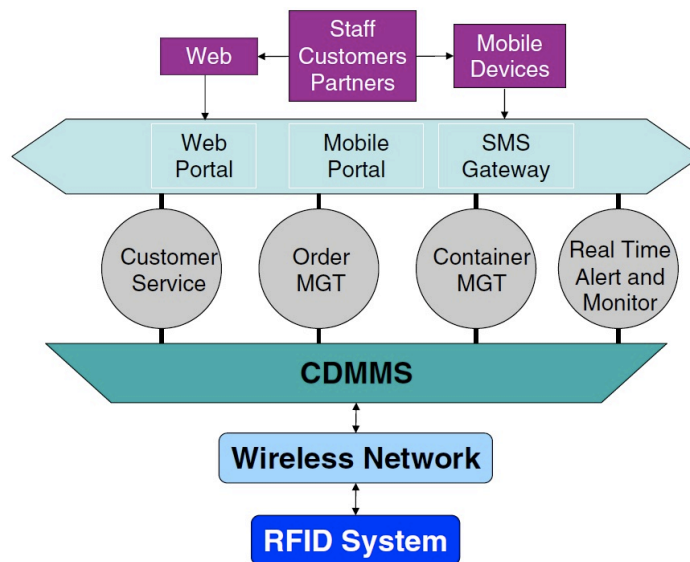


Abbildung 6: Grundstruktur eines CM Systems mit RFID Integration (Ngai 2007)

Eine Unterkategorie der Auslastung der Betriebsmittel ist speziell im Bereich Container Management das Container Tracking. Durch Umwelteinflüsse können herkömmliche Informationsträger an Containern wie Kreide, angeklebte Etiketten oder Barcodes leicht unkenntlich werden und wichtige Informationen verloren gehen. Ein Container, dessen Identifikation verloren gegangen ist, wird solange unbenutzt bleiben, bis seine Herkunft und Besitz festgestellt werden. Dies kann eine langwierige Prozedur sein, welche zusätzlich zu den Standkosten, hohe administrative Kosten verursachen kann. Ein in den Innenraum eines Containers angebrachter RFID-Tag ist vor Umwelteinflüssen besser geschützt, kann jedoch mehr Informationen aufnehmen, somit auch wiedergeben, als die bisher eingesetzten Informationsträger.

Neben dem Container Tracking kann auf einem Chip auch jegliche Information zu Wartung, Vermietung sowie Technische- und Sicherheitsinformationen gespeichert werden.

3.2.2 Operativer Einsatz

Neben der Auslastung der Betriebsmittel hat die Automatische Datenerfassung, durch Reduktion manueller Tätigkeiten und somit der Minimierung von Fehlerquellen, ein wesentliches Potential für den Einsatz von RFID in der “[...] operativen Steuerung, welche sich schwerpunktmäßig auf die Regelung des Material- und Warenflusses konzentriert [...]” (Karrer 2004). Vor allem die automatische Sortierung von Gütern kann sowohl die Lieferzuverlässigkeit steigern und die Bestandskontrolle in Echtzeit unterstützen. Letzteres kann wiederum die allgemeinen Lagerhaltungskosten senken während ersteres Rückerstattungen und somit Rücktransportkosten und -aufwendungen reduziert. Nicht zu vernachlässigen ist auch der Praktische nutzen der Transponder, die an den Objekten so angebracht werden können, dass sie vor Umwelteinflüssen geschützt sind und die auf ihnen gespeicherten Informationen dauerhaft vermitteln können. Barcodes, zum Vergleich, bleichen mit der zeit aus und können durch Feuchtigkeit, Schmutz und Abnutzung beschädigt werden und werden dadurch unbrauchbar (Böse 2005).

3.2.3 Sicherheit

Für mehr Sicherheit bei Gefahrgütertransporten kann der RFID-Tag vergleichbar dem Einsatz im CM eingesetzt werden. Um Umwelteinflüssen besser standzuhalten, kann der Chip im Inneren des Behälters angebracht werden. So ist er auch vor Manipulation oder Fehlinterpretation der Information geschützt. Ein weiterer Vorteil, wiederum bei Verwenden von Zusatzservices, die die RFID -Technologie möglich macht, ist die Chance die Transportroute in Echtzeit und nachträglich zu verfolgen, sowie durch Umweltsensoren das Umfeld des transportierten Gutes während des Transportes zu beobachten.

Als Weiterführung der e-Business Thematik kann als länderübergreifendes Projekt die Entwicklung eines globalen e-Zoll angestrebt werden. Als Beispiel für einen e-Zoll ist die Abfertigung von Transitwaren in Thailand vorbildlich. Die Grundidee ist, dass Daten über den Inhalt von Containern, auf einem Chip im Inneren angegeben werden (siehe Container Management). Der Container wird verplombt. An den einzelnen Zollstationen muss keine aufwendige Dokumenten- und Bestandskontrolle mehr durchgeführt werden. Die Daten werden durch ein Lesegerät abgerufen und abgeglichen. Lediglich

die Plombe muss kontrolliert werden. Dieses Vorgehen - vor allem wenn standardisiert und weltweit an Zollstationen eingesetzt - kann Kontrollen verkürzen und Transportzeiten durch geringere Wartezeiten an den einzelnen Grenzübergängen reduzieren.

3.2.4 Kontrolle

Phantom Inventar (Twist 2005) ist in der Lagerhaltung in mehrerer Hinsicht ein Problem, welches durch den Einsatz von RFID gelöst werden kann. In erster Linie ist ein falsch abgelegtes Produkt für den Konsumenten unauffindbar und somit nicht zum Verkauf anbietbar, obwohl es laut Inventarliste des Lagerhalters im Sortiment vorhanden ist. Es nimmt wertvollen Lagerplatz weg und bringt gleichzeitig keinen Gewinn ein. Ist das Produkt mit einem Transponder ausgestattet und das Lager oder der Verkaufsraum mit den entsprechenden Lesegeräten, so kann das System sofort erkennen, wenn und wo ein Produkt falsch abgelegt wurde. Somit wird nicht erst bei der Nachfrage eines Kunden ersichtlich, dass ein Objekt nicht an seinem vorgesehenen Ort liegt und eine kostspielige manuelle Suche entfällt.

3PL, logistische Drittanbieter, haben durch den Einsatz von RFID die Möglichkeit, das verschiffte Objekt kontinuierlich zu verfolgen bzw. den Weg auf dem Objekteigenen Transponder aufzuzeichnen und später dem Kunden detailliert vorzuzeigen, wie der Transport verlaufen ist. Dies kann einerseits als Rückversicherung dienen, wenn es zu klären geht, ob Objekte bei dem Transport durch Verschulden des Transportdienstleisters zu Schaden gekommen sind, ob höhere Gewalt oder der Auftraggeber selber für Schäden verantwortlich ist. RFID kann die Dienstleistung dem Kunden gegenüber transparent gestalten und somit Vertrauen in die Auslagerung des Transportservice stärken.

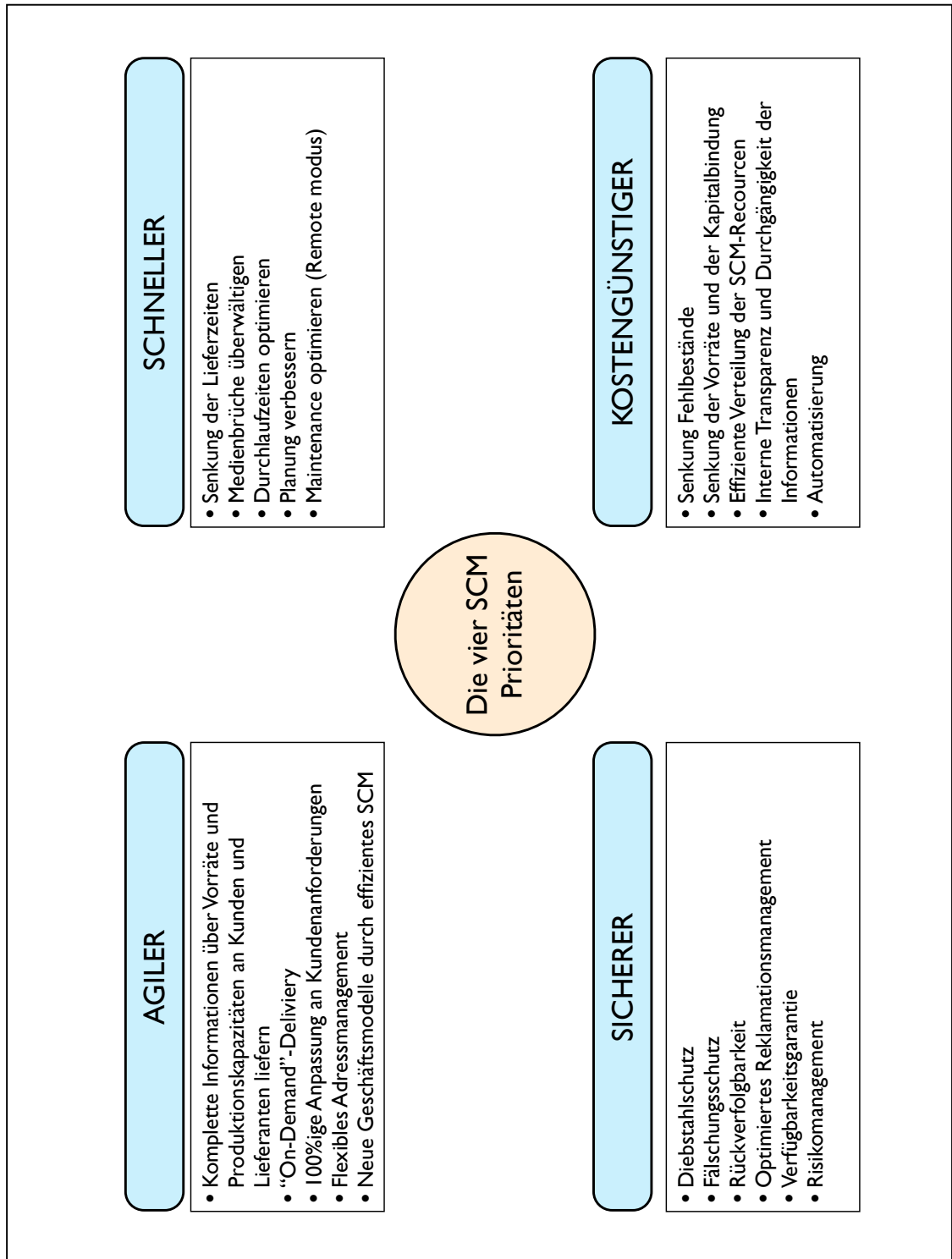


Abbildung 7: Vier-Prioritäten-Modell (Quelle: Bremicker 2007)

Ein Ansatz einen genauen Überblick über Lagerbestände zu haben und diese lokal zu senken, ist die Überwachung der “In-Transit”-Bestände. In-Transit Bestände sind Waren und Güter, die sich auf dem Weg zwischen zwei Lagern befinden und somit nicht eindeutig einem Lager zugeordnet werden können. Durch genauere Datenerfassung ist es möglich diese, sich auf dem Weg befindlichen Güter, in Lagerbeständen zu berücksichtigen. Dadurch können über die gesamte Lieferkette nicht nur Kosten gespart, sondern auch bei der Erstellung der (Jahres-)Bilanz eine präzisere Unternehmensbewertung erstellt werden. Intel war damit in der Lage, die Bestände um 80% zu senken (Braunschweig, Rinkler 2007).

Dies kann als auch Basis für eine globale Warenrückverfolgung dienen. Durch die transparente Lieferkette können nicht nur die Fehlerquellen präziser identifiziert sondern auch daraus resultierende Rückrufe von Produkten zielgenau und somit effizienter koordiniert werden. Dies spart nicht nur Kosten sondern kann auch dem Image der Marke zugute kommen, wenn nicht das gesamte Produkt sondern nur eine Charge fehlerhaft und schnell identifizierbar ist.

Die Rückverfolgung ist nicht nur im außerbetrieblichen Einsatz von Interesse, auch für den innerbetrieblichen Ablauf kann RFID eine wichtige Rolle spielen. So kann der Einsatz den Materialfluss beschleunigen, da manuelle Kontrollen an Knotenpunkten automatisiert werden können. Innerbetriebliche manuelle Kontrolltätigkeiten am Materialfluss können auf das Anbringen der RFID Tags an den Objekten reduziert werden, wobei auch dieser Schritt mittelfristig automatisiert werden kann (Döngers 2006).

3.3 RFID-Einsatz im Einzelunternehmen

Konsumgüter mit extrem kurzen Lebenszyklus sind ein mögliches Einsatzgebiet für RFID um die Vermarktung (Time-to-Market) effizienter zu gestalten und das Produkt gewinnbringender zu verkaufen (Braunschweig, Rinkler 2007). Die Informationen zu den Produkten können lokal an den Objekten gespeichert werden. Dieses Vorgehen erlaubt es, einen aufwendigen Informations- und Dateneinspeisungsfluss in die WWS der einzelnen Vertriebsstellen zu reduzieren und somit nicht nur Kosten zu sparen, sondern auch die Güter schneller zu vertreiben.

3.4 Integration in bestehende Systeme

Es ist nicht ausreichend Potential für den Einsatz von RFID im eigenen Unternehmen zu sehen. Der Hype um die Technologie ist abgeflacht da die Umsetzung komplexer und umfangreicher ist als zu Beginn vermutet. Insellösungen sind langfristig weder ausreichend noch effizient, doch bis zum globalen Einsatz müssen noch die bereits angesprochenen Hürden genommen werden. Im 4. Kapitel werden jedoch Einsatzgebiete und praktizierte Lösungen vorgestellt.

3.5 Prozessinnovation

RFID kann nicht nur zur Beschleunigung von bestehenden Prozessen sondern zur grundsätzlichen Änderung der Prozesslogik eingesetzt werden. Ein Beispiel ist der Einsatz zur Lokalisierung von Objekten in Produktionsprozessen, hierbei wird durch gesteigerte Datenqualität und -kontinuität eine Optimierung der Fertigungssteuerung an einzelnen Maschinen ermöglicht, so dass in Folge Durchlaufzeiten und Fehlerquoten gesenkt werden können. In Herstellungsprozessen kann RFID eine bis zu 100% Übersicht über die Position der Objekte im Wertschöpfungsprozess geben. Dadurch kann nicht nur die Produktionseffizienz bestehender Prozesse sondern eine Neugestaltung der vorhandenen Prozesse eingeleitet werden.

3.6 Auswirkung auf LM Modelle

Allgemein können RFID-Systeme mehr Daten und eine höhere Datenvielfalt generieren, welche Auswirkungen auf die Ergebnisse bestehender Modelle oder auf die Modelle selber haben kann. Vor allem für Prognoserechnungen im Logistik Management ist die Gewinnung präziser Daten in Echtzeit von enormen Vorteil, denn Verzögerungen im Informationsfluss haben in erster Linie zur Folge, dass höhere Sicherheitsbestände, und somit größere Lagerflächen benötigt werden. Auch die voraussichtliche Nachfrage kann durch in zeitnah verarbeitete Daten genauer berechnet werden. Bezugnehmend auf die

Prognoserechnung kennt die Logistik eine Vielzahl von Modellen um Verbrauch oder Lagerbedarf vorherzusagen. Einige sollen nachfolgend auf ihre Beeinflussbarkeit durch RFID-Systeme analysiert werden.

Für quantitative Modelle der Prognoserechnung bei denen die zukünftige Nachfrage abhängig von historischen und aktuellen Werten einer oder mehrerer Variablen ist können die mit Hilfe von RFID gesammelten Daten, die nicht nur in Echtzeit verarbeitet sondern auch auf Vorrat gespeichert werden können, bei der Lieferung von Prognosewerten eingesetzt werden (Kircher 2006). Es ist dabei wichtig hervorzuheben, dass RFID keine neue Methode ist um Prognosen abzugeben, sondern eine Technologie zur Verbesserung der Datengenerierung. Letztere stellt die Basis dieser Modelle dar und wird am folgenden Beispiel verdeutlicht.

3.6.1 Beispiel Bedarfsplanung

Für das Beispiel der Bedarfsplanung werden zwei Lagerhaltungssysteme einander gegenübergestellt. Beide Systeme werden durch jeweils ein Unternehmen dargestellt. Für jedes Unternehmen wird ein tatsächlicher Kundenbedarf angenommen, welcher von jedem Unternehmen erfüllt werden muss. Weiters sind die Unternehmen mit Fehlmengen (Schwund) konfrontiert. Der tatsächliche Kundenbedarf (d_{Kunde}) ist in Tabelle 5 angegeben. Es wird angenommen, der Schwund beträgt 2 Einheiten pro Periode.

Der Bedarf (d_A) des Unternehmens A wird anhand einer FIFO Lagerhaltung basierend auf einer Lagereingangs- minus Lagerausgangsrechnung bestimmt und die entsprechende Bestellung (p_A) erfolgt zu einem fixen Bestellpunkt (T). Der tatsächliche Lagerbestand wird ein mal jährlich durch die Durchführung einer Inventur berechnet und der Fehlbestand (Schwund) wird in dem Folgemonat zur Bestellung addiert.

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
d_{Kunde}	56	78	97	75	65	94	92	98	98	59	52	50	57	87	98	84	100	76	56	99	85	67	72	82
p_A	56	78	97	75	65	94	92	120	98	59	52	50	57	87	98	84	100	76	56	124	85	67	72	82
p_B	58	80	99	77	67	96	94	100	100	61	54	52	59	89	100	86	102	78	58	101	87	69	74	84

Tabelle 5: Kundenbedarf und Unternehmensbestellungen für Perioden T 1 bis 24

Unternehmen B verwendet zur Lagerkontrolle ein RFID System welches die Ein- und Ausgänge automatisch dokumentiert und die Anzahl des Lagerinventars auslesen kann. Unternehmen A und B bestellen zum fixen Bestellpunkt T. Tabelle 5 stellt den periodisch ermittelten Bestellungen der einzelnen Unternehmen dar. In den Perioden 8 und 20 (in Tabelle 5 fett hervorgehoben) wurden im Unternehmen A der Fehlbestand geordert.

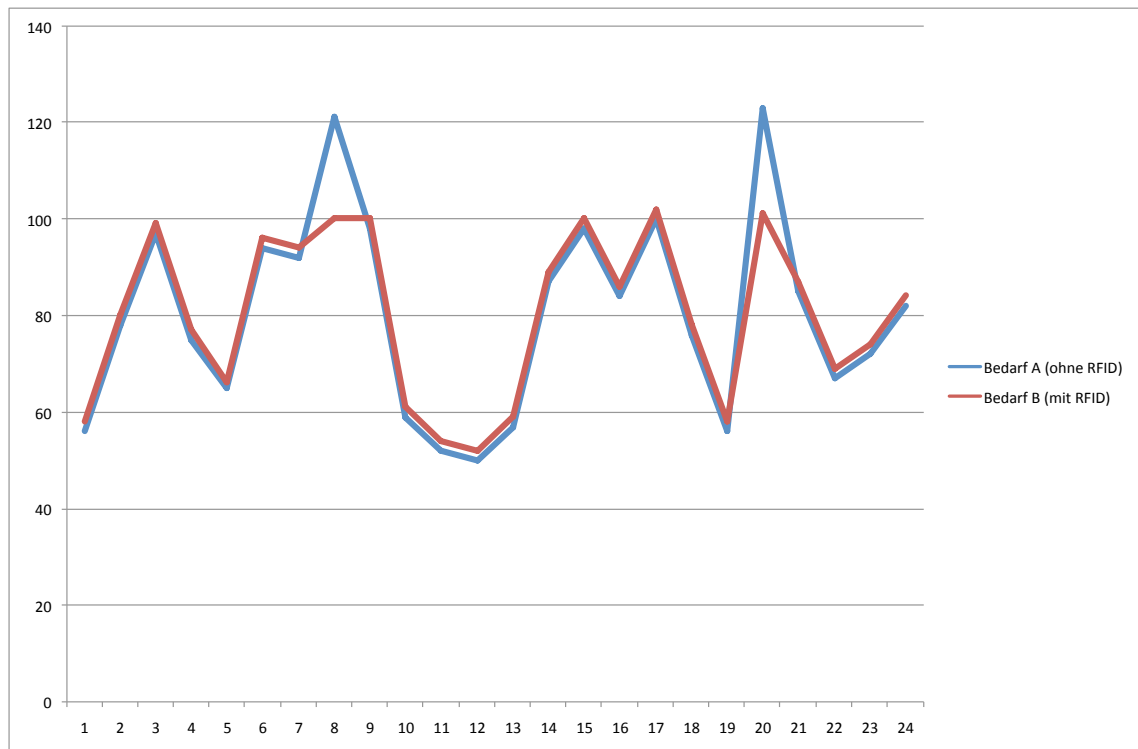


Abbildung 8: Bedarf Unternehmen A und B in Perioden 1 bis 24

In einer grafischen Darstellung (Abbildung 8) ist ersichtlich, dass eine jährliche Inventur, gleich einem Saisonalen Effekt, Auswirkungen auf die Bedarfsmenge hat. Dies hat auch einen negativen Effekt auf die Bedarfsprognose.

Prognostizieren nun beide Unternehmen Ihren Bedarf mittels einer exponentiellen Glättung¹⁴, so arbeitet Unternehmen A bereits zu Beginn mit ungenauen (verfälschten) Werten. Zum Vergleich wurden für beide Unternehmen Bedarfsprognosen durch exponentielle Glättung ($\alpha=0,3$) durchgeführt.

¹⁴ Die exponentielle Glättung erster Ordnung ist die wichtigste Methode der verbrauchsorientierten Bedarfsermittlung (Händler 1999). Ein zuvor berechneter Prognosewert wird mit dem tatsächlich eingetretenen Verbrauch verglichen und die dabei entstandene Abweichung berücksichtigt. Zur Gewichtung der Daten wird der Glättungsfaktor α verwendet (Wannenwetsch 2003).

Formel exponentielle Glättung

$$p_{T+1} = \alpha d_T + (1 - \alpha)p_T$$

Tabelle 6 und Abbildung 9 zeigen den periodischen und den prognostizierten Bedarf bei Lagerhaltung ohne RFID an, dem gegenüber Tabelle 7 und Abbildung 10 den Bedarf und Prognose mit RFID Lagerhaltung.

Periode	Bedarf A (ohne RFID)	Prognose	abs. Fehler	rel. Fehler
1	56			
2	78	56	22	39%
3	97	71	26	33%
4	75	89	14	15%
5	65	79	14	19%
6	94	69	25	38%
7	92	87	5	6%
8	121	90	31	33%
9	98	112	14	11%
10	59	102	43	44%
11	52	72	20	34%
12	50	58	8	15%
13	57	52	5	9%
14	87	56	31	55%
15	98	78	20	23%
16	84	92	8	8%
17	100	86	14	16%
18	76	96	20	20%
19	56	82	26	34%
20	123	64	59	106%
21	85	105	20	16%
22	67	91	24	28%
23	72	74	2	3%
24	82	73	9	13%

Tabelle 6: Bedarfsprognose durch exponentielle Glättung ohne RFID

Der Vorteil von RFID im Lagermanagement kann nun in erster Linie im Prognosefehler der beiden Unternehmen gefunden werden. Das Unternehmen A hat im Durchschnitt einen relativen Prognosefehler von 27%, der relative Fehler von Unternehmen B hingegen liegt bei 22%. Auch bei Anwendung anderer Prognoseverfahren ist eine Verbesserung feststellbar, so sinkt der relative Prognosefehler beim Berechnen des Bedarfs mittels des gleitenden Durchschnitts (moving average) von 18% auf 16% (Siehe Appendix C Tabelle A2).

Formel gleitender Durchschnitt

$$p_{T+1} = (d_T + d_{T-1} + d_{T-2} + \dots + d_{t-n})/n$$

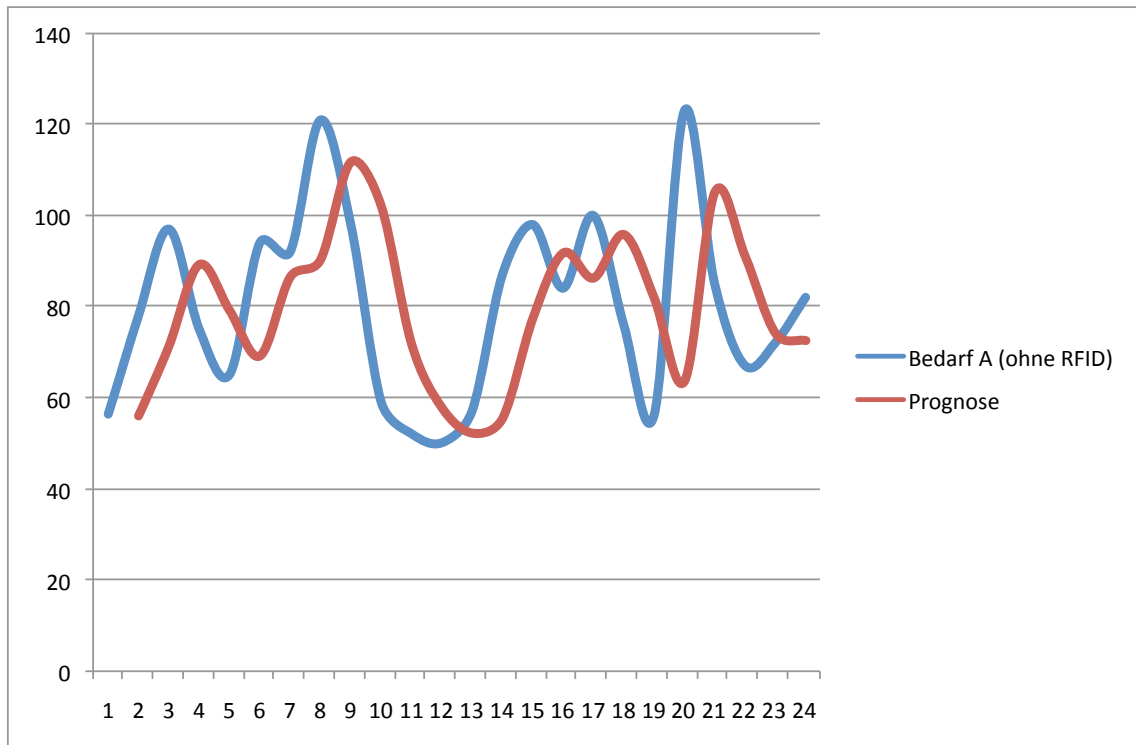


Abbildung 9: Bedarfsprognose durch exponentielle Glättung ohne RFID

Periode	Bedarf B (mit RFID)	Prognose	abs. Fehler	rel. Fehler
1	58			
2	80	58	22	39%
3	99	73	26	33%
4	77	91	14	15%
5	66	81	15	20%
6	96	71	25	39%
7	94	88	6	6%
8	100	92	8	8%
9	100	98	2	2%
10	61	99	38	39%
11	54	72	18	31%
12	52	60	8	15%
13	59	54	5	9%
14	89	58	31	55%
15	100	80	20	23%
16	86	94	8	8%
17	102	88	14	16%
18	78	98	20	20%
19	58	84	26	34%
20	101	66	35	63%
21	87	90	3	3%
22	69	88	19	22%
23	74	75	1	1%
24	84	74	10	14%

Tabelle 7: Bedarfsprognose durch exponentielle Glättung mit RFID

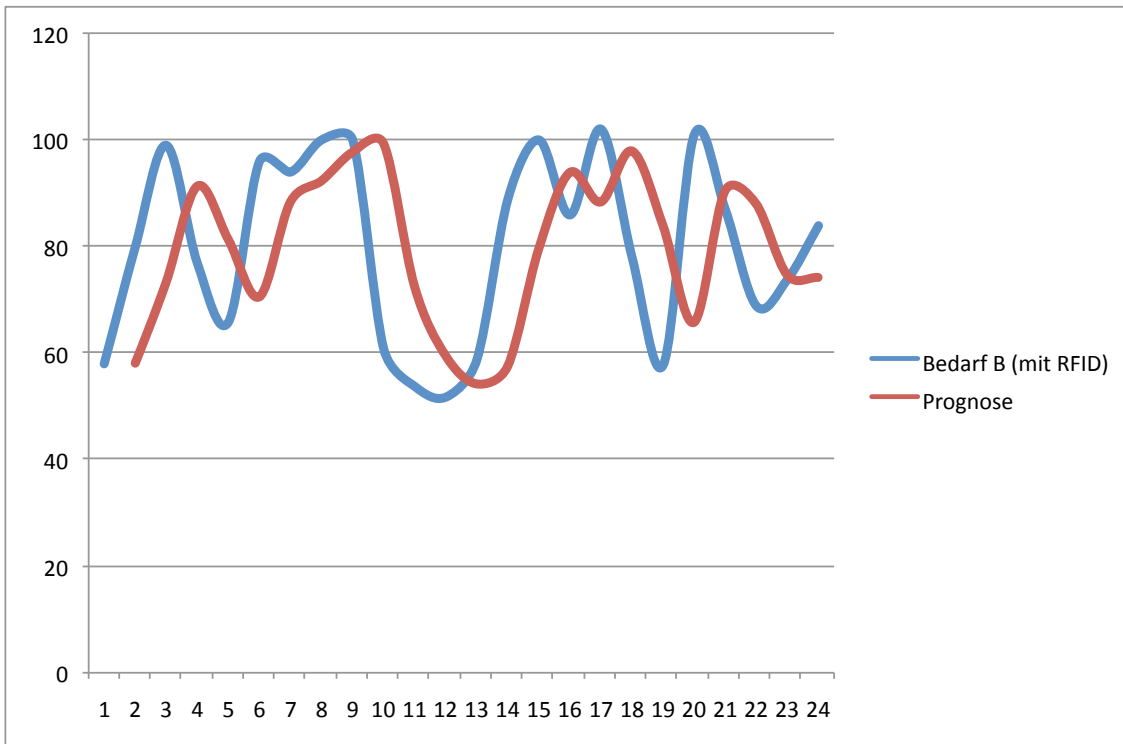


Abbildung 10: Bedarfsprognose durch exponentielle Glättung mit RFID

3.6.2 Beispiel Lagerhaltung

Beschaffungsmodelle, welche die Einhaltung eines Servicegrads¹⁵ anpeilen beschäftigen sich mit stochastischen Einflüssen auf Planungsgrößen. Innerhalb dieser Beschaffungsmodelle gibt es vier Ursachen der Unsicherheit: Nachfragemenge, Wiederbeschaffungszeit der Lagerbestellung, Lagerzugangsmenge und die Warenfluss Aufzeichnungen (d.h. der Lagerbestand stimmt nicht mit den tatsächlichen vorhandenen Beständen überein)(Günther 2005). Die letzten zwei Unsicherheiten (Lagerzugangsmenge und Aufzeichnungsprozess) können direkt durch den Einsatz von RFID beeinflusst, reduziert und im “best case scenario” subtrahiert werden, in dem zum Beispiel die Lagerzugangsmenge durch automatische Erfassung auf Objektebene bestimmt wird (Kircher 2006). Eine Automatisierung der Erfassung selbst verringert die Gefahr, dass der Lagerzugang als solcher nicht verbucht wird und dadurch zu Verfälschungen im Lagerbestand führt (Kanitz 2002). In einem weiteren Schritt kann eine kontinuierliche Inventur des

¹⁵ “Der Servicegrad bezeichnet einen Maßstab, mit dem gemessen werden kann, inwieweit die Nachfrage nach dem Erzeugnis aus dem bestehenden Vorrat jederzeit gedeckt werden kann. Als Indikator für die Berechnung des Sicherheitsbestandes im Rahmen der betrieblichen Lagerhaltungsstrategie bezieht sich der Servicegrad in der Regel auf distributionslogistische Vorräte.” (Klaus 2008)

Lagers durch das Auslesen aller mit RFID Tags ausgestatteter Produkte (unter Annahme der technischen Machbarkeit) eine stets aktuelle und präzise Bestandskontrolle liefern.

Für das Beispiel werden zwei Bestellpolitiken mit variablen Bestellmengen angewandt, einerseits mit fixem Bestellintervall die (t,S) - und andererseits mit variablem Bestellintervall die (s,S) - Politik. Während bei der (t,S) - Politik in festen Zeitintervallen auf einen Sollbestand in Höhe S aufgefüllt wird, überprüft man in der (s,S) - Politik nach jeder Entnahme, ob der Lagerbestand die Menge s unterschreitet. Sobald der Meldebestand s unterschritten wurde wird eine Bestellung in der Höhe abgegeben welcher den Lagerbestand auf den Sollbestand S auffüllt (Schulte 2001).

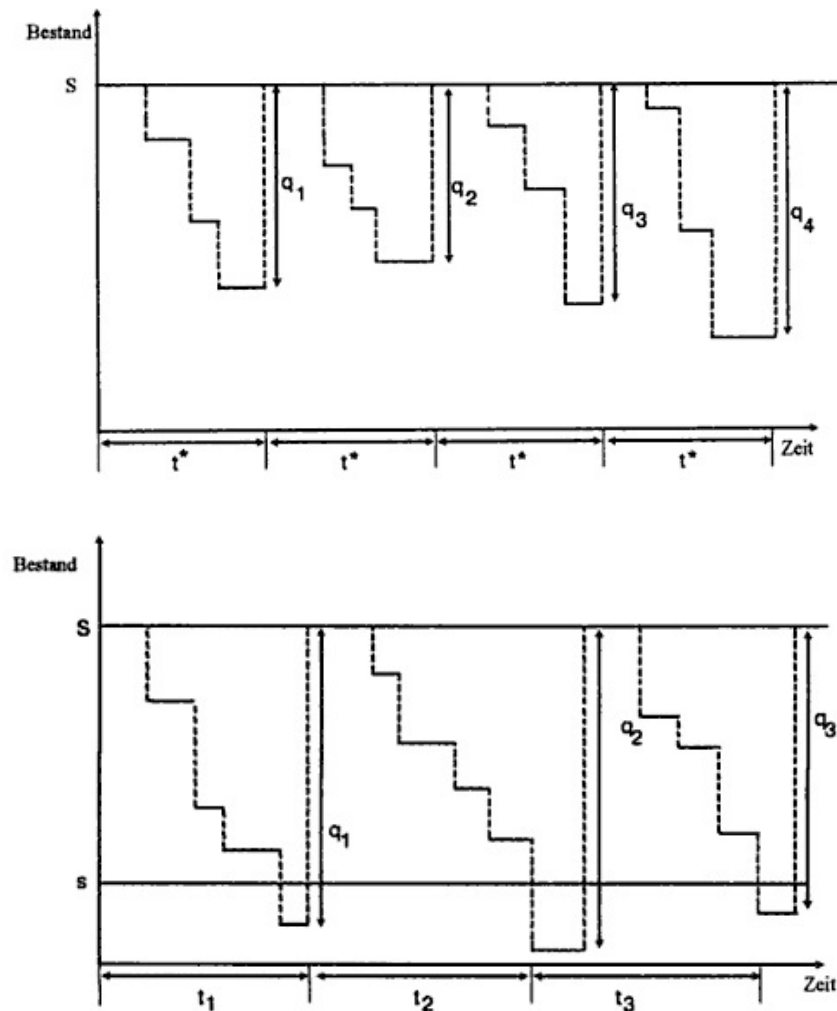


Abbildung 11: (t,S) - Politik (oben) und (s,S) - Politik (unten) (Schulte 2001)

Der Einsatz von RFID in der Lagerhaltung kann mit dem Ziel der Senkung der Lagerhaltungskosten in einem Unternehmen eingeführt werden. Dass dieses Ziel erreicht

werden kann soll an einem Rechnerischen Vergleich zweier Unternehmen A und B mit einem identischen Produkt und gleichem Bedarf über einen Zeitraum von 31 Tagen (Perioden) (siehe Tabelle 8) nachgestellt werden. Für beide Unternehmen gilt: Lagerkapazität (S) ist 810. Der Wert 810 bildet sich hierbei aus der Summe Meldebestand s und dem Wert der erwarteten Nachfrage innerhalb von 7 Perioden. Der Meldebestand (s) setzt sich aus der erwarteten Nachfrage in der Wiederbeschaffungszeit von 2 und einem Sicherheitsbestand - einer erwarteten Varianz der Nachfrage in der Wiederbeschaffungszeit mit einem α -Servicegrad¹⁶ von 99%. Lagerhaltungskosten pro Einheit pro Tag sind 0,20 EUR, Setupkosten der Bestellung (c) sind 60,00 EUR. .

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Bedarf	94	96	97	75	65	79	95	110	98	93	74	90	94	87	98	84	100	92	93	113	85	67	72	82	67	61	95	67	68	69	70

Tabelle 8: Bedarf der Unternehmen A und B

Wert	Beschreibung	Abkürzung
84.84	Mittelwert der Nachfrage/Periode	μ
198.61	Varianz der Nachfrage	Var
14.09	Abweichung der Nachfrage	σ
217.00	Meldebestand	s
810.00	Lageranfangsbestand	b
2.00	Lieferzeit	t
810.00	Lagergröße	S
0.20	Lagekosten/Stück/Periode	c_t
60.00	Setupkosten pro Bestellung	c
0.99	Servicegrad	α

Tabelle 9: Bedingungen des Beispiel 3.6.2

Unternehmen A führt eine periodische (in diesem Fall wöchentliche) Bestellpolitik mit variabler Bestellmenge [(t,S)-Politik] und setzt RFID nicht ein. Einmal pro Woche wird der Lagerbestand anhand von Waren Ein- und Ausgangsaufzeichnungen ermittelt und die nötig Menge an Waren bestellt. In einer (t,S)-Politik wird die Menge bestellt welche aus der Differenz des aktuellen Lagerbestandes (b) und dem Maximalbestand des Lagers (S) gebildet wird (S-b) (Günther 2005).

¹⁶ “Der alpha-Servicegrad gibt die Wahrscheinlichkeit dafür an, dass der zu Beginn einer Wiederbeschaffungsfrist vorhandene Lagerbestand ausreicht, um die gesamte in der Wiederbeschaffungsfrist auftretende Nachfrage unverzüglich zu decken.” (Günther 2005)

Unternehmen B hingegen hat eine kontinuierliche Bestellpolitik. Es setzt eine Bestellung ab, sobald der Lagerbestand einen vorgegebenen Meldebestand (s) erreicht und setzt RFID ein um zeitnah die Daten zum aktuellen Lagerbestand zu haben. Diese Bestellpolitik wird auch (s,S) -Politik bezeichnet (Günther 2005). Auch Unternehmen B bestellt, so wie Unternehmen A, eine Anzahl von Waren um auf den Maximalbestand des Lagers aufzustocken.

Es wird angenommen, dass Unternehmen B sich entschieden hat für die Lagerhaltung RFID einzusetzen und mit dem damit verbundenen verbesserten Informationsfluss sich für die (s,S) -Politik entschlossen. Hätte Unternehmen B sich für ein RFID System entschieden ohne die Bestellpolitik zu überdenken und anhand der neuen Daten zu adaptieren würden die Ergebnisse des vorliegenden Beispiels keine Unterschiede vorweisen. Daraus lässt sich der Schluss ziehen, dass beim Einsatz einer neuen Technologie auch die Unternehmenspolitik, bzw. die Prozesse angepasst werden müssen, um Optimierungen vorweisen zu können.

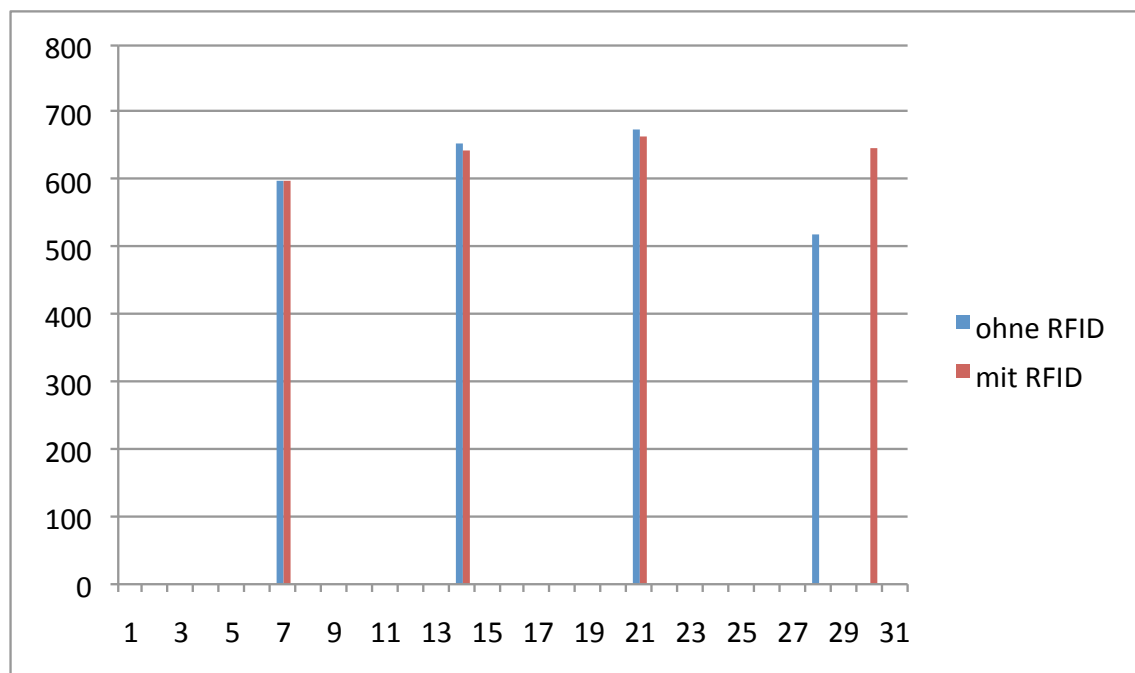


Abbildung 12: Bestellmengen und Intervalle der Unternehmen A und B

Die errechneten Bestellmengen und -zeitpunkt sind in Abbildung 12 dargestellt und können den Tabellen (A3 und A4) im Anhang C entnommen werden. Unternehmen A

hat in dem Beobachtungszeitraum 4 Bestellungen abgegeben (jeweils eine Bestellung pro Woche über 31 Tage), Unternehmen B hat in diesem Zeitraum auch 4 Bestellungen getätigt, jedoch wurde die letzte Bestellung später getätigt. Die Gesamtbestellmenge von Unternehmen A beträgt 2.453 St., die von Unternehmen B 2.560 Stück (Differenz 107 Stück). Das bedeutet, dass im Beobachtungszeitraum Unternehmen B mehr Einheiten bestellt hat, jedoch durch eine auf Kostenebene effizientere Bestellpolitik überzeugt, denn die Berechnungen führen zu Folgenden allgemeinen Bestell- und Lagerkosten im Beobachtungszeitraum von 31 Perioden:

Unternehmen A	Unternehmen B
€2,789.40	€2,531.00

Dies verdeutlichen, dass Unternehmen A bei einem Umstieg auf eine (s,S)-Politik mit Einsatz von RFID Kosten von 258,40 EUR (9,3%) auf einen Zeitraum von 31 Tagen einsparen könnte.

Neben der Verfügbarkeit von Produkten ist deren Aktualität eine weitere Herausforderung für das Logistische Management. Der Lebenszyklus von Produkten verkürzt sich zunehmend (Günther 2005). Diese "Schnelllebigkeit" wirkt sich nicht nur auf die Entwicklung und Produktion des Produkts aus, sondern auch auf die Distribution und somit die Logistik. Je kürzer der Lebenszyklus umso weniger statistische Daten stehen bereit, um genaue Prognosen über Absatzmenge und -ort abgeben zu können. Doch das Bestreben, Effizienz zu steigern und Kosten zu senken treiben die Wirtschaft an, bestehende Modelle zu verbessern. So kann man unter anderem das Newsboy Problem (Single-Period Problem - SPP) als Modell anführen welches die Kosten für Unter- und Überbestand Kurzlebiger Produkte analysiert und reduziert (Khouja 1999). RFID beeinflusst hierbei aber nicht die erwartete Nachfrage eines Produktes. Die Varianz der Nachfragemenge in der Wiederbeschaffungszeit (L) wird nicht direkt gesenkt, sondern die Unsicherheit hinsichtlich der Länge der Wiederbeschaffungszeit. Unter anderem wird die Transportzeit und Bestandsaufnahme durch den Einsatz von RFID verkürzt und somit das Risiko Fehlmengen zu haben beeinflusst. Wenn die Wiederbeschaffungszeit verkürzt wird, kann der Bestellpunkt (s) verringert werden, dadurch senkt sich auch der Sicherheitsbestand ($SB = s - E\{Y\}$).

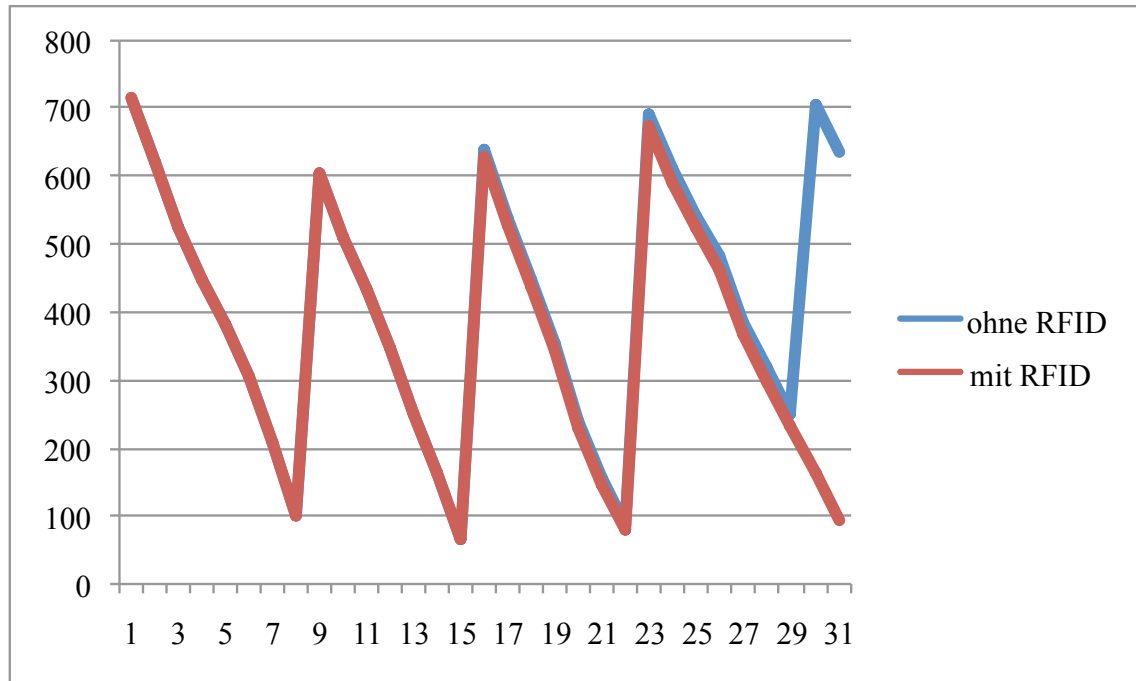


Abbildung 13: Lagerbestand der Unternehmen A und B

In der Transportplanung (TP) sind Transparenz aller Aktivitäten innerhalb des Transportprozesses, Minimierung der Transportkosten, Optimierung der Ressourcen und pünktlichen Lieferung ausschlaggebende Ziele (Mosmann 2006). Produktions- und Transportzeiten sowie Routen können durch RFID genauer erhoben werden da die Erfassung an einzelnen Knotenpunkten automatisch erfolgen kann und einzelne Objekte bei einem automatischen Prozess schneller erfasst und deren Position zentral in einer Datenbank oder dezentral auf dem Tag gespeichert werden kann. Am Bestimmungsort kann der Empfänger die Daten bereits vor Eintreffen der Ware analysieren oder direkt bei jedem Objekt dessen Aufenthaltszeiten in einzelnen Lagern oder Knotenpunkten auslesen.

3.6.3 Der Peitscheneffekt

Der Peitscheneffekt (auch als Bullwhip- oder Forrester-Effekt¹⁷ bekannt) beschreibt das Phänomen bei welchem sich die Variation der Nachfrage in der Versorgungskette (Supply Chain) angefangen vom Einzelhändler bis hin zum Produzenten erhöht. Der Effekt erhöht die Ineffizienz der Versorgungskette da die logistischen Kosten steigen und die Wettbewerbsfähigkeit sinkt (Nienhaus 2006). Als für den Effekt Ausschlaggebend werden in der Literatur drei Faktoren angeführt.

Erstens verursacht eine Variation der Nachfrage eine variierende Handhabung vorhandener Kapazitäten. Hier stehen die einzelnen Glieder der Versorgungskette vor dem Dilemma, dass im Falle einer Lagerhaltung basierend auf einer durchschnittlichen Nachfragemenge, die Nachfrage in Stosszeiten nicht befriedigt werden kann. Wird jedoch die maximale Nachfragemenge als Lagerbestands gewählt, bedeutet dies eine ineffiziente und schlechte Ausnutzung der Ressourcen. (Nienhaus 2006)

Variationen im Lagerbestand ist eine weitere Quelle für den Peitscheneffekt. Die variierende Nachfrage führt zu Schwankungen im Lagerbestand in jedem Glied der Versorgungskette. Ist die erhaltene Lieferung eines Unternehmens größer als die abgesetzte Menge erhöht sich der Lagerbestand des Unternehmens. Dem gegenüber reduziert sich der Lagerbestand, wenn weniger geliefert wird, als abgesetzt werden kann. Das Problem ist, dass ein hoher Lagerbestand eine hohe Kapitalbindung bedeutet und ein niedriger Lagerbestand eine lückenlose Lieferung gefährden kann.

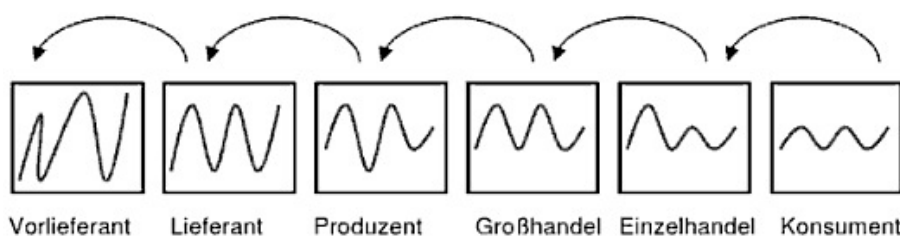


Abbildung 14: Peitscheneffekt (Quelle: Corsten, 2004)

¹⁷ Das beschriebene Phänomen wurde bereits 1958 von Forrester und Burbidge wurde bereits in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts erkannt und demonstriert (Groll 2004).

Zuletzt auch die Tatsache, dass jedes Unternehmen in der Lieferkette einen eigenen Sicherheitsbestand aufbaut und sich dieser durch den fehlenden, bzw. verzögerten Informationsfluss pro Zwischenglied erhöht ist ausschlaggebend für den Peitscheneffekt (Mauch 2009) wie vereinfacht in Abbildung 14 dargestellt.

Zusammengefasst kann man sagen, der Peitscheneffekt ist durch einen verzögerten Informationsfluss (vom Endkonsumenten zum Produzenten) und Produktfluss (vom Produzenten zum Endkonsumenten) in der Lieferkette begründet. Zweitrangig muss auch ein weiterer Faktor in die Fehlersuche mit einbezogen werden - die Planungs- und Verhaltensweise der einzelnen Lieferkettenglieder und deren logistischen Manager (Nienhaus 2006). Die Planung basiert oft nur anhand der Daten des direkten Nachbarn und dessen Lager-/Bestellpolitik. Die echte Nachfrage des Endkonsumenten wird in der ersten Stufe der Lieferkette bereits beeinflusst, verfälscht und so an das nächste Glied weitergeleitet. Auch eine fluktuierende Preispolitik (z.B. Winterschlussverkauf) kann kurzfristige Fluktuationen in der Bestellmenge auslösen und die Planung der nachfolgenden Glieder langfristig beeinflussen. Die langfristige Beeinflussung bezieht sich auf Lagerhaltung anhand von historischen Daten (z.B. gleitender Durchschnitt (moving average - vergleiche Kapitel 3.6.1)).

Um an einem vereinfachten Beispiel eine Lieferkette und die soeben beschriebenen Ursachen des Peitschen-Effekts zu simulieren wurde am Massachusetts Institute of Technology (MIT) in den 60er Jahren das *Beer Game*¹⁸ entwickelt.

Der Aufbau des Spieles ist simpel. 4 Spieler übernehmen jeweils eine Rolle in der Lieferkette (Einzelhändler, Großhändler, Verteiler, Hersteller) des Produktes Bier (in Kisten). Ein Endkonsument gibt pro Runde seine Bestellung an den Einzelhändler, die Bestellmengen des Einzelhändlers sind vor Spielbeginn fixiert, werden den Spielern aber nicht bekannt gegeben. In den ersten fünf Runden ist die Nachfrage jeweils vier Kisten, steigt mit der sechsten Runde auf acht Kisten und bleibt konstant bei acht bis zum Ende

¹⁸ "Das Beer Game wurde entwickelt als Einführung in die Konzepte der Systemdynamik. Gespielt werden dürfte es hauptsächlich von Studenten oder an Seminaren für Firmen. Die Spieler machen die Erfahrung, eine Rolle in einem komplexen System zu spielen und sehen anschliessend die Auswirkungen ihres Handelns. Das Ziel des Spiels ist die Minimierung der Kosten für eine gegebene Supply-Chain. Die Spieler erleben den sogenannten Bullwhip-Effekt – die Bestellmengen vervielfachen sich über die Länge der Lieferkette, da die Spieler jeweils nur die Bestellinformationen des jeweiligen Vorgängers kennen." (Duijts 2001)

des Spiels (die Anzahl der Runden variiert). Das Ziel des Spieles ist es, die Gesamtkosten der Lieferkette zu reduzieren, wobei die Kommunikation zwischen den einzelnen Spielern nur über die Bestell- und Liefermenge stattfindet. Die Kosten entstehen in der Lagerhaltung (0,5 Geldeinheiten pro Runde pro Kiste) und im Verzug (Nichtlieferung kostet 1 Geldeinheit pro Runde pro Kiste). Die Bestellung gelangt mit einer Runde Verzögerung zum Lieferanten, die Lieferung der Ware verzögert sich um Zwei Runden. Die Ausgangssituation ist, dass jeder Spieler einen Lagerbestand von 12 Kisten hat und jeweils 4 Kisten in der Lieferkette. Um das gemeinsame Ziel zu erreichen müssen die einzelnen Spieler Ihre Bestellungen so platzieren, dass jeder einzelne Spieler einen lohnenden Kompromiss zwischen hohem Lagerbestand und Lieferunfähigkeit findet.

Das Spiel wird grundsätzlich in Gruppen mehrmals hintereinander mit wechselnden Szenarien gespielt, kann heute aber auch schon online und sogar Einzel gegen den Computer gespielt werden. Die Technische Hochschule Zürich bietet es kostenlos auf www.beergame.lim.ethz.ch an.



Abbildung 15: Online *Beer Game*

Wie kann sich der Einsatz von RFID auf den Peitschen Effekt, bzw. auf dessen Reduktion auswirken. RFID unterstützende Lieferketten würden in erster Linie den Informationsfluss und -volumen zwischen den einzelnen Kettengliedern beschleunigen und erhöhen. Die einzelnen Glieder können Ihre Entscheidungen früher treffen, bzw. auf die Situation/Fluktuation anpassen. Auch die Lieferung könnte durch effizienteres Lagermanagement auf Basis von RFID zu beschleunigt werden und somit die gesamte Lieferkette flexibler, anpassungsfähiger und effizienter machen.

Um die Möglichkeiten eines besseren Informationsflusses und der damit verbundene Optimierung einer Lieferkette durch den Einsatz von RFID im Lehrplan einzubauen bzw. vorzustellen könnte man folgendes Szenario in das *Beer Game* einbauen. In der Ersten Runde haben die einzelnen Spieler um wie oben beschrieben den Peitscheneffekt kennen zu lernen an ihren Stationen keinerlei Informationen über die tatsächliche Nachfrage der Endverbraucher (Duijts 2001) (in Abbildung 16 mit roten Pfeilen dargestellt) und nur die grundlegenden Informationen zum Spielverlauf. Der Peitscheneffekt tritt dabei grundsätzlich immer ein. Um die Vorteile von RFID im Supply Chain Management nahezubringen kann man in der zweiten Spielrunde ein "RFID Szenario" benutzen welches folgendermassen aufgebaut sein kann. Informationen zur Nachfrage des Endverbraucher werden der gesamten Lieferkette sichtbar (in Abbildung 16 durch den schwarzen Pfeil dargestellt).

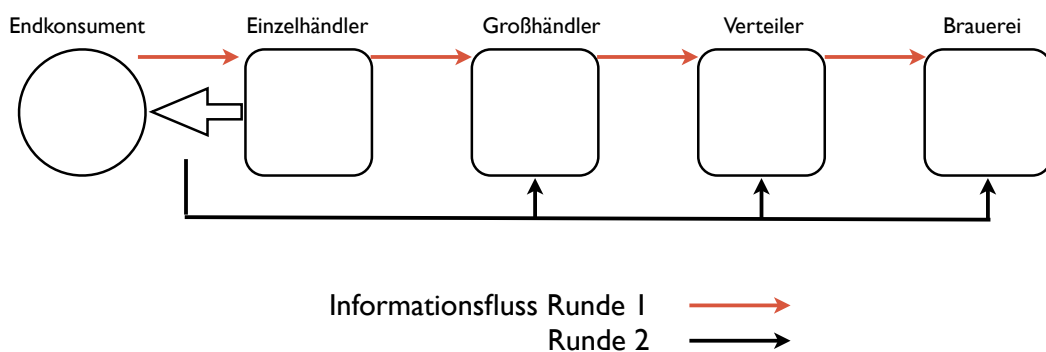


Abbildung 16: Informationsfluss der *Beer Game* Szenarien (eigene Darstellung)

Um die Einfachheit des Spieles im Sinne der Erfinder beizubehalten sollten nicht alle

Informationen für alle Spieler sichtbar sein. Jedoch sollte beachtet werden, dass unterschieden werden muss zwischen der tatsächlich nachgefragten und tatsächlich befriedigten Nachfrage.



Abbildung 17: Beer Game mit perfekter Information

Als vereinfachtes Beispiel wurde die Simulation erneut durchgespielt. Dieses mal verfügten die Teilnehmer über mehr Informationen, so konnte jeder die Nachfrage des Endkonsumenten. Das Ziel war erneut Kostenminimierung ohne Lieferengpässe zu haben. Die Gesamtkosten der *Supply Chain* über 25 Runden betragen im zweiten Durchlauf nur 22,6% jener aus dem ersten.

4. Einsatz von RFID-Systemen

Zum besseren Verständnis und zur Veranschaulichung der Einsatzgebiete der RFID-Technologie werden nachfolgend Beispiele aus der Praxis von bereits eingeführten Systemen beschrieben. Zu jedem Beispiel folgt eine kurze Analyse der Vor- und Nachteile der RFID-Technologie für das spezifische Umfeld. Die Ergebnisse werden im nachfolgendem Kapitel strukturiert und erläutert.

Die Branchen in denen RFID bereits verwendet wird sind vielseitig, somit bezweckt nicht jeder Einsatz oder Umstieg auf RFID-Systeme eine Verbesserung der Güterlogistik. Doch liegt allen Änderungen die Optimierung der Datenerfassung und Verarbeitung zugrunde. Am verbreitetsten sind Pilotprojekte für RFID-Systeme im Transportgewerbe, dem Handel sowie im produzierenden Gewerbe. Dabei ist die Objektlokalisierung und Verfolgung die Primäraufgabe des RFID-Systems. Es finden sich auch einige Lösungen, bei denen RFID nur zur Identifikation von Objekten herangezogen wird. Zu den innovativen und zukunftsweisenden Projekten gehören jene, die die Möglichkeiten der RFID-Tags, das sind: die Speicherung von einer Vielzahl von Daten, Kopplung mit Sensoren, kontinuierlicher Informationsaustausch, ect. ausnutzen und Forschung vorantreiben.

4.1 RFID Systeme in der Logistik

4.1.1 Metro Group

In Eigenregie bemüht sich die Metro Group eine Lösung für Lieferketten zu entwickeln. Metro ist der Vorreiter im Einsatz von RFID-Systemen im europäischen Handelsgewerbe und ist entscheidend an der Bekanntmachung der Technologie in Europa beteiligt. Das Unternehmen war maßgebend an der Entwicklung von Lagerhaltungs-Hard- und Software sowie Prozessen beteiligt. Der aktuelle Stand in der RFID-Integration der Metro Group ist, dass 80 der deutschen Metro-Großhändler für den Einsatz von RFID Güterüberwachung ausgerüstet sind (Blache et al. 2007).

Der interne Programmstart für den Einsatz von RFID bei der Metro Group erfolgte bereits im November 2004, was jedoch im Vergleich zum amerikanischen Kontrapart recht spät ist. Der nordamerikanische Wal-Mart-Konzern hat schon früher mit Feldversuchen

begonnen und erzielte vielversprechende Ergebnisse bei einem im Juli 2003 durchgeführten Versuch. In unterschiedlichen Filialen wurde die Performance von gleichen Produktgruppen in klassischen und in mit RFID ausgestatteten Verkaufsgeschäften miteinander verglichen. Die mit RFID ausgestatteten Geschäfte konnten innerhalb von 29 Wochen die out-of-stock um 26% reduziert (Niemeyer 2003). Dieses Ergebnis ermutigte Wal-Mart und auch andere Unternehmen, RFID als zukünftige Technologie für den Handel zu etablieren.

Die Möglichkeit der out-of-stock-Situation zu verbessern und auch andere Performance-Optimierungen durchzuführen, veranlasste die Metro Group weiters das RFID Innovation Zentrum in Deutschland ins Leben zu rufen. Von anfänglichen Untersuchungen der möglichen Einsatzgebiete von RFID im Verkauf hat die Metro Group im Laufe der Zeit ein Testgelände geschaffen, auf dem die praktische Integration der Technologie in den Bereichen Produktbestellung, Lagerhaltung, Großhändler, Supermarkt und auch im privaten Haushalt getestet werden können.

In weiterer Folge wurde der real Future Store in Tönisforst (DE) gebaut um den interessierten Endkonsumenten die Möglichkeit zu geben, die von der Metro Group entwickelte Steigerung der Einkaufsqualität zu testen. Die innovativen Bereiche des Geschäfts sind in der Abbildung 18 in drei Kategorien aufgeteilt: Erlebnis (gelb), Information (blau) und Komfort (rot). Innovationen werden im täglichen Einsatz getestet, so unterstützt RFID beispielsweise die automatische Kontrolle von Warenbeständen und Mindesthaltbarkeitsdaten in der Metzgerei. Auch andere Technologien wie Duftmarketing in der Fischabteilung und mobile Einkaufsassistenten werden hier erprobt (Metro 2008).

Effektiv wird RFID momentan bei der Metro Group im Supply-Chain-Management eingesetzt. Lieferanten werden angehalten, ihre an Metro adressierten Lieferungen mit RFID auszustatten. Dies erleichtert der Metro Group die Einsicht auf interne Warenströme und Lagerstätten und reduziert somit Personal- und Organisationskosten in diesen Bereichen.

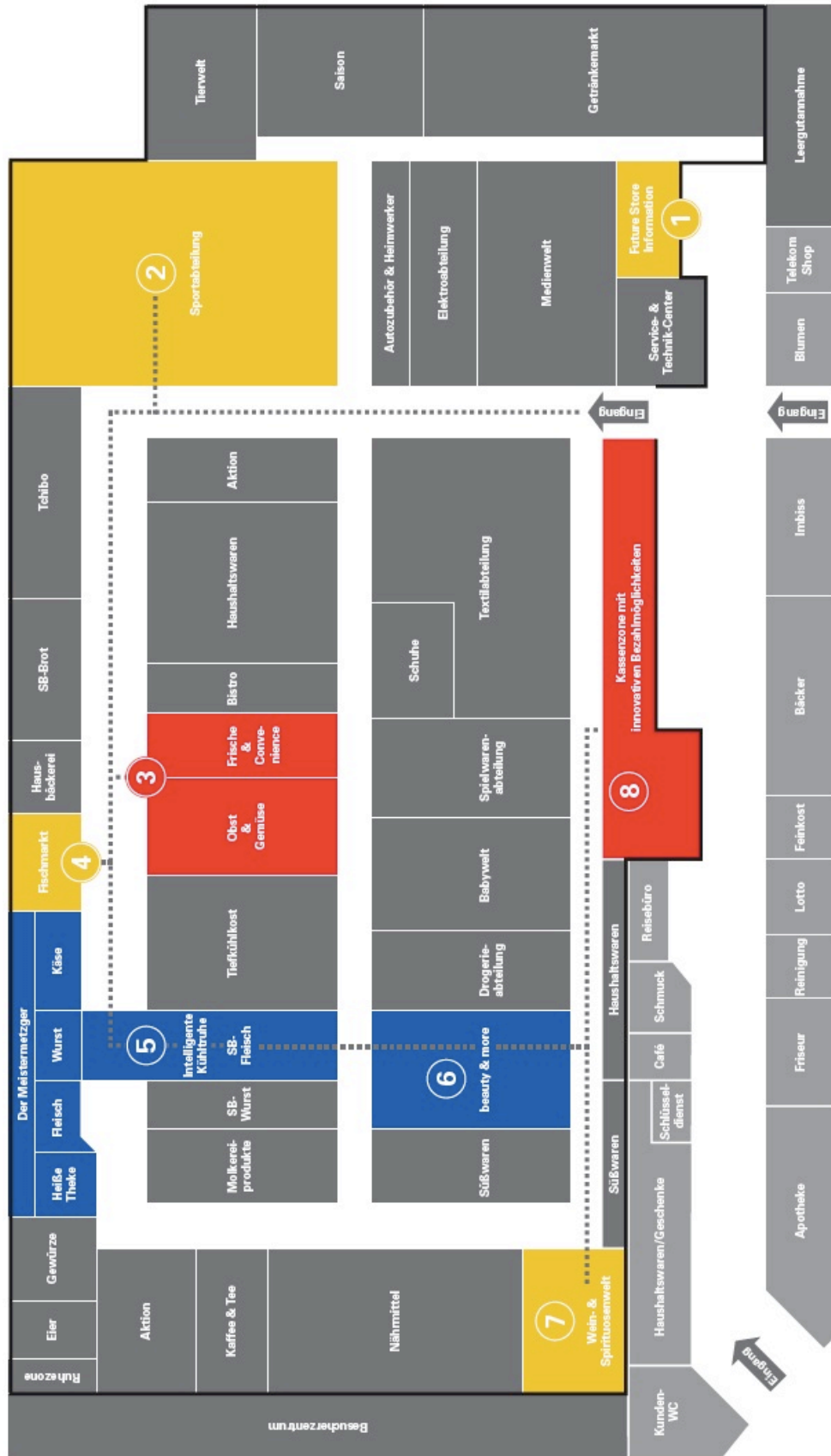


Abbildung 18: Marktplan real,- Future Store (Metro 2008)

Weiters werden Lieferanten gezwungen die Technologie anzuwenden und die dafür anfallenden Kosten zu tragen ohne eventuell eigene Vorteile davon zu ziehen.

Ende 2007 stellten 100 Lieferanten aus China und Vietnam ihre Abfertigung soweit um, dass die Exportkartons mit RFID-Tags ausgestattet an den Metro-Konzern geliefert werden.

4.1.2 NATO-Beschaffung und Versorgung

Die NAMSA (NATO Maintenance and Supply Agency) wurde 1958 als logistische Dienstleistungsorganisation der NATO gegründet. Die Aufgabe der Organisation ist es, die Mitgliedsstaaten bei der Organisation gemeinsamer Beschaffung und Versorgung von Ersatzteilen zu unterstützen. Zur Optimierung ihrer Aufgaben hat die NASMA einen "In Service Support"-Vertrag mit dem im Bereich RFID arbeitendem Unternehmen Savi Technology (USA) abgeschlossen. Das Ziel des Vertrages ist es, eine Echtzeit-Transparenz beim Nachschub und bei Kooperationen mit NATO und nicht-NATO-Länder der Partnerschaft für den Frieden (Partnership for Peace) zu verbessern.¹⁹

4.1.3 Transportgewerbe

Das wohl bekannteste Einsatzgebiet der RFID-Transponder im Transportwesen ist das Container-Tracking. Transportcontainer werden mit einem Tag ausgestattet, auf dem verschiedene Informationen zu den Inhalten des Containers gespeichert werden. So kann zum Beispiel die Zollabfertigung nicht nur erleichtert sondern vor allem beschleunigt werden, was nicht unwesentlich zur Wirtschaftlichkeit des zu transportierenden Produktes beiträgt.

Eine weitere Anwendung finden Transponder auch bei der automatischen Identifikation und permanenten Lokalisierung von Fahrzeugen, so wird RFID für geparkte Fahrzeuge in den Herstellerwerken von VW und BMW eingesetzt (Buck, aus Böse 2005)

¹⁹ <http://prnewswire.co.uk/cgi/news/release?id=200891> (14.07.2007)

4.1.4 Flughafen Gepäckmanagement

In Flughäfen können RFID-Systeme in den unterschiedlichsten Bereichen eingesetzt werden. Besonders hervorzuheben ist sicherlich der Einsatz im Gepäckmanagement und Sicherheitsbereich, um Personen, Fahrzeuge und Objekte zu identifizieren. Sicherheitssysteme sind im Zusammenhang mit dieser Arbeit zu vernachlässigen, da es sich wiederum um eine rein interne Anwendung der Technologie handelt. RFID kann im Flughafen-Gepäckmanagement sicherlich auch nur lokal angewendet werden, um Leseraten zu erhöhen und letztendlich einfach wiederum nur den Barcode zu ersetzen. Dies wird derzeit unter anderem am Londoner Flughafen Heathrow²⁰ getestet²¹. Daten über Leseraten und Zuverlässigkeit werden gesammelt, um sie mit dem aktuell verwendeten Barcode-System zu vergleichen. Gepäck wird beim Check In wie gewöhnlich vom Personal durch das Anbringen des Barcodes registriert. Gleichzeitig wird auch ein RFID-Tag an das Gepäckstück angebracht. Auf dem Weg vom Check In zum Flugzeug werden sowohl die Barcode als auch die RFID-Daten gesammelt und ausgewertet. Man erwartet aus dem Experiment Leseraten und Genauigkeit der Systeme vergleichen zu können.

Bezugsnehmend auf globales Logistikmanagement ist dieses Experiment, insbesondere wenn es auf andere Flughäfen übergreifen würde, interessant und kann bedeutsame Daten produzieren. Doch auch in dem jetzigen Rahmen werden die Ergebnisse mit Sicherheit zu interessanten Schlussfolgerungen bei der praktischen Anwendungen von RFID in logistischen Prozessen führen.

4.1.5 Pharmaindustrie

Die Pharmaindustrie kann in mehrfacher Hinsicht von dem Einsatz von Transpondern profitieren. Einerseits im klassischen Lagermanagement; Unilever setzt in ihren Lagerhäusern ein RFID-System von Texas Instruments ein, um mit dem Smart Pallet System Produkte in den Lagerhäusern zu bewegen und zu verfolgen. Durch den Einsatz der Technologie ließ sich die Anzahl der aktiven Paletten erhöhen und die Datengenauigkeit verbessern (Angeles 2005). Aber auch um dem Problem von gefälschten Medikamenten

²⁰ Heathrow - Europas größter Passagierflughafen, Platz 3 Weltweit mit 68.068.554 Passagieren im Jahr 2006 (Airport Council International | <http://www.airports.org> vom 11.07.2008)

²¹ <http://presstext.de/pte.mc?pte=070707010> (08.07.2007)

entgegenzutreten. RFID sammelt Daten über den gesamten Transportweg der Verpackung (wenn die Verpackung das mit einem Transponder ausgestattete Objekt ist) die an jedem Punkt des Transports ausgelesen und kontrolliert werden können. Nicht Elektronisch erfassbare Verpackungen können so beim Endverkäufer effizienter entdeckt und aussortiert werden.

4.2 Andere RFID Systeme

4.2.1 Bibliothek

Eine Vielzahl von Bibliotheken weltweit sind bereits mit einem RFID System ausgestattet. In diesem Bereich wird die Anzahl der Anwender über die nächsten Jahre mit Sicherheit steigen. Eine tabellarische Auflistung einiger Bibliotheken, die bereits ein RFID-System implementiert haben findet sich im Anhang. Das System der RFID-Bibliotheken ist simpel und dadurch sehr effektiv. Jedes Buch ist mit einem Tag versehen, der wesentliche Informationen zu Autor und Titel bis zur ISBN-Nummer, längstmöglichem Entleihzeitraum und der Liste der letzten (oder aller) Entleiher beinhalten kann. Terminals mit Lese- und Schreibeinheiten am Ausgang ermöglichen es, dem Kunden selber den Ausleih- und Rückgabeprozess einzuleiten und durchzuführen. Nachdem er sich mit einem digitalen Bibliotheksausweis an einem Terminal identifiziert hat, kann der Benutzer seine Bücherauswahl auf das Gerät legen. In Abhängigkeit vom eingesetzten System, können die Bücher entweder alle auf einmal, als Pulk, erfasst oder müssen einzeln eingelesen werden. Mit dem Einlesen des Buches und der Zuordnung der Entleihe auf das Kundenkonto, kann das System die Diebstahlsperre deaktivieren, damit der Kunde die Bücher auch durch die Sicherheitsschranken führen kann. Dieses System verbindet die bereits verwendeten Diebstahlsicherungen mit einer Prozessautomatisierung und erlaubt eine lückenlose Inventarisierung in Echtzeit zu führen (Kern 2004).

Für Bibliotheken ist ein RFID System so wie es bereits eingesetzt wird, ein enormer Fortschritt. Bibliotheken können kundenorientiert arbeiten und gleichzeitig die Zuverlässigkeit der Daten steigern und Bücherschwund reduziert. Datenaustausch, Diebstahlsicherung und Informationsaustausch sind zu einem Schritt verschmolzen, der von den

Benutzern selber durchgeführt werden kann. Der Entleiher hat somit die vollständige Kontrolle über den Entleihprozess (Kern 2004).

4.2.2 Personenidentifizierung/Zugangskontrollen

In Europa ist dieses Thema besonders aktuell - die Personenidentifizierung über einen in den Reisepass integrierten RFID Chip mit gespeicherten persönlichen und biometrischen Daten.

4.2.3 Tiererkennung

Der RFID-Tag wird bereits in den verschiedensten Bereichen der Tiererkennung und Zuordnung eingesetzt. So werden Nutztiere mit dem Chip ausgestattet, um einem Landwirt zugeordnet werden zu können. Hunde bekommen den Chip implantiert, um dem Besitzer zugeordnet zu werden. Auch wenn diese Vorgehensweise noch nicht verpflichtend ist, so wird sie den Tierhaltern von den Tierärzten und Organisationen (z.B. Deutsches Haustierregister, EuroPetNet) empfohlen.

Die Kommission der Europäischen Union berät über eine Richtlinie, nach der alle Haustiere durch einen implantierten RFID-Transponder identifizierbar sein sollen. Der Chip soll alle relevanten Informationen zu dem Tier enthalten, dazu zählen Rasse, Alter, Geschlecht und Zuchtpapiere, aber auch medizinische Daten wie Impfungen oder bekannte Krankheiten. Auch Informationen über den Halter und seine Vorgänger sollen auf dem Chip gespeichert werden. Solch ein Überwachungssystem wird bereits in der Schweiz eingesetzt.

4.2.4 Near Field Communication

NFC (Near Field Communication) ist eine Weiterentwicklung der RFID Technologie und wird in Österreich verstärkt von NXP Semiconductors erforscht und weiterentwickelt. Das Grundprinzip von NFC ist eine bidirektionale Funkkommunikation von zwei Geräten auf sehr kurzer Distanz (wenige Zentimeter). Die Entwickler, unter ihnen auch Nokia, sehen die Anwendungsbereiche dieser Technologie im alltäglichen Leben. NFC wird nun auch in Wien eingesetzt und soll in Zukunft den Kauf von Fahrscheinen für U-Bahn und Bahn erleichtern. Im weiteren sollen auch andere Automaten (Snaks, Parkscheinautomaten) mit NFC ausgerüstet das Bargeldlose Bezahlen erleichtern.



Abbildung 19: NFC Einsatz der Wiener Linien

Bei den Wiener Linien ist es seit 2007 möglich, eine Fahrt mit der NFC-Technologie die in das Nokia 6131 NFC Handy integriert ist zu bezahlen. Das Angebot solcher Dienste ist mit eine Treibende Kraft dafür, dass eine neue Technologie in der Bevölkerung bekannt gemacht und als sicher, vertrauenswürdig und zuverlässig akzeptiert wird.

Das derzeitige Prozedere des Dienstes ist wie folgt: Wiener Linien bieten in Zusammenarbeit mit A1 dem Benutzer der öffentlichen Verkehrsmittel eine einfache Fahrkarte via SMS zu lösen. Alle notwendigen Informationen die zum Bezahlen via SMS notwendig sind, werden an das Mobiltelefon über die drahtlose Verbindung zwischen dem Sendegerät an den Verkaufsstellen und Kontrollautomaten (Abbildung 19) der Wiener Linien an das Empfangsgerät, das Handy, übertragen. Dem Endnutzer wird eine mühsame Eingabe erspart, er muss nur noch das Versenden der SMS bestätigen und erhält umgehend seine Fahrkarte als SMS zugeschickt.

Die Firma Pitcom aus Plauen (D) arbeitet an einer speziellen Lösung für den Wachdienst. Mit NFC ausgerüstete Mobiltelefone und Kontrollpunkte sollen die Kontrollgänge der Wachleute kontrollieren. Die Lösung des Unternehmens sieht nun vor, dass die an den Kontrollpunkten übermittelten Daten an das Mobiltelefon über GPRS an einen Server (Abbildung 20) übermittelt und dort weiter ausgewertet werden, um zum Beispiel Unregelmäßigkeiten im Kontrollgang sofort und ohne Verzögerung erkennen zu können (pitcom 2008).

KENNUNG	ZEIT	RUFNUMMER	GERAETENUMMER ID - RFID-Chip	KONTROLLVORGANG Kontrollpunkt	KONTROLLOBJEKT Wächter-ID	BESCHREIBUNG
ARNDT	06-03-2008 16:28:17	01632775144	9a0dec5a	Dienstende	0413 (OBJ45)	Herbert Klaus (Sternquell Plauen)
ARNDT	06-03-2008 16:28:03	01632775144	9a3aed5a	11	0413 (OBJ44)	Herbert Klaus (Haupteingang)
ARNDT	06-03-2008 16:28:02	01632775144	3a86ed5a	12	0413 (OBJ45)	Herbert Klaus (Brandschutzuere)
ARNDT	06-03-2008 16:27:47	01632775144	5a13ea5a	Dienstbeginn	0413 (OBJ44)	Herbert Klaus (Sternquell Plauen)
ARNDT	06-03-2008 16:27:22	01632775144	daeeea5a	Routineüberwachung	0413	Herbert Klaus
ARNDT	06-03-2008 16:27:05	01632775144	9a0dec5a	Dienstende	0413 (OBJ45)	Herbert Klaus (Sternquell Plauen)
ARNDT	06-03-2008 16:26:37	01632775144	9a27ea5a	11	0413 (OBJ45)	Herbert Klaus (Brandschutzuere)
INSOCAM Alarm	06-03-2008 15:31:05	+491632775144	1632775144	Dienstbeginn	0308 (0308)	Kuehne, Steffen (Kuehne, Steffen)
INSOCAM Alarm	06-03-2008 15:31:05	+491632775144	1632775144	Dienstbeginn	0308	Kuehne, Steffen

Abbildung 20: Liveauswertung Kontrollgang (<http://demo.mcc-s.de>)

4.2.5 Bekleidung

Karstadt, ein Kaufhausunternehmen in Deutschland, hat ein Pilotprojekt gestartet in dem Kleidungsstücke mit dem Tag ausgestattet angeboten werden. Dieses Projekt zeigt sicherlich auch die wachsende Akzeptanz der RFID-Technologie, da vor einigen Jahren Benetton nach Kundenprotesten von der Idee seine Produkte mit RFID-Tags auszustatten abstand nahm (Twist 2005).

4.2.6 Alltagsgegenwärtigkeit

RFID ist gar nicht so weit vom Alltag des Endkonsumenten entfernt. Viele benutzen die Technologie ohne sich dieser und ihrer Möglichkeiten bewusst zu sein. So verwendet Renault RFID in seinen Autoschlüsselkarten und Swatch hat sie als Snowpass an das Handgelenk des Benutzers gebracht²².

²² www.swatch.com/snowpass (16.07.2008)

5. Einsatzmöglichkeiten und Zukunftsvisionen

RFID hat mit Sicherheit Zukunftspotential, doch gilt es nicht nur die beinahe grenzenlos erscheinenden Möglichkeiten der Technologie aufzuzählen, sondern auch die Aspekte zu berücksichtigen, die die Diffusion und den Einsatz der Technologie in einem breiten Spektrum auf dem offenen Markt positiv beziehungsweise negativ beeinflussen. Zu den letzteren gehören in erster Linie Bereiche, zu denen potentielle Nutznießer der RFID-Technologie schlichtweg keine ausreichenden Informationsquellen über den aktuellen technischen Stand oder eingesetzte Systeme besitzen. Nach der Studie von Auerbach und Uygun (2006) sind die Gründe einer Ablehnung eines Pilotprojektes für den Einsatz von RFID in einem Unternehmen der Bekleidungsindustrie, neben zu hohen Kosten, ein unklarer Nutzen, fehlende Erfahrungen und ein nicht vorhandenes Angebot an umsetzbaren Lösungen.

Eine weitere Studie, durchgeführt von dem Technologie-Beratungsunternehmens Capgemini (2005), befasst sich konkret mit dem Bekanntheitsgrad und der Akzeptanz der Technologie beim Endverbraucher. Laut dieser Studie ist vielen Verbrauchern nicht einmal bewusst, dass es diese Technologie gibt, obwohl diese sie bereits anwenden. Laut dieser Studie kennen nur 18% der europäischen Gesamtbevölkerung die Technologie Radiofrequenz-Identifizierung. Die Umfrage wurde in England, Deutschland, Frankreich und Holland durchgeführt und basierte auf einer bereits in den USA durchgeführte Studie. Obwohl die erste Studie ein Jahr früher durchgeführt wurde, kommt diese zu dem Ergebnis, dass RFID in den Vereinigten Staaten einen höheren Bekanntheitsgrad hat (23% der Befragten kannten die Technologie). Die Schlussfolgerung der Europäischen Studie ist, dass die Bekanntheit der Technologie bei dem Endverbraucher gesteigert werden muss, um die Akzeptanz beim Kunden und folglich beim Lieferanten zu steigern und das Potenzial von RFID auf dem Markt ausschöpfen zu können. In erster Linie wird derzeit RFID auf dem B2B Markt, also auf Unternehmer Ebene vermarktet. Um jedoch einige Zukunftspläne der Industrie verwirklichen zu können muss in erster Linie der Endkunde von der Technologie überzeugt werden. Sobald der Kunde RFID-Lösungen in seinem Haushalt haben möchte, ist für Unternehmen ein interessanter Markt vorhanden.

5.1 Intelligenter Kühlschrank

Bei absoluter Akzeptanz der RFID-Technologie und wirtschaftlich tragbarem Einsatz von passiven Tags kann folgendes Szenario real werden, da die technologischen Voraussetzungen bereits gegeben sind. Lebensmittel sind mit einem RFID-Tag ausgestattet, der Informationen zum jeweiligen Objekt inklusive des Haltbarkeitsdatums beinhaltet. Nach einmaliger Eingabe des Mindestbestandes kann der intelligente Kühlschrank nun kontrollieren, ob sich die Vorräte dem Ende neigen oder sie nicht mehr in die Spanne der Mindesthaltbarkeit fallen. Sobald ein Mangel an Ware besteht, kann der Kühlschrank den Besitzer warnen (Braunschweig, Rinkler 2007). In der vernetzten Gesellschaft ist es weiterhin denkbar, dass nach Auswahl eines Lieferanten dessen WWS an den Kühlschrank gekoppelt werden kann und der Kühlschrank automatisch die fehlenden Artikel nachbestellt. Dies bedeutet auch, dass die Bestellung dem Eigentümer in Rechnung gestellt, oder von seiner Kreditkarte abgebucht werden kann.

5.2 Kontinuierliche Ortung

Ein mit GPS ausgestatteter RFID-Transponder kann seine Position exakt bestimmen und dokumentieren. Dieser aktive Tag ist von dem österreichischen Unternehmen Identec Solutions entwickelt worden. Er hat eine Reichweite von 500 Metern und die integrierte Batterie eine erwartete Lebensdauer von 2,5 Jahren. Der Chip ist mit einem Bewegungssensor ausgestattet, so dass der GPS Empfänger nur dann aktiviert wird, wenn sich das mit dem Tag ausgestattete Objekt bewegt. Dieses System eignet sich für verschiedene Arten von Tracking-Anwendungen: für Güter oder vor allem Container.

5.3 Pharmaindustrie

Mittel bis langfristig sieht die Pharmaindustrie enormes Potenzial im Einsatz von RFID vor allem im Endkundensegment. Mit RFID-Tags ausgestattete Medikamente können in der gesamten Lieferkette, selbst vom Verbraucher, auf ihre Echtheit überprüft werden. Illegal in die Lieferkette eingebrachte Waren (Arzneimittelfälschungen) können somit leichter identifiziert werden. Bei entsprechender Ausstattung der gesamten Lieferkette mit RFID-Lesegeräten kann unter Umständen ermittelt werden, wo und wann Fälschungen in den Logistikkreislauf eingeführt wurden. Viceversa lässt sich der Schwund von Einheiten besser protokollieren und Schwachstellen aufspüren. Weiterhin kann eine

Sicherung gegen Medikamentenmissbrauch bzw. Rezeptfälschung eine Erweiterung des RFID-Nutzenbereichs in der Pharmaindustrie sein.

5.4 Diebstahlsicherung und Plagiatschutz

Das die RFID Technologie seit den 60er Jahren als Diebstahlsicherung eingesetzt wird, wurde schon erwähnt. Auch die RFID-Bibliothek, deren Bücher mit einem Tag ausgestattet sind, fungieren als eine Fortführung der elektronischen Diebstahlsicherung. Eine an die Marktbedürfnisse angepasste Version einer CD -Sicherung kann wie folgt aussehen: an der Oberfläche einer CD wird eine Schutzschicht angebracht und mit einem RFID-Tag verbunden. Bei "Aktivierung" der CD gibt der Tag einen Impuls an die Schutzschicht, welche dadurch durchsichtig wird und das Lesen der CD ermöglicht. Erfolgt diese "Aktivierung" nicht, ist die Schutzschicht lichtundurchlässig und die CD unbrauchbar.²³

RFID kann auch eine Lösung zum Schutz des Marktes vor Fälschungen bieten, so kann "die Serialisierung der Einzelteile durch den EPC Code, der ohne die berührungslose RFID-Technologie nicht ökonomisch verfolgt werden könnte" (Schneider 2009) erfolgen. Schneider schlägt vor unter dem Aspekt, dass viele Fälschungen als Paketsendungen in das Land (in diesem Fall Deutschland) gelangen jedes einzelne Markengut mit einer Seriennummer auszustatten um somit z.B. beim Zoll Kontrollen effizienter zu gestalten. "Ware, die aufgrund einer RFID-Ausstattung Daten senden könnte, würde den Beschauungsprozess erheblich beschleunigen und damit mehr Prüfungen erlauben." (Schneider 2009)

5.5 Zusatzinformationen für den Endverbraucher

Eine Vision der Wirtschaftsinformatiker an der Universität Freiburg ist es, Weinflaschen mit RFID-Chips auszustatten und Zusatzinformationen auf ihnen zu speichern. Diese stellen dem Verbraucher nicht nur detaillierte Informationen zum Winzer und zur Herstellung, sondern auch Verzehrsvorschläge vor.²⁴

²³

http://www.silicon.de/hardware/netzwerk-storage/0,39039015,39183599,00/rfid_loesung+_aktiviert+_cds+erst+beim+kauf.htm (14.07.2007)

²⁴ http://www.focus.de/wissen/wissenschaft/technik_aid_235025.html (27.01.2008)

6. Probleme und Gefahren des RFID-Einsatzes

Neben Lob und Zukunftsvisionen ist die Thematik RFID auch mit viel Kritik verbunden. Vor allem an der Sicherheit von RFID-Systemen wird noch häufig diskutiert. Falsche Anwendung der Technologie oder Datenmissbrauch zählen hierbei zu den am häufigsten geäußerten. “Mit RFID-Systemen können Personen überwacht und Bewegungsprofile erstellt werden, ohne dass die Person es merkt” so eine die Aussage von Gisela Piltz, Innenexperting der FDP.²⁵ Dieser Standpunkt ist weit verbreitet, so ist es nicht logisch, dass Sicherheitsberater wie das Unternehmen VisuKom bereits eingesetzte Systeme wie zum Beispiel die eingesetzten Transponder in Reisepässen auf ihre Sicherheit untersuchen. Das Unternehmen kann nach eigenen Angaben die Informationen, die nur staatlichen Behörden zugänglich sein sollten, auslesen. Dies ist eine grobe Sicherheitslücke in der Zeit globalen Datenmissbrauchs (VisuKom 2007) die noch rechtlicher Klärung bedarf.

6.1 Datenschutz

Um Datenmissbrauch vorzubeugen, hat zum Beispiel EPCglobal Richtlinien verabschiedet, die unter anderem fordern, dass Waren die mit einem RFID-Transponder versehen sind, optisch eindeutig als ein mit einem RFID-Chip versehenes Objekt gekennzeichnet werden müssen. Weiters müssen die Transponder bei der Übergabe zum Endkunden dauerhaft deaktiviert werden (Metro Group 2007). Dies fordern auch die Opposition der deutschen Bundesregierung und behauptet, dass erst durch die Einhaltung verbindlicher Datenschutzstandards und der Einführung eines Datenschutzsiegels die Akzeptanz der RFID-Technologie beim Endverbraucher eingeleitet werden kann.²⁶

Es ist aber nicht nur die Hürde den Endverbraucher davon zu überzeugen, dass der Datenschutz funktioniert und das die Datenschutzgesetze ausreichend sind. Das Vertrauen des Konsumenten zu den Händler, die primär Zugriff zu den Kundendaten haben, muss gepflegt werden. Nach einer Studie von Auerbach (2006) haben deutsche Konsumenten mehr Vertrauen in die Datenschutz-Gesetze als zu der Handhabung der Daten durch die Händler.

²⁵ <http://www.heise.de/newsticker/meldung/102591> (05.06.2008)

²⁶ <http://www.heise.de/newsticker/meldung/102591> (05.06.2008)

6.2 Marketing Ausbeutung

Fehlender und nicht ausreichend gewährleisteter oder definierter Datenschutz wird mit hoher Wahrscheinlichkeit Marktforscher und Marketing Experten auf die Möglichkeiten von RFID aufmerksam machen. Die Technologie kann als Grundlage für personalisierte Werbung dienen und zum Beispiel in Kooperation mit diversen Bonusprogrammen (Lufthansa Miles&More²⁷, payback²⁸) erweiterte Datensets mit Konsumprofilen schaffen. In Seattle wurde bereits 2005 personalisierte Werbung auf Basis von RFID getestet. Benutzer mit einem aktiven RFID Transponder werden beim Eintritt in die “Omni-Zone” (Informationszone) erkannt und mit angepassten Audioinformationen versorgt (Access 2005). Die Teilnehmer sind sich in diesem Fall noch bewusst, dass sie persönliche Daten freigeben, doch kann durch eine stetige Diffusion der Technologie das Bewusstsein der Konsumenten über den Grad der Freigabe persönlicher Daten verschwimmen. Dies könnte der Angriffspunkt der persönlichen Werbung sein. Die Ausbreitung persönlichen RFID Tags kann wiederum in Kooperation mit Bonusprogrammen geschehen, es brauchen die Kundenkarten lediglich mit einem RFID Chip ausgestattet zu werden.

6.3 Recycling

Ein selten besprochenes Problem des Einsatzes von RFID-Tags beim Endverbraucher ist das Recycling der Verpackungen und Objekte aus dem Haushalt, die mit einem RFID Chip verkauft wurden. Die Tags werden mit Klebstoff an recyclebaren Gegenständen aus Papier, Kunststoff, Glas oder Metall angebracht und nach der Benutzung, wie in vielen Haushalten üblich, getrennt in den entsprechenden Müllcontainer entsorgt. Die Probleme treten somit bei der Wiederaufbereitung auf, da sich die Tags nicht so einfach und derzeit erst recht nicht automatisch von den Trägermaterialien trennen lassen. Metall stellt kein Problem dar, da der Hauptbestandteil des Transponders, die Antenne, aus Metall besteht, doch die restlichen Materialien (u.A. Kunst- und Klebstoffe) werden durch eben diesen Metalldraht verunreinigt. Um der Verunreinigung der wiederverwertbaren Materialien entgegenzuwirken müssen in den Aufbereitungsprozess Filteranlagen

²⁷ <http://www.miles-and-more.com>

²⁸ <http://www.payback.de>

für RFID-Transponder eingeplant und eingebaut werden.²⁹ Somit ist das Recycling von RFID-Tags mit hohen Kosten verbunden und ist unter Umständen eine enorme Hemmschwelle.

Andererseits, kann durch ein an einem zu recycelndem Objekt angebrachter Transponder der Hersteller identifiziert (Twist 2005) und die Wiederaufbereitung direkt in seine Verantwortung übergeben werden - dies könnte zu einer allgemeinen Neustrukturierung der Recyclingindustrie führen.

6.4 Globalisierung als Gefahrenquelle

Auch wenn die RFID-Technologie in der Zeit der Globalisierung die Logistik in Supply Chains verbessern kann, so ist die Globalisierung, auch gleichzeitig ein Hindernis für die schnelle Diffusion der Technologie. Immer mehr Hersteller lagern die Fertigung einzelner Produkte und "Vorprodukte" aus. Die Anzahl der in die Produktschaffungskette integrierter Dienstleister ist in den vergangenen Jahren gewachsen (Twist 2005).

²⁹ http://www.focus.de/wissen/wissenschaft/technik_aid_235025.html (27.01.2008)

7. Schlussfolgerung

Für einen effizienten Einsatz von RFID Systemen in Logistik Management Prozessen gibt es derzeit keine einzig wahre Lösung die man auf alle Probleme anwenden kann. Es ist eher so, dass man mehrere Grundsysteme durch Standardisierung etablieren muss die in einzelnen Abschnitten der Supply Chain an die Soft- und Hardware der in der Produktions und Lieferkette angeschlossenen Unternehmen minimal angepasst integriert werden, um den Einsatz von RFID-Technologien garantieren zu können.

So sollte als erstes die Produktgruppe analysiert werden. Produkte, die wenig empfindlich auf Umwelteinflüsse reagieren (Grundstoffe wie Metall und Holz) können durch die Liefer- und Produktionskette mit passiven RFID Transpondern geführt und verfolgt werden. Für die Industrie ist es somit von Vorteil, ein passives RFID System einzuführen.

Die Literaturanalyse hat gezeigt, dass Lieferketten vor allem der Lebensmittelindustrie langfristig mit dem Einsatz von aktiven RFID Systemen besser beraten sind um zum Beispiel die Schuld am Verderben von transportierter Ware genau festzustellen.

Um die RFID Technologie global optimal nutzen zu können, muss diese nicht nur in die logistischen sondern auch in die Produktions- und Verarbeitungsprozesse und Zwischenschritte eingebunden werden. Durch die Vielzahl an Variationsmöglichkeiten der Transponder verlangt dies einer tiefergehenden Analyse die sich nicht nur der Kern-Prozesse annimmt. An diesem Punkt sollte man weitere Recherchen ansetzen um zu untersuchen, in welchen Industrien es ausreicht standardisierte RFID Lösungen zu übernehmen und wo angepasste bis speziell abgestimmte Systeme integriert werden sollten.

Es ist derzeit fraglich ob ein gewaltsame Einführung eines RFID Systems in eine Lieferkette - wie von Wal-Mart und Metro durchgeführt - mittel- und langfristig effizient sind und nicht nur der Euphorie des Augenblicks entsprungen sind. Um dies beurteilen zu können muss die wirtschaftlich Entwicklung der Unternehmen und ihrer Lieferanten durchgeführt werden. Interessant wäre dabei auch zu beobachten, auf welche Art und Weise sich die eingesetzten RFID Technologien in der gesamten Supply Chain entwickeln und gegebenenfalls ändern.

Der Enthusiasmus, der zu Beginn der Jahrtausendwende herrschte, ist abgeflacht, doch die ersten Schritte sind getan und der Einsatz von auf RFID basierenden Systemen auf dem globalen Markt ist eingeleitet. Es ist nur mehr eine Frage der Zeit, bis der Verbraucher von seinem Kühlschrank informiert wird, dass die Milch aus ist und frische bereits nachbestellt wurde.

Quellenverzeichnis

A Literaturverzeichnis

Angeles, R. (2005), "RFID Technologies: Supply-Chain Applications and Implimentation issues", Information System Management, 2005

Auerbach, M, Uygun, Y. (2006), "Studie: Datensicherheit bei RFID-Anwendungen auf Artikelebene im Bekleidungseinzelhandel"

Baumgarten, H. (2002), "Logistik im E-Zeitalter", Frankfurter Allgemeine Buch, 9

Blache, A. et al. (2007), "RFID: Ready for Action - Technical analysis of the use of RFID at case level in retail logistics", Metro Group Future Store Initiative

Böse, F. (2005), "Transponder im Fahrzeugmanagement", Industriemanagement 20/5, 29-32

Bremicker, H., Cuny, F. (2007), "ITC-Applikationen in der Logistikkette", Detecon Management Report 03/2007, 39-44

Braunschweig, P., Rinkler, A. (2007), "Innovative Technologien in der Logistik - RFID und verwandte Trends", Detecon Management Report, 3, 33 - 37

Chow, H.K.H., Choy, K.L., Lee, W.B., Chan, F.T.S. (2007), "Integration of web-based and RFID technology in visualizing logistics operations - a case study", Supply Chain Management, Vol. 12, Iss. 3, 221

Commission of the European Communities (2007), "Radio Frequency Identification (RFID) in Europe: steps towards a policy framework", SEC(2007)312

Corsten, D., Gabriel, C. (2004), "Supply Chain Management erfolgreich umsetzen: Grundlagen, Realisierung und Fallstudien", Springer Verlag

Czichos, H., Akademischer Verein Hütte (2004), "Hütte. Das Ingenieurwissen", Springer Verlag

Danner, K. (2006), "Potentiale der RFID-Technologie im Supply Chain Management", Magisterarbeit Universität Wien

- Döngers, H.C. (2006), "Materialfluss gleich Datenfluss", Das Logistik-Magazin, 5/2006
- Duijts, C. (2001), "Demonstration der Dynamik in Logistik- und Produktionsnetzwerken anhand des Beer Distribution Game in einer Online-Version", Diplomarbeit, ETH Zürich
- Flörkemeier, C., Thiesse, F. (2005), "EPC-Technologie" In Security in Pervasive Computing: Second International Conference, Springer (Berlin)
- Günther, O., Kletti, W., Kubach, U. (2008), "RFID in Manufacturing", Springer, ISBN: 3540764534
- Günther, H.-O., Tempelmeier, H. (2005), "Produktion und Logistik", Ed. 6, Springer
- Groll, M. (2004), "Koordination im Supply Chain Management: die Rolle von Macht und Vertrauen", DUV
- Händler, J. (1999), "Material-Management – Grundlagen – Instrumentarien – Teilfunktionen", München
- Hirt, C., Ringenberg, U. (2004), "RFID - Technik, Einsatzbereiche, Nutzenpotentiale und Herausforderungen", Verteidigungsarbeit FHBB (Basel)
- Kanitz, F. (2002), "Kennzahlenbasierte Fehleridentifizierung in der Beschaffungslogistik", Dissertation an der Universität Hannover
- Karrer, M., Placzek, T., Stölzle, W. (2004), "Einsatz strategieorientierter Steuerungsinstrumente in der Logistik", Controlling, Heft 8/9, 503
- Kern, C. (2004), "Radio-frequency-identification for security and media circulation in libraries", The Electronic Library, 22, 4, 317-324
- Kircher, H. (2006), "IT Technologien, Lösungen, Innovationen", Springer Verlag
- Klaus, P., Krieger, W. (2008), "Gabler Lexikon Logistik", Ed. 3, Gabler Verlag
- Mauch, A. (2009), "Supply Chain Management- Konzept, Ziele und Aufgaben", GRIN Verlag

Metro Group (2007), "Die Metro Group und RFID - Informationen zu neuen Technologien im Handel", www.future-store.org

Mosmann, S. (2006), "Einsatzpotentiale und Grenzen der Transportplanung und des Vehicle Scheduling mit SAP APO", Hauptseminararbeit Hochschule Fulda

Ngai, E.W.T., et. al. (2007), "Mobile commerce integrated with RFID technology in a container depot", *Decision Support Systems* 43, 62-76

Niemeyer, A. (2003), "Smart Tags for your supply chain", *The McKinsey Quarterly* Number 4, 6-8

Nienhaus, J., Ziegenbein, A., Schoensleben, P. (2006), "How human behaviour amplifies the bullwhip effect – a study based on the beer distribution game online", *Production Planning & Control*, Vol 17, Nr. 6, pp 547 - 557

Overmeyer, L., Vogeler, S. (2005), "RFID: Grundlagen und Potentiale, *Logistics Journal*", Nicht-referierte Veröffentlichung; ISSN 1860-5923

Pavlicek, H. (2005), "Der neue Reisepass, die Entwicklung des neuen österreichischen Reisepasses mit biometrischen Daten.", *Öffentliche Sicherheit*, 9-10/05, S. 53-54

Schmid, B. (2001), "Zur Rolle der Kommunikation in der digitalen Ökonomie", Referat anlässlich des 4. Freiburger Wirtschaftssymposiums, Universität St. Gallen

Schmitt, P., Michahelles, F. (2005), "Strategische Wettbewerbsvorteile RFID in der Logistik", *MQ Business Excellence*, 11

Schulte, G. (2001), "Material- und Logistikmanagement", Oldenburg Wissenschaftsverlag, Edition 2

Simchi-Levi, D. et al. (2004), "Managing the Supply Chain", McGraw-Hill Professional

Thiesse, F. (2007), "RFID, privacy and the perception of risk: A strategic framework", *Journal of Strategic Information Systems* 16, 214 - 232

Thiesse, F., Fleisch, E. (2008), "On the value of location information to lot scheduling in complex manufacturing process", *Int. J. Production Economics* 112, 532–547

Twist, D.C. (2005), "The impact of radio frequency identification on supply chain facilities", Journal of Facilities Management, März, 3, 3, 226

Waldmann, U., Holsten, T., Sohr, K. (2007), "RFID-Studie 2007 - Technologieintegrierte Datensicherheit bei RFID-Systemen", Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung Deutschland

Walk, E. (2007), "RFID Standards 2007", Ident Jahrbuch 2007, 52

Wannenwetsch, H. (2003), "Integrierte Materialwirtschaft und Logistik: Beschaffung, Logistik, Materialwirtschaft und Produktion", Springer

Wildemann, H. (2008), "Erfolgsformel Prozessbeherrschung", Technische Universität München

Wu, N.C., Nystrom, M.A., Lin, T.R., Yu, H.C. (2006), "Challenges to global RFID adoption", Technovation 26, 1317-1323

Wyld, D.C. (2006), "RFID 101: the next big thing for management", Management Research News 29, 4, 154-173

B Presstexte

Axcess International Inc. (2005), "AXCESS' Active RFID Personalizes Marketing for Retail Stores", 18.05.2005

Pitcom (2008), "liveguard24 - das Backendsystem", 18.12.2008

VisuKom (2007), "Der „Schnüffel-Chip“: VisuKom zeigt Gefahrenpotenzial von RFID auf", 30. Mai 2007

Ich Habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

C Appendix

Tabelle A1

Tabelle nach Kern 2004: Auflistung der Bibliotheken die im Jahr 2004 RFID im operativen Betrieb einsetzen (siehe Kapitel 4.2.1).

Bibliothek	Land
Wiener Städtische Büchereien	Österreich
Leuven Katholike Universiteit	Belgien
Siegburg Stadtbibliothek	Deutschland
Plauen Stadtbibliothek	Deutschland
Bonn Stiftung Cäsar	Deutschland
Bad Homburg Stadtbibliothek	Deutschland
Kronberg Stadtbibliothek	Deutschland
Stuttgart Stadtbibliothek	Deutschland
Mittweida Stadtbibliothek	Deutschland
Hilden Stadtbibliothek	Deutschland
St Augustin Stadtbibliothek	Deutschland
Bergheim Stadtbibliothek	Deutschland
Dresden Max Plank Institut	Deutschland
Krefeld Fachhochschule	Deutschland
Naharija Public Library	Israel
Heiloo City Library	Holland
Winterthur Stadtbibliothek	Schweiz
Wülflingen Stadtbibliothek	Schweiz
Winterthur Tössen Stadtbibliothek	Schweiz
Zürich Pestaozzi Bibliothek Aussersihl	Schweiz
Zürich Pestaozzi Bibliothek Schwamendingen	Schweiz
Rotkreuz Schul- und Gemeindebibliothek	Schweiz
Frauenfeld Kantonschule	Schweiz
Baar Stadtbibliothek	Schweiz
Long Island, Mastics Mooriches Pubic Library	USA
LKalamazoo, College Library	USA
Helsinki University Library	Finland

Tabelle A2

Bedarfsprognosen mittels gleitendem Durchschnitt der Unternehmen A und B aus dem Beispiel in Kapitel 3.6.1

Periode	Bestellung		gleitender durchschnitt		Absoluter Fehler		Relativer Fehler	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1	56	58						
2	78	80						
3	97	99	77	79	20	20	36%	34%
4	75	77	83	85	8	8	11%	10%
5	65	66	79	81	14	15	14%	15%
6	94	96	78	80	16	16	21%	21%
7	92	94	84	85	8	9	13%	13%
8	121	100	102	97	19	3	20%	3%
9	98	100	104	98	6	2	6%	2%
10	59	61	93	87	34	26	28%	26%
11	52	54	70	72	18	18	18%	18%
12	50	52	54	56	4	4	6%	6%
13	57	59	53	55	4	4	8%	7%
14	87	89	65	67	22	22	45%	43%
15	98	100	81	83	17	17	30%	29%
16	84	86	90	92	6	6	7%	6%
17	100	102	94	96	6	6	6%	6%
18	76	78	87	89	11	11	13%	12%
19	56	58	77	79	21	21	21%	21%
20	123	101	85	79	38	22	50%	28%
21	85	87	88	82	3	5	5%	9%
22	67	69	92	86	25	17	20%	17%
23	72	74	75	77	3	3	3%	3%
24	82	84	74	76	8	8	12%	12%
				Durchschnitt	14	12	18%	16%

Tabelle A3

Bestellmenge, Bestellzeitpunkt und Lagerveränderung des Unternehmens A (bei wö-
chentlicher Lagerhaltung ohne RFID) aus Beispiel 3.6.2.

Periode	Bedarf	Lagerbestand	Bestellung	Lagerveränderung
1	94		0	716
2	96		0	620
3	97		0	523
4	75		0	448
5	65		0	383
6	79		0	304
7	95	209	601	209
8	110		0	99
9	98		0	602
10	93		0	509
11	74		0	435
12	90		0	345
13	94		0	251
14	87	154	656	164
15	98		0	66
16	84		0	638
17	100		0	538
18	92		0	446
19	93		0	353
20	113		0	240
21	85	135	675	155
22	67		0	88
23	72		0	691
24	82		0	609
25	67		0	542
26	61		0	481
27	95		0	386
28	67	289	521	319
29	68		0	251
30	69		0	703
31	70		0	633

Tabelle A4

Bestellmenge, Bestellzeitpunkt und Lagerveränderung des Unternehmens B (bei täglicher Lagerhaltung mit RFID) aus Beispiel 3.6.2.

Periode	Bedarf		Bestellung	Lagerveränderung
1	94		0	716
2	96		0	620
3	97		0	523
4	75		0	448
5	65		0	383
6	79		0	304
7	95		601	209
8	110		0	99
9	98		0	602
10	93		0	509
11	74		0	435
12	90		0	345
13	94		0	251
14	87		646	164
15	98		0	66
16	84		0	628
17	100		0	528
18	92		0	436
19	93		0	343
20	113		0	230
21	85		665	145
22	67		0	78
23	72		0	671
24	82		0	589
25	67		0	522
26	61		0	461
27	95		0	366
28	67		0	299
29	68		0	231
30	69		648	162
31	70		0	92

Zusammenfassung

Die vorliegende Diplomarbeit beschäftigt sich mit Radiofrequenz Identifizierung (Radio Frequency Identification), einer neuen Technologie unter den automatischen Identifizierungsverfahren (Auto-ID-Verfahren), von welcher sich viele Experten ein hohes Optimierungspotential im globale Einsatz sowohl in der Logistik als auch im Supply Chain Management (SCM) erwarten.

Die Arbeit positioniert zu Beginn RFID im technologischen Umfeld und erklärt sowohl die Bestandteile als auch die Funktionsweise. Im zweiten Kapitel wird insbesondere auf bereits bestehende Standards und die zum Teil damit verbundenen funktionalen Restriktionen eingegangen.

In der Logistik sieht man den Einsatz von RFID in der Optimierung der Supply Chain Prozesse durch einen transparenten Informationsfluss der globalen (über die jeweilige Supply Chain) Lagerbestände und Transporte. Dies soll zu einer Minimierung von Fehlbeständen und einer abgestimmten just in time (JIT) Lieferpolitik, sowie zu Kosteneinsparungen und somit zu dem allgemeinen Ziel der Effizienzsteigerung führen. Die theoretischen Ansätze vom Einsatz von RFID werden im dritten Kapitel diskutiert und anhand von modellierten Beispielen simuliert.

Abschließend werden bereits eingesetzte RFID-Systeme aus unterschiedlichen Bereichen vorgestellt und auf allgemeine Probleme und Gefahren des Einsatzes von RFID-Systemen hingewiesen. Zu den größten Hindernisse für den Einsatz von RFID zählen zur Zeit vor allem fehlende technische und Datenschutz-Standards.

Abstract

The present diploma thesis deals with radio-frequency identification (RFID), a new technology within the automatic identification processes (auto-ID) from which experts expect a high optimization potential with a global application in logistics as well as in Supply Chain Management (SCM).

At the beginning of this work RFID is embedded in the technological environment and its components as well as functionality are explained. The second chapter of this thesis focuses on already existing standards and the functional restrictions of RFID.

In logistics the application of RFID can lead to the optimization of the Supply Chain processes due to a global flow of information (restricted to the respective Supply Chain) of stocks and transports. This should lead to the minimization of deficiencies and well co-ordinated just-in-time (JIT) politics of delivery, as well as to cost-saving, thereby coming one step closer to the general aim of efficiency increase. The theoretical attempts of RFID applications are discussed in the third chapter of this thesis and are simulated on the basis of modeled examples.

Finally, currently implemented RFID systems from different areas are introduced and general problems and dangers of the application of RFID systems are pointed out. At the moment, missing technical and data protection standards count to the biggest obstacles for the application of RFID.

Curriculum Vitae

Name Alexander Kurys
Geburtsdatum 06. Dezember 1979
Geburtsort St. Petersburg | Russland
Nationalität deutsch
Adresse Gumpendorferstr. 114a/29
A-1060 Wien
Telefon +43.650.5784369
E-Mail alex.kurys@email.de



Ausbildung

Abschluss 03.2010 Diplomarbeit zur Erlangung des Magister (Mag.rer.soc.oec.):
Vor- und Nachteile von RFID im Logistik Management

seit 10.2002 Studium der Internationalen Betriebswirtschaften, Universität Wien
Schwerpunkt: Logistik, Innovations- und Technologiemanagement

09.2004-05.2005 Auslandsjahr an der Swedish School of Social Science,
Universität Helsinki

07.2000 Abitur (Schwerpunkte: Mathematik und Physik)

1992-2000 Elisabeth von Thüringen Gymnasium, Köln

1990-1992 Schule Nr. 10, St. Petersburg

1987-1990 Grundschule beim Generalkonsulat der DDR, St. Petersburg

Berufserfahrung

seit Februar 2008 Vollzeitbeschäftigung
bei MindTake New Media Consulting GmbH, Wien:
Projektmanagement (Web 2.0, Community Portale) und
Administration (Controlling, Personalwesen)

06.2007-01.2008 Teilzeitbeschäftigung
bei MindTake New Media Consulting GmbH, Wien:
Community Betreuung

08.2006-09.2006 Praktikum bei Trans-Force Ltd., St. Petersburg:
Marketing und Verkauf (Internationale Kundenakquise)

06.2005-07.2005 Praktikum bei Trans-Force Ltd., St. Petersburg:
Marketing und Verkauf (Internationale Kundenakquise)

06.2003-09.2003 Praktikum bei NightLifeOnline, Wien:
Redakteur und Chef vom Dienst eines Internetportals

03.2002-09.2002 Praktikum bei Hidermat Handels GmbH, Wien:
Kaufmännischer Assistent (administrative Tätigkeiten)

01.2002-02.2002	Praktikum bei InformTV, St. Petersburg: Nachrichtenredakteur 5. Kanal
08.2001-12.2001	Praktikum bei creaTV GmbH, Köln: Aufnahmeleitung (RTLShop, Oliver Geissen Show)
06.2000-04.2001	Grundwehrdienst, Sprachfunk, Deutschland
08.1997-04.1999	Teilzeitbeschäftigung bei Griff WarenhandelsgmbH, Köln: Assistent der Geschäftsleitung (Kundenbetreuung, administrative Tätigkeiten)
02.1996	Praktikum bei TNT Paketdienst, Köln Logistische Distribution, Büroarbeiten

Sprachen

Deutsch	Muttersprache
Russisch	Zweite Muttersprache
Englisch	Verhandlungssicher (Sprachaufenthalte in England und USA)
Französisch	Schulniveau
Schwedisch	Grundkenntnisse (Sprachkurse in Helsinki und an der Universität Wien)
Serbo-Kroatisch	Grundkenntnisse

IT-Kenntnisse (Mac/Windows)

Bürosoftware	MS Office, iWorks, Typo3, CMS, OpenX
Programmiersprachen	HTML, C++
Webplattformen	google (Analytics, Adwords, Adsence)
Spezialsoftware	Acrobat Professional, Windows 2003 Server, Mac Remote Desktop, SquirrelMail, Anylogic, Grundkenntnisse: SPSS, Photoshop
Sonstiges	SEO

Zusätzliche Tätigkeiten

seit Januar 2007	Berater bei FasTracKids Berlin (Teilhaber seit 12.2009)
2005/2006	Buddy für Erasmus Studenten an der Universität Wien
seit 2004	Mitglied im ÖJC
08.2003	Top Platzierung unter den besten 15 Teilnehmern bei einem Experiment zu kreativem Problemlösen an der Universität Wien

Freizeitinteressen

Sport	Windsurfen, Segeln, Klettern, Inlineskaten, Radfahren, Fechten
Musik	DJ-Auftritte
Literatur	Populärwissenschaft, Islandkrimis