

Nutzen und Potentiale von RFID als Nachfolgetechnologie des Barcodes

Bachelorarbeit

Zur Erlangung des Grades eines Bachelor of Science
im
Studiengang Informationsmanagement

vorgelegt von
Christian Baulig

Erstgutachter:	Prof. Dr. J. Felix Hampe Institut für Wirtschafts- und Verwaltungsinformatik
Zweitgutachter:	Marco Krause Institut für Wirtschafts- und Verwaltungsinformatik
Betreuung:	Prof. Dr. J. Felix Hampe

Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Diese Arbeit darf in der Bibliothek veröffentlicht werden: ja nein

Diese Arbeit darf im Internet veröffentlicht werden: ja nein

Koblenz, den 13.08.2014

Vorname Nachname

Abstract Deutsch

Neue Techniken zur automatischen Identifikation von Objekten (Auto-ID) zeigen einzigartige Potentiale für deren Einsatz in der Wirtschaft auf.

Diese Arbeit fokussiert sich auf die Radio Frequency Identification- (RFID-) Technologie und untersucht deren Nutzen und Potentiale für ausgewählte Wirtschaftsbranchen. Dabei wird sie unmittelbar mit dem zurzeit in der Wirtschaft vorherrschenden System zur Objektidentifikation, dem Barcode, verglichen. Zu diesem Zweck werden die grundlegenden Funktionsweisen beider Technologien vorgestellt und Unterscheidungsmerkmale hinsichtlich der technischen Ausgestaltung der einzelnen Technologien beleuchtet.

Darüber hinaus werden im Hinblick auf die potentielle Verwendung von RFID- und Barcodetechnologie innerhalb dreier Wirtschaftsbranchen die unterschiedlichen Funktionsweisen beider Technologien voneinander abgegrenzt und bewertet. Die Abgrenzung bietet die Grundlage, um die Chancen der RFID-Technologie als potentiellem Nachfolger für die Barcode-Technologie in der Konsumgüterbranche, der Logistikbranche und der Pharmabranche zu ermitteln und zu bewerten.

Abstract Englisch

New techniques concerning the automatic identification of objects (Auto-ID) show unique potential for being used in the economy.

This paper focuses on the technology of Radio Frequency Identification (RFID) and examines its uses and potentials regarding selected economic sectors. In the course of this paper, RFID will be directly compared to the bar code, the currently most prevalent system for object identification in the economy. To this end, the different basic modes of operation of both technologies will be introduced, and differences between their technical realizations will be brought to light.

Moreover, this paper distinguishes and evaluates both technologies with regards to their potential use in three different branches of industry. Their differentiation provides the basis for determining and evaluating the RFID technology's probability of replacing the bar code in the consumer goods sector, the logistic sector, and the pharmaceutical sector.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	8
1.1 Motivation.....	8
1.2 Forschungsmethoden	9
1.3 Gang der Untersuchung	10
2. Auto-ID-Systeme	12
3. Barcode	13
3.1 Übersicht und grundlegende Funktionsweise	13
3.2 Unterscheidungsmerkmale.....	17
3.2.1 Codierung	17
3.2.2 Diskrete und kontinuierliche Codes	17
3.2.3 Informationsdichte.....	17
3.2.4 Leserate und -geschwindigkeit (Scanner).....	18
4. Radio Frequency Identification	20
4.1 Übersicht und grundlegende Funktionsweise	20
4.2 Unterscheidungsmerkmale.....	22
4.2.1 Betriebsart und Übertragungsformen	22
4.2.2 Bauformen	23
4.2.3 Energieversorgung.....	23
4.2.4 Beschreibbarkeit	24
4.2.5 Frequenzbereich.....	24
4.2.6 Datenmenge	26
4.2.7 Reichweite	26
4.2.8 Lesegeschwindigkeit	26
4.3 Standards.....	27
5. RFID und Barcode im direkten Vergleich	29
5.1 Überblick	29
5.2 Zusammenfassung	33
6. RFID-Anwenderbranchen	35
6.1 Konsumgüterbranche	36
6.1.1 Hardwarekosten.....	36
6.1.2 Erfassung & Leserate.....	36
6.1.3 Robustheit.....	37
6.1.4 Datenhaltung.....	37
6.1.5 Sensorik	38
6.1.6 Sicherheit.....	38

6.1.7	Etablierung	38
6.1.8	Übersicht.....	39
6.1.9	Kostenproblem	41
6.1.10	Fazit	41
6.2	Logistik-Dienstleister.....	43
6.2.1	Hardwarekosten.....	43
6.2.2	Erfassung & Leserate.....	43
6.2.3	Robustheit.....	44
6.2.4	Datenhaltung.....	44
6.2.5	Sensorik	45
6.2.6	Sicherheit	45
6.2.7	Etablierung	45
6.2.8	Übersicht.....	46
6.2.9	Frequenzproblem.....	48
6.2.10	Fazit	48
6.3	Pharmazeutische Industrie	50
6.3.1	Hardwarekosten.....	50
6.3.2	Erfassung & Leserate.....	51
6.3.3	Robustheit.....	52
6.3.4	Datenhaltung.....	52
6.3.5	Sensorik	52
6.3.6	Sicherheit	53
6.3.7	Etablierung	54
6.3.8	Übersicht.....	55
6.3.9	Initiatorproblem.....	57
6.3.10	Fazit	58
7.	Ausblick und Fazit	60
8.	Literaturverzeichnis	62

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Auto-ID-Systeme im Überblick	12
Abbildung 2 - Beispiel für den Aufbau eines Barcodes in GTIN-Codierung	15
Abbildung 3 - Struktur eines eindimensionalen Barcodes.....	15
Abbildung 4 - Verschiedene Barcode-Typen	16
Abbildung 5 - Barcodes mit unterschiedlicher Modulbreite X.....	18
Abbildung 6 - Grundlegende Funktionsweise von RFID-Systemen	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Frequenzbereiche von RFID-Transpondern und deren Eigenschaften.....	25
Tabelle 2 - Barcode- und RFID-Technologie im Vergleich.....	33
Tabelle 3 - Vergleich von Barcode und RFID für den Anwendungsfall Konsumgüterbranche	39
Tabelle 4 - Vergleich von Barcode und RFID für den Anwendungsfall Logistikdienstleister	46
Tabelle 5 - Vergleich von Barcode und RFID für den Anwendungsfall Pharmazeutische Industrie	55

Abkürzungsverzeichnis

Auto-ID	Automatische Identifikation
BBN	Bundeseinheitliche Betriebsnummer
BSc	Bachelor of Science
bzw.	beziehungsweise
CCD	Charged Coupled Device
CPI	Characters Per Inch
EAN	European Article Number
EAS	Electronic Article Surveillance
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
EHIBCC	European Health Industry Business Communication Council
EPC	Electronic Product Code
ERP	Enterprise Resource Planning
FDA	US Food and Drug Administration
FRAM	Ferromagnetic Random Access Memory
GS1	Global Standards One
GTIN	Global Trade Item Number
HF	High Frequency
HIBC	Health Industry Barcode
ID	Identifikation
IEC	International Electrotechnical Commission
IFA	Informationsstelle für Arzneispezialitäten
ITU	International Telecommunication Union
ISO	International Organization for Standardization
Kbyte	Kilobyte
LED	Light-Emitting Diode
LF	Low Frequency
MIL-STD	Military Standard
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NFC	Near Field Communication
PolyApply	The Application of Polymer Electronics Towards Ambient Intelligence
PKI	Public Key Infrastruktur
PZN	Pharmazentralnummer
QR-Code	Quick Response Code
RFID	Radio Frequency Identification
SCM	Supply Chain Management
SRAM	Static Random Access Memory
UCC	Uniform Code Council
UHF	Ultra-High Frequency
UPC	Universal Product Code
UV	Ultra-Violett
vgl.	vergleiche
WHO	World Health Organization
WLAN	Wireless Local Area Network
WSC	World Standards Cooperation
z.B.	zum Beispiel

1. Einleitung

„RFID zählt zu den Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts.“ ([Japs07], S. 1)

Die folgenden Abschnitte skizzieren die dieser Arbeit zugrunde liegende Motivation (Kapitel 1.1), die verwendeten Forschungsfragen und -methoden (Kapitel 1.2) sowie den Aufbau der Arbeit (Kapitel 1.3).

1.1 Motivation

Spätestens mit Beginn des zweiten Jahrtausends nach Gregorianischem Kalender ist die Diskussion um die Potentiale und Gefahren der RFID-Technologie kaum noch aus öffentlichem und insbesondere wirtschaftlichem Interesse wegzudenken.

RFID kann in besonderem Maße dabei helfen, Prozessabläufe zu optimieren, Komplexität zu reduzieren und Sicherheit zu verbessern – so die Meinung vieler Whitepaper-Autoren zum Thema (vgl. ([Japs07], S. 1-2).

„Exciting times await those of us committed to the pursuit of advancements in RFID.“ ([Landt01], S. 6)

Neben der Schlüsselrolle im Ubiquitous Computing¹ und des Internet of Things² steht RFID insbesondere als „Ablösetechnologie“ des Barcodes immer wieder im Blickpunkt allgemeinen Interesses.

Das Ziel dieser Bachelorarbeit besteht in der Klärung der Frage, ob RFID die Barcode-Technologie ersetzen kann, warum bzw. warum nicht das der Fall sein kann und ob sich diese Frage allgemeingültig beantworten lässt bzw. inwieweit Differenzen in einzelnen Wirtschaftsbranchen auftreten.

In den USA verpflichtet das Departement of Defense alle seine Zulieferer zur Kennzeichnung aller Lieferungen mit RFID, und die US-amerikanische Gesundheitsbehörde FDA empfiehlt den Einsatz von RFID in der Pharmabranche (vgl. [Berlecon05], S. 2). Für das Jahr 2009 ermittelte das globale Beratungsunternehmen Frost & Sullivan, das sich insbesondere auf Marktforschung und -analyse spezialisiert hat, Umsatzerlöse des internationa-

¹ Ubiquitous Computing ist definiert als „die Allgegenwärtigkeit von Smart Devices, kleinster, drahtlos miteinander vernetzter Computer, die in beliebige Alltagsgegenstände eingebaut werden können. Mit dem Begriff des Ubiquitous Computing geht ein Paradigmenwechsel, weg vom Computer als Werkzeug hin zu einer impliziten Informationsverarbeitung, einher.“ [Gabler-1]

² „The basic idea of the IOT [Internet of Things] is that virtually every physical thing in this world can also become a computer that is connected to the Internet“ [Fleisch10], S. 3

len RFID-Markts von 3 – 4 Milliarden US-Dollar und prognostiziert eine jährliche Wachstumsrate von über 12% bis zum Jahr 2016 (vgl. [Frost04]).

Das Marktforschungsunternehmen IDTechEx schätzt den Wert des RFID-Markts, inklusive Transponder und Lesegeräte, sowie Software und Dienste auf 8,89 Milliarden US-Dollar im Jahre 2014 und erwartet eine Steigerung dieses Wertes auf 27,31 Milliarden US-Dollar bis zum Jahre 2024 (vgl. [IDT14])

Als motivierendes Beispiel soll die deutsche Metro Group dienen, die als Dachgesellschaft vieler Groß- und Einzelhandelsunternehmen zu einem der größten internationalen Handelsunternehmen zählt. Der Handelskonzern setzt seit dem Jahre 2004 verstärkt auf die RFID-Technologie, die in 400 Standorten in ganz Europa zum Einsatz kommt und laut firmeneigener Aussage für effizientere Abläufe im Wareneingang sorgt.³ Im Rahmen der internen Logistik rüstet Metro Lieferungen vermehrt mit RFID-Transpondern aus, sodass allein im Zentrallager in Unna jährlich über 750.000 Paletten von RFID-Lesegeräten erfasst werden. In einem Testmarkt der Metro Group in Tönisvorst, der vier Jahre lang unter dem Namen „real,- Future Store“ in Betrieb war, wurde die RFID-Technologie erstmals in einem Supermarkt unter Realbedingungen erprobt.

1.2 Forschungsmethoden

Die Thesis setzt sich das Ziel, die Nutzen und Potentiale der RFID-Technologie herauszustellen. In diesem Zusammenhang soll evaluiert werden, ob sich RFID als Nachfolgetechnologie zum Barcode eignet. Es wird der Frage nachgegangen, ob sich eine generelle Aussage treffen lässt, indem technische und wirtschaftliche Aspekte beider Technologien miteinander verglichen werden. Darüber hinaus wird diese Aussage überprüft, indem die Anforderungen der wichtigsten Wirtschaftsbranchen, die immer wieder im Zusammenhang mit der Einführung von RFID-Technologie genannt werden, geprüft und bewertet werden. Zentrale Frage dabei ist, ob die Einführung von RFID für die genannten Branchen die gleichen Möglichkeiten bietet, ob Unterschiede bestehen und, wenn ja, worin diese Unterschiede bestehen. Dabei wird der Nutzenzuwachs auf eine Umstellung von den bisher verwendeten Barcodesystemen zur RFID-Technologie herausgearbeitet, sodass sich auch die Chancen auf eine zukünftige Einführung prognostizieren lassen, wobei nicht einzelne Unternehmen, sondern die ganze Branche im Fokus der Untersuchung steht. In besonderem Maße wird dabei der Fokus auf die technischen Möglichkeiten der RFID-Technologie, insbesondere auf die der Transponder, gelegt.

³ vgl. http://www.future-store.org/internet/site/ts_fsi/node/140064/Lde/index.html

Diese Arbeit richtet sich dabei an Institutionen, die sich im Rahmen ihrer Forschung oder praxisnaher Projekte mit den realen Potentialen der RFID-Technologie auseinandersetzen. Obwohl mittlerweile eine Vielzahl an Publikationen zu den Ausprägungen der RFID-Technologie existiert, gibt es nur wenige Beiträge, die die unterschiedlichen Anforderungen von RFID im Hinblick auf einzelne Wirtschaftsbranchen systematisch herausarbeiten. Die in dieser Arbeit identifizierten Vor- und Nachteile beider Technologien sollen dabei helfen, RFID-Projekte unter der Berücksichtigung der spezifischen Anforderungen besser planen zu können.

Diese Bachelorarbeit versteht sich primär als Recherchearbeit und fokussiert sich insbesondere auf die Literaturanalyse bezüglich der technischen Grundlagen der Technologien. Als Forschungsmethode kommt dabei hauptsächlich Desk Research zum Einsatz. Bei Desk Research handelt es sich um eine inhaltlich-analytische Recherche, die das Sammeln und Untersuchen von themenrelevanten Informationen beinhaltet. Zu diesem Zweck werden Informationen „vom Schreibtisch aus“ gesucht, zum Beispiel Webseiten und Statistiken ausgewertet, Fachliteratur und Zeitungsnachrichten gesichtet oder Datenbanken und Firmenaufzeichnungen überprüft (vgl. [Camp]). Im Falle dieser Thesis wurde dabei besonderer Gebrauch von wissenschaftlichen Bibliotheken wie ACM, IEEE Xplore, Springer Link, Google Scholar, OPUS und OPAC gemacht. Über große Teile der Arbeit wird dabei ein argumentativ-deduktives Vorgehen angewendet; das heißt, dass gewonnene Erkenntnisse mit Hilfe von sprachlicher Deduktion transportiert werden (vgl. [Wilde07], S. 281-283).

1.3 Gang der Untersuchung

Diese Thesis setzt sich aus 7 Kapiteln zusammen:

Kapitel 1 beschreibt die grundsätzliche Motivation, die hinter der Erstellung dieser Arbeit liegt, und zeigt die verwendeten Forschungsmethoden sowie den weiteren Verlauf der Arbeit auf.

Kapitel 2 führt in das Thema ein, indem die RFID- und die Barcodetechnologien unter den Auto-ID-Systemen verortet werden.

Kapitel 3 verschafft zunächst einen Überblick über die Barcode-Technologie und erklärt den historischen Ursprung sowie die technischen Grundlagen. Im Anschluss wird die den Barcode-Systemen zugrunde liegende Technologie näher beleuchtet und Unterscheidungsmerkmale innerhalb der Technologie vorgestellt.

Kapitel 4 erklärt die Funktionsweise der RFID-Technologie. Auch hier wird zunächst auf Ursprung und Technologiegrundlagen eingegangen, bevor Unterscheidungsmerkmale in-

nerhalb der Technologie näher betrachtet werden. Abschließend werden Standardisierungseinrichtungen wie EPCglobal und deren Rolle auf dem RFID-Markt analysiert.

Kapitel 5 vergleicht die technischen Eigenschaften beider Auto-ID-Technologien miteinander und zeigt Vor- und Nachteile auf.

Kapitel 6 stellt drei Wirtschaftsbranchen vor, die immer wieder in der Diskussion um eine mögliche RFID-Einführung stehen. Dabei wird für jede dieser Branchen analysiert und evaluiert, inwieweit die RFID-Technologie den Barcode ersetzen kann.

Kapitel 7 fasst die gewonnenen Ergebnisse zusammen und prognostiziert die Zukunft der RFID-Technik.

2. Auto-ID-Systeme

Sowohl bei der RFID- als auch bei der Barcode-Technologie handelt es sich um sogenannte Auto-ID-Systeme. Auto-ID steht für Automatische Identifikation und beschreibt Systeme zur automatischen Identifizierung, Datenerfassung, Datenerhebung sowie Datenübertragung.

Zu den bekanntesten Vertretern der Auto-ID zählen RFID, Barcodes und OCR (Optical Character Recognition) sowie Smart Cards (vgl. [West06], S. 10). Auch biometrische Verfahren werden in der Literatur häufig zu den Auto-ID-Systemen gezählt (vgl. [Fink02], S. 2).

In der nachfolgenden Grafik werden RFID und Barcode im „Grand Scheme“ der Auto-ID verortet:

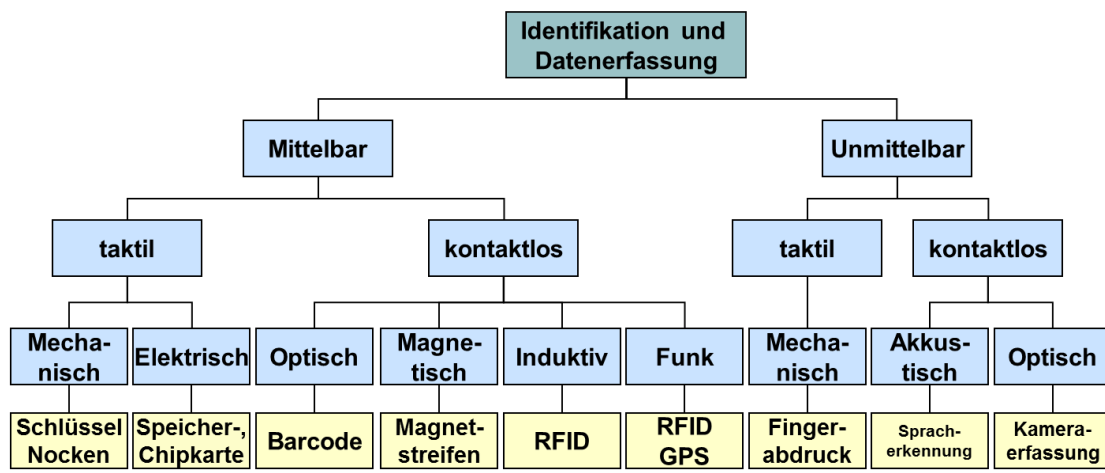


Abbildung 1 - Auto-ID-Systeme im Überblick
Quelle: Abbildung nach [Wölker08]

Abbildung 1 zeigt eine systematische Einordnung der existierenden Auto-ID-Systeme nach Funktionsweise. In der untersten Zeile werden jeweils typische Vertreter dieser Funktionsweisen angegeben. Unmittelbare Systeme erlauben die Identifikation eines Objektes durch das Objekt selbst, wohingegen mittelbare Systeme ein Objekt erst durch ein an ihm angebrachtem Identifizierungsmerkmal erkennen können. Innerhalb dieser Abgrenzung wird zwischen taktilen und kontaktlosen Systemen unterschieden.

Die Grafik zeigt, dass es sich bei den beiden Auto-ID-Systemen RFID und Barcode um kontaktlose, mittelbare Systeme handelt.

In den beiden nachfolgenden Kapiteln der Arbeit werden die Funktionsweisen der beiden Auto-ID-Techniken genauer vorgestellt.

3. Barcode

Dieses Kapitel stellt die Funktionsweise der Barcode-Technologie vor.

In Kapitel 3.1 werden zunächst die grundlegenden Aspekte der Technologie und deren Ursprung beleuchtet. Danach wird der Aufbau von ein- und mehrdimensionalen Barcodes vorgestellt und erklärt. Im Anschluss werden in Kapitel 3.2 die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale herausgestellt und erklärt. Dazu werden in Kapitel 3.2.1 die verschiedenen Codierungseigenschaften von Barcodes vorgestellt. In Kapitel 3.2.2 wird der Unterschied zwischen diskreten und kontinuierlichen Codes erklärt, in Kapitel 3.2.3 auf die Informationsdichte eingegangen und schließlich in Kapitel 3.2.4 unterschiedliche Arten von Scannern vorgestellt, die einen signifikanten Einfluss auf Leserate und -geschwindigkeit von Barcodes haben.

3.1 Übersicht und grundlegende Funktionsweise

Die Barcode-Technologie repräsentiert eines der am häufigsten genutzten, optischen Auto-ID-Systeme (vgl. [Kern07], S. 16-17). Bei einem Barcode selbst handelt sich es um einen optoelektronischen Datenträger, das heißt er ermöglicht die Umwandlung der in ihm gespeicherten, optischen Daten durch einen Scanner in ein elektronisches Signal. Der Barcodescanner strahlt dabei Licht auf das Muster des Barcodes, das auf dem Fotosensor des Barcodescanners reflektiert, und so in ein elektrisches Signal umgewandelt wird (vgl. [Pötter98], S. 15-17).

Ihren Ursprung hat die Technologie im Jahre 1949, als der erste Barcode zum Patent in den USA angemeldet wurde. Da die Herstellung von Codes und Scannern in dieser Zeit noch sehr teuer war (insbesondere in der Zeit vor der Einführung des Mikroprozessors im Jahre 1970), dauerte es bis zum Jahre 1982 ehe die Barcode-Technologie ihren Siegeszug um die Welt antreten konnte: Der vom United States Department of Defense eingeführte Standard „MIL-STD-1189“ sah vor, dass alle militärisch genutzten Objekte zur Identifizierung mit einem Barcode ausgestattet werden sollten (vgl. [Pötter98], S. 12). Dieser Standard hatte damit direkten Einfluss auf über 50.000 Zulieferbetriebe, die dadurch zur Anschaffung und Verwendung der Barcode-Technologie gezwungen waren. Die bekannten Formen, UPC (Universal Product Code) und EAN (European Article Number), waren bereits ausgestaltet und fanden durch die zunehmende Entwicklung und den zunehmenden Einsatz der Technologie ihren Weg in den weltweiten Einzelhandel, für den sich neue Möglichkeiten im Hinblick auf Inventur und Lagerhaltung boten (vgl. [Pötter98], S. 13).

Barcodes existieren heutzutage in vielen verschiedenen Formen, wie als eindimensionale Global Trade Item Number (GTIN) (früher: European Article Number (EAN), bzw. Universal Product Code (UPC)), die oft im Handel Anwendung findet, oder auch zweidimensionalen Barcodes, wie DataMatrix- oder QR-Codes.

Der Barcode ist nach der internationalen Norm ISO/IEC 15420 genormt und wird für den Einzelhandel durch die GS1 (Global Standards One) festgelegt. GTIN-13 ist einer der am häufigsten verwendeten Codes in Deutschland, der sich aus 12 Stellen und einer Prüfziffer am Ende zusammensetzt. Weltweit kommt die GTIN nach Angaben der GS1 auf ca. 90% aller Waren zum Einsatz.⁴

Bei einem eindimensionalen Barcode handelt es sich um eine Abbildung, die aus einer Aneinanderreihung von unterschiedlich breiten Balken und Lücken besteht. Er dient dazu, Daten in binären Symbolen darzustellen und kann mit Hilfe von optischen Lesegeräten erkannt und weiterverarbeitet werden. Oft steht in der Klartextzeile direkt unter dem Barcode der Dateninhalt zusätzlich in für Menschen lesbarer Schrift. So kann man bei Lese-problemen des Scanners die Information von Hand eingeben.

Der in Abbildung 2 dargestellte Barcode zeigt beispielhaft die Codierung eines GTIN-13 Barcodes. Der EAN-Code ist ein eindimensionaler, fortlaufender und numerischer Code mit einer fest vorgegebenen Anzahl an Ziffern (8 oder 13, wobei je eine Ziffer die Prüfziffer darstellt) und einer fixen Breite und Höhe. Die ersten zwei Zeichen bilden den Länderpräfix, der das Land kennzeichnet, in dem er zum Einsatz kommt. Die nächsten fünf Ziffern repräsentieren die sogenannte Bundeseinheitliche Betriebsnummer (bbn) und die darauffolgenden fünf Ziffern eine individuelle Artikelnummer. Die letzte Ziffer stellt die Prüfziffer dar, die sich aus der Differenz der Summe aller vorangegangenen Ziffern (die jedoch zuvor, links beginnend, abwechselnd mit 1 und 3 multipliziert wurden) zu dem nächsten Vielfachen der Zahl 10 berechnet (vgl. [Pötter98], S. 128-132).

⁴ vgl. <http://www.gs1-germany.de>

Länderkennzeichen		Bundeseinheitliche Betriebsnummer bbn					Individuelle Artikelnummer des Herstellers					PZ
4	0	1	2	3	4	5	0	8	1	5	0	9
BRD		Fa. Musterwerk Identstraße 1 80001 München					Schokoladenhase 100g					

Abbildung 2 - Beispiel für den Aufbau eines Barcodes in GTIN-Codierung

Quelle: Grafik nach [Fink02], S. 3

Fast alle eindimensionalen Codes verfügen über einen gleichartigen Aufbau: Typischerweise verfügen eindimensionale Strichcodes über ein Start- und ein Stoppsymbol, die den Barcode begrenzen. Sie dienen in vielen Fällen dazu, ein beidseitiges Lesen (vorwärts und rückwärts) des Barcodes zu ermöglichen, indem sie die Leserichtung vorgeben. Die GTIN verwendet anstelle der Start- und Stoppsymbole sogenannte Randzeichen (vgl. [Pötter98], S. 26 und [Rosen97], S. 160). Darüber hinaus befindet sich im Anschluss an die Start- und Stoppsymbole bei den meisten Barcodes eine Ruhezone, die sogenannte Quiet Zone. Die Quiet Zone beträgt im Regelfall mindestens das Zehnfache des X-Maßes (siehe Kapitel 3.2.3) und dient dazu, die Leseeinrichtung des Scanners auf die Strichcodierung einzustellen (vgl. [Rosenbaum97], S. 164).

Structure of a Width - Based Bar Code

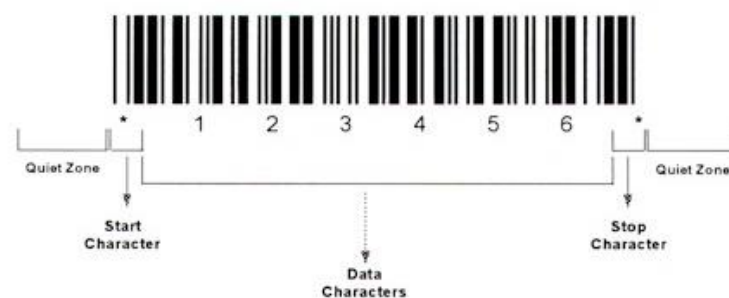


Abbildung 3 - Struktur eines eindimensionalen Barcodes

Quelle: http://www.opal.ch/BarcodeInfo/Barcode_in_kuerze.htm

Mehrdimensionale Barcodes können, im Gegensatz zu eindimensionalen Barcodes, meist nur mit speziellen Kameras dekodiert werden (siehe Kapitel 3.3.4). Zweidimensionale Codes existieren hauptsächlich in zwei Formen: Matrix-Codes und Farb-Codes. Matrix-Codes codieren ihren Inhalt über zwei Achsen, wobei das sogenannte *finder element* die Ausrichtung des Codes bestimmt (vgl. [Pötter98], S. 149). Farbcodes sind Codes, die stattdessen unterschiedliche Farben für die einzelnen Symbole verwenden und so die Information codieren. Abbildung 4 zeigt beispielhaft einige Barcodes verschiedener Ausprägungen.

Eindimensionale Barcodes:

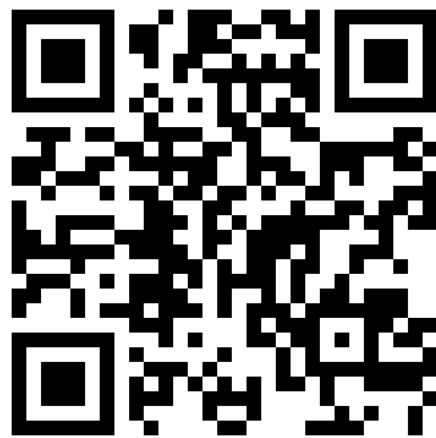


GTIN-13

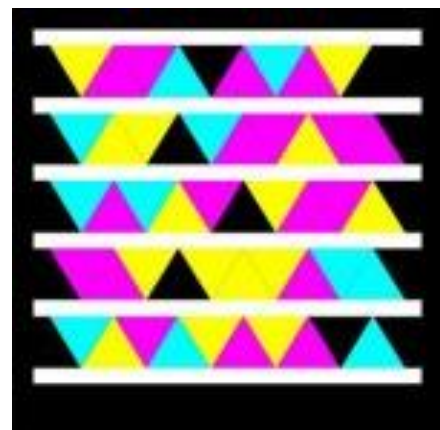


PZN

Zweidimensionale Barcodes:



QR-Code



Microsoft Tag

Abbildung 4 - Verschiedene Barcode-Typen

Quellen:

GTIN-13: http://www.uni-halle.de/im/1265888792_1309_0.png

PZN: <http://www.mobiliodevelopment.com/pzn-german-pharmacy-barcode/>

QR-Code: <http://www.officialeancode.com/spanish/ean-guide/EAN%20Code%20sample.jpg>

Microsoft Tag: <http://www.themobilists.com/2011/06/02/mobile-barcodes-qr-and-microsoft-tag-primer>

3.2 Unterscheidungsmerkmale

Da, wie im vorangegangenen Kapitel gezeigt; Barcodes in vielen unterschiedlichen Ausprägungen bestehen, dient dieses Kapitel dazu, die Unterscheidungsmerkmale der einzelnen Barcode-Typen hervorzuheben und voneinander abzugrenzen.

3.2.1 Codierung

Ein- und zweidimensionale Barcodes speichern ihre Informationen fast immer durch eine Aneinanderreihung monochromatischer Zeichen, wobei die verwendeten Symbole und deren Abstand zueinander die Information codieren. Bei höher dimensionierten Barcodes kommt in den meisten Fällen Farbe als zusätzlicher Informationsträger hinzu.

Zur Fehlersicherung kommen häufig Paritätsbits zum Einsatz, aber auch Prüfziffern innerhalb des Codes werden zur Fehlererkennung und -korrektur verwendet. Entscheidend ist hier die Hamming-Distanz⁵, wobei eine größere Hamming-Distanz auch immer in einer größeren Redundanz resultiert - d.h. es werden mehr Informationen als die reinen Nutzdaten im Code gespeichert.

3.2.2 Diskrete und kontinuierliche Codes

Gerade bei eindimensionalen Barcodes wird häufig zwischen diskreten und kontinuierlichen bzw. fortlaufenden Codes unterschieden. Bei diskreten Barcodes enthalten Zwischenräume (spaces) zwischen den Balken (bars) keine Informationen. Im Gegensatz dazu haben bei kontinuierlichen Codes auch die Zwischencharaktere eine Information; die Dichte solcher Codes ist darum üblicherweise höher. Typisches Beispiel dieser Gattung ist der eindimensionale Code 2/5 Interleaved.

3.2.3 Informationsdichte

Die Dichte eines Barcodes ergibt sich aus der Anzahl der Zeichen, die pro Weeinheit (häufig angegeben in characters per inch (cpi)) dargestellt werden (vgl. [Pötter98], S. 27). Eng in Zusammenhang damit steht auch die Modulbreite X, auch X-Wert oder X-Maß genannt, die den schmalsten Balken bzw. Zwischenraum eines Barcodes in Millimeter angibt und letztlich die Informationsdichte repräsentiert (vgl. [Pötter98], S. 26 und [Rosen97], S. 191). Barcodes mit geringer Dichte kommen häufig in Warenlagern zum Einsatz, da sie eine größere Lesereichweite und -sicherheit ermöglichen.

⁵ Die Hamming-Distanz beschreibt die Anzahl der unterschiedlichen Stellen zwischen zwei Blöcken fester Länge. Weitere Informationen unter anderem in [Forney66].

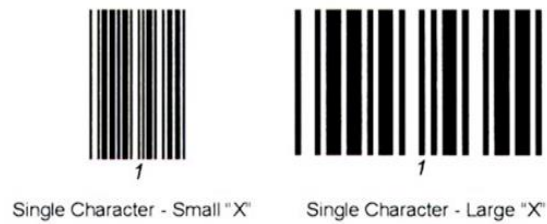


Abbildung 5 - Barcodes mit unterschiedlicher Modulbreite X

Quelle: http://www.opal.ch/BarcodeInfo/Barcode_in_kuerze.htm

Zur Klassifizierung der Dichte wird zwischen Codes hoher Dichte (High Density, Modulbreite unter 0,24mm), mittlerer Dichte (Medium Density, Modulbreite zwischen 0,24mm und 0,30mm) und geringer Dichte (Low Density, Modulbreite über 30mm) unterschieden (vgl. [Pötter98], S. 27 und [Rosen97], S. 63).

3.2.4 Leserate und -geschwindigkeit (Scanner)

Die Lesegeschwindigkeit hängt stark von den Scannern ab, die zum Erfassen von Barcodes verwendet werden. Typische Scanner sind hier Lesestifte und Lesepistolen als Vertreter der mobilen Lesegeräte und Schlitzscanner, Laserscanner und für Charge Coupled Devices als Vertreter für stationäre Lesegeräte. Daher werden im Folgenden die Scanner und ihre Lesegeschwindigkeit vorgestellt. Die Informationen der hier vorgestellten Lesegeräte entstammen, sofern nicht anders vermerkt, aus [Pötter98], S. 82-90.

Bei Lesestiften, auch als *Barcode Wand* oder *Lightpen* bezeichnet, wird ein Scanpunktlicht in sehr geringem Abstand (häufig auch im direkten Kontakt) manuell über den Barcode geführt, wobei wichtig ist, dass die Geschwindigkeit einigermaßen konstant bleibt. Die Reflexionen des Lichts erzeugen Spannungsschwankungen, die erkannt und in ein digitales Signal umgewandelt werden.

Lesestifte sind äußerst robust und preiswert in ihrer Herstellung, benötigen aber einen Barcode auf ebener Fläche, um funktionieren zu können. Zudem nutzen sich sowohl Barcode als auch Stift durch die Reibung beim Überführen schnell ab, was zu einer Abnahme der Erstleserate, also der Wahrscheinlichkeit zum erfolgreichen Auslesen des Codes beim ersten Scanvorgang, führt.

Lesepistolen verwenden in einem Großteil der Fälle gebündelte Laserstrahlen zum Scannen. Eine Laserdiode erzeugt dabei eine Scanlinie, wobei die daraus resultierende Laserreflexion in einem Spiegel gesammelt und von einem fotoelektrischen Bauelement gelesen

und anschließend decodiert wird. Die Lesereichweite solcher Laserscanner ist wesentlich höher als die von Lesestiften, wobei aufgrund von abnehmender Empfindlichkeit mit zunehmender Entfernung nur noch Codes geringerer Dichten (Low-Density-Codes) gelesen werden können. Die Herstellung von Laserscannern ist etwas teurer als die von Lesestiften, aber dafür können sie auch leicht unebene Codes lesen und funktionieren auf größere Entfernung. Die Erstleserate dieser Pistolen liegt bei Realanwendungen bei rund 90%. Die Lesegeschwindigkeit hängt stark von der Leistungsfähigkeit einzelner Lesepistolen ab. Sie liegt in der Regel über der von Lesestiften, da einzelne Barcodes in weniger als einer Sekunde erfasst werden können, allerdings sind der Anzahl der Scans pro Minute durch die manuelle Bedienung und Ausrichtung der Lesepistolen Grenzen gesetzt.

Schlitzleser werden häufig zur Zugangskontrolle eingesetzt. Der Schlitzleser ist ein stationäres Gerät, bei dem das barcodetragende Objekt durch einen Schlitz gezogen wird und dann mit einem ähnlichen Verfahren abgetastet wird wie das, das bei den Lesestiften verwendet wird. Bei ihnen ist der Abstand zwischen Lesegerät und Barcode immer gleich. Sie können Barcodes in kürzester Zeit erfassen, solange das barcodetragende Objekt in einer vergleichsweise konstanten Geschwindigkeit durch den Schlitz gezogen wird.

Stationäre Laserscanner eignen sich besonders gut, um High-Density-Codes zu erfassen. Bei ihnen werden die Barcodes mit Hilfe einer Laserdiode erfasst, die einen gebündelten Lichtstrahl an einen Ablenkspiegel emittiert. Von dort wird das Licht auf ein rotierendes Spiegelrad mit abgeschrägten Seiten gelenkt, welches den Strahl wiederrum auf den Barcode lenkt. Dort wird das Licht reflektiert und wandert denselben Weg zurück bis zur Empfangsoptik, wo das optische Signal in ein elektrisches umgewandelt wird. Omnidirektionale Laserscanner projizieren Scanmuster in mehreren Scanlinien über verschiedene Ebenen und kommen häufig in Supermärkten zum Einsatz. Codes können bei vielen Geräten meist in einer Sekunde oder weniger erfasst werden.

CCD steht für Charge Coupled Device und beschreibt eine Technik, die häufig in Videokameras eingesetzt wird. Der ganze Barcode wird, häufig mit Hilfe von LEDs, aufgehellt; das zurückgeworfene Licht fällt auf die Fläche des CCD-Moduls, wird dort in viele einzelne Bildpunkte aufgeteilt und anschließend in ein elektronisches Signal übersetzt. CCDs ermöglichen bei entsprechender Leistungsfähigkeit des Fotosensors die schnellste Lesegeschwindigkeit.

4. Radio Frequency Identification

Kapitel 4 beschäftigt sich mit der Funktionsweise der RFID-Technologie.

Unterkapitel 4.1 leitet das Thema ein, indem es kurz die Historie der Technologie beleuchtet und anschließend die grundlegende Technik von RFID erklärt. Sofern nicht anders vermerkt, stammen alle Informationen dieses Teils aus dem RFID-Handbuch von Finkenzeller ([Fink02]).

In Sektion 4.2 werden die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale des Auto-ID-Systems vorgestellt. Dazu werden zunächst in Kapitel 4.2.1 Unterschiede in Betriebsart und Übertragungsformen näher vorgestellt. Im darauffolgenden Kapitel 4.2.2 werden die unterschiedlichen Bauformen der Transponder beschrieben und die markantesten Unterschiede erläutert. Des Weiteren geht Kapitel 4.2.3 auf die Energieversorgung ein und erklärt, wie Transponder die für ihren Betrieb notwendige Energie beziehen können. Weiterhin erläutert Kapitel 4.2.4 die Beschreibbarkeit der Transponder. Im nächsten Kapitel 4.2.5 werden die unterschiedlichen Frequenzbereiche der Transponder voneinander abgegrenzt und deren einzigartige Charakteristika beschrieben. Darüber hinaus verschafft Kapitel 4.2.6 einen Überblick über die Datenmenge, die auf einem Transponder gespeichert werden kann. Daneben gibt Kapitel 4.2.7 einen Überblick über die verschiedenen Reichweiten des Systems. Schließlich behandelt Kapitel 4.2.8 die Lesegeschwindigkeit der RFID-Technik. Zum Abschluss geht Kapitel 4.3 auf Normen und Standards bzw. auf die dahinterstehenden Standardisierungsorganisationen der Technologie ein.

4.1 Übersicht und grundlegende Funktionsweise

Die Abkürzung RFID steht für „radio-frequency identification“. Mit Hilfe der der RFID-Technologie ist es möglich, Objekte automatisch per Funk zu identifizieren und zu lokalisieren.

Der Grundstein für diese Technologie wurde im Jahre 1948 von dem schwedischen Radioingenieur Harry Stockman mit seiner Veröffentlichung „Communication by Means of Reflected Power“ gelegt. Erste Transponder wurden bereits in den 1960er Jahren zur Diebstahlsicherung entwickelt, bevor RFID in den 1970er-Jahren verstärkt in den Blickpunkt der Forschung geriet (vgl. [Landt05], S. 9). Im nächsten Jahrzehnt zeigten die USA großes Interesse an dem Einsatz von RFID zum Zwecke von Transport und Personenzutrittskontrolle, während sich in Europa ein Interesse an RFID zur Tieridentifikation und zur Mautkontrolle zeigte. Als Schlüssel zur rasanten Ausbreitung der RFID-Technologie gilt dabei die Entwicklung des Personal Computers (PC), der es vereinfachte, die von RFID-Systemen gesammelten Daten zu verwalten (vgl. [Landt05], S. 10). Die Entwicklung geht

bis heute weiter, sodass die RFID-Technologie mittlerweile in vielen Bereichen des täglichen Lebens, wie bei der Zutritts- und Zugriffskontrolle, der Fahrzeug- sowie Tieridentifikation, Bezahlkarten, der Diebstahlsicherung oder dem Waren- und Bestandsmanagement zum Einsatz kommt.

Die RFID-Technologie wird in wirtschaftlichem und öffentlichem Rahmen primär zur Optimierung und Kontrolle von Prozessen verwendet. Ein RFID-System besteht dabei aus einem Transponder, auch „Tag“ genannt, der einen kennzeichnenden Code enthält, sowie einem Lesegerät (Reader) zum Auslesen dieser Kennung, wobei das Lesegerät in Abhängigkeit von der verwendeten Technologie sowohl als reine Leseinheit als auch als Lese- und Schreibeinheit verstanden werden kann (vgl. [Fink02], S. 7). Das Lesegerät selbst besteht in der Regel aus einer Steuerungseinheit, einem Hochfrequenzmodul und einer Antenne, über die mit Hilfe vom Lesegerät erzeugten magnetischen Wechselfelder Daten übertragen werden (vgl. [Fml] und [Fink02], S. 6-9). Darüber hinaus verfügen die meisten Lesegeräte über eine Schnittstelle (z.B. WLAN, RS 232, RS 485) zur Kommunikation mit der Applikationssoftware auf einem anderen System.

Der Begriff Transponder setzt sich aus den englischen Begriffen „Transmitter“ und „Responder“ zusammen (vgl. [Sriniv05], S. 70) und beschreibt seine Fähigkeit zum Empfangen und Senden von Daten. Abhängig von dem gewünschten Verwendungszweck gibt es unterschiedliche Arten von RFID-Transpondern. Im Allgemeinen besteht jedoch jeder RFID-Transponder aus einem Speichermodul (Mikrochip) und einem Koppellement (wie einer Spule oder einer Mikrowellenantenne) zum Senden und Empfangen von Daten (vgl. [Melski06], S. 9).

Die Antenne empfängt die elektromagnetischen Wellen des Lesegerätes und versorgt das System durch Induktion mit Energie (vgl. [Fink02], S. 42). Der Mikrochip dient primär als Speicher und enthält Informationen über das Objekt, an dem sich der Transponder befindet. Zudem verfügt der Chip über einen High Frequency- (Hochfrequenz-) Teil, in dem das eingehende Signal empfangen und anschließend in der Kontrolleinheit verarbeitet wird (vgl. [Melski06], S. 8-10).

Neben diesen Hardwarekomponenten sorgt eine zugeschaltete Anwendung, die RFID-Middleware, dafür, dass die Daten der Lesegeräte korrekt ausgewertet und gefiltert werden. Im nächsten Schritt leitet sie sie dann häufig an betriebliche Informationssysteme, wie ERP-Systeme, weiter.

Abbildung 6 stellt die gerade vorgestellte Funktionsweise eines RFID-Systems schematisch dar.

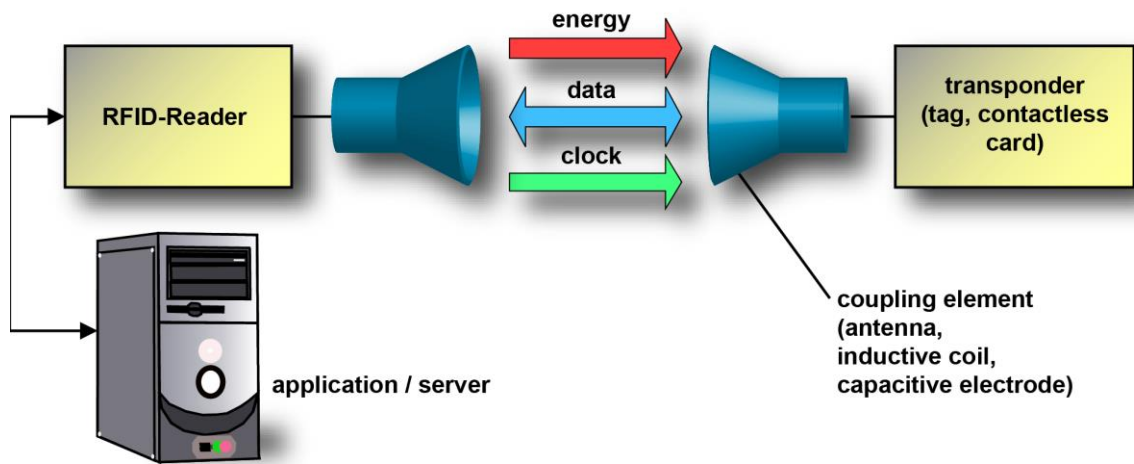


Abbildung 6 - Grundlegende Funktionsweise von RFID-Systemen
Quelle: [Fink-on]

4.2 Unterscheidungsmerkmale

Neben diesen grundlegenden Funktionsweisen, die allen RFID-Systemen gemein ist, existieren RFID-Systeme in einer Reihe von unterschiedlichen Formen. Im Folgenden werden die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale von RFID-Systemen näher betrachtet und voneinander abgegrenzt. Dabei werden die Ausprägungen der RFID-Technologie hinsichtlich der Merkmale Betriebsart und Datenübertragung, Bauformen, Energieversorgung, Beschreibbarkeit, Frequenzbereich, Datenmenge, Reichweite und Lesegeschwindigkeit genauer vorgestellt. Dieses Kapitel orientiert sich dabei in besonderem Maße an den Seiten 6-28 des RFID-Handbuchs von Klaus Finkenzeller ([Fink02]).

4.2.1 Betriebsart und Übertragungsformen

Im Hinblick auf die Betriebsart wird bei RFID-Systemen zwischen zwei Verfahren, Voll- bzw. Halbduplexsystemen und sequentiellen Systemen, unterschieden: Beim Voll-duplexverfahren („full duplex“) bzw. beim Halbduplexverfahren („half duplex“) sendet der Transponder ein Antwortsignal noch während das High Frequency Field des Readers aktiv ist, wohingegen beim sequentiellen Verfahren das Feld des Readers für kurze Zeit deaktiviert wird, und das Antwortsignal des Transponders in diesen Pausen empfangen wird. Hierzu ist es allerdings notwendig, dass der Transponder über einen eigenen Kondensator oder eine eigene Batterie verfügt, um Energie für das Antwortsignal während der Sendepausen des Lesegerätes zur Verfügung zu haben (vgl. [Fink02], S. 11).

Problematisch bei Voll- und Halbduplexsystemen ist, dass das Transpondersignal häufig sehr viel schwächer als das Signal des Lesegerätes ist. In der Praxis wird diesem Problem zumeist mit Lastmodulation, also dem gezielt bewirkten Energieverlust des Magnetfelds

des Lesegeräts durch Transponderresonanz und der damit verbundenen Informationsübertragung durch Nutzbarmachung dieses Energieverlusts, oder in Form von Subharmonischen der Sendefrequenz begegnet.

4.2.2 Bauformen

RFID-Transponder können in vielen Formen auftreten.

Im Logistikbereich und als Diebstahlschutz in Kaufhäusern werden RFID-Transponder häufig in Form von einfachen Klebeetiketten verwendet, die auf die Gegenstände aufgeklebt werden. Diese flexiblen, häufig als „Smart Label“ bezeichneten Etiketten sind in der Regel nur 0,1mm dünne Plastikfolien, auf die mittels Siebdruck oder Ätztechnik eine Transponderspule aufgebracht wird. Diese werden im Regelfall mit Papier laminiert und einseitig mit Klebstoff beschichtet.

Um auch unter schwierigen Umweltbedingungen funktionieren zu können, können RFID-Transponder auch in eine schützende Kunstharz- oder Hartplastikschiicht eingegossen werden (vgl. [Bitkom05], S. 13). Solche Transponder sind häufig Bestandteil von Autoschlüsseln in Form einer Wegfahrsperrre, von kontaktlosen Chipkarten oder von Diebstahlschutztranspondern, wie sie häufig in Textiliengeschäften anzutreffen sind.

Von einem Glaszylinder ummantelt können RFID-Transponder subkutan, also unter der Haut implantiert, verwendet werden.

Metalle und Flüssigkeiten können sich je nach verwendeter Frequenz des Transponders störend auf die Signalübertragung auswirken (vgl. [West06]; S. 29-30); davon abgesehen gibt es allerdings kaum Limitierungen hinsichtlich der zu realisierenden Bauform.

4.2.3 Energieversorgung

Hinsichtlich der Energieversorgung der Transponder wird bei RFID-Systemen zwischen aktiven und passiven Transpondern unterschieden (vgl. [Bitkom05], S. 15).

Passive Transponder können nur dann Informationen übertragen, wenn sie über die Lesegeräte mit Hilfe eines elektrischen oder magnetischen Felds mit Energie versorgt werden, da sie über keine eigene Energiequelle verfügen. Dies macht die Transponder in ihrer Herstellung sehr kostengünstig und erhöht auch deren Langlebigkeit, da ihre Haltbarkeit nicht durch die Lebensdauer einer Batterie begrenzt ist. Auf der anderen Seite führt die fehlende, eigene Energiequelle jedoch auch zu einer geringeren Lesedistanz (vgl. [Agar01], S. 10).

Aktive Transponder verfügen dagegen über eine eigene Energiequelle und damit eigene Sendefähigkeit, was die Reichweite gegenüber passiven Transpondern stark erhöht und die Wahrscheinlichkeit eines Lesefehlers reduziert. Durch die eingebaute Batterie fallen aktive

Transponder in der Regel deutlich größer als ihre passiven Pendants. Darüber hinaus lassen sich aktive Transponder mit integrierten Sensoren ausstatten, mit deren Hilfe es möglich ist, Umweltdaten zu erfassen (vgl. [Melski06], S. 16).

4.2.4 Beschreibbarkeit

Betrachtet man die Beschreibbarkeit von RFID-Transpondern, lässt sich zwischen beschreibbaren und nicht-beschreibbaren Transpondern unterscheiden. Bei nicht-beschreibbaren Transpondern wird bei der Herstellung, ähnlich wie bei Barcodes, eine Identifikationsnummer auf dem Chip gespeichert, die später nicht mehr verändert werden kann. Bei beschreibbaren Transpondern lassen sich zusätzliche Informationen auf dem Chip speichern. Hierbei kommen bei induktiven Verfahren vor allem so genannte EEPROMs (electrically erasable programmable read-only memory) zum Einsatz, die, unter Zuhilfenahme von Energie vom Reader, bis zu 100.000-mal beschrieben werden können. Auch die hinsichtlich Lese- und Schreibzeiten vielfach schnelleren FRAMs (ferromagnetic random access memory) kommen in Einzelfällen zur Anwendung, allerdings ist deren Herstellung sehr aufwändig und die Technologie noch nicht vollständig ausgereift (vgl. [Fink02], S. 12). Im Mikrowellenbereich werden auch SRAMs (static random access memory) eingesetzt, die zwar sehr schnelle Schreibvorgänge ermöglichen, darüber hinaus aber eine zusätzliche Batterie zur Energieversorgung benötigen, damit die Daten dauerhaft gespeichert werden können.

4.2.5 Frequenzbereich

RFID-Systeme können auf eine ganze Reihe unterschiedlicher Sendefrequenzen zurückgreifen. Dabei reicht die Bandbreite von wenigen Kilohertz bis hin zu mehreren Gigahertz, die typischerweise in vier Bereiche eingeteilt wird: Die Niedrigfrequenz (low frequency, LF, von 30kHz bis 300kHz), die Hochfrequenz (high frequency, HF, von 3MHz bis 30 MHz), die Ultrahochfrequenz (ultra-high frequency, UHF, von 300MHz bis 3 GHz) und Mikrowelle (größer 3 GHz).

Wie in Tabelle 1 dargestellt, weist jeder Frequenzbereich eigene Charakteristika auf, die für die Übertragung mit Hilfe von RFID-Systemen eine entscheidende Rolle spielen. Hervorzuheben ist, dass Leseabstand und Lesegeschwindigkeit mit zunehmender Frequenz zunehmen. Störfaktoren wie Metall und Flüssigkeiten haben häufig einen negativen Einfluss auf Niedrig- und Hochfrequenz, wohingegen Luftfeuchtigkeit häufig als signalstörend im Ultrahochfrequenz- und Mikrowellenbereich auffällt. Darüber hinaus müssen Trans-

ponder, die auf diesen Frequenzbereichen arbeiten, meist bis zu einem gewissen Grad auf das Lesegerät ausgerichtet sein, um funktionieren zu können.

Tabelle 1 - Frequenzbereiche von RFID-Transpondern und deren Eigenschaften

Parameter	Niedrigfrequenz	Hochfrequenz	Ultrahochfrequenz	Mikrowelle
Frequenz	125 – 134 kHz	13,56 MHz	868 bzw. 915 MHz	2,45 bzw. 5,8 GHz
Leseabstand	bis 1,2 m	bis 1,2 m	bis 4 m	bis zu 15 m (in Einzelfällen bis zu 1 km)
Lesegeschwindigkeit	langsam	je nach ISO-Standard*	schnell	sehr schnell (aktive Transponder)
Feuchtigkeit**	kein Einfluss	kein Einfluss	negativer Einfluss	negativer Einfluss
Metall**	negativer Einfluss	negativer Einfluss	kein Einfluss	kein Einfluss
Ausrichtung des Transponders beim Auslesen	nicht nötig	nicht nötig	teilweise nötig	immer nötig
Weltweit akzeptierte Frequenz	ja	ja	teilweise (EU/USA)	teilweise (nicht EU)
Heutige ISO-Standards	11784/85 und 14223	14443, 15693 und 18000	14443, 15693 und 18000	18000
Typische Transponder-Bautypen	Glasröhrchen-Transponder, Transponder im Plastikgehäuse, Smart Label, Chipkarten	Smart Label, Industrie-Transponder	Smart Label, Industrie-Transponder	Großformatige Transponder
Beispielhafte Anwendungen	Zutritts- und Routenkontrolle, Wegfahrsperrern, Wäschereinigung, Gasablesung	Wäschereinigung, Asset Management, Ticketing, Tracking & Tracing, Pulk-Erfassung	Palettenerfassung, Container-Tracking	Straßenmaut, Container-Tracking

* unter 1 s bis 5 s bei ISO 14443 (5 s für 32 kByte), mittel (0,5 m/s Vorbeibewegung bei ISO 15693)

** Der Einfluss von Metall und Flüssigkeiten variiert je nach Produkt. Auch werden mittlerweile RFID-Tags angeboten, die den Einsatz nach Herstellerangaben auch im Niederfrequenzbereich erlauben (beispielsweise „(rfid)-onMetal-Label“ von Schreiner Logidata).

Quelle: Tabelle nach [BSI04], S. 29

4.2.6 Datenmenge

Die Datenmenge, die ein einzelner Transponder speichern kann, reicht von einem Bit bis hin zu mehreren KBytes. Eine Besonderheit bilden sogenannte 1-bit-Transponder, deren einzige Funktion darin besteht, anzuzeigen, ob sich ein Transponder im Lesebereich des Readers befindet oder nicht. Solche Transponder werden in erster Linie zur elektronischen Artikel-Sicherung (electronic article surveillance, EAS) verwendet. Sie sind in ihrer Herstellung besonders kostengünstig, da kein elektronischer Chip verbaut werden muss.

Unterschiede, was die maximale Speichermenge eines Transponders angeht, ergeben sich aus der Energieversorgung, da die Speicherung großer Datenmengen bei aktiven Transpondern einfacher ist. Aktive Transponder können, je nach Bauart, bis zu 512KBytes und mehr speichern.

4.2.7 Reichweite

Wie bereits in Kapitel 4.2.5 angedeutet, hängt die Reichweite stark von der verwendeten Frequenz ab, wobei generell gilt: Je höher die Frequenz, desto höher die Reichweite. Es muss jedoch beachtet werden, dass sich äußere Faktoren wie Luftfeuchte oder Metall in der Nähe des Transponders stark auf die Reichweite auswirken können. Darüber hinaus spielt auch die Energieversorgung der Transponder eine wichtige Rolle, da aktive RFID-Transponder generell eine deutlich höhere Reichweite haben können als passive.

Man unterscheidet Close-Coupling-Systeme (weniger als ein Zentimeter Reichweite), Remote-Coupling-Systeme (bis zu einem Meter Reichweite) und Long-Range-Systeme (Reichweite über einen Meter).

4.2.8 Lesegeschwindigkeit

Die Lesegeschwindigkeit gibt an, wie viele Daten pro Zeiteinheit aus einem Transponder ausgelesen werden können. Typischerweise haben HF-Systeme, die auf einer Frequenz von 13,56 MHz arbeiten, eine Datenrate von 58 bzw. 116 Kilobit pro Sekunde (vgl. [Franke06], S. 24).

Die Übertragungsrate hängt neben der Frequenz auch stark von der Leistungsfähigkeit des einzelnen Transponders ab, da Charakteristika wie Datenmenge, Übertragungsprotokoll oder die Leistungsfähigkeit des Chips diese stark beeinflussen. Umweltfaktoren (siehe Tabelle 1) können sich, je nach verwendeter Frequenz, ebenfalls auf die Lesegeschwindigkeit und Latenzzeit auswirken.

Typischerweise werden RFID-Transponder automatisch von Gates ausgelesen, allerdings ist auch die manuelle Erfassung von Transpondern mit Hilfe von Handscannern möglich.

Darüber hinaus können auch mehrere Transponder gleichzeitig erfasst werden: Pulkerfassung, im Englischen als *bulk reading* bezeichnet, beschreibt ein Verfahren zur simultanen Erfassung mehrerer RFID-Transponder im Lesebereich eines Readers. Damit RFID-Transponder erkannt werden können, senden sie ihre ID aus, sobald sie sich innerhalb des Lesefeldes eines Readers befinden (vgl. [Stein05], S. 6). Aus diesem Grund werden Anti-kollisionsverfahren eingesetzt, um zu verhindern, dass sich die Transponder gegenseitig stören. Mit Hilfe der Pulkerfassung lassen sich ganze Paletten mit mehreren Transpondern binnen kürzester Zeit erfassen.

4.3 Standards

Solange RFID-Systeme innerhalb eines geschlossenen Systems betrieben werden, spielt die Standardisierung der Technik keine große Rolle. Sobald jedoch systemübergreifende Kommunikation notwendig ist, nimmt die Bedeutung von Standardisierungsmaßnahmen zu. Dieses Kapitel gibt einen kurzen Überblick über die zwei bedeutendsten Standardisierungsorganisationen und deren Ziele für die RFID-Technik.

Die International Organization for Standardization (ISO) ist eine unabhängige, internationale Normungsorganisation und bildet zusammen mit der International Electrotechnical Commission (IEC) und der International Telecommunication Union (ITU) die World Standards Cooperation (WSC). Sie entwirft wichtige Normen, Standards und technische Spezifikationen im Rahmen der industriellen und kommerziellen Verwendung.

ISO/IEC 14443, 15693 und 18000 sind bekannte Standards, die sich auf den logischen Aufbau von RFID-Transpondern und auf deren Frequenz beziehen.

EPCglobal ist eine Organisation, die sich ausschließlich mit der Standardisierung der RFID-Technik befasst. Sie ging aus dem Auto-ID-Center hervor, welches 1999 vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) gegründet worden war. Das Auto-ID-Center hatte die Vision, jedes Objekt überall und automatisch identifizieren zu können. Im Jahre 2001 wurden erste Feldversuche durchgeführt, bevor alle Entwicklungs- und Forschungsarbeiten

zwei Jahre später an EPCglobal übergeben wurden. Die EPCglobal selbst ist ein Joint-Venture der Normierungsorganisationen GS1 (ehemals EAN International) und GS1 US (ehemals Uniform Code Council (UCC)). Da sich die GS1 maßgeblich für die Standardisierungen der weltweit verwendeten Barcode-Technologie verantwortlich zeichnet, stellt sie eine nicht unbedeutende Größe für die Konsumgüterbranche dar. Die Vision von EPCglobal besteht in der Entwicklung eines globalen Standards für ein Internet of Things, zu dessen Verwirklichung sie unter anderem ein globales Kennzeichnungssystem auf Basis von RFID-Transpondern entwickelt hat: Den Electronic Product Code (EPC).

Der EPC ist eine eindeutige Identifikationsnummer mit einer Größe von 64 bis 204 Bit, je nach EPC-Version. Der Code besteht aus sechs Elementen: Einem Header, der die aktuelle Version des verwendeten EPC beschreibt, einem Filter, der angibt, um welche Einheit es sich handelt (zum Beispiel Karton, Unterkarton, etc.), einer Partition, die angibt, an welchem Punkt der Firmenindex endet und die Artikelnummer beginnt, einem Company Index (Firmenindex), der angibt, von welcher Firma das getaggte Produkt hergestellt wurde, eine Item Reference (Artikelnummer), die dem Produkt eine eindeutige Artikelnummer zuweist, sowie einer Serial Number (Seriennummer), die durch ihr Fortlaufen jedes einzelne Produkt unterscheidbar macht. Firmenindex und Artikelnummer bilden zusammen die GTIN, sodass es der EPC möglich ist, bereits bestehende Nummern weiter zu verwenden. Die Seriennummer ist einzigartig und folgt damit der Vision des Internet of Things.

5. RFID und Barcode im direkten Vergleich

Auf der Basis der in den beiden vorangegangenen Kapiteln erläuterten Eigenschaften spielen vor allem die Kosten, die Robustheit gegenüber äußeren Einflüssen, die Beschreibbarkeit, die maximale Speichergröße der Informationsträger, die Art der Erfassung, die Leserate, die Möglichkeit zur Wiederverwendung, die Sicherheitsmerkmale, die Möglichkeit zur Sensoranbringung, die Etablierung der Technologien in der Wirtschaft sowie die Art der Datenhaltung eine zentrale Rolle im Hinblick auf die potentielle Verwendung von RFID- und Barcodetechnologie innerhalb eines Unternehmens bzw. einer Wirtschaftsbranche.

Der folgende Teil dieser Thesis stellt die RFID- der Barcode-Technologie gegenüber und hebt signifikante Unterschiede hervor. In Kapitel 5.1 werden diese Unterschiede herausgearbeitet und in Kapitel 5.2 noch einmal zusammengefasst.

5.1 Überblick

Einen zentralen Unterschied stellt die Art der Erfassung dar, mit der die Informationsträger erkannt werden: Im Gegensatz zur Barcode-Technologie wird für das Auslesen eines RFID-Transponders keine Sichtverbindung benötigt, da Transponder und Lesegerät über Funk- bzw. Radiowellen miteinander kommunizieren. Zum Auslesen des Barcodes ist dagegen eine direkte Sichtverbindung notwendig; bereits eine teilweise Verdeckung oder Beschädigung des Barcodes kann dessen fehlerfreies Auslesen unmöglich machen. Bei beiden Technologien kann die Lesereichweite, je nach Ausprägung des Informationsträgers und des Lesegerätes, zwischen wenigen Zentimetern und mehreren Metern betragen, wobei die RFID-Technologie tendenziell höhere Reichweiten erlaubt. Im Rahmen der Erfassung spielt auch die Art des Scanvorgangs eine Rolle. Beide Technologien erlauben eine automatisierte Erfassung, wobei sich die automatische Erfassung von mit RFID-Transpondern ausgestatteten Objekten in vielen Fällen als einfacher erweist. Da die Barcode-Technologie eine direkte Sichtverbindung erfordert, müssen Barcode und Lesegerät immer verdeckungsfrei im korrekten Abstand zueinander platziert werden, damit das Auslesen automatisiert erfolgen kann. Dies ist häufig nur in geschlossenen Systemen innerhalb eines Herstellungs- oder Transportprozesses der Fall. Kann eine immer gleiche Ausrichtung der Barcodes nicht garantiert werden, ist in der Regel ein Einzelscan per Hand erforderlich, wie dies fast immer im Verkaufsprozess der Konsumgüterbranche (Produktscan an der Kasse) der Fall ist. Da die RFID-Technologie keine direkte Sichtverbindung voraussetzt, genügt es in vielen Fällen, die RFID-Transponder über Schleusen (Gates) automatisch auszulesen; das Scannen per Hand wird nur selten erforderlich. Hier ist vor allem die Pulkfähigkeit von RFID-Transpondern hervorzuheben, die das simultane Erfassen mehrere

Transponder ermöglicht. Dadurch ergeben sich in vielen Fällen deutlich schnellere Scanzeiten im Vergleich zum Einzelscan.

Diese Erstleserate liegt mit über 99% bei RFID deutlich über der vom Barcode mit ca. 90%, wobei die Leserrate beim Barcode stark von dem verwendeten Codetyp, dem Verfahren zur Fehlerkorrektur und dem Lesegerät abgehängt, wohingegen die Leserate bei RFID stark vom Transpondertyp, der verwendeten Frequenz sowie potentiellen Störfaktoren in der Umgebung abhängt (vgl. [Kato07], [White07] und [Lode06]).

Ein wichtiger Unterschied bezüglich der Wirtschaftlichkeit der Technologien besteht vor allem in den Kosten. Die Barcode-Technologie ist bereits seit den 1990ern weltweit im Einzelhandel etabliert; die Kosten sind sowohl für die Einrichtung eines solchen Systems als auch im Betrieb minimal. Die Herstellungskosten eines Barcodes liegen im Bereich vom Bruchteil eines Cents. Gerade bei großen Stückzahlen, wie sie im Einzelhandel üblich sind, fallen die Kosten für die Herstellung und die Zuordnung durch die GS1 im Vergleich zu dem Produkt kaum mehr ins Gewicht und auch die Kosten für Barcode-Lesegeräte fallen im Handscannerbereich meist niedriger aus als die für RFID-Lesegeräte.

Auch die Einrichtungs- bzw. Umrüstkosten hin zur RFID-Technologie liegen meist über denen hin zur Barcode-Technologie (vgl. [Tonner04], S. 9-10). Bei den RFID-Transpondern lassen sich drei Preisabstufungen erkennen: Die sogenannten 1-bit-Transponder, die häufig zur elektronischen Diebstahlsicherung verwendet werden, können bereits zu Kosten von weniger als einem Cent pro Stück hergestellt werden (vgl. [Fink02], S. 12). Die Kosten für passive Transponder variieren im Regelfall zwischen wenigen Cents bis knapp einem Euro; die Kosten für aktive Transponder liegen aufgrund der zusätzlich erforderlichen Batterie bei 50 Cent aufwärts (vgl. [Melski06], S. 20-22), wobei die Art der Speicherstruktur, Energieversorgung, Schreibfähigkeit und die Bauform erheblichen Einfluss auf die Herstellungskosten haben können (vgl. [Melski06], S. 12). Die Gesamtkosten für RFID-Systeme ergeben sich aus den Kosten für die Transponder, die Lesegeräte, die physikalische Einrichtung, Infrastruktur, Software und Wartung (vgl. [Dunlap03], S. 28).

Im Hinblick auf die Störanfälligkeit gibt es bei RFID-Systemen abhängig von der Bauform starke Schwankungen. Smart Labels, in ihrer Materialbeschaffenheit fast identisch mit Barcodes, weisen daher auch ähnliche Eigenschaften wie die meisten Barcodes auf: Beide sind gegenüber äußeren Umwelteinflüssen nur bedingt resistent; Feuchtigkeit und physische Strapazierung setzen beiden Informationsträgern zu. RFID-Transponder profitieren auch was die Störanfälligkeit angeht von der kontaktlosen Datenübertragung: Andere Gegenstände können die Datenübertragung kaum blockieren, wohingegen Barcodes schnell

unter einer (teilweisen) Verdeckung/Beschädigung leiden. Da sich Barcodes im Regelfall auf der Außenseite des zu identifizierenden Objekts befinden, sind sie äußeren Umwelteinflüssen unmittelbar ausgesetzt. Anhaltende, starke UV-Strahlung kann die Barcodes ausbleichen, und auch durch Feuchtigkeit und Warenbewegungen wird die Lebensdauer eines Barcodes stark eingeschränkt. Während bei eindimensionalen Barcodes häufig bereits eine bruchteilhafte Verdeckung entlang der informationstragenden Achse ausreicht, um die vollständige und korrekte Datenerfassung eines Barcodes zu verhindern, ist diesem Problem mit Hilfe von Korrektur- und Prüfsummenverfahren bei mehrdimensionalen Codes einfacher zu begegnen. So müssen im Falle des zweidimensionalen Aztec-Codes und entsprechender Codierung nur 32% des Barcodes erfolgreich ausgelesen werden, um den gesamten Informationsgehalt des Barcodes rekonstruieren zu können (vgl. [Blasi13], S. 1506). Da der RFID-Transponder nicht an die Etikettenform gebunden ist, lassen sich problemlos Tags herstellen, die gegenüber Umwelteinflüssen äußerst robust sind. Lediglich die vom Transponder verwendete Frequenz limitiert den Einsatz in jedweder Umwelt, da sich Metall, Flüssigkeiten und Luftfeuchte negativ auf das Übertragungsverhalten auswirken können.

Was die Speicherkapazität angeht, gibt es innerhalb beider Auto-ID-Systeme starke Schwankungen. Vom 1-bit-Transponder, der, wie es der Name impliziert, nur ein Bit speichern kann bis hin zu aktiven Transpondern, die über 512 KBytes speichern können – RFID-Transpondern sind nur wenige Grenzen gesetzt. Bei Barcodes sind die Informationsmengen, die in ihnen gespeichert werden können, unmittelbar an Größe und Dichte gekoppelt. Sehr dichte Codes können auf der gleichen Fläche mehr Informationen speichern als weniger dichte Codes, benötigen aber höherentwickelte Lesegeräte und/oder einen geringen Abstand zwischen Lesegerät und Code. Generell nimmt die Informationsdichte mit jeder Dimension um ein vielfaches zu. Während der im Einzelhandel übliche eindimensionale GTIN-13 Barcode nur 13 Ziffern an Information speichern kann (zwölf Ziffern, wenn man von der Prüfziffer absieht), können bei zweidimensionalen QR-Codes bis zu 7089 numerische oder 4296 alphanumerische Zeichen kodiert werden (vgl. [Uitz12], S. 340).

Die in den Barcodes gespeicherten Informationen sind, nachdem einmal gedruckt oder eingraviert, nicht mehr veränderbar. Im Vergleich dazu bietet die RFID-Technologie den Vorteil, dass RFID-Transponder so konzipiert werden können, dass die auf ihnen gespeicherten Informationen änderbar sind und/oder neue Informationen hinzugefügt werden können. Daneben gibt es jedoch auch nicht-beschreibbare Transponder, auf denen, wie bei

Barcodes, einmalig eine fest vorgegebene Information (zum Beispiel EPC) direkt bei der Herstellung gespeichert wird.

Die Beschreibbarkeit von Transpondern eröffnet der RFID-Technologie dabei ein neues Konzept der Datenspeicherung: Während Barcode oder der für RFID häufig verwendete EPC beides Ausprägungen sind, die auf dem Vorhandensein einer zentralen Datenbank aufbauen, bieten beschreibbare Transponder darüber hinaus die Möglichkeit der so genannten „Data-on-Tag“-Speicherung: *„The data that represents the physical object in the digital world accompanies the object.“* ([Diek07], S. 4)

Dies bedeutet also, dass nicht länger eine zentrale Datenbank zur Informationsspeicherung benötigt wird, sondern dass alle Informationen (Informationen über das Objekt selbst, Anweisungen, wie mit dem Objekt umgegangen werden soll, Angaben zum Ziel des Objekts/Transportweg etc.) direkt auf dem Transponder gespeichert werden. Darüber hinaus ist dieses Konzept besonders gut zur Verwendung von Sensoren geeignet: Es könnten Sensoren an die Transponder angeschlossen werden, die Umweltdaten in Echtzeit erfassen und auf dem Transponder speichern.

Data-on-Tag stellt also einen dezentralen Ansatz dar, der versucht, Daten ohne das Vorhandensein einer zentralen Datensammlung zu speichern und macht damit Gebrauch von der größeren Speicherkapazität der RFID-Transponder. Dadurch entfällt die Notwendigkeit einer permanenten Netzwerkanbindung (vgl. [Melski08], S. 24-25).

Problematisch ist jedoch, dass „Data-on-Tag“-Konzepte aktive Transponder voraussetzen, die derzeit um ein Vielfaches teurer als passive Transponder sind. Auch die Migration zu den bereits etablierten Barcode-Systemen könnte sich in einer Realumgebung als nur schwer umsetzbar erweisen, da Data-on-Tag eine ganz andere Infrastruktur und Ablaufplanung voraussetzt. Darüber hinaus ist auch die Kontrolle der auf den Transpondern gespeicherten Informationen schwierig. Je nach Einsatzzweck muss der Informationsfluss gesteuert werden, um der Forderung nach unterschiedlichen Zugriffsberechtigungen gerecht zu werden (vgl. [Berlecon05]; S. 10).

Data-on-Network beschreibt das von Barcodes bereits bekannte Konzept, nur einen identifizierenden Code wie GTIN oder EPC auf dem Informationsträger zu speichern und alle dem getaggten Produkt zugehörigen Informationen in einer zentralen Datenbank zu speichern. Dieses Konzept hat sich hauptsächlich aufgrund der begrenzten Speicherkapazität von Barcodes entwickelt und bietet nur eingeschränkte Möglichkeiten zur dynamischen Datenhaltung (vgl. [Melski08], S. 17-20). Durch die Etablierung dieses Systems kann es sich als schwierig erweisen, neuartige Data-on-Tag-Konzepte einzuführen.

Betrachtet man die Wiederverwendbarkeit beider Auto-ID-Systeme, lässt sich feststellen, dass dies stark von der Offenheit des verwendeten Systems abhängt. Transponder lassen sich, auch abhängig von der Bauform, in geschlossenen Systemen wesentlich leichter zurückführen als in offenen Systemen. So hat es sich unter anderem im Behältermanagement als praktikabel erwiesen, die in ihrer Herstellung teuren, aktiven Transponder am Ende einer Prozesskette in das System zurückzuführen. Aufgrund der Vielzahl von Akteuren in offenen Systemen ist die Rückführung von Transpondern hier meist deutlich aufwändiger und aus Sicht des Transponderbesitzers deutlich teurer. Barcodes lassen sich im Allgemeinen nicht wiederverwenden. Sie sind fast immer eingestanzt oder aufgeklebt, und selbst wenn das nicht der Fall ist, rentiert sich die Rückführung von Barcodes aufgrund der extrem niedrigen Produktionskosten fast nie. Zudem ist es nur selten zweckmäßig, Barcodes zurückzuführen, die individuelle Informationen (wie eine individuell fortlaufende Seriennummer oder Produktionszeit) über das ihnen zugehörige Objekt tragen.

Unter dem Aspekt der Sicherheit betrachtet, bietet der Barcode nahezu keinen Fälschungsschutz, da er zu jeder Zeit ausgelesen und kopiert werden kann. Einzig das Kopieren ohne technische Hilfsmittel ist nicht möglich, aber dies ist ebenso bei der RFID-Technologie der Fall. Je nach Konstruktionsart und Leistungsfähigkeit der integrierten Elektronik können RFID-Transponder mit Techniken zur Verschlüsselung ausgestattet werden, wobei deren Komplexität mit aktiven Transpondern deutlich zunimmt. Eine große Gefahr der RFID-Technik besteht jedoch darin, dass die Transponder vollkommen unbemerkt ausgelesen werden können und nicht für jeden Akteur innerhalb eines RFID-Systems erkennbar ist, ob und von wem Transponder ausgelesen wurden.

5.2 Zusammenfassung

Die Ergebnisse dieses Kapitels werden in der nachfolgenden Tabelle noch einmal zusammengefasst:

Tabelle 2 - Barcode- und RFID-Technologie im Vergleich

Kriterium	Barcode	RFID
Kosten	Minimal	1-bit-Tags minimal, passive Tags ca. 25 Cent, aktive Tags 50 Cent aufwärts

Robustheit	Lesefehler durch Abrieb/Schmutz	Je nach Bauform weitgehend umweltresistent
Beschreibbarkeit	Nicht beschreibbar	Wiederbeschreibbar
Speichergröße	Variabel, GTIN-13 -> 12 Ziffern, QR-Code ~2,9 KBytes	Variabel, ~96 KBytes für passive Tags
Erfassung	Einzelscan, benötigt Sichtverbindung, i.d.R. per Hand	Bulk reading möglich, keine Sichtverbindung notwendig, Lesen durch Gates
Leserate	~ 90% für GTIN	~ 99% einzeln, ~ 90% bei Bulk reading
Wiederverwendbarkeit	Nein	Teilweise
Sicherheit	Keine	Schutz vor unbefugtem Zugriff möglich, Gefahr: Unbemerkt Auslesen
Sensorik	Nicht anwendbar	Sensor in aktive Tags integrierbar
System	Offen <-> geschlossen	Offen <-> geschlossen
Etablierung	Weltweite Standards, erprobtes System	Unterschiedliche Standards, fehlende Anwendungen -> EPC Global als Vorreiter
Datenhaltung	Data-on-Network	Data-on-Network <-> Data-on-Tag

Quelle: Eigene Darstellung

6. RFID-Anwenderbranchen

Wann immer die RFID-Technologie als potentieller Nachfolger des Barcodes zur Diskussion steht, gibt es drei Branchen, die immer wieder genannt werden: Die Konsumgüterbranche, die pharmazeutische Industrie und die Logistik-Dienstleister.

Die Thesis wird im Folgenden auf die drei oben genannten Branchen genauer eingehen und deren Charakteristika herausarbeiten. In diesem Zusammenhang wird sie sich mit den Stärken und Schwächen der einzelnen Technologien noch einmal genauer befassen und deren Einsatzmöglichkeiten für den praktischen Einsatz evaluieren.

Dabei werden verschiedene Sichten betrachtet und Vor- und Nachteile einer potentiellen Umstellung auf RFID für die beteiligten Akteure (vom Hersteller bis zum Kunden) so herausgearbeitet, dass sich die Chancen auf eine erfolgreiche RFID-Einführung erkennen und bewerten lassen. Dazu werden zunächst die technologischen Unterschiede zwischen Barcode- und RFID-Systemen im Hinblick auf Hardwarekosten, Erfassungstechnik, Leserate, Robustheit der Informationsträger, Datenhaltungsform, mögliche Sensoren, Sicherheitsrisiken und zuletzt die Etablierung der einzelnen Branche herausgearbeitet und für die einzelne Branche bewertet. Im Anschluss werden diese Ergebnisse in einer Tabelle zur Übersicht resümiert. In Unterkapitel 9 wird jeweils das größte Problem vorgestellt, was einer erfolgreichen RFID-Einführung in einer Branche in Wege stehen könnte, bevor im 10. Unterkapitel ein Fazit zu den Einführungschancen der RFID-Technologie gezogen wird.

6.1 Konsumgüterbranche

In der Konsumgüterbranche werden nahezu alle Produkte mit Barcodes ausgerüstet. Konsumwaren umfassen dabei alle Güter, die von Konsumenten verbraucht oder genutzt werden (vgl. [Gabler-2]), wobei hier ein spezieller Fokus auf den Lebensmitteleinzelhandel gelegt wird. Die in Kapitel 5 herausgearbeiteten Stärken und Schwächen der RFID- und der Barcodetechnologie werden im Folgenden auf den Anwendungsfall der Konsumgüterbranche bezogen und anschließend bewertet. Dabei werden die Interessen der Hersteller, der Distributoren (Supermärkte) und der Verbraucher berücksichtigt.

6.1.1 Hardwarekosten

Fast jedes Produkt im internationalen Einzelhandel ist mit einem Barcode zur Identifikation ausgestattet. Durch die große Anzahl an Barcode-Systemen sind die Lesegeräte günstig in ihrer Anschaffung und die Kosten für die Barcodes selbst sind nahezu komplett vernachlässigbar und liegen im Bruchteil eines Cents, sodass sie auch bei sehr günstigen Produkten kaum ins Gewicht fallen.

Transponder, die über den reinen Diebstahlschutz hinaus zur Identifikation eingesetzt werden, sind in ihrer Herstellung deutlich teurer als Barcodes. Die Verwendung dieser Transponder ist in der Konsumgüterbranche deshalb oft nicht rentabel, da Transponder aufgrund der häufig niedrigpreisigen Produkte, insbesondere bei Lebensmitteln, vielfach ein ungünstiges Produkt- zu Transponderpreisverhältnis aufweisen.

Gemäß Moore's law aus den 60er-Jahren gehen mit der Verdoppelung der Rechenleistung von Mikrochips alle 18 Monate auch sinkende Preise für Chips der gleichen Rechenleistung einher (vgl. [Itw]). Tatsächlich ist der Preis für Transponder in den letzten Jahren stark gesunken, wohingegen die Leistungsfähigkeit der Technologie weiter zugenommen hat (vgl. [Mattern01], S. 1).

6.1.2 Erfassung & Leserate

Studien haben gezeigt, dass das Erfassen von RFID-Transpondern deutlich schneller abläuft als das Erfassen von Barcodes, was in besonderem Maße auf die Überflüssigkeit einer direkten Sichtverbindung zurückzuführen ist. Insbesondere die Transpondererfassung durch Gates bringt erhebliche Geschwindigkeitsvorteile beim Einscannen; speziell dann, wenn diese Technik mit der Pulkerfassung kombiniert werden kann. Aber auch beim Einscannen unter Einsatz von Handscannern zeigt die RFID-Technologie schnellere Erfassungsraten (vgl. [White07]).

Die Gate-Technologie ermöglicht darüber hinaus auch den Einsatz automatisierter Scannerkassen, an denen Kunden ohne die Notwendigkeit von Personal ihren Einkauf scannen und bezahlen können. Dies ist vor allem aufgrund der verbesserten Fähigkeit zum Diebstahlschutz möglich (siehe Kapitel 6.1.6). Die Erstleserate liegt bei der Einzelscannung bei beiden Auto-ID-Systemen über 90%. Der Barcode hat tendenziell eine höhere Lesefehlerquote, jedoch werden diese Fehler in der Regel durch das Kassenspersonal erkannt und durch erneutes Einscannen oder manueller Produktcodeeingabe behoben. Da die Erstleserate von RFID bei nahezu 100% liegt (siehe Kapitel 5.1.1), ergeben sich auch hier Geschwindigkeitsvorteile beim RFID-Einsatz, da mehrfaches Scannen vermieden werden kann.

6.1.3 Robustheit

Neben der Erstleserate wirkt sich auch die Umweltrobustheit von RFID-Transpondern auf die Durchgangsgeschwindigkeit aus. Die Anzahl der durch Schmutz oder Beschädigung entstandenen Lesefehler steigt bei Barcodes aufgrund der Natur des optischen Verfahrens mit der Zeit an, wohingegen RFID-Transponder, in Abhängigkeit von der Bauform, weitgehend umweltresistent sind. Vor allem durch Schmutz wird ein Barcode schnell unlesbar, wohingegen dieser keinen Einfluss auf die Funktionsweise eines RFID-Transponders hat.

6.1.4 Datenhaltung

Data-on-Tag-Konzepte bieten die Möglichkeit, Daten dezentral auf RFID-Transpondern zu speichern, wohingegen beim Data-on-Network alle Daten in einer zentralen Datenbank gespeichert werden. Mit Verwendung des Barcodes hat sich Data-on-Network in der Konsumgüterbranche etabliert. Da sich die bestehende Data-on-Network-Struktur im Einzelhandel als überaus bewährt erwiesen hat, scheint eine Umstellung auf Data-on-Tag unwahrscheinlich, da diese Umstellung aufgrund fehlender Praxiserfahrung und mangelnder Struktur äußerst kompliziert wäre. Darüber hinaus besteht im Einzelhandel nur wenig Bedarf an einer Data-on-Tag-Lösung, da sie nur einen geringen Mehrwert bietet.

Die Rückgewinnung der Transponder ist einem offenen System wie dem Einzelhandel an der Kasse möglich, dürfte sich jedoch als schwierig gestalten, da davon auszugehen ist, dass sich die Transponder nur schwer (wenn überhaupt) von den Produkten ablösen lassen. An den Produkten verbleibende Transponder stellen jedoch im Rahmen von Konzepten rund um den Intelligenten Kühlschrank eine Rolle (vgl. [Rothen08]).

6.1.5 Sensorik

Werden aktive Transponder mit Sensoren ausgestattet, können sie Informationen über ihre Umwelt erfassen und speichern. Dies spielt häufig im Lebensmittelhandel eine Rolle, zum Beispiel wenn Fleischprodukte auf die Überschreitung einer bestimmten Temperatur hin überwacht werden, um Bakterienbildung und dem Ablaufen des Fleisches zu begegnen. Ähnlich verhält es sich mit Sensoren, die statt Temperatur den Stickstoffgehalt in einer Verpackung messen; die Verbrauchersicherheit vor verdorbenen Lebensmitteln wird in beiden Fällen erhöht.

6.1.6 Sicherheit

Mit Hilfe von RFID-Transpondern lässt sich wirksamer Diebstahlschutz (EAS) für den Einzelhandel etablieren. Wenn Transponder durch das Bezahlen an der Kasse nicht explizit deaktiviert werden, dann werden sie erkannt, sobald sie sich im Empfangsbereich eines Lesegerätes befinden. Dies bietet gegenüber dem Barcode den Vorteil, dass getaggte Objekte nicht unerkannt aus einem Geschäft entnommen werden können.

Um zu verhindern, dass Transponder einfach von der Verpackung entfernt werden, liefert das europäische Forschungsprojekt PolyApply (The Application of Polymer Electronics Towards Ambient Intelligence) einen Lösungsansatz. Im Allgemeinen beschäftigt sich das Projekt mit der Herstellung von druckbarer Ambient Intelligence, das heißt, dass Elemente wie RFID-Transponder direkt in die Produktverpackung gedruckt werden können, was eine Umetikettierung oder das Entfernen von Etiketten unmöglich macht (vgl. [Ahle07], S. 345). Für deren Herstellung wird ein Preisziel von unter 5 Cent pro Stück angepeilt (vgl. [Kamin07], S. 4), allerdings ist die Entwicklung noch weit von der Marktreife entfernt.

6.1.7 Etablierung

Bis jetzt hat sich die RFID-Technologie noch nicht im Lebensmittelhandel etabliert, obwohl die theoretischen Grundlagen für die Einführung von RFID-Technologie in der Konsumgüterbranche bereits von EPCglobal durch den EPC geschaffen worden sind.

Zwar wurden unter anderem von den Handelsketten Wal-Mart und Metro Group Bestimmungen erlassen, die Zulieferer dazu verpflichten, eingehende Ware auf Palettenebene mit RFID-Transpondern auszustatten, allerdings gibt es bis jetzt noch fast keine realen Anwendungen mit einzeln getaggten Produkten.

Eine hervorzuhebende Ausnahme bildet der real,- Future Store der Metro Group, der als Selbstbedienungs-Warenhaus am 28. Mai 2008 in Tönisvorst, Deutschland, eröffnet wurde

und vier Jahre lang als Forschungsmarkt betrieben wurde. Im Rahmen des Projekts wurden verpackte Fleischprodukte der Kühlabteilung mit RFID-Transpondern auf Basis des EPC ausgestattet. An jeder der 50 Kühltruhen im Markt wurden Lesegeräte angebracht, die bei jedem Öffnen der Truhen die entfernten Verpackungen ausgelesen haben, sodass der Bestand in Echtzeit überwacht werden konnte. Dadurch konnten Leerstände vermieden werden, da bald leer zu werden drohende Truhen rechtzeitig wieder aufgefüllt werden konnten. Da in der Datenbank zusätzlich die Ablaufdaten aller mit Transponder ausgestatteten Produkte hinterlegt waren, konnten bald ablaufende Produkte rechtzeitig aus den Truhen entfernt werden (vgl. [RFIDJ08]).

6.1.8 Übersicht

Im Folgenden sollen die wichtigsten Ergebnisse hinsichtlich der Chancen auf die Einführung eines RFID-Systems der Konsumgüterbranche anhand der in Kapitel 5.1.2 vorgestellten Tabelle noch einmal vorgestellt verdeutlicht werden.

Tabelle 3 - Vergleich von Barcode und RFID für den Anwendungsfall Konsumgüterbranche

Kriterium	Barcode	RFID	Anwendungsfall Konsumgüterbranche
Herstellungskosten	Minimal	1-bit-Tags minimal, passive Tags ca. 25 Cent, aktive Tags 50 Cent aufwärts	Transponderkosten liegen zu Produktkosten häufig in ungünstigem Verhältnis.
Erfassung	Einzelscan, benötigt Sichtverbindung, i.d.R. per Hand	Bulk reading möglich, keine Sichtverbindung notwendig, Lesen durch Gates	Automatische Scannerkassen bieten die Möglichkeit, Personal einzusparen.
Leserate	~ 90% für GTIN	~ 99% einzeln, ~ 90% bei Bulk reading	Keine Vorteile durch Bulk reading, da Erkennungsrate zu gering, Einzelscannungsrate dagegen sehr hoch.

Kriterium	Barcode	RFID	Anwendungsfall Konsumgüterbranche
Robustheit	Lesefehler durch Abrieb/Schmutz	Je nach Bauform weitgehend umweltresistent	Erhöhte Robustheit macht manuelles Einlesen von beschädigten Codes überflüssig.
Datenhaltung	Data-on-Network	Data-on-Network <-> Data-on-Tag	Data-on-Tag nur geringer Mehrwert, da Kassen ohnehin an zentrale Datenbank angebunden sind. Bis jetzt keine Praxiserfahrungen mit solchen Systemen in der Konsumgüterbranche; zudem sind die dafür notwendigen aktiven Tags sehr teuer.
Sensorik	Nicht anwendbar	Sensor in aktive Tags integrierbar	Sensoren zur Überwachung von Umweltdaten brauchbar, insbesondere um die Haltbarkeit von Produkten zu gewährleisten.
Wiederverwendbarkeit	Nein	Teilweise	Umsetzbarkeit gestaltet sich in offenem System schwierig.
Sicherheit	Keine	Schutz vor unbefugtem Zugriff möglich, Gefahr: Unbemerkt Auslesen	Transponder sind automatisch als EAS einsetzbar und können helfen, Diebstähle zu verhindern. Verbrauchersicherheit kann durch Sensoren erhöht werden, allerdings muss der Datenschutz beachtet werden, wenn getaggte Waren gekauft werden.

Kriterium	Barcode	RFID	Anwendungsfall Konsumgüter- branche
Etablierung	Weltweite Standards, erprobtes System	Unterschiedliche Standards, fehlende Anwendungen -> EPCglobal als Vorreiter	Bis jetzt haben sich keine Standards etabliert, aber EPC auf die Anforderungen des Handels zugeschnitten.

Quelle: Eigene Darstellung

6.1.9 Kostenproblem

Eines der größten Hindernisse, das der Einführung von RFID im Einzelhandel entgegensteht, liegt in dem häufig ungünstigen Verhältnis von Produktpreis zu Transponderpreis.

Während sich RFID-Transponder zur Diebstahlsicherung aufgrund der geringen Herstellungskosten und den meist wertvolleren Produkten bereits im Handel durchgesetzt haben, gibt es nahezu keinen Einsatz von Transpondern zur Identifikation von Artikeln.

Um eine weitere Kostendegression zu erreichen muss der Circulus Vitiosus der RFID-Technologie branchenweit durchbrochen werden. Die hohen Kosten der Technik resultieren in einer geringen Adaption der Technologie; umgekehrt führt die geringe Adaption jedoch zu hohen Kosten.

6.1.10 Fazit

Die Barcodetechnologie hat sich nicht umsonst in der Konsumgüterbranche durchgesetzt: Es handelt sich um ein System, das in Anschaffung und Betrieb sehr kostengünstig ist und gleichzeitig die Möglichkeit bietet, Produkte durch Scannen des Codes und dem Abgleich der gewonnenen Informationen in einer Datenbank schnell und einfach zu identifizieren.

Dennoch ist die RFID-Technologie dem Barcode in einigen Aspekten überlegen. Durch integrierte Sensoren ergeben sich im Lebensmittelhandel Vorteile für den Verbraucher, da dieser besser davor geschützt werden kann, verdorbene Lebensmittel zu sich zu nehmen. Damit der Verbraucher allerdings von dieser Technik profitieren kann, muss entweder bereits auf der Verpackung angezeigt werden, dass ein Produkt verdorben ist, oder es muss

ihm eine einfache Möglichkeit zur Verfügung gestellt werden, die auf dem RFID-Transponder gespeicherten Daten selbst abrufen zu können.

Auch für Unternehmen bietet die RFID-Technologie Vorteile gegenüber dem Barcode, da sie eine automatische Inventur unterstützt. Märkte können aufgrund der genaueren Bestandsinformationen die Anlieferung neuer Produkte besser planen und Leerstand vermeiden. Zudem können Lebensmittel, deren Haltbarkeit bald verfällt, identifiziert und rechtzeitig aus dem Sortiment entfernt werden. Darüber hinaus können RFID-Transponder auch zum Diebstahlschutz eingesetzt werden. Werden sie nicht an der Kasse deaktiviert, lösen sie Alarm aus, wenn der Kunde das Geschäft mit unbezahlten Produkten verlassen will.

Größte Schwäche für den aktiven Einsatz der RFID-Technologie besteht jedoch in der Tatsache, dass die Herstellungskosten von Transpondern noch relativ hoch sind. Die Transponder sind häufig viel zu teuer im Verhältnis zum Produkt, sodass eine Anschaffung aus wirtschaftlicher Sicht für die Unternehmern selten zweckmäßig erscheint. Wenn sich die RFID-Technologie jedoch in anderen Wirtschaftsbranchen durchsetzt, erhöht sich auch die Chance, dass sie langfristig auch in der Konsumgüterbranche eingesetzt werden kann. Durch steigende Nachfrage nach Transpondern ist von einem Preisverfall für deren Anschaffung auszugehen, sodass die Vorteile der RFID-Technologie die wirtschaftlichen Aufwendungen auch in der Konsumgüterbranche wettmachen können.

6.2 Logistik-Dienstleister

Im folgenden Kapitel sollen die vorgestellten Technologien zur automatischen Identifikation von Objekten hinsichtlich der Etablierung in der Logistik-Branche analysiert und bewertet werden. Dabei wird ein besonderer Fokus auf die Hauptbereiche der Logistik, Beschaffungslogistik, Distributionslogistik, Produktionslogistik und Entsorgungslogistik, gelegt. Supply-Chain-Management (SCM) wird dabei als Synonym für das integrierte Logistikmanagement verstanden (vgl. [Strass05a], S. 40). Im Fokus der Fragestellung stehen dabei die langfristigen Ziele der beteiligten Akteure.

Das Marktforschungsinstitut ABI Research erwartet den höchsten Umsatz innerhalb des RFID-Marktes im SCM. So erwartet das Institut Einnahmen in Höhe von rund 820 Millionen US-Dollar im Jahre 2016, die auf Nachfrage der im SCM-Bereich tätigen Unternehmen zurückgehen, was einer Wachstumsrate von jährlich 30% seit dem Jahr 2010 entspricht (vgl. [RFIDJ11]).

6.2.1 Hardwarekosten

Die Wirtschaftlichkeit der verwendeten Transponder hängt stark von deren technischen Ausgestaltung ab. Die Kosten aktiver Tags liegen dabei generell deutlich über denen passiver Tags, jedoch spielen auch weitere Faktoren wie verwendeter Speichertyp und -größe oder die Leistungsfähigkeit der Recheneinheit eine große Rolle für den Anschaffungspreis. Die wirtschaftlich lohnende Verwendung von Transpondern hängt damit auch von der zu taggenden Einheit ab. Nur den Ladungsträger selbst mit einem RFID-Transponder auszurüsten ist in vielen sinnvoller, als jede Einheit eines Landungsträgers separat auszustatten. Da sich die Wiederverwendung in offenen Systemen, die aufgrund der Anzahl an Akteuren bei einer vollständigen Supply Chain vorherrschen, aufgrund der aufwändigen Rückführung der Transponder als schwierig gestaltet, erhöhen sich die Beträge, die in die Bereitstellung der Transponder investiert werden müssen.

6.2.2 Erfassung & Leserate

Das Tracking und Tracing einzelner Ladungsträger spielt innerhalb der Logistik eine zentrale Rolle. Da mit RFID-Transpondern versehene Objekte nicht, im Gegensatz zu mit Barcodes markierten Objekten, eine spezielle Ausrichtung zum Lesegerät benötigen, bietet die RFID-Technologie immer dann Mehrwert, wenn variable Objektgrößen verwendet werden, die ein manuelles Ausrichten des Barcodes zum Scanner notwendig machen. Hier bietet besonders die Pulkfähigkeit der RFID-Transponder die Möglichkeit, viel Zeit einzusparen,

wenn ganze Ladungsträger auf einmal erfasst werden. Dies ist in besonderem Maße bei der Wareneingangskontrolle von Vorteil, da Ladungsträger nicht mehr entpackt werden müssen, um jedes Objekt darauf einzeln einzuscannen (vgl. [Hell07], S. 355). Problematisch ist in diesem Zusammenhang jedoch die Anzahl der Transponder auf dem Ladungsträger sowie die Beschaffenheit der getaggten Objekte, da eine zu große Anzahl sowie Dicke und Material (z.B. Metalle oder Flüssigkeiten) der Objekte eine negative Beeinflussung des Transpondersignals zur Folge haben können. Dadurch sinkt die Leserate und es kann zu Fehlinformationen bezüglich des Bestandes aufgrund nicht erfasster Objekte kommen. Da das Tracing von Objekten auf Kartonebene in der Logistik jedoch in vielen Fällen ausreichend ist, stellt dieses Problem in der Praxis relativ geringe Herausforderungen. Durch das Verwenden aktiver Transponder, die eine erheblich stärkere Sendeleistung haben, lässt sich die Leserate ebenfalls erhöhen.

Da sich das automatische Auslesen der RFID-Transponder als sehr einfach gestaltet, kann dies zu einer Steigerung der Prozesseffizienz führen. Eine erhöhte Automatisierung kann dafür sorgen, dass alle am Prozess beteiligten Akteure schneller an Informationen gelangen und so frühzeitig auf Änderungen reagieren können. Durch permanente Kontrollen über die Position einer Ware reduzieren sich die Folgekosten, da Fehler frühzeitig erkannt werden und so z.B. keine Opportunitätskosten aufgrund fehlender Objekte entstehen.

6.2.3 Robustheit

Ein besonderer Vorteil von RFID-Transpondern gegenüber Barcodes stellt deren Robustheit gegen äußere Einflüsse wie Wasser, Schmutz und Reibung dar. Dies erweist sich insbesondere in der Logistik als praktisch, da Barcodes aufgrund der häufigen Bewegung der getaggten Objekte und der daraus resultierenden Materialbeanspruchung hier eine besonders kurze Lebensdauer haben.

6.2.4 Datenhaltung

Das Data-on-Tag-Konzept bietet auch für Logistik-Dienstleister neue Potentiale.

So könnte das Ziel eines getaggten Objektes auf dem Transponder selbst angegeben werden, um von einer zentralen Datenbank unabhängig zu sein (vgl. [Hell07], S. 356). Mobile Geräte wie Gabelstapler könnten mit Lesegeräten ausgestattet werden, sodass Objekte von verschiedenen Instanzen zum Zielort gebracht werden können. Gerade in offenen Systemen macht die Speicherung warenbegleitender Informationen am logistischen Objekt Sinn (vgl. [Strass05b], S. 47), da so auf die permanente Verfügbarkeit einer Zentraldatenbank verzichtet werden kann.

Aus Sicht von Zulieferern und Kunden ist jedoch auch die Verwendung einer zentralen Datenbank sinnvoll. Hier können z.B. Informationen über den derzeitigen Aufenthaltsort eines getaggtten Objekts gespeichert werden, sodass jederzeit Informationen über den Lieferstatus abgerufen werden können.

6.2.5 Sensorik

Die Verwendung von an den Transpondern angebrachten Sensoren ist auch für Logistik-Dienstleister sinnvoll, wenn spezielle Limits, beispielsweise Temperatur, Stöße oder Luftfeuchte, nicht überschritten werden dürfen. Dadurch steigt insbesondere die Effizienz der Qualitätssicherung.

6.2.6 Sicherheit

Da die RFID-Technologie die Möglichkeit zur Verschlüsselung von Daten bietet, eröffnen sich neue Möglichkeiten zum besseren Schutz vor Produktfälschungen. Tracking und Tracing funktioniert mit der Barcode-Technologie ebenfalls, allerdings bietet die Verschlüsselungstechnologie der RFID-Transponder eine höhere Sicherheit, da sich nach Anbringen des Transponders von beteiligten Akteuren nicht einfach eine Umetikettierung durchführen lässt, wie dies bei Barcodes ohne Probleme machbar ist.

6.2.7 Etablierung

Das große Feld der Logistik gilt derzeit als eines der Einsatzgebiete, das RFID bereits verstärkt nutzt. Dennoch gibt es innerhalb dieses Feldes große Unterschiede: Zum größten Teil kommt die RFID-Technologie innerhalb von geschlossenen Systemen zum Einsatz. Dabei handelt es sich zum Großteil um Insellösungen innerhalb der Supply Chain eines Unternehmens, wo die RFID-Technik meist zum Behältermanagement oder allgemein zum Tracking von Objekten verwendet wird (vgl. [Strass05b]; S. 50).

Darüber hinaus gibt es viele Pilotprojekte, die für Anwendungen in der Produktionslogistik durchgeführt werden und wurden. In der Beschaffungs-, Distributions- und Entsorgungslogistik gibt es abgesehen von Pilotstudien bis jetzt ebenfalls nur wenige reale Anwendungen, was besonders in der offenen Natur dieser Systeme begründet liegt. Hier ist die Konsumgüterindustrie eine führende Größe, der es gelungen ist, die RFID-Technologie in einem offenen System einzuführen (vgl. unter anderem Metro Group im motivierenden Beispiel in Kapitel 1.1, sowie die amerikanischen Supermarktketten Wal-Mart, Albertsons und Tesco ([Robeck05]; Folie 10)).

6.2.8 Übersicht

Im Folgenden sollen die wichtigsten Ergebnisse hinsichtlich der Chancen auf die Einführung eines RFID-Systems für Logistikdienstleister anhand der in Kapitel 5.1.2 vorgestellten Tabelle noch einmal vorgestellt verdeutlicht werden.

Tabelle 4 - Vergleich von Barcode und RFID für den Anwendungsfall Logistikdienstleister

Kriterium	Barcode	RFID	Anwendungsfall Logistikdienstleister
Herstellungskosten	Minimal	1-bit-Tags minimal, passive Tags ca. 25 Cent, aktive Tags 50 Cent aufwärts	Rentabilität abhängig von der Klasse der Ladung; besseres Tag- zu Trägerpreisverhältnis auf Paletten- als auf Objektebene.
Erfassung	Einzelscan, benötigt Sichtverbindung, i.d.R. per Hand	Bulk reading möglich, keine Sichtverbindung notwendig, Lesen durch Gates	Erfassung durch Gates bringt, insbesondere bei Bulk Reading, große Zeitersparnis mit sich. Barcodes dann sinnvoll, wenn Informationsträger immer gleich ausgerichtet sind.
Leserate	~ 90% für GTIN	~ 99% einzeln, ~ 90% bei Bulk reading	Beschaffenheit der getaggten Objekte von Bedeutung, da sich diese negativ auf die Leserate auswirken können.
Robustheit	Lesefehler durch Abrieb/Schmutz	Je nach Bauform weitgehend umweltresistent	Robustheit der Transponder von Vorteil, da Informationsträger bei Umschlag und Lagerung häufig stark beansprucht werden.

Kriterium	Barcode	RFID	Anwendungsfall Pharmazeutische Industrie
Datenhaltung	Data-on-Network	Data-on-Network <-> Data-on-Tag	Data-on-Tag bietet einfacher die Möglichkeit, RFID-Transponder überall auslesen zu können, da keine Verbindung zu einer Datenbank notwendig ist. Objekte können sich selbst steuern.
Sensorik	Nicht anwendbar	Sensor in aktive Tags integrierbar	Sensoren ermöglichen das einfachere Überwachen von sensiblen Produkten.
Wiederverwendbarkeit	Nein	Teilweise	Transponder in offenen Systemen nur schwer wiederverwendbar.
Sicherheit	Keine	Schutz vor unbefugtem Zugriff möglich, Gefahr: Unbemerkt Auslesen	Erhöhter Schutz vor Produktfälschungen durch konsequentes Tracking und Tracing.
Etablierung	Weltweite Standards, erprobtes System	Unterschiedliche Standards, fehlende Anwendungen -> EPCglobal als Vorreiter	RFID-Systeme bereits im Einsatz, hauptsächlich initialisiert durch große Einzelhandelsketten. Noch kein flächendeckender Einsatz und keine einheitliche Normierung.

6.2.9 Frequenzproblem

Eine der wichtigsten Herausforderungen im Rahmen der Standardisierung besteht darin, Frequenzen zu finden, mit denen alle beteiligten Akteure arbeiten können.

Wie in Kapitel 4.2.5 beschrieben, verfügen unterschiedliche Frequenzen über unterschiedliche Stärken und Schwächen, insbesondere im Hinblick auf Leserate, Lesereichweite und der Beeinflussung durch Störfaktoren. Gerade auf Karton- und Containerebene werden von der Branche oft Transponder bevorzugt, die im UHF-Bereich arbeiten. Die US-amerikanische Handelskette Wal-Mart, einer der führenden Betreiber der RFID-Technologie in der Lieferkette, macht es seinen größten Lieferanten zur Bedingung, alle Produkte auf Kartonebene mit UHF-Transpondern zu kennzeichnen. Während Wal-Mart Bestrebungen zur Verwendung von UHF-Transpondern auch auf Artelebene andeutet (vgl. [RFIDJ06]), sprechen die meisten anderen Unternehmen dieser Branche, wie Galeria Kaufhof, das Teil der Metro Group ist, meist von der bevorzugten Verwendung von HF-Transpondern (vgl. [RFIDJ07]).

Abhilfe zu diesem Problem der unterschiedlichen Frequenzen könnte durch Lesegeräte geschaffen werden, die sowohl Transponder auf HF-Basis als auch Transponder auf UHF-Basis auslesen können. Allerdings sind solche Geräte bis jetzt noch nicht auf dem Markt vorhanden (vgl. [Ahle07], S. 343).

6.2.10 Fazit

Auto-ID-Technologien bieten die Möglichkeit, den manuellen Arbeitsaufwand innerhalb einer Supply Chain zu verringern, „wobei das Einsparungspotenzial durch Einführung einer neuen Technologie mit zunehmendem Automatisierungsgrad sinkt“ ([Strass05b], S. 48). Für Unternehmen, die den Barcode bereits großflächig zur Automatisierung interner Prozessabläufe verwenden, bietet die RFID-Technologie daher einen deutlich geringeren Mehrwert als für Unternehmen, die erst vor der Einführung eines Auto-ID-Systems stehen. Ein erheblicher Teil der Kosten, die beim SCM anfallen, sind Personalkosten, weswegen eine Automatisierung von Prozessabläufen erhebliches Einsparpotential birgt. In vielen Unternehmen wurde diese Automatisierung mit bereits etablierten Barcodesystemen vorangetrieben, weswegen sich RFID-Systeme für Unternehmen, die sich primär die Steigerung der Prozesseffizienz beschäftigen, kaum rentieren.

Die meisten Transponder können nur auf einer Frequenz arbeiten. Solange Insellösungen eingesetzt werden ist das kein Problem, allerdings müssen bei einer offenen Supply Chain gemeinsame Richtlinien gefunden werden; entweder indem nur eine Frequenz verwendet

wird oder auf Basis von Lesegeräten, die mehrere Frequenzen lesen können (vgl. [Ahle07], S. 343).

Steigende Nachfrage nach RFID-Systemen in Verbindung mit einer Vielzahl von Pilotprojekten (vgl. [Strass05b], S. 53) treiben technologische Fortschritte voran und fördern die Marktreife der Systeme. Als Ergebnis dieser steigenden Nachfrage sind sinkende Preise für Einführung und Betrieb eines solchen Systems zu erwarten, was das System wirtschaftlich attraktiver macht.

Hier spielt jedoch die Unsicherheit der Unternehmen eine Rolle, da der Erfolg bzw. die Wirtschaftlichkeit der RFID-Technologie auch davon abhängt, ob andere Unternehmen diese ebenfalls einführen. Dieses Prisoners Dilemma steht der branchenweiten Einführung von RFID in besonderem Maße entgegen, wobei aktuell die Handelsketten Wal-Mart und Metro die treibende Kraft sind, die eine RFID-Einführung weiter vorantreiben, indem die Verwendung dieser Technologie auch von den Zulieferern gefordert wird. Dies könnte der Schlüssel zur großflächigen Einführung von RFID in der Logistikbranche werden.

6.3 Pharmazeutische Industrie

Im Jahre 2004 veröffentlichte die US Food and Drug Administration (FDA) im Auftrag des US Departments of Health and Human Services einen Report über die Bekämpfungsmöglichkeiten von Arzneimittelfälschungen. In diesem Report spricht die Behörde von RFID als Instrument, gegen Arzneimittelfälschungen vorzugehen, und fügte die pharmazeutische Industrie als RFID-Anwenderbranche damit zur Diskussion um RFID als Nachfolger des Barcodes hinzu (vgl. [Berlecon05], S. 2).

Pilotprojekte wie das Aegate-Projekt mit sechs teilnehmenden Pharmaunternehmen (wie Merck Pharmaceuticals und Novartis) und 50 Apotheken und Krankenhäusern in Großbritannien ([RFIDJ05]), oder das Projekt „Jumpstart“ aus den USA, an dem große Pharmaunternehmen wie Johnson & Johnson, Pfizer und Procter & Gamble teilnahmen, um Feldstudien mit an Medikamentendosen befestigten RFID-Transpondern durchzuführen ([Whiting04]), zeigen die potentielle Bereitschaft von Unternehmen zur Einführung der RFID-Technologie.

Im Folgenden werden die in Kapitel 5 herausgearbeiteten Vor- und Nachteile von RFID- und Barcodetechnologie konkret auf den Anwendungsfall Pharmazeutische Industrie bezogen. Dabei wird das Für und Wider zur Einführung der RFID-Technologie aus dem Blickwinkel der Hersteller, der Distributoren (Apotheken, Krankenhäuser und Supermärkte) und der Konsumenten betrachtet.

6.3.1 Hardwarekosten

Heutzutage verfügen fast alle Medikamente weltweit über einen auf die Verpackung aufgedruckten oder aufgeklebten Barcode zur Identifikation. Während die Herstellungskosten dafür minimal sind, sind die RFID-Transponder in ihrer Herstellung deutlich teurer. Da Medikamente ein vergleichsweise teures Gut sind, hängt die Frage nach vertretbaren Herstellungskosten auch von der Größe der Verpackungseinheit ab, die mit einem Transponder ausgestattet werden soll. Würden Transponder immer dann eingesetzt werden, wo ein Barcode verwendet wird, ergäbe sich im Regelfall ein günstiges Verhältnis aus Produktwert und Transponderpreis; die Kosten wären also vernachlässigbar. Bestrebungen, jede Einheit einer Verpackung (zum Beispiel jede Tablette) mit einem separaten Transponder zu versehen, lohnen sich wirtschaftlich aufgrund eines dann ungünstigen Transponder-zu-Gut-Preisverhältnisses nur noch in den seltensten Fällen.

6.3.2 Erfassung & Leserate

Eine der großen Stärken der RFID-Technologie liegt in der Möglichkeit, Gegenstände kontaktlos erfassen zu können. Es ist keine spezielle Position oder Ausrichtung der Transponder notwendig, allein die Nähe zum Lesegerät darf nicht zu groß werden. Dadurch können getaggte Gegenstände nicht nur schneller, sondern auch mit geringerem Aufwand erfasst werden, da, wie im Falle von Medikamenten üblich, das Einscannen per Hand entfallen könnte. Tatsächlich stellt sich dieser Vorteil in der Praxis jedoch als relativ gering heraus. Wenn Medikamente ausgegeben werden, erfolgt dies sowohl im Supermarkt als auch der Apotheke meist einzeln durch die Hände eines Kassierers/Apothekers. Da insbesondere verschreibungspflichtige Medikamente eine individuelle Überwachung bei der Ausgabe durch den Apotheker erforderlich machen, fällt die Nutzen- und Zeitersparnis kaum mehr ins Gewicht.

Eine andere große Stärke der RFID-Technologie, die Pulkerfassung, spielt im pharmazeutischen Sektor ebenfalls nur eine geringe Rolle. Zwar bietet die gleichzeitige Erfassung mehrerer Medikamentenverpackungen große Geschwindigkeitsvorteile, allerdings zeigt diese Technik in der Praxis Schwächen: Durch die im Regelfall nur geringe Verpackungsgröße der Medikamente befinden sich in realen Anwendungsumgebungen sehr viele Verpackungen pro Palette (hier als Containereinheit aller Einzelverpackungen zu verstehen), was sich negativ auf die Leserate auswirkt. Während die Leserate für RFID-Transponder bei einem Einzelscannvorgang bei ca. 99% liegt, sinkt diese Rate bei der Pulkerfassung auf unter 90%. Dies ist vor allem auf die vielen Signalkollisionen zurückzuführen, die bei dieser Art der Erfassung entstehen. Zwar lässt sich dem mit Antikollisionsverfahren wie ALOHA entgegenwirken, dennoch führt die große Nähe der einzelnen Transponder zueinander, verbunden mit der großen Anzahl, zu starken Signalüberlagerungen der Transponder. Gerade im Bereich Medikamente können so hohe Lesefehlerraten weder aus Hersteller- noch aus Patientensicht toleriert werden. Zwar liegt die Erstleserate einer handelsüblichen Barcodelesepistole auch bei nur rund 90%, allerdings lässt sich durch das manuelle Einzelscannen die Leserate auf nahezu 100% bringen, da nicht erfolgreich eingelesene Barcodes von der den Scanner bedienenden Person erkannt und korrigiert werden können.

6.3.3 Robustheit

Wie in anderen Branchen auch, erweist sich ein gegen Umwelteinflüsse robusterer Informationsträger aufgrund der längeren Lebensdauer und der damit verbundenen Möglichkeit, sie länger ohne irreparable Lesefehler auslesen zu können, auch für die pharmazeutische Industrie als von Vorteil.

6.3.4 Datenhaltung

Durch Data-on-Tag bietet die RFID-Technologie die Möglichkeit, Daten dezentral auf dem Transponder zu speichern. Durch die Verfügbarkeit vieler wichtiger Informationen wie Mindesthaltbarkeitsdaten und Entsorgungsinformationen auf den Medikamenten entfällt das Risiko, dass wichtige Informationen über Medikamente fehlen, wenn eine zentrale Datenbank nicht erreichbar ist. Typischerweise setzt die Data-on-Tag-Speicherung jedoch komplexere Transponder voraus, deren Herstellung teurer ist. Zudem ist ein solches System bis jetzt völlig neuartig in der pharmazeutischen Industrie, sodass kaum Praxisbeispiele existieren, an denen sich Unternehmen bei der potentiellen Einführung dieses Datenhaltungstyps orientieren könnten.

6.3.5 Sensorik

Eine Besonderheit von RFID-Systemen stellt die Fähigkeit dar, mit Sensoren ausgestattet werden zu können. Werden aktive Transponder mit Sensoren ausgestattet, können sie Umweltdaten erfassen und speichern. Dies kann im Falle von Medikamenten sehr nützlich sein, da sich so erfassen lässt, ob Medikamente einer zu hohen Luftfeuchtigkeit oder einer zu hohen oder zu niedrigen Temperatur ausgesetzt wurden, die sich negativ auf die Wirksamkeit des Medikaments auswirken könnte.

Eine Pressemitteilung von Deutsche Post DHL aus dem Jahr 2014 beziffert die Steigerung des Umsatzvolumens biotechnologischer Erzeugnisse, wie sie in der pharmazeutischen Industrie häufig zum Einsatz kommen, von 56 Milliarden Dollar im Jahr 2004 auf ein geschätztes Volumen von 167 Milliarden Dollar im Jahr 2013 ([Press14]).

Damit hat sich der Umsatz in neun Jahren nahezu verdreifacht und auch für die Zukunft wird ein weiteres Wachstum erwartet. Da die Temperatur derartiger biotechnologischer Erzeugnisse überwacht werden muss, nimmt auch die Bedeutung von Sensoren in der pharmazeutischen Industrie zu.

6.3.6 Sicherheit

Wie am Anfang dieses Kapitels beschrieben, veröffentlichte die FDA im Jahre 2004 einen Artikel über den Einsatz von RFID zur Bekämpfung von Medikamentenfälschungen.

Da eines der zentralen Ziele des Gesundheitswesens darin besteht, das Wohl und die Sicherheit der Patienten zu gewährleisten (vgl. [Rosenb92], S. 2), wird RFID häufig als Mittel zur Förderung dieses Ziels angesehen. Die World Health Organization (WHO) geht davon aus, dass über 10% aller Arzneimittel weltweit gefälscht sind ([WHO03]). Arzneimittelfälschungen verursachen nicht nur erhebliche finanzielle Verluste bei den Herstellern der Medikamente, sondern können auch ein signifikantes gesundheitliches Risiko für Patienten darstellen (vgl. [Koh05], S. 162).

Tatsächlich bietet ein RFID-Transponder eine generell höhere Sicherheit als ein Barcode. Zum Schutz vor Medikamentenfälschungen spielen besonders drei Ansätze eine Rolle: Erstens lassen sich Transponder, insbesondere aktive, mit Hilfe von Verschlüsselungsalgorithmen vor unbefugtem Zugriff schützen ([Staake04]). Das Hinzufügen einer Public-Key-Infrastruktur (PKI), bei der Zertifikate auf dem Transponder digital mit dem Private Key des Herstellers signiert werden, macht ein Überwinden oder Umgehen dieser Sicherheitsmaßnahme für potentielle Fälscher außerordentlich kompliziert und teuer.

Zweitens ermöglicht die RFID-Technologie ein effizienteres Tracking und Tracing. Das Lokalisieren der Medikamente vom Hersteller bis zum Kunden (Tracking) sowie der Verfügbarkeit aller Ursprungsinformationen eines Medikaments, zum Beispiel Lagerorte der Inhaltsstoffe, verarbeitende Maschinen, verbrachte Zeit in der Produktion etc. (Tracing), ist mit Barcode-Systemen schwieriger zu realisieren. Zudem bieten RFID-Transponder hier die Möglichkeit der Data-on-Tag-Speicherung, was die Notwendigkeit einer permanenten Verbindung zu einer zentralen Datenbank nivelliert.

Drittens bieten Transponder viel einfacher als Barcodes die Möglichkeit, individuelle Seriennummern, speziell unter Berücksichtigung der EPC-Spezifikationen, auf ihnen zu speichern. Werden Medikamente durch Tracking und Tracing erfolgreich überwacht, ist es für Fälscher schwer, illegale Medikamente in diesen Kreislauf einzuflechten, da doppelte oder unbekannte Seriennummern erkannt werden können.

Es muss jedoch bedacht werden, dass diese Verbesserung der Sicherheitsmaßnahmen fast nur in der Kette zwischen Hersteller und Distributor Anwendung findet, denn für den Endkunden ist die Identifikation gefälschter Arzneimittel nach wie vor schwierig. Hier wäre die Anbindung des Endnutzers an die von Herstellern und Distributoren verwendete zentrale Datenbank denkbar. Smartphones verfügen immer häufiger über Near Field Communication- (NFC-)Schnittstellen, die das Erkennen und das Einlesen von auf RFID-Transpondern gespeicherten Informationen ermöglichen, sodass der Kunde in den Kon-

trollprozess von Medikamentenechtheit einbezogen werden könnte. Aus datenschutzrechtlichen Gründen müsste in diesem Fall jedoch über eine Anonymisierung der eingesetzten Geräte bzw. der von ihnen erhobenen Daten nachgedacht werden.

6.3.7 Etablierung

Abgesehen von einigen wenigen prototypischen Feldstudien hat sich RFID noch nicht in der pharmazeutischen Industrie etabliert. Einige nicht-verschreibungspflichtige Medikamente wurden bereits in größerem Maßstab mit RFID-Transpondern ausgestattet; allerdings wurde dies bis jetzt nur von Supermarktketten, die beispielsweise zu Wal-Mart oder Metro gehören, durchgeführt, die einzelne Filialen testweise mit einem RFID-basierten System ausstatteten. Weitere Informationen dazu sind unter anderem in Kapitel 1.1 nachlesbar.

EPCglobal übernimmt eine Vorreiterrolle, was die Standardisierung von RFID-Transpondern angeht. Allerdings fokussieren sich bisherige Bemühungen hauptsächlich darauf, Standards für die Konsumgüterbranche und den Logistikbereich zu entwickeln. Die spezifischen Anforderungen des Gesundheitswesens wurden bis jetzt noch nicht von EPCglobal berücksichtigt, weswegen hier zunächst ein neuer Standard entwickelt werden müsste. Als Alternative zu EPCglobal gibt es von dem European Health Industry Business Communication Council (EHIBCC) Bestrebungen, den Health Industry Barcode (HIBC) als Datensatz für die RFID-Transponder zu verwenden (vgl. [EHIBCC04] und [HIBCC12], S. 3-6). So könnten bereits bekannte ISO-Normen als Standard für die Codierung der RFID-Transponder gewählt werden. Der Header des Codes macht diesen Standard kenntlich, sodass verschiedene Standards unterstützt werden könnten. Dies ist von essentieller Bedeutung, da international betrachtet viele sogenannte Insellösungen zum Einsatz kommen: Weltweit gibt es neben der GTIN eine Reihe verschiedener Identifikationsnummernsysteme im pharmazeutischen Sektor, da viele Staaten eigene Vorgaben zur Kennzeichnungsart von Medikamenten entwickelt haben. So kommt in den Niederlanden überwiegend der HIBC zum Einsatz, wohingegen in Deutschland und Österreich alle Arzneimittel mit der Pharmazentralnummer (PZN) ausgestattet sein müssen. Die PZN ist ein von der IFA GmbH verteilter, achtstelliger Barcode (sieben Ziffern plus eine Prüfziffer) und wird bei der Abrechnung der Apotheken mit den Krankenkassen verwendet. Aufgrund der vielen nationalen Lösungen gestaltet sich die Einführung einer global einheitlichen Nummer, wie von EPCglobal gefordert, als schwierig. Speziell auf dem deutschen Markt hat sich die PZN fest etabliert; viele Prozesse zur Medikamentenverteilung laufen bereits weitgehend automatisiert und effizient ab. Die Umstellung auf ein komplett neues Nummernsystem wie EPC wäre komplex und teuer, da das PZN-System nicht nur in der privaten Wirtschaft zum Einsatz kommt. Die PZN wird ebenfalls zur Abrechnung mit den Krankenkassen

verwendet und ist damit in vielen behördlichen Organisationen fest verankert, weswegen sich die Einführung eines neuen Systems als schwierig gestaltet. Ein Parallelbetrieb erscheint ebenso unwahrscheinlich, da die Kosten dafür enorm wären.

Darüber hinaus ist auch die Vormachtstellung von EPCglobal im pharmazeutischen Sektor fraglich: Für die Logistikbranche sind Transponder, die im UHF-Spektrum arbeiten, interessanter, da hier eine hohe Lesereichweite, die für die einfache Nachverfolgbarkeit von Paletten günstig ist, einfacher zu realisieren ist. Wie bereits in Kapitel 6.3.2 angesprochen, ist für die pharmazeutische Industrie vor allem eine hohe Leserate von großer Bedeutung, weswegen hier häufig Systeme bevorzugt werden, die im HF-Bereich arbeiten (vgl. [Berlecon05], S. 22).

Dies lässt den Schluss zu, dass eine Etablierung von länderspezifischen Lösungen wahrscheinlicher ist. Die PZN könnte auch auf RFID-Transpondern als eindeutige Identifikationsnummer auf Basis des von der IFA bereits etablierten Netzwerkes dienen.

6.3.8 Übersicht

Im Folgenden sollen die wichtigsten Ergebnisse hinsichtlich der Chancen auf die Einführung eines RFID-Systems im pharmazeutischen Sektor anhand der in Kapitel 5.1.2 vorgestellten Tabelle noch einmal vorgestellt verdeutlicht werden.

Tabelle 5 - Vergleich von Barcode und RFID für den Anwendungsfall Pharmazeutische Industrie

Kriterium	Barcode	RFID	Anwendungsfall Pharmazeutische Industrie
Herstellungskosten	Minimal	1-bit-Tags minimal, passive Tags ca. 25 Cent, aktive Tags 50 Cent aufwärts	Häufig vernachlässigbar, da günstiges Verhältnis aus Produktwert und Tag-Preis.
Erfassung	Einzelscan, benötigt Sichtverbindung, i.d.R. per Hand	Bulk reading möglich, keine Sichtverbindung notwendig, Lesen durch Gates	Häufig ohnehin manuelle Medikamentenausgabe, Nutzen gering.

Kriterium	Barcode	RFID	Anwendungsfall Pharmazeutische Industrie
Leserate	~ 90% für GTIN	~ 99% einzeln, ~ 90% bei Bulk reading	Keine Vorteile durch Bulk reading, da Erkennungsrate zu gering.
Robustheit	Lesefehler durch Abrieb/Schmutz	Je nach Bauform weitgehend umweltresistent	Längere Tag-Lebensdauer zu erwarten und Unlesbarkeit der PZN durch RFID unwahrscheinlicher.
Datenhaltung	Data-on-Network	Data-on-Network <-> Data-on-Tag	Speicherung von Informationen Mindesthaltbarkeitsdaten und Entsorgungsinformationen reizvoll, bis jetzt jedoch keine Praxistests durchgeführt.
Sensorik	Nicht anwendbar	Sensor in aktive Tags integrierbar	Sensoren sehr nützlich, wenn Medikamente Vorgaben wie Temperaturlimits einhalten müssen.
Wiederverwendbarkeit	Nein	Teilweise	Umsetzbarkeit gestaltet sich in offenem System schwierig.
Sicherheit	Keine	Schutz vor unbefugtem Zugriff möglich, Gefahr: Unbemerkt Auslesen	Gefahr durch Medikamentenfälschungen drastisch reduziert: - Weniger Verlust für Unternehmen - Geringere Gefahr für Patienten
Etablierung	Weltweite Standards, erprobtes System	Unterschiedliche Standards, fehlende Anwendungen -> EPCglobal als Vorreiter	- Viele unterschiedliche nationale Regelungen, Pharmazentralnummer (PZN) in Deutschland und Österreich; - Personaleinsparungen nur bedingt möglich, da Prozesse durch Einsatz von Barcodes schon weitestgehend automatisiert sind

Quelle: Eigene Darstellung

6.3.9 Initiatorproblem

Ein weiteres Problem im Zusammenhang mit der Einführung der RFID-Technik im pharmazeutischen Sektor liegt außerhalb der technischen Parameter des Systems: Das Fehlen des eigentlichen Initiators. Seitens Behörden und Politik gibt es in Deutschland keinerlei Aussagen, was die Einführung von RFID-Technologie im Gesundheitswesen angeht.

Dies ist insofern problematisch, als dass die Interessen der einzelnen Akteure, die an einer RFID-Einführung beteiligt wären, stark auseinander gehen. Neben einer großen Zahl an Apotheken und Krankenhäusern spielen auch die Interessen der an der Lieferkette beteiligten Unternehmer sowie Behörden und Krankenkassen eine Rolle. Zusätzlich sind auch der Endverbraucher und dessen Interessen zu berücksichtigen.

Dabei wird besonders den Medikamentenherstellern häufig zugesprochen, die Etablierung von RFID voranzutreiben. Im Gegensatz zu großen Supermarkthandelsketten befinden sich die Medikamentenhersteller jedoch in der Rolle des Lieferanten und haben es daher schwerer, ihre Interessen durchzusetzen, da sie an ihre Abnehmer gebunden sind ([Berlecon05], S. 24).

[Berlecon05] hat in diesem Zusammenhang vier Verhandlungsfragen vorgestellt, vor denen die Akteure stehen:

1. Standards

Wie in Kapitel 6.3.7 beschrieben, gibt es bis jetzt keine Standards für den RFID-Einsatz in der Pharmaziebranche. Es muss ermittelt werden, ob eine nationale oder eine internationale Lösung durchgesetzt werden kann und wie eine solche Lösung in das bestehende System integriert werden kann.

2. Kostenverteilung

Da die Einführung eines auf der RFID-Technik basierenden Systems sehr kostspielig wäre, müsste eine gemeinsame Lösung gefunden werden, wie die Kosten unter den einzelnen Partnern verteilt werden könnten. Das betrifft sowohl die Kosten, die mit der Einführung eines solchen Systems anfallen, als auch die laufenden Betriebskosten.

3. Informationsverteilung

Bei vielen Informationen, die bei dem Einsatz des Systems erhoben werden, handelt es sich um äußerst sensible Daten; insbesondere, wenn die Identifizierung des Endkunden bis zu einem gewissen Grad möglich ist. Es muss daher ein Konsens gefunden werden, welche Daten zu schützen sind und wie. Die große Zahl der beteiligten Akteure erschwert dies, da geklärt werden muss, welche Akteure in welchem Umfang Zugriff auf welche Daten haben.

4. Netzwerkbetrieb

Derzeit wird die Grundstruktur des Netzwerks hinsichtlich der Medikamentendaten von der IFA gebildet, da diese Organisation für die Vergabe der PZN verantwortlich ist. Im Falle einer RFID-Einführung muss geklärt werden, wer für den Betrieb des RFID-Netzwerkes verantwortlich ist und vom wem operative Entscheidungen getroffen werden dürfen.

Diese Fragen machen den erheblichen Planungsaufwand deutlich, der für die Einführung eines RFID-Systems notwendig wäre. Von einer solchen Planung ist eine äußerste Komplexität anzunehmen, insbesondere aufgrund der vielen Interessen der einzelnen Akteure. [berlecon] spricht den Akteuren eine große Neigung zu „bestehende und funktionierende Lösungen (wie die PZN) beizubehalten“ ([Berlecon05], S. 25).

6.3.10 Fazit

Der Vergleich der technischen Merkmale von RFID-Systemen mit denen des Barcodes hat gezeigt, dass die RFID-Technologie in der Praxis nur wenige Vorteile gegenüber dem Barcode bietet. Der Barcode ist ein fest etabliertes System, das viele Nutzenpotentiale von RFID selbst verwirklichen kann. Viele der bestehenden Abläufe wurden bereits in großen Teilen automatisiert, sodass Einsparungen bezüglich Zeit und Personal nur eingeschränkt möglich sind. Dem geringen wirtschaftlichen Einsparpotential steht die Verbesserung der Patientensicherheit gegenüber, da Verbraucher durch optimiertes Tracking und Tracing sowie den verbesserten Sicherheitsmerkmalen der RFID-Transponder von einem Rückgang von Medikamentenfälschungen profitieren können. Es muss hier allerdings ein Weg gefunden werden, auch dem Verbraucher die Möglichkeit zu geben, die Echtheit von Arzneimitteln überprüfen zu können. Durch den zusätzlichen Einsatz von an den Transponder angeschlossenen Sensoren kann die Patientensicherheit ebenfalls erhöht werden, da Umweltvorgaben sensibler Medikamente permanent überwacht werden.

Da es von Seiten der Politik in Deutschland bis jetzt keine klaren Richtlinien gibt, was den Einsatz von RFID in der pharmazeutischen Branche angeht, mangelt es einem Initiator für die Einführung eines solchen Systems, da es zu viele Akteure mit unterschiedlichen Interessen auf dem Markt gibt. Eine zukunftsnahe Einführung von RFID kann daher als unwahrscheinlich betrachtet werden; tatsächlich wäre sogar eine Ausweitung des Barcode-einsatzes, z.B. auf Rezepten, als Maßnahme gegen schwer zu lesende Handschriften, denkbar (vgl. [Pötter98], S. 45).

Trotz alledem bietet die RFID-Technik viele Potentiale. Wenn sich die Technologie in anderen Wirtschaftsbranchen etabliert, fallen auch die Hemmnisse für eine Einführung in der pharmazeutischen Industrie.

7. Ausblick und Fazit

Diese Thesis beschäftigte sich mit dem Vergleich der Auto-ID-Systeme Barcode und RFID. Ausgehend von den technischen Grundlagen wurden beide Technologien näher vorgestellt und Unterschiede deutlich gemacht. Im Anschluss wurden die drei Wirtschaftsbranchen, die am häufigsten in Zusammenhang mit der RFID-Technologie genannt werden, auf die Möglichkeiten einer potentiellen RFID-Einführung hin untersucht und Chancen bewertet.

Es hat sich gezeigt, dass die eingesetzten Barcode-Technologien einen hohen Automatisierungsgrad aufweisen und die RFID-Technologie nicht in jedem Punkt so überlegen ist, wie es die Zitate aus Kapitel 1.1 (Motivation) angedeutet haben. Tatsächlich lässt sich feststellen, dass die Anforderungen der einzelnen Branchen an ein Auto-ID-System höchst unterschiedlich ausfallen und dass sich keine pauschalisierte Feststellung über die Überlegenheit der einen Technologie über die andere treffen lässt.

Viele der Stärken, die der RFID-Technologie zugeschrieben werden, lassen sich auch mit Hilfe von Barcodes realisieren, insbesondere was die kostengünstige Automatisierung von Prozessen angeht. Dennoch verfügt die RFID-Technologie über großes Potential, insbesondere, wenn sie sich weiter in der Wirtschaft etablieren und aufgrund der so wachsenden Erfahrung Einführungshemmnisse fallen. Neben der bis jetzt vergleichsweise geringen Adaption der Technologie und den damit auf Unternehmensseiten verbundenen Unsicherheit sind vor allem die Kosten ein Hauptgrund für die Zurückhaltung vieler Unternehmen bei der Einführung von RFID. Während das System auf Palettenebene meist rentabel betrieben werden kann, ist die Technologie für den Produkteinsatz häufig noch nicht günstig genug. Das von vielen Marktforschungsinstituten prognostizierte Wachstum des RFID-Marktes lässt jedoch eine zunehmende Kostendegression vermuten, was das System in Zukunft für weitere Branchen attraktiv machen könnte.

Für die Konsumgüterbranche ist eine mittelfristige Einführung von RFID flächendeckend nicht zu erwarten, da der Transponderpreis vielfach in einem ungünstigen Verhältnis zum Produktpreis steht. Erst wenn der Transponderpreis deutlich fällt, wäre eine Einführung von RFID in dieser Branche zu vermuten. Durch die Marktmacht großer Einzelhandelsunternehmen hat die RFID-Technologie jedoch schon jetzt in der Logistik Einzug gefunden, und Praxiserfahrungen zeigen die Rentabilität des Systems. Aus diesem Grund kann die Logistik als größtes Zugpferd der drei vorgestellten Branchen für die RFID-Technologie angesehen werden, wobei der Einführungserfolg maßgeblichen Einfluss auf die Einführung

von RFID in anderen Branchen hat. In der pharmazeutischen Industrie scheint eine mittelfristige RFID-Einführung dagegen als unwahrscheinlich, zumindest was den deutschen Markt angeht. Obwohl die RFID-Technologie viele Vorteile bietet, stellen die Integration der PZN in das deutsche Gesundheitssystem und ein mangelnder Initiator massive Hemmnisse dar. Wenn sich die RFID-Technologie in anderen Wirtschaftsbranchen jedoch durchsetzt, könnte auf Initiative der Politik langfristig auch eine Einführung von RFID in die deutsche Pharmaziebranche Erfolg haben.

Abschließend lässt sich sagen, dass die RFID-Technologie das Potential hat, die Barcode-technologie zu verdrängen. Da sich jedoch auch die Barcode-Technologie weiterentwickelt, insbesondere was die Informationsdichte mehrdimensionaler Codes angeht, bleibt sie bisweilen eine günstige Alternative und vermag den vielfach prognostizierten Siegeszug der RFID-Technologie auszubremsen. Dennoch verfügt die RFID-Technik über einige technologische Aspekte, die auch moderne Barcodes nicht wettmachen können, sodass zumindest die langfristige Verdrängung des Barcodes durch RFID in Aussicht steht.

8. Literaturverzeichnis

- [Agar01] Agarwal, Vivek (2001): Assessing the benefits of Auto-ID Technology in the Consumer Goods Industry. URL: <http://cocoa.ethz.ch/media/documents/2014/06/archive/CAM-WH-003.pdf> (Abgerufen am: 06.07.2014)
- [Ahle07] Ahle, Ulrich (2007): RFID im praktischen Einsatz. In: Bullinger, Hans-Jörg; ten Hompel, Michael (Hrsg): Internet der Dinge, Springer Berlin Heidelberg New York 2007, S. 331-345
- [Berlecon05] Stiehler, Andreas; Wichmann, Thorsten - Berlecon Report (2005): RFID im Pharma- und Gesundheitssektor: Vision und Realität RFID-basierter Netzwerke für Medikamente. URL: <ftp://46.5.64.13/pub/Doc+Artikel/RFID%20in%20Pharma.pdf> (Abgerufen am: 31.05.2014)
- [Bitkom05] Bitkom (2005): White Paper RFID Technologie, Systeme und Anwendungen. Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. URL: https://epic.hpi.uni-potsdam.de/pub/Home/SensorNetworksAndIntelligentObjects2008/2Bitkom05_-_White_Paper_RFID.pdf (Abgerufen am: 25.05.2014)
- [Blasi13] Blasinski, Henryk; Bulan, Orhan; Sharma, Gaurav (2013): Per-Colorant-Channel Color Barcodes for Mobile Applications: An Interference Cancellation Framework. In: IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL. 22, NO. 4, S. 1498 - 1511 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6378458&tag=1> (Abgerufen am: 03.06.2014)
- [BSI04] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2004): Risiken und Chancen des Einsatzes von RFID-Systemen - Trends und Entwicklungen in Technologien, Anwendungen und Sicherheit. SecuMedia Verlags-GmbH Ingelheim

- [Camb] Cambridge Dictionaries Online; Suchbegriff: „desk research“. URL: <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/business-english/desk-research> (Abgerufen am: 02.08.2014)
- [Diek07] Diekmann, Thomas; Melski, Adam; Schumann, Matthias (2007): Data-on-Network vs. Data-on-Tag: Managing Data in Complex RFID Environments. In: Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on System Sciences - 2007 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=4076831> (Abgerufen am: 19.07.2014)
- [Dunlap03] Dunlap, Joe; Gilbert, Greg; Ginsburg, Lyle; Schmidt, Paul; Smith, Jeff (2003): If You Build It, They Will Come: EPC Forum Market Sizing Analysis. URL: <http://cocoa.ethz.ch/media/documents/2014/06/archive/ACN-AUTOID-BC007.pdf> (Abgerufen am: 28.06.2014)
- [EHIBCC04] Walli, Raino; Oehlmann, Harald (2004): ISO-RFID eTAG-x: The ISO powered solution for item tracking using RFID Tags in compliance with ISO/IEC standards for Barcode. URL: <http://hibc.de/index.php/de/dokumente/19-dokumente/27-iso-rfid-etag-x-the-iso-powered-solution-for-item-tracking-using-rfid-tags> (Abgerufen am: 22.07.2014)
- [Fink02] Finkenzeller, Klaus (2002): RFID-Handbuch: Grundlagen und praktische Anwendungen induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipkarten, 3. Aktualisierte und erweiterte Auflage. Carl Hanser Verlag München Wien
- [Fink-onl] Finkenzeller, Klaus: Introduction to RFID. URL: <http://rfid-handbook.de/about-rfid.html> (Abgerufen am: 19.04.2014)
- [Fleisch10] Fleisch, Elgar (2010): What is the Internet of Things? An Economic Perspective. URL: http://cocoa.ethz.ch/downloads/2014/06/None_AUTOIDLABS-WP-BIZAPP-53.pdf (Abgerufen am: 01.08.2014)

- [Fml] Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml): RFID-Reader. URL: http://www.fml.mw.tum.de/fml/index.php?Set_ID=945&letter=R&title=RFID-Reader (Abgerufen am: 07.07.2014)
- [Franke06] Franke, Werner; Dangelmaier, Wilhelm (Hrsg.) (2006): RFID - Leitfaden für die Logistik: Anwendungsgebiete, Einsatzmöglichkeiten, Integration, Praxisbeispiele. Gabler Verlag Wiesbaden
- [Frost04] Frost & Sullivan (2014): Global RFID Market Thrives as Solutions Drive Efficient and Intelligent Businesses. URL: <http://www.frost.com/prod/servlet/press-release.pag?docid=240308102> (Abgerufen am: 30.07.2014)
- [Gabler-1] Gabler Wirtschaftslexikon; Suchbegriff: „Ubiquitous Computing“. URL: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/ubiquitous-computing.html#definition> (Abgerufen am: 15.07.2014)
- [Gabler-2] Gabler Wirtschaftslexikon; Suchbegriff: „Konsumgüter“. URL: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/konsumgueter.html#definition> (Abgerufen am: 26.07.2014)
- [Hell07] Hellbach, Dirk; Néméth, Monika; von Schrader, Wernher (2007): RFID im mittelständischen Einsatz. In: Bullinger, Hans-Jörg; ten Hompel, Michael (Hrsg): Internet der Dinge, Springer Berlin Heidelberg New York 2007, S. 347-364
- [HIBCC12] Figarella, Luis; Kikirekov, Kirk; Oehlmann, Heinrich (2012): RFID In Healthcare: Benefits, Limitations & Recommendations. URL: <http://www.hibcc.org/publication/rfid-in-healthcare-benefits-limitations-recommendations-complete-white-paper/> (Abgerufen am: 13.07.2014)
- [IDT14] Das, Raghu; Harrop, Peter - IDTechEx (2014): RFID Forecasts, Players and Opportunities 2014 - 2024. URL: <http://www.idtechex.com/research/reports/rfid-forecasts-players-and-opportunities-2014-2024-000368.asp> (Abgerufen am: 29.07.2014)

- [Itw] Itwissen.info, Suchbegriff „Mooreches Gesetz“. URL: <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Mooresches-Gesetz-Moores-law.html> (Abgerufen am: 28.07.2014)
- [Japs07] Japs, Simon (2007): Marktübersicht und politisches Umfeld
In: Bullinger, Hans-Jörg; ten Hompel, Michael (Hrsg): Internet der Dinge, Springer Berlin Heidelberg New York 2007, S. 1-17
- [Kamin07] Kaminorz, Y.; Thielmann, D.; Clemens, W. (2007): PolyApply Puts Europe in a Leading Position in the Field of Organic Electronics – Highlights of a 4-year EU Project. In: mst-News, No. 5/07, S. 4-7, URL: <http://www.pm.tu-chemnitz.de/uploads/pressfiles/idx/763.pdf> (Abgerufen am: 05.06.2014)
- [Kato07] Kato, Hiroko; Tan, Keng T. (2007): Pervasive 2D Barcodes for Camera Phone Applications. In: Pervasive Computing, IEEE (Volume: 6, Issue: 4), S. 76-85, URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4343902> (Abgerufen am: 28.07. 2014)
- [Kern07] Kern, Christian (2007): Einordnung verschiedener Auto-ID-Systeme, 2., verbesserte Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg
- [Koh05] Koh, Robin; Staake, Thorsten (2005): Nutzen von RFID zur Sicherung der Supply Chain der Pharmaindustrie. In: Das Internet der Dinge, 2005, S. 161-175, URL: http://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-28299-8_8 (Abgerufen am: 28.07. 2014)
- [Landt01] Landt, Jeremy (2001): Shrouds of time: The history of RFID, AIM Publication, Pittsburgh 2001. URL: <https://www.transcore.com/sites/default/files/History%20of%20RFID%20White%20Paper.pdf> (Abgerufen am: 29.06.2014)
- [Landt05] Landt, Jeremy (2005): The history of RFID. In: Institute of Electrical and Electronics Engineers: IEEE potentials 24 (2005) 4, S. 8-11. URL: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1549751&tag=1 (Abgerufen am: 29.06.2014)

- [Lode06] Lodewijks, Gabriel; Veeke, Hans P.M.; Lopez De La Cruz, Adriana M. (2006): Reliability of RFID in Logistic Systems. In: Service Operations and Logistics, and Informatics, 2006. SOLI '06. IEEE International Conference on, S. 971-976 URL: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4125717 (Abgerufen am: 29.06.2014)
- [Mattern01] Mattern, Friedemann (2001): The Vision and Technical Foundations of Ubiquitous Computing. In. UPGRADE Vol. II, No. 5 URL: <http://www.vs.inf.ethz.ch/publ/papers/ubicompvision.pdf> (Abgerufen am: 30.06.2014)
- [Melski06] Melski, Adam (2006): Grundlagen und betriebswirtschaftliche Anwendung von RFID . URL: https://epic.hpi.uni-potsdam.de/pub/Home/SensorNetworksAndIntelligentObjects2008/Mel06_Grundlagen_und_betriebsw_Anwendungen_von_RFID.pdf (Abgerufen am: 29.06.2014)
- [Melski08] Melski, Adam; Schumann, Matthias (2008): Konzeptuelles Modell zur objektbegleitenden Datenspeicherung in RFID-gestützten Logistiknetzwerken. URL: <http://www2.as.wiwi.uni-goettingen.de/getfile?DateiID=695> (Abgerufen am: 15.07.2014)
- [Metro13] URL: http://www.future-store.org/internet/site/ts_fsi/node/140064/Lde/index.html (Abgerufen am: 29.07.2014)
- [Pötter98] Pötter, Mathias; Jesse, Ralf (1998): Barcode – Einführung und Anwendungen, 2., aktualisierte und überarbeitete Auflage. Bhv Verlags GmbH, Kaarst
- [Press14] Pressrelations (2014): DHL erweitert Thermonet-Netzwerk für Life Sciences und Healthcare Branche. URL: http://presseservice.pressrelations.de/standard/result_main.cfm?pfach=1&n_firmanr_=101985&sektor=pm&detail=1&r=565135&aktion=jour_pm (Abgerufen am: 05.08.2014)
- [Forney66] Forney, G. David (1966): Generalized minimum distance decoding. In: Information Theory, IEEE Transactions on (Volume:12 , Issue: 2) URL: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1053873&tag=1 (Abgerufen am: 01.08.2014)

- [RFIDJ05] Collins, Jonathan (2005): Aegate to Track Drugs in U.S., Belgium. URL: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?2015> (Abgerufen am: 28.06.2014)
- [RFIDJ06] O'Connor, Mary Catherine (2006): Wal-Mart Seeks UHF for Item-Level. URL: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?2228> (Abgerufen am: 13.07.2014)
- [RFIDJ07] O'Connor, Mary Catherine (2007): Metro to Tag Garments and Accessories. URL: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?3183> (Abgerufen am: 13.07.2014)
- [RFIDJ08] Swedberg, Claire (2008): At Metro's New Future Store, RFID Helps Assure Meat Quality. URL: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4109> (Abgerufen am: 13.07.2014)
- [RFIDJ11] RFID Journal (2014): RFID News Roundup. URL: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?8593> (Abgerufen am: 29.07.2014)
- [Robeck05] Robeck, Matthias (2005): Der RFID Rollout in der Metro Group. URL: http://www.logistik-heute.de/sites/default/files/logistik-heute/fachforen/03_robeck.pdf (Abgerufen am: 13.07.2014)
- [Rosen97] Rosenbaum, Oliver (1997): Das Barcode-Lexikon. Bhv Verlags GmbH, Kaarst
- [Rosenb92] Rosenbrock, Rolf (1992) : Gesundheitspolitik, WZB Discussion Paper, No. P 92-207 URL: <https://www.econstor.eu/dspace/bitstream/10419/77908/1/752385437.pdf> (Abgerufen am: 08.06.2014)
- [Rothen08] Rothensee, Matthias (2008): User Acceptance of the Intelligent Fridge: Empirical Results from a Simulation. In: The Internet of Things - Lecture Notes in Computer Science, Volume 4952, S. 123-139 URL: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-78731-0_8 (Abgerufen am: 26.07.2014)

- [Sriniv05] Srinivasan, S.; Aggarwal, Akshai; Kumar, Anup (2005): RFID Security and Privacy Concerns. In: Proceedings of the 4th WSEAS Int. Conf. on Information Security, Communications and Computers, Tenerife, Spain, December 16-18, 2005, S. 69-74, URL: <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2005tenerife/papers/502-780.pdf> (Abgerufen am: 12.07.2014)
- [Staake04] Staake, Thorsten; Thiesse, Frederic; Fleisch, Elgar (2004): Fälschungsschutz mit RFID-Technologie, Diskussionspapier, Auto-ID Lab an der Uni St. Gallen (www.item.unisg.ch): In: Information Management & Consulting, imc AG Saarbrücken, Volume 19 URL: https://www.alexandria.unisg.ch/publications/citation/Elgar_Fleisch/21402 (Abgerufen am: 27.06.2014)
- [Stein05] Stein, Martin (2005): Mit RFID-Technologie zum Internet der Dinge. URL: <http://desrist.org/design-research-in-information-systems/> (Abgerufen am: 28.06.2014)
- [Strass05a] Strassner, Martin (2005): RFID im Supply Chain Management – Auswirkungen und Handlungsempfehlungen am Beispiel der Automobilindustrie URL: [http://verdi.unisg.ch/www/edis.nsf/SysLkpByIdentifizier/3112/\\$FILE/dis3112.pdf](http://verdi.unisg.ch/www/edis.nsf/SysLkpByIdentifizier/3112/$FILE/dis3112.pdf) (Abgerufen am: 28.06.2014)
- [Strass05b] Strassner, Martin; Fleisch, Elgar (2005): Innovationspotenzial von RFID für das Supply-Chain-Management. In: Wirtschaftsinformatik, February 2005, Volume 47, Issue 1, S. 45-54 URL: <http://link.springer.com/article/10.1007/BF03250974> (Abgerufen am: 08.07.2014)
- [Tonner04] Tonner, Ulrich (2004): Effizienzsteigerungen durch RFID in Produktion und Logistik, München, GRIN Verlag GmbH, URL: <http://www.grin.com/de/e-book/30772/effizienzsteigerungen-durch-rfid-in-produktion-und-logistik>
- [Uitz12] Uitz, Iris; Harnisch, Michael (2012): Der QR-Code – aktuelle Entwicklungen und Anwendungsbereiche. In: Informatik-Spektrum, October 2012, Volume 35, Issue 5, S. 339 - 347 URL: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00287-012-0608-5> (Abgerufen am: 19.05.2014)

- [West06] Westenberg, Sven (2006): Integration mobiler RFID-Erfassung in das Supply Chain Management. URL: http://kola.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2006/36/pdf/Integration_RFID_SCM.pdf?origin=publication_detail (Abgerufen am: 22.06.2014)
- [White07] White, Gareth; Gardiner, Georgina; Prabhakar, Guru; Abd Razak, Azley (2007): A comparison of barcoding and RFID technologies in practice. In: Journal of Information, Information Technology and Organizations, 2, S. 119-132, URL: http://eprints.uwe.ac.uk/13460/1/Barcode_and_RFID.pdf (Abgerufen am: 18.05.2014)
- [Whiting04] Whiting, Rick (2004): Drugmakers 'Jumpstart' RFID Tagging Of Bottles. URL: <http://www.informationweek.com/drugmakers-jumpstart-rfid-tagging-of-bottles/d/d-id/1026388?> (Abgerufen am: 27.07.2014)
- [WHO03] World Health Organization (2003): Substandard and counterfeit medicines. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/2003/fs275/en/> (Abgerufen am: 06.06.2014)
- [Wilde07] Wilde, Thomas; Hess, Thomas (2007): Forschungsmethoden der Wirtschaftsinformatik: Eine empirische Untersuchung. URL: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11576-007-0064-z> In: Wirtschaftsinformatik, 2007, Volume 49, Issue 4, S. 280-287 (Abgerufen am: 01.08.2014)
- [Wölker08] Wölker, Martin (2008): Datenerfassung. URL: <http://www.identifikation.info/idpages/pmw/sites/identifikation.info/Basics/uebersicht> (Abgerufen am: 26.07.2014)