
Studienarbeit

Analyse und Design von RFID-Systemen und RFID-Sensorsystemen

Pascal Adrian Hagedorn
Juni 2006

Betreuer: Prof. Dr. Paul Müller
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jochen Müller

Fachbereich Informatik

AG Integrierte Kommunikationssysteme
Universität Kaiserslautern • Postfach 3049 • 67653 Kaiserslautern

Ich versichere, dass ich die vorliegende Studienarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Kaiserslautern, 04.06.2007

(Pascal Adrian, Hagedorn)

Abstract

Die RFID-Technik ermöglicht verschiedenste Anwendungen innerhalb der unterschiedlichsten Einsatzgebiete. Diese reichen vom gewöhnlichen Alltagsgegenstand eines Autoschlüssels mit Zugangskontrolle anhand eines RFID-Tags bis hin zur Verfolgung der Kühlkette und Position von Rinderhälften aus Argentinien mittels Temperatursensoren und GPS (Global Positioning System) über RFID-Sensorsysteme.

Durch sinkende Herstellkosten und fortschreitende Miniaturisierung für RFID-Tags und RFID-Sensoren erschließen sich aus ökonomischen und technischen Gesichtspunkten immer neue Anwendungsdomänen. Entlang der gesamten Supply Chain können die RFID-Tags bei Bedarf berührungslos gelesen und beschrieben werden, d.h. auch über die Unternehmensgrenzen hinweg können Prozesse unterstützt, beeinflusst und verbessert werden. Des Weiteren können die von den Sensoren ermittelten Daten selbständig in den RFID-Tags gespeichert werden. Dies alles geschieht kabellos, womit eine fast grenzenlose Mobilität erreicht werden kann.

Diese Arbeit gibt einen Überblick über die Einsatzmöglichkeiten und Anwendungsformen von RFID-Systemen, RFID-Sensorsystemen und über die zur Umsetzung benötigten Techniken. Anhand einer Analyse verschiedener Anwendungsszenarien wird ein Modell entwickelt, das vor und während der Einführung von RFID in Unternehmen auf wichtige Faktoren eingeht.

Ausgehend von den gestellten Anforderungen und der Projekt-Treiber werden sowohl Faktoren der technischen Realisierbarkeit als auch Faktoren der gesellschaftlichen Akzeptanz durchleuchtet. Darauf aufbauend kann das Projekt einer Rentabilitätsbewertung unterzogen werden, ob sich eine Umsetzung auch wirtschaftlich als sinnvoll erweist.

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1: Einleitung	9
1.1 Geschichte der RFID-Technik	11
1.2 Fragestellung	11
1.3 Struktur	13
Kapitel 2: Grundlagen	14
2.1 Automatische-Identifikationssysteme	14
2.1.1 UPC.....	16
2.1.2 EPC-Gen-1	18
2.1.3 EPC-Gen-2.....	18
2.2 RFID-Systeme	20
2.2.1 Komponenten eines RFID-Systems	20
2.2.2 RFID-Tag.....	21
2.2.3 RFID-Reader.....	25
2.2.4 Unterscheidungsmerkmale von RFID-Systemen	25
2.3 Sensoren und Sensorsysteme	27
2.3.1 Der Sensor.....	27
2.3.2 Vom Sensor zum Sensorsystem	29
2.3.3 Anforderungen an Sensoren und Sensorsysteme	29
2.4 RFID-Sensoren und -Sensorsysteme	31
2.4.1 Sensoren mit RFID	31
2.4.2 Aufbau eines RFID-Sensorsystems	33
2.5 RFID-Middleware	35
2.6 Anwendungsdomäne und Einsatzbereiche	37
Kapitel 3: Anwendungsszenarien	39
3.1 Gerry Weber & Kaufhof	40
3.1.1 Firmenporträts.....	40
3.1.2 Problemstellung	40
3.1.3 Ziele	40
3.1.4 Durchführung.....	41
3.1.5 Ergebnisse.....	42
3.1.6 Chancen und Risiken	42
3.2 Infineon	43
3.2.1 Firmenporträt	44
3.2.2 Problemstellung	44
3.2.3 Ziele	44
3.2.4 Durchführung.....	45
3.2.5 Ergebnisse.....	46
3.2.6 Chancen und Risiken	46

3.3	Universitätsklinikum Jena	47
3.3.1	Firmenporträt.....	47
3.3.2	Problemstellung.....	47
3.3.3	Ziele.....	47
3.3.4	Durchführung	47
3.3.5	Ergebnisse	48
3.3.6	Chancen und Risiken.....	48
3.4	Migros und Manor.....	49
3.4.1	Firmenporträt.....	49
3.4.2	Problemstellung.....	50
3.4.3	Ziele.....	50
3.4.4	Durchführung	50
3.4.5	Ergebnisse	51
3.4.6	Chancen und Risiken.....	52
Kapitel 4: Modell	54	
4.1	Projekt-Treiber	55
4.1.1	Endogene und exogene Faktoren	55
4.1.2	Projektkategorien	56
4.2	Technische Realisierbarkeit.....	57
4.2.1	Die Infrastrukturebene.....	58
4.2.2	Die Integrationsebene.....	59
4.2.3	Die Applikationsebene	59
4.3	Gesellschaftliche Akzeptanz	60
4.3.1	Sicherheit.....	60
4.3.2	Datenschutz und Privatsphäre	62
4.3.3	Informationelle Selbstbestimmung	63
4.4	Wirtschaftliche Rentabilität	64
4.4.1	Wirtschaftlichkeitsanalyse	64
4.4.2	Toolunterstützung.....	68
4.5	Modell Transfer	69
Kapitel 5: Zusammenfassung und Ausblick	74	
Literaturverzeichnis.....	77	
Abbildungsverzeichnis.....	82	
Abkürzungsverzeichnis	84	

Kapitel 1: Einleitung

Durch das große Potential der Anwendung der RFID-Technik, sind RFID-Systeme schon in vielen Branchen - zumindest zu Testzwecken - im Einsatz. Dabei sind die Branchen (die Automobilindustrie, die Konsumgüterindustrie, die Logistikindustrie, die Luftfahrtindustrie, die Handelsbranche und etliche andere Branchen) so zahlreich wie die unterschiedlichsten Einsatzgebiete (Distribution, Entsorgung, Ersatzteile, Lagerlogistik, Produktion, Tiefkühl, Track & Tracing, usw.) in denen die RFID-Technik zum Einsatz kommt. Ziel beim Einsatz der RFID-Technik ist vor allem die berührungslose automatische Identifikation von Objekten. Neuere Entwicklungen machen es außerdem möglich, dass die RFID-Technik, durch die Ergänzung von einem oder mehreren Sensoren und gewisser Logik, für die Anwendungsdomäne interessante Informationen sammeln, ändern und gegebenenfalls vorgegebene Aktionen ausführen kann. In diesem Kontext werden häufig auch Schlagwörter wie „Ubiquitous Computing“ (allgegenwärtiges Computing) und „Pervasive Computing“ (durchdringendes Computing) genannt. Hieraus resultiert eine Miniaturisierung der Technik, um sie an jedem beliebigen Objekt zu befestigen und aus ihnen sogenannte „Smart Objects“ zu machen.

RFID-Systeme und RFID-Sensorsysteme erweitern die Möglichkeiten von herkömmlichen Auto-ID-Systeme um viele Facetten. So können neben der gewöhnlichen Kennzeichnung der Objekte auch Dokumente auf ihre Echtheit geprüft werden, Produkte bei Rückrufaktionen leichter zur Reparatur gerufen werden, Produkte gegen Diebstahl gesichert werden, Zutrittskontrollen für Großevents durchgeführt werden, Umweltfaktoren mittels Sensoren kontrolliert werden, die Supply Chain automatisiert, gesteuert und Prozesse optimiert werden, um nur einige Beispiele zu nennen. Dies verdeutlicht, dass es sich bei der RFID-Technik um eine Querschnittstechnologie handelt, und macht sichtbar, in wie vielen Bereichen diese Technik bereits Einzug genommen hat.

Umfragen zufolge (vgl. Abbildung 1), schätzen die befragten Unternehmen der Automobilindustrie das Potential der RFID-Technologie im prozessübergreifenden Bereich „Track & Tracing“ am höchsten ein. Die Verbreitung der RFID-Technologie schreitet jedoch langsam voran, da sie allgemeinen und technischen Herausforderungen gegenüber steht. [Strassner 2005, S.191 ff]

Ebenso haben das Forschungsinstitut für Telekommunikation (FTK) und der Verband für Automatische Identifikation, Datenerfassung und Mobile Datenkommunikation (AIM-Deutschland) zusammen eine Umfrage durchgeführt, bei der eine klare Tendenz hin zur Erfordernis von Standards (vgl. Abbildung 2) und sinkenden Kosten (vgl. Abbildung 3) für eine erfolgreiche Einführung der RFID-Technologie zu verzeichnen ist. [FTK 2006].

Die empirische Studie von Booz Allen und Hamilton gemeinsam mit der Universität St. Gallen hat gezeigt, dass zum Zeitpunkt der Studie die Investitionen noch mit einem hohen Risiko und selten mit einem positiven Return on Investment (ROI) verbunden waren. Hierfür wurden mehr als 30 große

Unternehmen aus Deutschland, USA, Österreich, Schweiz, Großbritannien und Frankreich in die Studie involviert. Mittel- und Langfristig können aber durch die Entwicklungen in den Bereichen der Technologie und der Märkte auch positive ROIs erzielt werden. [Booz 2004]

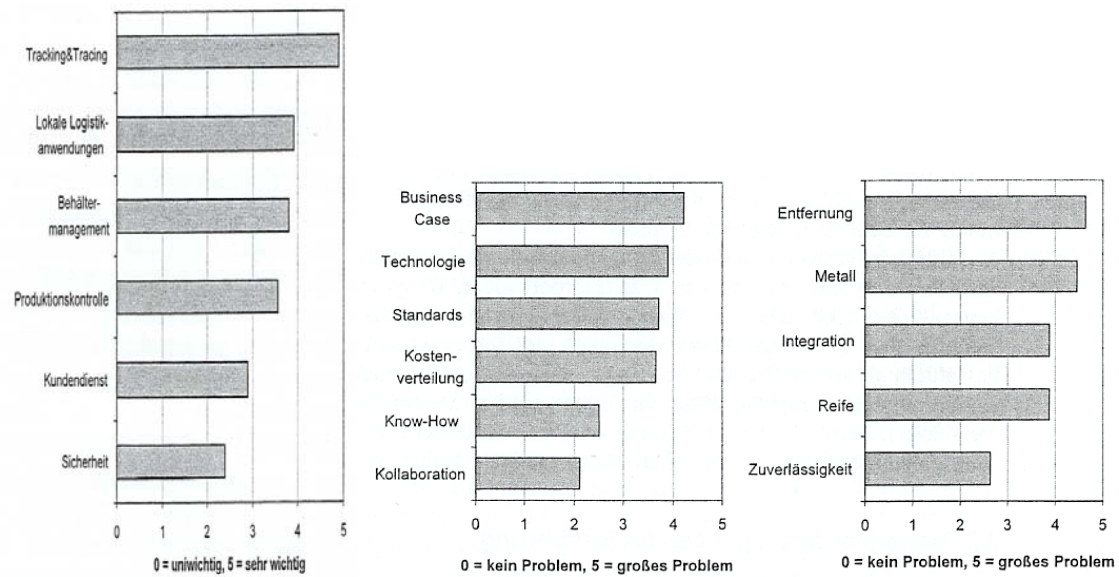


Abbildung 1: Priorisierung von RFID-Anwendungen (links), allgemeine (mitte) und technische (rechts) Herausforderungen [Strassner 2005, S.192 ff.]

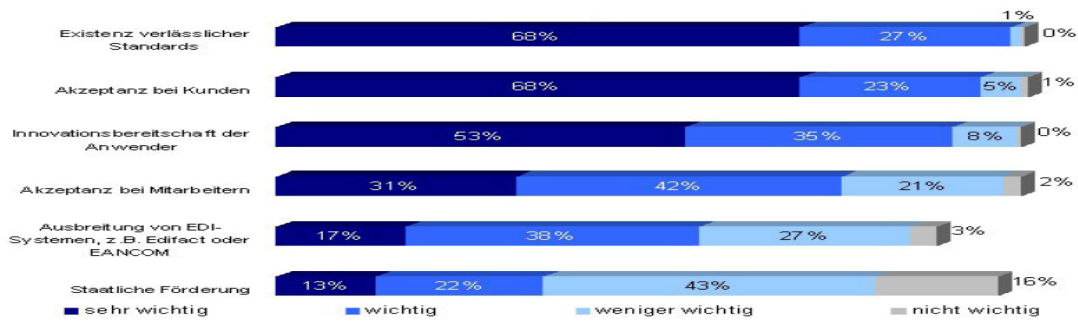


Abbildung 2: Bedingungen für die erfolgreiche Verbreitung von RFID [FTK 2006, S. 6]

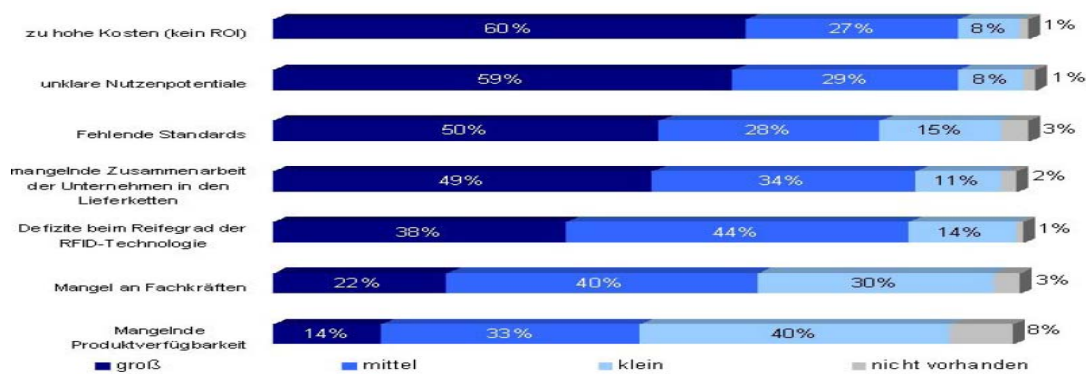


Abbildung 3: Hindernisse bei der Verbreitung von RFID [FTK 2006, S. 6]

1.1 Geschichte der RFID-Technik

Geschichtlich gesehen ist die RFID-Technik ein Nachfolger der Radar-Technik (Radio Detection and Ranging), und wurde in den 1940er Jahren erstmals in frühen militärischen Identifizierungs- bzw. Aufklärungssystemen eingesetzt. Dabei liegt die Verwandtschaft in der Funktionsweise der Technik. Durch ein Objekt innerhalb des Aktionsradius ändert sich beim Radar das reflektierte Signal, das vom „Lesegerät“ aufgenommen und identifiziert wird, bei RFID hingegen ändert sich durch ein ausgestrahltes Energiefeld das erzeugte reflektierte Signal. In der folgenden Dekade wurden erste 1-Bit-Transponder - die heute vielfach im Einzelhandel anzufinden sind - zur elektronischen Artikelsicherung (EAS) entwickelt und eingesetzt. RFID-Karten für die Zugangskontrolle und Anwendungen in der Tierhaltung, der Mautgebühr-Bezahlsysteme und des Supply Chain Managements waren daraufhin in den 70er Jahren Ergebnisse dieser technischen Entwicklung. In den letzten Jahren ist die Technik ausgereift, hat neue Märkte erschlossen und sich in vielen Bereichen bereits etabliert [Shepard 2005, S. 42-49].

1.2 Fragestellung

Neben den Chancen die diese „neue“ Technologie bereithält, birgt sie auch viele Risiken und lässt viele Entscheidungsträger in Bezug auf die Einführung der RFID-Technik in ihren Unternehmen noch zweifeln, ob sich die Einführung lohnt und überhaupt erfolgreich durchführen lässt. Dieser Zweifel hat verschiedene Gründe.

Zum Ersten sind die Kosten zu erwähnen. Die gesteigerte Ausrichtung der Unternehmen auf den „Shareholder Value“ und den „Return on Investment“ hat zur Folge, dass die erfolgreiche Einführung der RFID-Technik vor allem an monetären Größen gemessen wird. Die Entscheidungsträger fragen sich zu Recht, wo denn der Mehrwert für die - in großen Unternehmen doch beachtliche - Investitionen sein bzw. herkommen soll. Neben den Investitionen in die Beschaffung neuer Hard- und Software für die Implementierung solcher RFID-Systeme oder -Sensorsysteme, fallen auch Kosten bei der Anpassung bestehender Systeme und Schulungen für das Personal an. Ganz zu schweigen von der Rationalisierungsmaßnahme und den daraus resultierenden gesellschaftlichen Akzeptanzproblemen der neuen Technik der Kunden und Belegschaft.

Durch die fortschreitende Durchdringung der RFID-Technik in weiten Bereichen des täglichen und industriellen Lebens und der damit einhergehenden steigenden Zahl benötigter RFID-Tags sinken die Preise für RFID-Tags. Bis jetzt scheiterten die Einführungen meistens an den relativ hohen Implementierungskosten. Hierfür bietet sich eine Kosten-Nutzen-Analyse an, die aber nicht immer geeignet ist, nicht quantifizierbare Qualitätsverbesserungen, die aus der RFID-Technik resultieren können, zu bewerten. Hieraus ergibt sich die Frage nach der **wirtschaftlichen Rentabilität** der Einführung der RFID-Technologie.

Als zweites steht die **technische Realisierbarkeit** und Leistungsfähigkeit im Fokus des Interesses. Da die Entscheidungsträger vorwiegend aus den kaufmännischen Bereichen des Managements kommen, fehlt ihnen größtenteils die technische Kompetenz die Möglichkeiten der RFID-Technik zu beurteilen. So hängt die Reichweite des RFID-Systems von mehreren Faktoren ab. Diese sind beispielsweise die verwendete Frequenz, die benötigte Bandbreite oder die mechanische Abmessung der Antennenspule. Für den globalen Einsatz der RFID-Technik muss es das Ziel sein einheitliche Standards und Normen zu entwerfen und durchzusetzen, damit es beispielsweise keine Inkonsistenzen bei der Eingliederung neuer Unternehmen in eine weltweite Supply Chain gibt. Solche eine Standardisierung existiert bei RFID-Systemen bereits, bei RFID-Sensorsystemen hingegen sind noch große Anstrengungen zu vollziehen, um die nötigen Standards zu verabschieden. Eine einfache gegenseitige Anpassung der vorhandenen Prozesse und Softwaresysteme an die neuen, durch die RFID-Technik unterstützten, Prozesse muss gewährleistet werden. Auch hier kann eine Standardisierung hilfreich sein. Wenn der Realisierung nichts mehr im Wege steht, gilt es Herr der Datenflut zu werden, die solch ein RFID-System in der Lage ist kontinuierlich zu produzieren. D.h. welche Daten sind unbedingt nötig, welche Daten sind absolut unwichtig und wie erhalte ich die zukünftige Flexibilität meiner Investition ohne mir „neue“ und „bessere“ Systeme anschaffen zu müssen.

Neben der Frage der wirtschaftlichen Rentabilität und der technischen Realisierbarkeit, stellt sich drittens die Frage nach der **gesellschaftlichen Akzeptanz**. Die weite Verbreitung der RFID-Tags - gerade in Alltagsgegenständen - lässt diesen Aspekt immer wichtiger werden. Sicherheit und Datenschutz sind Aufgaben die in jedem Fall - gerade auch aus rechtlichen Gründen - gewährleistet werden müssen. So muss z.B. garantiert werden können, dass die Daten eines mit einem RFID-Tag ausgestatteten Reisepasses in der Hosentasche des Besitzers nicht ungewollt ausgelesen werden können oder dass der mit einem RFID-Tag versehene Schlüssel nicht unbefugt aus der Ferne kopiert werden kann. Der „Besitzer“ des RFID-Tags muss also jederzeit in der Lage sein, den „Zustand“ seiner RFID-Tags zu schützen und gegebenenfalls zu sichern. Solche Zweifel könnten durch Verschlüsselungsalgorithmen oder eine Passwortabfrage beim Auslesen gelöst werden.

Für eine erfolgreiche Einführung der RFID-Technik sind diese 3 Aspekte - die technische Realisierbarkeit, die wirtschaftliche Rentabilität und die gesellschaftliche Akzeptanz - als notwendige Bedingungen zu nennen. Dabei sind diese Aspekte nicht als voneinander unabhängig zu betrachten, sondern es bestehen Interdependenzen. Um diese erfolgreich zu erreichen, wird in dieser Arbeit ein Modell entwickelt, das Entscheidungsträgern Methoden zur Verfügung stellt, um vor einer Einführung globaler RFID-Systeme und RFID-Sensorsysteme die wichtigsten Faktoren den Anforderungen anzupassen und zu überprüfen. Eine ausführliche Analyse der Gemeinsamkeiten und Unterschiede verschiedener Praxisbeispiele und Anwendungsdomänen auf die anwendungsspezifischen Kriterien der RFID-Systeme und RFID-Sensorsysteme wird dafür vorgenommen. Die Vorgehensweise der vorliegenden Arbeit gliedert sich folgendermaßen.

1.3 Struktur

Kapitel 2 ist das Grundlagen-Kapitel dieser Arbeit. Beginnend bei automatischen Identifikationssystemen (2.1) und zweier Vertreter der Produktcodierungen UPC und EPC, werden RFID-Systeme (2.2) und deren einzelne Bestandteile - also RFID-Tag (2.2.2) und -Reader (2.2.3) - genauer betrachtet. Im darauf folgenden Abschnitt 2.3 werden die verschiedenen Arten von Sensoren vorgestellt, die in 2.4 in Verbindung mit RFID-Systemen zu RFID-Sensorsysteme erweitert werden. 2.5 stellt die RFID- Middleware vor, die bei größeren Systemen zwischen der RFID-Hardware und bestehender ERP-Systeme zur reibungslosen Interaktion benötigt wird. Abschließend wird ein Definition des Begriffes der „Anwendungsdomäne“ (2.6) gegeben.

Das 3. Kapitel stellt verschiedene Praxisbeispiele bzw. -szenarien vor, die alle RFID-Systeme - und zum Teil auch schon RFID-Sensorsysteme - einsetzen. Unterteilt nach den verschiedensten Einsatzgebieten (Distribution, Entsorgung, Ersatzteile, Lagerlogistik, Produktion, Tiefkühl und Track & Tracing) werden Berührungspunkte und Abweichungen herausgestellt.

Ausgehend von den Erkenntnissen aus Kapitel 3, wird in Kapitel 4 ein Modell entwickelt, dass Anhaltspunkte für die praktische Einführung und Umsetzung von RFID-Systemen und Sensorsystemen im Unternehmen - und über dessen Unternehmensgrenzen hinweg - geben soll. Dabei wird ausführlich auf die einzelnen Elemente des Modells eingegangen, die anschließend mit den konkreten Anforderungen der untersuchten Anwendungsszenarien verglichen werden.

In Kapitel 5 wird sowohl eine Zusammenfassung der Erkenntnisse aus den vorhergehenden Kapiteln als auch ein Ausblick auf die zukünftigen Entwicklungen und Potentiale von RFID-Systemen und -Sensorsystemen im unternehmerischen und privaten Alltag gegeben.

Kapitel 2: Grundlagen

Kapitel 2 stellt die für diese Arbeit wichtigen technischen Grundlagen heraus. In 2.1 werden generell alle automatischen Identifikationssysteme kurz vorgestellt, nachdem 2.2 RFID-Systeme als deren Vertreter und die Technologien die dahinter stehen näher beleuchtet. Sensoren (2.3) und deren Kombination mit RFID-Tags werden in 2.4 erläutert. Eine Erläuterung der RFID-Middleware und eine Definition des Begriffes „Anwendungsdomäne“ geben dann die Abschnitte 2.5 und 2.6.

2.1 Automatische-Identifikationssysteme

In vielen Bereichen der Logistik, der Produktion, des Handels und sogar des täglichen Lebens finden sich automatische Identifikationssysteme (Auto-ID) schon seit Jahren und haben sich seit dem stetig weiterentwickelt. Dabei geht es vor allem um die eindeutige Markierung und Identifizierung eines individuellen Objektes oder einer Objektmenge mit gleichen Eigenschaften. Diese eindeutige Kennzeichnung lässt sich dann mit entsprechend relevanten Informationen verknüpfen [Finkenzeller 2006, S. 1].

Eine Unterteilung der wichtigsten Auto-ID-Verfahren lässt sich nach [Finkenzeller 2006, S. 2-7], wie in Abbildung 4 dargestellt, vollziehen.

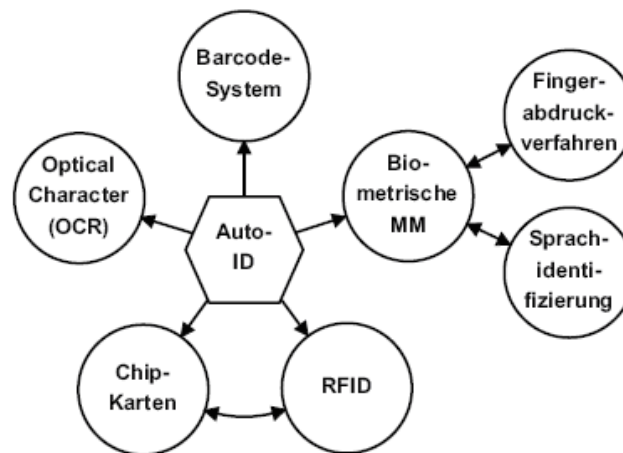


Abbildung 4: Zusammenfassende Übersicht der wichtigsten Auto-ID-Verfahren [Finkenzeller 2006, S. 2]

Barcode-Systeme sind heutzutage in nahezu jedem Supermarkt im Einsatz. Alle Produkte sind dabei mit einem Barcode (Strichcode) versehen um beispielsweise an der Kasse den Bezahlvorgang durch optisches Auslesen zu beschleunigen. Die Eindeutigkeit besteht hierbei in der Breite, der Anordnung und den Abständen der einzelnen Striche. Einer der bekanntesten Vertreter der Barcodes ist der EAN-Code (European Article Number).

Bei **Optical Character Recognition-Systemen (OCR)** steht die maschinelle Lesbarkeit von Text im Vordergrund. Spezielle Schrifttypen sollen die optische Lesbarkeit verbessern und so die Informationsdichte erhöhen.

Biometrische Verfahren ziehen ihre Eindeutigkeit aus den unverwechselbaren Merkmalen des Menschen, so sind dies beispielsweise die Fingerabdrücke oder die Sprache der jeweiligen Person.

Die Besonderheit der **Chipkarten** liegt darin, dass sie einen elektronischen Datenspeicher integriert haben (Speicherkarten, z.B. Karten der gesetzlichen Krankenkassen) und gegebenenfalls zusätzlich mit Rechenleistung (Mikroprozessorkarten, z.B. EC-Karten) ausgestattet sind. Durch das Einstecken der Karte in ein Lese- bzw. Schreibgerät werden die Chipkarten über einen direkten Kontakt „mit Energie und einem Takt versorgt“, wodurch dann ein Lese- oder Schreibvorgang angestoßen werden kann.

Der Fokus dieser Ausarbeitung liegt auf der **RFID-Technik**. RF steht für Radio Frequency und bedeutet das die Daten durch Funkwellen übertragen werden, ID symbolisiert die Abstammung von Auto-ID und somit die eindeutige Kennzeichnung der Objekte. Wenn man von RFID spricht, meint man im allgemeinen die RFID-Systeme. Solche RFID-Systeme unterscheiden sich von gewöhnlichen Chipkarten vor allem durch den kontaktlosen Lese- oder Schreibvorgang. Die Energieversorgung und der Datenaustausch erfolgen hier über magnetische oder elektromagnetische Felder. Der Vorteil der sich daraus ergibt ist, dass es keine Kontakte gibt, die durch Korrosion, Verschmutzung oder Abnutzung die Qualität verlieren. Die Techniken, die in RFID-Systemen zur Anwendung gelangen, basieren auf der Funk- und Radartechnik.

Jedes ID-System hat seine individuellen Stärken und Schwächen. In Tabelle 1 werden diese Vor- und Nachteile der verschiedenen ID-Systeme nach [Finkenzeller 2006, S. 8] vergleichend gegenübergestellt. Dabei zeigt sich auch hier die enge Verwandtschaft der RFID-Systeme mit den kontaktbehafteten Chipkarten.

Parameter	Barcode	OCR	Biometrie	Chipkarte	RFID-Systeme
Typische Datenmenge/Byte:	1 ~ 100	1 ~ 100	–	16 ~ 64k	16 ~ 64k
Datendichte	gering	gering	hoch	sehr hoch	sehr hoch
Maschinenlesbarkeit	gut	gut	aufwändig	gut	gut
Lesbarkeit durch Personen	bedingt	einfach	schwer	unmöglich	unmöglich
Einfluss von Schmutz/Nässe	sehr stark	sehr stark	–	möglich (Kontakte)	kein Einfluss
Einfluss von (opt.) Abdeckung	totaler Ausfall	totaler Ausfall	möglich	–	kein Einfluss
Einfluss von Richtung und Lage	gering	gering	–	eine Steckrichtung	kein Einfluss
Abnutzung, Verschleiß	bedingt	bedingt	–	Kontakte	kein Einfluss
Anschaffungskosten Elektronik	sehr gering	mittel	sehr hoch	gering	mittel
Betriebskosten (z. B. Drucker)	gering	gering	keine	mittel (Kontakte)	keine
unbefugtes Kopieren/Ändern	leicht	leicht	unmöglich	unmöglich	unmöglich
Lesegeschwindigkeit (incl. Handhabung des Datenträgers)	gering ~ 4 s	gering ~ 3 s	sehr gering > 5 ... 10 s	gering ~ 4 s	sehr schnell ~ 0,5 s
Maximale Entfernung zwischen Datenträger und Lesegerät	0 ... 50 cm	< 1 cm (Scanner)	direkter Kontakt	direkter Kontakt	0 ... 5 m, Mikrowelle

Tabelle 1: Vergleich verschiedener ID-Systeme [Finkenzeller 2006, S. 8]

So wichtig wie der UPC (Universal Product Code) für die Barcode-Systeme ist, so wichtig ist der EPC (Electronic Product Code) für RFID-Systeme. Abschnitt 2.1.1 und 2.1.2 beschreiben die Besonderheiten von UPC und EPC.

2.1.1 UPC

Der Universal Product Code (UPC) stieß bei seiner Einführung aufgrund verschiedener Sicherheitsbedenken genauso auf Misstrauen, wie sein europäisches Pendant, der EAN-Code (European Article

Numbering) [Finkenzeller 2006, S. 236]. Erst durch die Gründung eines Ausschusses und deren eingeführte standardisierte Richtlinien, dass Barcodes aus bestimmter Entfernung und verschiedenem Winkel lesbar sein müssen, dass sie einfach und billig zu drucken sein müssen, um für eine erfolgreiche Umsetzung auf allen nur denkbaren Produkten applizierbar zu sein und dass sie sich letzten Endes innerhalb von 30 Monaten amortisieren müssen, verhalf dem Barcode zum Durchbruch. Die Zahl der Barcode Scanner in den Lebensmittelläden stieg von unter 1% im Jahre 1970, über 10% im Jahr 1981 bis gut über 85% heute und damit war der UPC das erste Barcode-Modell, welches sich etablieren konnte. Dies war zum großen Teil den technologischen Erfindungen des Lasers und des ICs (Integrated Circuit) zu verdanken [Shepard 2005, S. 25-26].

Der UPC Version A ist der am häufigsten eingesetzte Code der fünf verschiedenen UPC Versionen. Wie in Abbildung 5 (a) dargestellt, ist er in zwei 6-stellige Zahlen unterteilt. Die erste Ziffer ist immer eine Null, ausgenommen es handelt sich dabei um Produkte mit variablem Gewicht, wie zum Beispiel Fleisch. Die darauf folgenden 5 Ziffern stehen für den eindeutigen Hersteller und die nächsten fünf für das eindeutige Produkt. Bei der zwölften Ziffer handelt es sich um eine Ziffer für die Prüfsumme. Dieser Code kann auch bei Bedarf in einer kleineren Darstellung durch den UPC Version E präsentiert werden (vgl. Abbildung 5 (b)), indem die Nullen durch bestimmte Algorithmen umkodiert und weggelassen werden. Der UPC ist eine Teilmenge des EAN-Codes, wodurch alle Scanner, die den EAN-Code lesen können auch den UPC lesen können [Shepard 2005, S. 26-30]. [Schoblick 2005, S. 182] merkt an, dass das Fehlen eines Ländercodes auf die primäre Ausrichtung auf den US amerikanischen Markt hinweist.

EAN-Code

Die Kodierungen des EAN-13 und EAN-8 (vgl. Abbildung 5 (c) und (d)) werden nach einem ähnlichen Prinzip kodiert, beinhalten aber zusätzlich einen 2- bzw. 3-stelligen Ländercode. Ohne zusätzlichen Platzbedarf kann eine 13. Ziffer dargestellt werden. Weiter besitzen sie die Fähigkeit, sowohl von links nach rechts als auch andersherum korrekt gelesen werden zu können, was seine schnelle und eindeutige Identifikation ermöglicht [Schoblick 2005, S. 185-186].



Abbildung 5: (a) UPC Version A, (b) UPC Version E, (c) EAN-13 und (d) EAN-8

Diese beiden parallel existierenden Standards (UPC bzw. EPC), die beide an sich die gleiche Aufgabe haben, deuten daraufhin, dass eine globale Lösung für die vereinheitlichte Kennzeichnung von Waren und Dienstleistungen angestrebt werden muss. Dabei soll der EPC die entscheidende Rolle übernehmen.

2.1.2 EPC-Gen-1

Das Bedürfnis, Produkte weltweit über das Internet zu identifizieren, rief das Auto-ID Center, eine vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) gegründete Non-Profit-Organisation, ins Leben. Das Interesse der daran beteiligten Unternehmen lag vor allem in der Standardisierung des EPCs (Electronic Product Code), um über die gesamte Supply Chain mittels RFID den Status der Produkte und Dienstleistungen zu verfolgen. Im Oktober 2003 resultierte aus dem Auto-ID Center zum Einen das Auto-ID Lab, das sich den Forschungsaktivitäten auf diesem Gebiet widmet. Zum Anderen entstand das EPCglobal, das bei der Einführung und Unterstützung dieser Technologie bei Produkt- und Handelsunternehmen helfend zur Seite steht. EPCglobal baut mit seiner Arbeit historisch auf dem EAN-Code auf. Diese „EPCglobal Network“ genannte Technologie bietet 5 Basisdienste. Den EPC selbst (eindeutige Kennzeichnung), das Identifikationssystem (EPC-Transponder und Lesegeräte), die EPCglobal Middleware (Softwareschnittstelle in das globale Netz und Verwaltung der erfassten Informationen), den Discovery Service (Dienste zum Auffinden von Informationen im EPCglobal Network) und den EPC Information Service (Austausch EPC-bezogener Daten zwischen Handelspartnern). Wie die Komponenten dieser Basisdienste beispielhaft zusammenarbeiten können zeigt Abbildung 6.

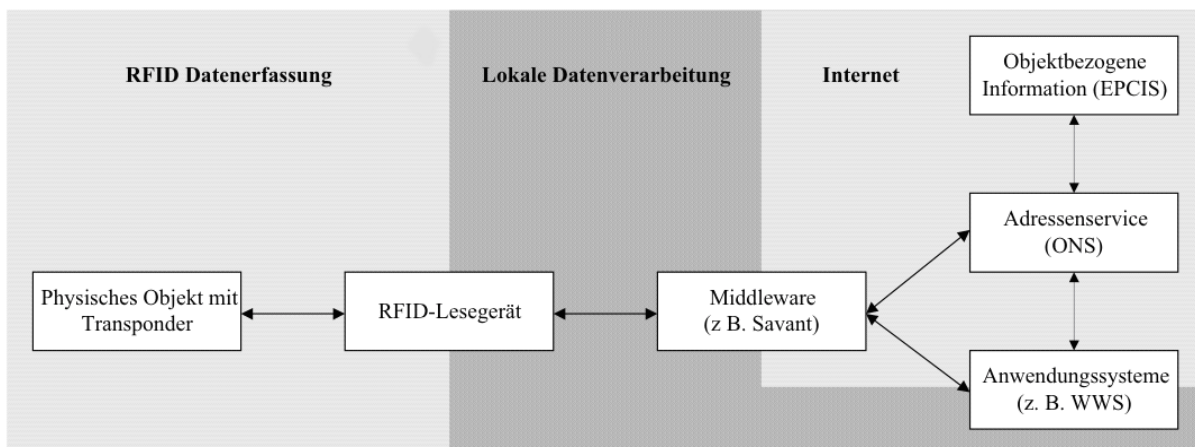


Abbildung 6: Zusammenspiel unterschiedlicher Komponenten des EPCglobal Network, nach [Finkenzeller 2006, S. 309]

2.1.3 EPC-Gen-2

An der Spezifikation von Gen-2 haben etwa 60 Technologieunternehmen mitgewirkt. Er beinhaltet eine Beschreibung der Luftschnittstelle und eine Spezifikation der Datenformate des EPC. Wie in Abbildung 7 und nach [Füßler 2006, S. 34] dargestellt, wird der Speicher des RFID-Tags in 4 unabhängige Bereiche aufgeteilt. Der EPC-Gen-2 und insbesondere dessen **EPS-Speicherbereich** bauen auf den Erkenntnissen des EPC-Gen-1 auf und sind somit vollständig zum EAN-Code kompatibel. Der EPC-Gen-1 gliedert sich in einen EPC-Manager, eine Objektreferenz, eine Seriennummer und einen

Header. Der komfortablen Selektion der relevanten Informationen die der RFID-Tag enthält, dient der Filterwert. Außerdem gewährleisten die Kontrolldaten die Korrektheit der gesendeten und empfangenen Daten. Die **Tag-ID-Nummer** trägt zur Vermeidung von Kollisionen beim gleichzeitigen Auslesen mehrerer RFID-Tags bei. Neben diesen beiden notwendigen Speicherbereichen gibt es auch zwei optionale: Ein **reservierter Bereich** für Passwörter und ein Bereich für **Anwendungsdaten**.

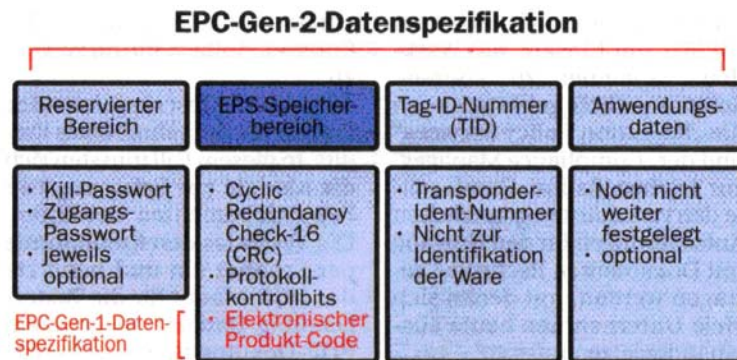


Abbildung 7: EPC-Gen-2-Datenspezifikation [Füßler 2006, S. 34]

Durch diese Erneuerung des Standards resultieren mehrere Leistungssteigerung für die Anwendung [Füßler 2006, S. 34], [Finkenzeller 2006, S. 309]:

- Der Dense-Reader-Mode gewährleistet, dass sich mehrere RFID-Reader nicht gegenseitig beim Auslesen behindern,
- mittels Codierung können die RFID-Tags auch bei Störerauschen fremder Anwendungen ausgelesen werden,
- Verbesserungen beim Schreibvorgang machen es möglich, dass der Inhalt eines RFID-Tags direkt am Objekt und aus der Anwendung heraus geändert werden kann,
- für die Erleichterung der Umstellung von der Barcode- auf die RFID-Technologie kann der RFID-Tag mehrere identische EPC enthalten und
- in Europa konnte die Lesegeschwindigkeit verdoppelt werden.

In Tabelle 2 wird eine Unterteilung wie sie [Sweeney 2005, S. 49ff], das Auto-ID Center in [EPCglobal 2005, S. 8] und [Finkenzeller 2006, S. 314 f.] vornimmt zusammengeführt.

Class 0	Nicht beschreibbarer passiver RFID-Tag (RO: Read Only).
Class 0+	Einmal beschreibbarer passiver RFID-Tag und lesbar mit Class 0 Protokoll.
Class I	Einmal beschreibbarer passiver RFID-Tag mit 64 oder 96 Bit EPC (WORM: Write Once, Read Multiple).
Class II	Einmal beschreibbarer passiver RFID-Tag mit Speicher und Sicherheitsfunktionen (RW: Read and Write).
Class III	Mehrmals beschreibbarer aktiver RFID-Tag (RW: Read and Write)
Class IV	Mehrmals beschreibbare aktive RFID-Tags (mit integrierten Sensoren) können untereinander kommunizieren (RW: Read and Write).
Class V	Wie Class IV und zusätzliche Kommunikation mit Class I, II und III möglich.
Gen 2	Einmal beschreibbarer passiver RFID-Tag mit Kill-Kommando, mindestens 224 Bit Speicher, davon 96 Bit EPC Daten, 32 Bit Kontrolldaten und die restlichen Bit für Anwendungsdaten. Langfristig werden sie die Class 0 und I ersetzen.

Tabelle 2: Klassifizierung von RFID-Tags

2.2 RFID-Systeme

In diesem Abschnitt wird auf die einzelnen Komponenten eines RFID-Systems und deren Unterscheidungsmerkmale eingegangen.

2.2.1 Komponenten eines RFID-Systems

Über die Anzahl der Bestandteile eines RFID-Systems herrscht in der Literatur geteilte Meinung. [Sweeney 2005, S. 78 f.] stellt 4 Komponenten heraus, die für den erfolgreichen Betrieb nötig sind. Mindestens ein RFID-Tag (Transponder, engl. der Antwortgeber) der die eindeutige Information zur Identifizierung enthält, eine Antenne am RFID-Reader, für die Kommunikation zum RFID-Tag, ein RFID-Reader (Sende- und Empfangsgerät), der dafür zuständig ist, die empfangenen Informationen an die Middleware weiterzuleiten und die Middleware selbst, welche die unzähligen Informationen bündelt und an die verschiedensten Software Systeme kanalisiert weitergibt.

Für [Shepard 2005, S.55 f.] hingegen besteht ein RFID-System nur aus 3 Komponenten, denn er betrachtet die Antenne als Bestandteil des RFID-Readers, erwähnt jedoch das Trägermedium Luft als eine kritische „Komponente“, die spezieller Aufmerksamkeit bedarf.

Eine weitere Betrachtungsweise vertritt [Finkenzeller 2006, S. 7 ff.]: Um eine gewisse Flexibilität zur Klassifizierung der Vielfalt der RFID-Systeme zu wahren, beschränkt er sich auf 2 Grundbestandteile

jedes RFID-Systems. Der RFID-Tag und der RFID-Reader. Diese Beschränkung auf 2 Elemente ist darauf zurückzuführen, dass es zum Beispiel bei der EAS keines Backends bzw. keiner Middleware bedarf, um den Status nicht-bezahlt/bezahlt zu überprüfen, da der RFID-Tag an der Kasse beim Bezahlen „verstimmt“ wird. Der Alarm wird idealerweise nur dann ausgelöst, wenn ein funktionstüchtiger RFID-Tag im Feld erkannt wird.

Letzte Betrachtungsweise ist eine sehr theoretische, da es in der Praxis sehr selten vorkommt, dass ein Unternehmen keine Anwendung mit dem RFID-System verbinden wird und somit kann die Anwendung als dritte Komponente betrachtet werden.

Der RFID-Tag besteht aus einem Koppellement (Spule, Antenne) und einem elektronischen Mikrochip, worauf in 2.2.2 näher eingegangen wird. Der RFID-Reader, welcher in der vorliegenden Arbeit immer als Synonym für Lese- und Schreibgerät benutzt wird, besitzt ein Hochfrequenzmodul (Sender und Empfänger), eine Kontrolleinheit sowie ein Koppellement, dass wie in Abbildung 8 dargestellt, den Takt und die Energie, die zum Auslesen und Beschreiben des RFID-Tags nötig sind, überträgt. Hierdurch kommt es dann zum Datentransfer zwischen RFID-Reader und RFID-Tag. Eine Schnittstelle vom RFID-Reader zu anderen Systemen bzw. Applikationen ermöglicht den Austausch von Daten.

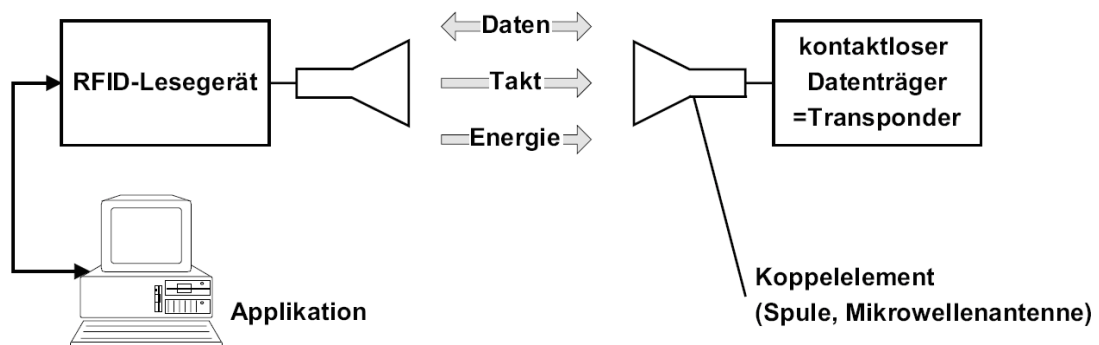


Abbildung 8: RFID-Reader und RFID-Tag sind die Grundbestandteile jedes RFID-Systems

[Finkenzeller 2006, S. 7]

2.2.2 RFID-Tag

Nach folgenden Eigenschaften lassen sich RFID-Tags unterscheiden.

Bauform

RFID-Tags werden in den verschiedensten Bauformen angeboten: Münzen aus Spritzguss, Polystyrol oder Epoxydharz, Glas- oder Plastikgehäuse, bis hin zu RFID-Tags integriert in Schlüsselanhängern und Uhren.

Die Bauform ID-1 (z.B. Kreditkarten) eignet sich durch seine spezielle Bauweise vor allem für die Anbringung einer großen Spulenfläche, woraus eine hohe Reichweite innerhalb induktiv gekoppelter

RFID-Systeme resultiert. Smart Labels zeichnen sich hingegen durch Ihre Flexibilität und leichte Applizierbarkeit aus und sind auf Endlosrollen lieferbar.

Der Trend zur Miniaturisierung der Technik, worunter [Mattern 2005, S.39ff.] das „Ubiquitous Computing“ versteht, vergrößert die Nachfrage nach immer kleineren RFID-Tags. So werden bei den Coil-on-chips durch einen speziellen Mikrogalvanikprozess die Antennen direkt auf dem Mikrochip integriert. Durch dieses Verfahren lassen sich Baugrößen von $3 \times 3 \text{ mm}^2$ realisieren [Finkenzeller 2006, S. 14-21]. Dies zeigt beispielhaft, dass den RFID-Tags kaum Grenzen in Form und Aussehen gesetzt sind. Einschränkungen ergeben sich lediglich durch leitende Materialien (z.B. Metall, Wasser), die das Energiefeld abschwächen.

Energieversorgung

Ein wichtiges Kriterium bezüglich der Mobilität und Autarkie von RFID-Tags ist die Energieversorgung, welche entweder durch magnetische oder durch elektro-magnetische Energiefelder durchgeführt werden. Hierbei wird zwischen passiven und aktiven bzw. „semi-passiven“ RFID-Tags differenziert [Finkenzeller 2006, S. 23-25].

Die passiven RFID-Tags erhalten ihre benötigte Energie vollständig über das Energiefeld des RFID-Readers, worüber auch die Daten gesendet und empfangen werden können. Das bedeutet, dass der RFID-Tag kein Signal senden kann, wenn er sich nicht in einem Energiefeld befindet. Beim sequentiellen Verfahren speichert der Tag die Energie des Feldes. Beim Voll- und Halbduplexverfahren wird das Feld des RFID-Readers beeinflusst.

Dadurch, dass aktive RFID-Tags eine eigene Energieversorgung besitzen, kann neben der Erhöhung der Reichweite auch eine Verringerung des Energiefeldes, das nur noch zur Datenübertragung verwendet wird, erreicht werden. Jedoch sind auch sie nicht selbständig in der Lage ein Hochfrequenzsignal zu erzeugen. Daher bezeichnet man sie auch häufig als „semi-passive“ RFID-Tags.

Speicherkapazität

Je nach Anwendungsgebiet wird die Speichergröße ausschlaggebend sein. Bei einer Massenanwendung spielt der Preis eine erhebliche Rolle, und man wird einen günstigen Read-only-Speicher mit eindeutiger Identität wählen. Weitere Informationen werden dann anhand dieser Identität über die Middleware mit einer Datenbank verknüpft. [Finkenzeller 2006, S. 30]

Weitaus flexibler sind die EEPROM- (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) und die batteriegepufferte SRAM-Speichertechnologien (Static Random Access Memory), da es sich hierbei um mehrmals beschreibbaren Speicher handelt. Erstere Technologie wird häufig bei induktiv gekoppelten Systemen mit 16 Byte bis 8 kByte Speicher zu finden sein, die zweite Technologie bei Mikrowellen-Systemen mit Speicherkapazitäten von 256 Byte bis zu 64 kByte.

Informationsverarbeitung

Die Anforderungen der Speichergröße an die Komplexität der Informationsverarbeitung illustriert Abbildung 9.

Entsprechend der Komplexität der benötigten Informationsverarbeitung unterscheidet [Finkenzeller 2006, S. 25-27] zwischen Low- bzw High-end-Systemen. Eine Zwischenform stellt die „State-Machine“ dar, durch die einfache fest codierte Kommandos abgearbeitet werden können, welche Lese- und Schreibzugriffe beherrschen. Dadurch sind sie im Stande mittels eines Antikollisionsverfahren den negativen Einfluss mehrerer RFID-Tags im Lesebereich zu entschärfen. Überdies beherrschen sie auch Authentifizierungs- und Verschlüsselungsmechanismen. Auch diese System können auf allen RFID-Frequenzen betrieben werden.

Die EAS und die „fixed code transponder“ gehören zu den Low-end-Systemen, die sich durch eine geringe Größe und einen geringen Preis auszeichnen. Diese Read-only-Systeme können außerdem auf allen RFID-Frequenzen betrieben werden und eignen sich besonders zur Substitution von Barcode-Systemen.

High-end-Systeme, die fast ausschließlich im 13,56 MHz Bereich betrieben werden, zeichnen sich durch den Einsatz eines Mikroprozessors und einem Betriebssystem aus, wodurch sich erheblich komplexere Verschlüsselungs- und Authentifizierungs-Algorithmen ausführen lassen. Für noch höhere Sicherheitsansprüche können kryptografische Coprozessoren, wie sie in Dual-Interface-Chipkarten zu finden sind, eingesetzt werden.

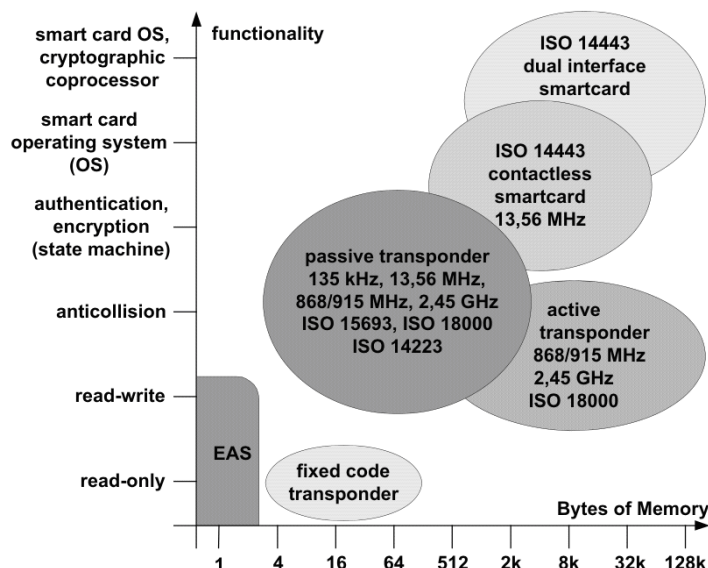


Abbildung 9: Aufteilung von RFID-Systemen in Low- und High-end-Systeme [Finkenzeller 2006, S.

Arbeitsfrequenzen

[Finkenzeller 2006, S. 28] unterscheidet zwischen zwei Frequenzbereichen. Zum Einen führt er den Bereich 100 kHz bis 30 MHz an, der bei induktiven RFID-Systemen zum Einsatz gelangt. Im Vergleich zu 1 GHz, haben Wasser oder nicht leitende Stoffe bei 100 kHz eine vielfach niedrigere Absorptionsrate und somit werden niederfrequenzere HF-Systeme vorwiegend zur Durchdringung von Objekten benutzt. Sie weisen jedoch eine höhere Empfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Störfeldern auf.

Zum Anderen verwenden Mikrowellen-Systeme den Frequenzbereich 2,45 bis 5,8 GHz. Sie besitzen eine größere Reichweite, die sie aufgrund einer Stützbatterie erreichen. Der Einsatz in Fertigungsstraßen hat sich durch die Unempfindlichkeit gegenüber Störfeldern, die hohe Speicherkapazität und die hohe Temperaturfestigkeit bewährt.

Reichweite

Bei der Reichweite werden nach [Finkenzeller 2006, S. 28 f.] drei Faktoren genannt. Die Positioniergenauigkeit des Transponders, der minimale Abstand mehrerer RFID-Tags im praktischen Einsatz und die Geschwindigkeit des RFID-Tags im Ansprechbereich des RFID-Readers. Dabei zeichnen sich die verschiedenen Systeme durch charakteristische Ansprechbereiche aus, wie Abbildung 10 zeigt.

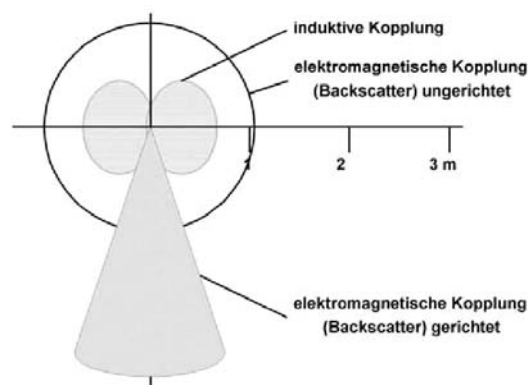


Abbildung 10: Charakteristische Ansprechbereiche von verschiedenen RFID-Systemen [Finkenzeller 2006, S. 29]

Sicherheitsanforderungen

Für eine breite Akzeptanz der RFID-Systeme bedarf es guter Verschlüsselungs- und Authentifizierungsmechanismen. [Finkenzeller 2006, S. 29 f.] führt dafür an, dass das Risiko ausreichend genau beurteilt werden muss. D.h. ob es sich um „industriell oder geschlossene“ Systeme oder um „öffentliche Anwendungen in Verbindung mit Geld- und Sachwerten“ handelt. Dies verdeutlicht, dass es genau darauf ankommt wer Zugang zu dem System hat und welchen Nutzen er durch Manipulation des Systems erlangt. In [Fishkin 2005] und [Henrici 2004] werden einige Methoden vorgestellt, Sicherheitsanforderungen umzusetzen. Ein Leitfaden bezüglich des Datenschutzes und RFID-Technologie

findet sich unter [EICAR 2006] und auch das amerikanische National Institute of Standards and Technology hat in [NIST 2007] eine Richtlinie veröffentlicht, wie man RFID-Systeme sicher gestalten kann.

2.2.3 RFID-Reader

Um die Daten des RFID-Tags auslesen zu können, benötigt man einen RFID-Reader. Die Kommunikation zwischen Tag und Reader erfolgt nach dem Master-Slave-Prinzip, wie Abbildung 11 schematisch darstellt, d.h. die Anfrage geht immer vom Master aus und wird vom Slave beantwortet. Der RFID-Reader hat folgende Aufgaben: Den RFID-Tag zu aktivieren, mit ihm die Kommunikation zu beginnen und gegebenenfalls die Daten an die Applikation weiterzuleiten. Somit werden die Eigenarten der kontaktlosen Kommunikation - Verbindungsaufbau, Antikollision, und Authentifizierung - allein vom RFID-Reader durchgeführt. Obwohl es einige Unterschiede zwischen RFID-Systemen gibt, wie Abschnitt 2.2.4 näher erläutert, ist das Funktionsprinzip und die Bauweise der meisten RFID-Reader gleich. Sie bestehen aus zwei notwendigen Bauteilen: Der Steuerung, die das Protokoll für die Signalcodierung enthält, und dem HF-Interface, welches einen Empfänger und einen Sender enthält [Finkenzeller 2006, S. 355 f.].

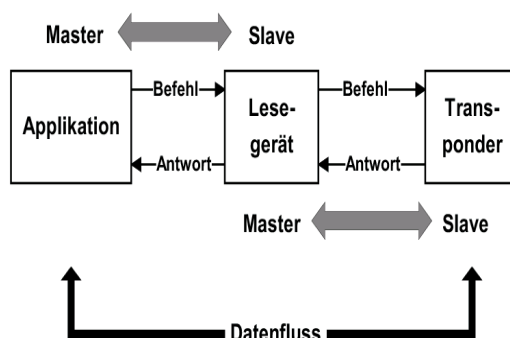


Abbildung 11: Master-Slave-Prinzip [Finkenzeller 2006, S. 355]

Nach dem Verwendungszweck werden RFID-Reader in verschiedenen Ausführungen angeboten. Es wird dabei zwischen OEM (Original Equipment Manufacturer) Reader, die direkt in fertige Produkte - wie zum Beispiel Kassensystemen - integriert sind, industriellen Reader (Montage- und Fertigungsanlagen) und portablen Reader, die mit allen nötigen Schnittstellen für mobile Anwendungsszenarien ausgestattet sind unterschieden. Daneben gibt es zahlreiche andere Sonderbauformen von RFID-Reader [Finkenzeller 2006, S. 372 ff.].

2.2.4 Unterscheidungsmerkmale von RFID-Systemen

Folgender Abschnitt gibt einen Überblick, durch welche Merkmale sich RFID-Systeme unterscheiden lassen. Die verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten stellt Abbildung 12 grafisch dar. Die einzelnen Merkmale werden im folgenden erläutert.

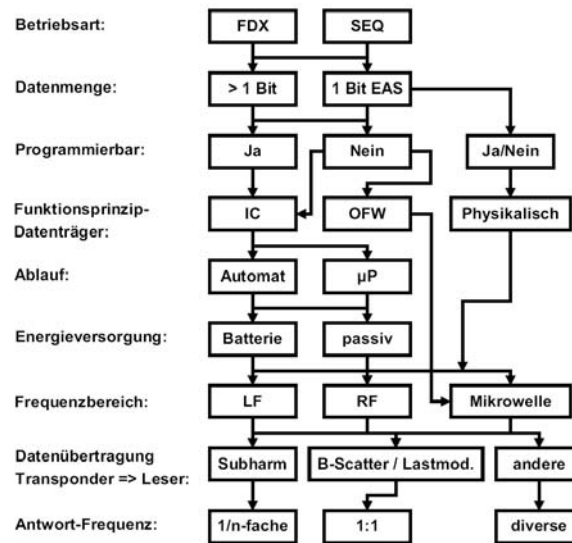


Abbildung 12: Verschiedene Unterscheidungsmerkmale von RFID-Systemen [Finkenzeller 2006, S. 11]

Unter der **Betriebsart** versteht man die zeitlichen Kommunikationsabläufe innerhalb der RFID-Systeme [Schoblick 2005, S. 142 f.].

- FDX und HDX (Voll- und Halbduplex-Systeme): Das Energiefeld des RFID-Readers ist permanent aktiv. Beim FDX-Verfahren können Reader und Tag gleichzeitig senden und empfangen. Beim HDX-Verfahren erfolgt die Übertragung zeitlich versetzt, wodurch RFID-Tags mit Stützbatterie die Ruhephase nutzen können, um die Batterie für das nächste Senden aufladen zu können.
- SEQ (Sequentielle Systeme): Das SEQ-Verfahren ist eine Sonderform des HDX-Verfahrens, wobei hier das Energiefeld nicht permanent, sondern nur während dem eigentlichen Sendevorgang aktiv ist, da sonst die Information durch das starke Feld des Readers überstrahlt werden würde.

Die **Datenmenge** beschreibt wie viel Daten auf einem RFID-Tag gespeichert werden können.

- > 1 Bit: RFID-Tags können bis zu mehreren Kilobytes speichern.
- 1 Bit EAS (= Elektronische Artikelsicherung): der RFID-Tag wird beim Bezahlen deaktiviert oder entfernt. Alarm wird also nur dann gegeben, wenn ein aktivierter RFID-Tag im Feld entdeckt wird.

Hierbei wird unterschieden ob ein RFID-Tag **programmierbar** ist oder nicht. Der EAS RFID-Tag stellt hierbei eine Ausnahme dar, da er durch das „Verstimmen“ beim Bezahlvorgang einer Art physikalischen Programmierung unterliegt und damit unbrauchbar gemacht wird.

Es gibt drei **Funktionsprinzipien**, wie die Datenträger arbeiten können.

- IC (Integrated Circuit)
- OFW (Oberflächenwellen-Bauelement engl.: surface acoustic wave devices)
- Physikalisch

Der **Ablauf** innerhalb des ICs hat zwei Möglichkeiten.

- Automat (Zustandsautomat)
- μ P (Mikroprozessor)

Die **Energerversorgung** des RFID-Tags kann auf zwei Weisen geschehen.

- aktiv (Batterie)
- passiv

RFID-Systeme arbeiten auf drei verschiedenen **Frequenzbereichen**.

- LF (low frequency): 30 kHz bis 300 kHz
- RF bzw. HF (radio bzw. high frequency): 3 MHz bis 30 MHz
- UHF (ultra high frequency) und Mikrowelle: 300 MHz bis 3 GHz und größer als 3 GHz

Bei der **Datenübertragung** vom RFID-Tag zum RFID-Reader kann zwischen folgenden drei Verfahrensgruppen aufgeteilt werden. Diese Gruppen sind durch das Verhältnis Sendefrequenz zu **Antwortfrequenz** gekennzeichnet.

- 1/n-fache Frequenzverhältnis: Subharmonische
- Frequenzverhältnis 1:1: B-Scatter und Lastmodulation
- n-fache Frequenzverhältnis: Diverse (z.B. Erzeugung von Oberwellen im RFID-Tag)

2.3 Sensoren und Sensorsysteme

Dieser Abschnitt gibt einen Überblick über das weite Feld der Sensoren. Nach [Eissler 1996, S. 1 f.] ist die fortschreitende Automatisierung und Rationalisierung innerhalb der Wirtschaft ein Grund für den Einzug von Sensoren in immer mehr Einsatzgebieten. Durch sie können Kosten eingespart werden, indem die Sensoren beispielsweise in bestimmten Bereichen das „menschliche Auge“ ersetzen. Die Sensoren können schneller und genauer die hergestellten Produkte nach fest eingestellten Kriterien (z.B. Qualitätsvorgaben) kontrollieren und tragen dadurch zu einer Qualitätsverbesserung bei.

2.3.1 Der Sensor

Nach [Elbel 1996, S. 1] sind Messfühler, Messwertaufnehmer und Wandler nur einige Begriffe der klassischen Messtechnik, die das erste Glied einer Messkette bezeichnen. Erst während der fortschreitenden Durchdringung der Mikroelektronik in die verschiedensten Gebiete im Zeitalter der Informatik

prägte sich der Begriff Sensor, der von dem lateinischen Wort „sensus“, was soviel wie Gefühl oder Empfindung bedeutet, abstammt. Die primäre Informationsbeschaffung ist somit die Hauptaufgabe des Sensors.

Definition: „Sensor“ (vgl. Abbildung 13) [Schiessle 1992, S. 14]

„Der Sensor ist ein technisches Bauteil, das aus einem physikalischen nichtelektrischen Messsignal ein eindeutiges elektrisches Signal erzeugt“

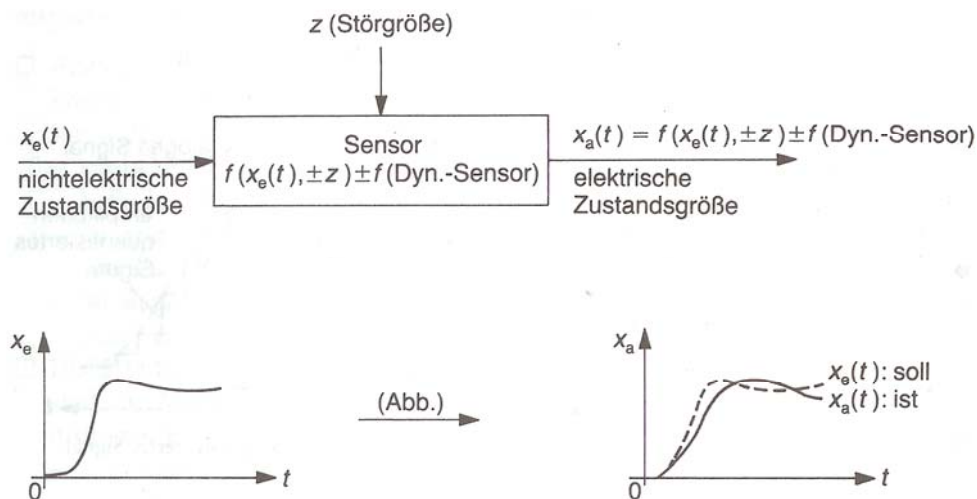


Abbildung 13: Funktion des Sensors [Schiessle 1992, S. 14]

Wie Abbildung 14 darstellt, besteht ein Sensor aus verschiedenen Baueinheiten. Das mechanische Umsetzelement nimmt die nicht-physikalische Messgröße auf und wandelt sie in eine elektrisch aufnehmbare elektrische Größe. Aus dieser Größe erzeugt das Sensorelement eine direkt verarbeitbare elektrische Größe. Dieses Signal wird an die Signalaufbereitungselektronik weitergegeben, die aus den Stufen Verstärker, Linearisierung, Filter usw. bestehen kann.

Der Elementarsensor setzt sich aus dem mechanischen Umsetzelement und dem Sensorelement zusammen, der wiederum zusammen mit der Signalaufbereitungselektronik den eigentlichen Sensor bildet. [Schiessle 1992, S. 14 f.]

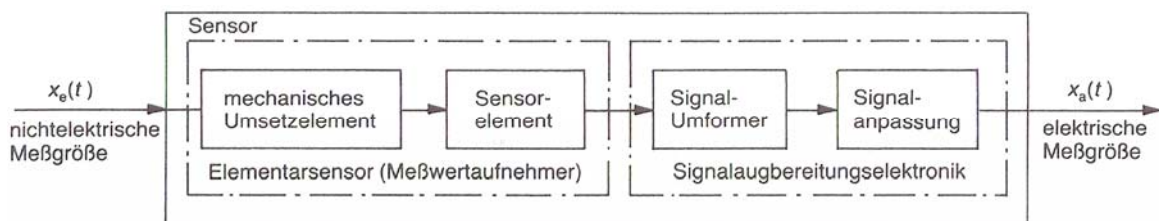


Abbildung 14: Aufbau des Sensors [Schiessle 1992, S. 15]

2.3.2 Vom Sensor zum Sensorsystem

Von einem intelligentem Sensor spricht man, wenn man einen Sensor mit einer Analog-Digital-Wandlung und/oder einer elektronischen Signalverknüpfung in einer Baueinheit verbindet. Durch die Erweiterung dieses intelligenten Sensors um eine integrierte Auswerteelektronik erhält man ein Sensorsystem. Aufgrund der sehr seltenen praktischen Anwendung von rein monolithischen Sensorsystemen, spricht man bei der Kombination mehrerer Sensorsysteme von einer Messkette (vgl. Abbildung 15). [Schiessle 1992, S. 15 f.]

[Wirsum 1994, S. 21] unterscheidet grundsätzlich zwischen Sensoren, die ausschließlich messtechnischen Zwecken dienen, Sensoren zur Steuerung und Sensorsysteme zur Automatisierung.

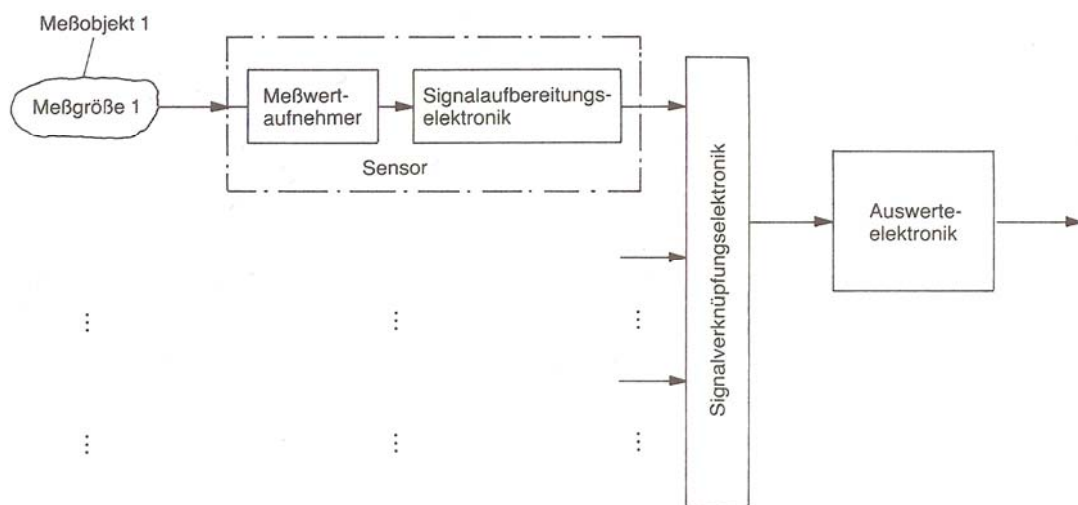


Abbildung 15: Struktur einer analogen Messkette [Schiessle 1992, S. 15]

2.3.3 Anforderungen an Sensoren und Sensorsysteme

Das Spektrum der Anwendungsszenarien ist weit und reicht von gewöhnlichen Schaltern bis hin zur komplexen Bildszenenerkennung. Sensoren machen sich dabei die verschiedensten physikalischen Prinzipien und Phänomene zu Nutzen und wandeln Prozessgrößen in elektrische Signale um. Eine Auswahl der Sensoren nach dem jeweiligen Einsatzzweck wird durch viele verschiedene Gesichtspunkte beeinflusst. So kann das Zeitverhalten, die Empfindlichkeit, der Messbereich oder die Betriebsfähigkeit trotz störender Einflussgrößen über den Einsatz entscheiden [Adam 1997, S. 13].

[Wirsum 1994, S.16 ff.] nennt in Abhängigkeit der Anwendungsfälle folgende Hauptanforderungen, die im allgemeinen an Sensoren gestellt werden.

Die **Messgenauigkeit** einer biologischen, chemischen oder physikalischen Größe hängt eng damit zusammen, diese Größe in eine proportionale elektrische Größe umzuwandeln. Daher ist es notwendig, dass die Messungen nicht durch unterschiedliche Umwelteinflüsse verfälscht werden oder diese sich zumindest nur innerhalb minimaler Fehlertoleranzen bewegen. Besonders in der Automationstechnik ist die erhöhte Reaktionsgeschwindigkeit von äußerster Bedeutung, die mit einer steigenden

Datenmenge und einer Nachfrage an mehr Rechenleistung einhergeht. Daher sollte die Aufnahmeempfindlichkeit des Sensors den Aufgaben entsprechend möglichst groß sein.

Dem Kriterium der **Zuverlässigkeit** wird ein besonderer Stellenwert zugeschrieben. Dies bedeutet, dass der Sensor absolut immun gegen jegliche Einflüsse (Nässe, Staub, Vibration, etc.) der Umgebung sein soll, wozu auch die EMV-Sicherheit (Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Störeinträgen und die Abstrahlsicherheit) gezählt wird. Durch diese Störfestigkeit resultiert eine Verbesserung der Empfindlichkeit sowie eine geringe Ausfallrate, was ebenfalls sehr wichtig für die Zuverlässigkeit ist.

Innerhalb der chemischen Industrie und der Medizin werden hohe Anforderungen an die **Sicherheit** gestellt. Zur Installation von Sensoren in explosionsgefährdeten Räumen müssen sie die Eigenschaft „eigensicher“ besitzen. Dies ist die Eigenschaft, dass in einem elektrischen Gerät trotz möglicher Funken keine Explosion gezündet werden kann.

Durch die Miniaturisierung und Integration der Sensoren wird neben der Einsparung an Bauteilen und der damit verbundenen Zunahme der Wirtschaftlichkeit, auch die Störsicherheit durch kürzere Signalwege erhöht.

Neben den Kostenvorteilen die aus einer weltweiten Standardisierung resultieren, bringt sie auch eine erhebliche Erleichterung der Montage und des Austausches nach dem Baukastenprinzip mit sich.

Nach [Adam 1997, S. 13 f.] lassen sich Sensoren anhand ihrer Komplexität folgendermaßen klassifizieren:

- Binäre Signalgeber für zweiwertige Prozesszustände
- Sensoren, die Messgrößen skalar erfassen.
- Sensoren für vektorielle Messgrößen.
- Mustererkennende Systeme.

Des Weiteren lassen sie sich auch nach anderen Kriterien klassifizieren [SensorLab 2005, 1.1]:

- Messgröße
- Aktiv und passiv
- Taktile und nicht-taktile
- Analog und digital
- Sensorprinzip
- Anwendungsbereich
- Technologischer Aufbau

- Kosten und Güte
- ...

Eine praxisorientierte Klassifizierung von Sensoren lässt sich nach den physikalischen Einflussgrößen vornehmen. Dabei sind die gängigsten Einflussgrößen die von Sensoren erfasst werden können Temperatur, magnetische Feldstärke, Luftfeuchtigkeit, elektrische Spannung, elektromagnetische Strahlung und Dehnung. [SensorLab 2005, Abschnitt 3.1]

Wenn man die Fähigkeiten von Sensoren mit den Vorteilen der RFID-Technik verbindet, so spricht man von RFID-Sensoren, die im folgenden vorgestellt werden.

2.4 RFID-Sensoren und -Sensorsysteme

Eine Erweiterung eines RFID-Tags um mindestens einen Sensor definiert man als RFID-Sensor, die Erweiterung eines RFID-Systems um solch einen RFID-Sensor definiert man hingegen als RFID-Sensorsystem. Ein RFID-Sensor zeichnet sich nach [Clasen 2006, S. 4] durch drei grundsätzliche Funktionalitäten aus:

- Erstens kann der RFID-Sensor seine Sensordaten an den RFID-Reader übertragen,
- zweitens kann er vom RFID-Reader Konfigurationsdaten empfangen und als optionale
- dritte Funktionalität können die Sensordaten im Speicher des RFID-Tags zwischengespeichert werden.

Der entscheidende Vorteil der RFID-Sensoren gegenüber kabelgebundenen Sensoren und anderen Funkübertragungsstandards ist, dass bei fehleranfälligen Kontakten diese Schwachstelle wegfällt und der Sensor seine benötigte Energie über das Energiefeld der Datenübertragung beziehen kann. Dies nutzt man beispielsweise bei der kontinuierlichen Reifendruckmessung oder der Temperaturmessung in ätzenden Chemikalien aus. [FIF 2006, S.21]

2.4.1 Sensoren mit RFID

[Finkenzeller 2006, S. 348 ff.] erwähnt, dass im Allgemeinen alle Arten von Sensoren für den Betrieb mit RFID-Tags geeignet sind, solange deren Widerstand sich proportional zur physikalischen Größe ändert. Diese Arten von RFID-Tags haben - wie Abbildung 16 zeigt - einen A/D-Wandler direkt auf dem ASIC-Chip (Application Specific Integrated Circuit). Da es sich dabei noch um anwendungsspezifische Mikrochips handelt und somit nur für individuelle Kundenwünsche produziert werden, liegen die Preise erwartungsgemäß höher als bei standardisierten Produkten. Durch spezielle Befehle kann der ermittelte Messwert aus dem A/D-Wandler gelesen werden, wohingegen periodisch ausgelesene Read-only-RFID-Tags den Messwert an die Seriennummer anhängen.

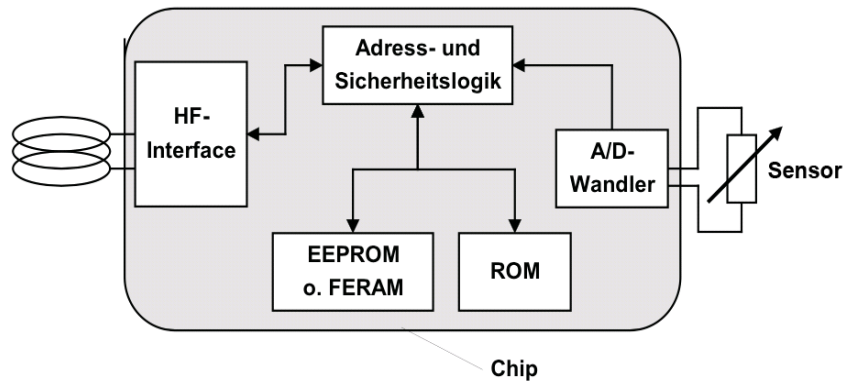


Abbildung 16: RFID-Tag mit Temperatursensor [Finkenzeller 2006, S. 348]

Ebenso wie bei den RFID-Tags wird bei den RFID-Sensoren zwischen aktiv und passiv unterschieden (vgl. [Clasen 2006, S. 4f.]).

Aktive Sensoren benötigen Strom, um selbst einen Messstrom abgeben zu können und wirken dadurch wie elektrische Signalquellen.

Bei passiven Sensoren dagegen wird zum Beispiel durch die Ausdehnung eines Dehnungsmessstreifens passiv der Widerstand gemessen wodurch sie beim Messen keinen Strom verbrauchen. Strom fließt erst beim Auslesen des Sensors. Die einfachste Ausprägung solch eines passiven Sensors ist durch den Verlust der Leitfähigkeit beim Überschreiten eines Schwellenwertes gekennzeichnet, der beispielsweise bei Erschütterungen auftreten kann.

Diese beiden Typen von Sensoren lassen sich mit allen Arten von RFID-Tags koppeln. Die Messdaten können im Speicher des RFID-Tags oder aber in einem im Sensor integrierten Speicher - der direkt über einen Port und die Luftschnittstelle ausgelesen werden kann - gespeichert werden.

Die Integrierbarkeit von Sensoren in RFID-Tags ist - wie weiter oben schon erwähnt - grundsätzlich realisierbar. Für den batterielosen (passiven) Betrieb eignen sich aber momentan nur ausgewählte Sensoren. Tabelle 3 zeigt welche Sensoren sich als aktive bzw. passive und welche sich in einer kostengünstigen Single Chip Variante realisieren lassen. [Finkenzeller 2006, S. 349]

Sensor	integrierbar	passiver RFID-Tag	aktiver RFID-Tag	Single Chip RFID-Tag
Temperatur	ja	ja	ja	ja
Feuchte	ja	ja	ja	ja
Druck	mm	ja	ja	ja
Schock	mm	ja	ja	
Beschleunigung	mm		ja	
Licht	ja	ja	ja	ja
Durchfluss	ja		ja	
PH-Wert	ja		ja	
Gase	ja		ja	
Leitwert	ja		ja	Ja

Tabelle 3: Verwendbarkeit von Sensoren für passive und aktive RFID-Tags (mm = mikromechanisch) [Finkenzeller 2006, S. 349]

Nach [Finkenzeller 2006, S. 350 ff.] gibt es noch zwei weitere Möglichkeiten zur Messung. Dies ist zum Einen die Ausnutzung des Doppler-Effektes bei Mikrowellen-RFID-Tags, bei denen über die Signallaufzeit und Änderungen der Frequenz Geschwindigkeit und Entfernung bestimmt werden können. Zum Anderen geschieht die Messung anhand des Sensoreffekts, der bei Oberflächenwellen-RFID-Tags über die Geschwindigkeit der Oberflächenwelle auf dem Piezokristall, den Druck, die Dehnung, die Biegung oder die Beschleunigung messen kann.

2.4.2 Aufbau eines RFID-Sensorsystems

Aufgrund der noch jungen Entwicklung im Bereich der RFID-Sensorsysteme, arbeitet momentan bei EPCglobal die Arbeitsgruppe „Sensor and Battery Assists Passive-Tag Joint Requirements Group“ (SB JRG) und sammelt Anforderungen an RFID-Sensoren aus Anwendersicht. Voraussichtlich während der Fertigstellung dieser Arbeit werden die Ergebnisse dieser Gruppe an die „Hardware Action Group“ (HAG) weitergereicht, welche Standards erarbeiten soll. Eine ISO/IEC-Arbeitsgruppe erarbeitet parallel Möglichkeiten die Sensorfunktionalitäten in die bestehenden Standards zu integrieren. Durch eine enge Kollaboration beider Standardisierungsbemühungen wird ein einheitlicher EPCglobal- und ISO-Standard angestrebt. Daher basieren folgende Ausführungen auf den Überlegungen der genannten Arbeitsgruppen.

Wie Abbildung 17 darstellt, werden RFID-Systeme die um Sensoren erweitert werden durch einerseits einen luftschnittstellenspezifischen Treiber und andererseits durch drei weitere Funktionalitäten innerhalb des RFID-Readers charakterisiert:

- Die Überprüfung des Status der Batterie,
- der Konfiguration des Sensors und
- die Verarbeitung der Sensordaten.

Diese sensorspezifischen Erweiterungen werden im ISO 24753 Standard definiert.

Die Kommunikation zwischen Anwendung und RFID-Reader übernimmt das Datenprotokoll aus ISO 15961.

Bei der Entwicklung von Sensorsystemen und diesen (noch nicht verabschiedeten) Standards, hat nach [Clasen 2006, S. 6] die oberste Priorität, dass die Kompatibilität zu den bereits existierenden Standards von EPCglobal gewährleistet wird. Somit wird die EPCglobal Gen-2-Luftschnittstelle (ISO 18000-6 Teil C) um zusätzliche Sensorfunktionalitäten erweitert. Für die Unternehmen, die bereits bestehende Hard- und Software im Einsatz haben, stellt dies ein Investitionsschutz dar.

Wie zu Beginn von 2.4 schon erwähnt, kann ein RFID-Sensor aus mehreren Sensoren bestehen. Jeder dieser Sensoren besitzt eine so genannte Sensor Address Map (SAM) die Informationen über die Speicheradressen enthält, wo im Transponderspeicher die Sensoreigenschaften, -konfigurationen und -daten abgelegt sind. Über den initialen Zeiger kann umgehend festgestellt werden ob sich überhaupt Sensoren auf dem RFID-Tag befinden, und wenn ja zeigt der initiale Zeiger auf einen Adressbereich aus dem zu erkennen ist, wie viele Sensoren integriert sind und die zu jedem Sensor gehörige SAM.

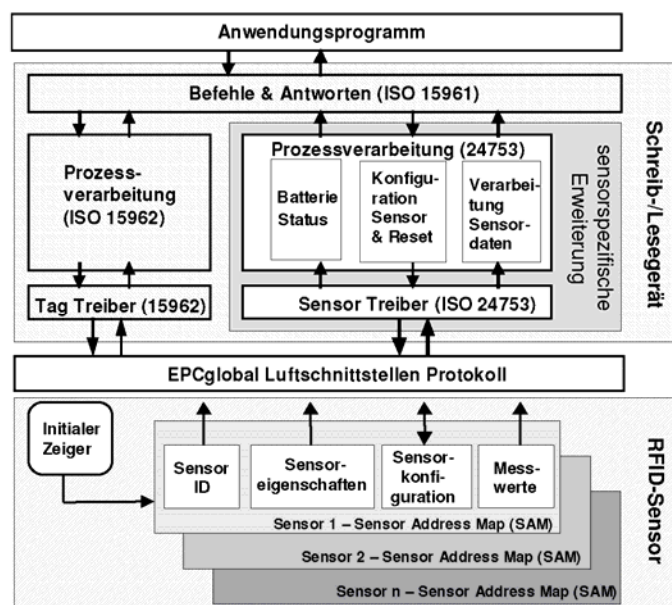


Abbildung 17: Aufbau eines RFID-Sensorsystems [Clasen 2006, S. 8]

2.5 RFID-Middleware

Neben den Anforderungen an die Hardware (RFID-Tag und –Reader), stellt die Middleware einen entscheidenden Faktor bei der Einführung von RFID-Lösungen dar. Abgesehen von der Anbindung an bestehende Systeme, gehört hier auch zur Aufgabe der Middleware, die Zuverlässigkeit, Sicherheit und Verfügbarkeit der Informationen zu gewährleisten und dabei die Flexibilität bezüglich Skalierbarkeit zu erhalten [VDEB 2006, S. 21].

Erfolgskritisch ist demnach die Integration der RFID-Systeme in die bestehenden Geschäftsprozesse und in die bestehende Infrastruktur. Der Erfolg hängt daher zu großem Maße von der Leistungsfähigkeit und Adaptierbarkeit der Middleware ab. RFID-Systeme unterscheiden sich gerade durch eine automatische und echtzeitfähige Synchronisation der realen Geschäftsprozesse mit der virtuellen Geschäftswelt (ERP-Systeme, WM-Systeme, usw.) von anderen Auto-ID Verfahren. [VDEB 2006, S. 21]

Bei der immensen Datenmenge die ein RFID-System erzeugen kann, sollten die Datenströme so nah wie möglich an der Quelle geprüft und gefiltert werden, um die angeschlossenen Systeme nicht mit falschen oder überflüssigen Daten zu beschäftigen. Die Edgeware, die entweder schon Bestandteil der RFID-Middleware ist oder von Fremdanbietern separat angeboten wird, kann diese Aufgabe übernehmen. In Zukunft wird die hier zu bewältigende Datenmenge, wie auch in anderen Bereichen der Computer Technik, weiter einen enormen Anstieg verzeichnen. Diese Aufgabe kann die Software Technologie ESP (Event Stream Processing) übernehmen, bei der es möglich ist, im Hintergrund den Datenstrom zu überwachen, zu analysieren und gegebenenfalls Aktionen anzustoßen. Eine komplexe Eventverarbeitung muss daher in der Lage sein, die gespeicherten Daten mit den aktuellen Daten kontinuierlich zu vergleichen. Zukünftige RFID-Middleware sollte in der Lage sein, nicht nur Daten zu sammeln und weiterzuleiten, sondern ein übergeordnetes System darzustellen, dass eine komplexe Verarbeitung und Auswertung der Daten realisiert. [Groß 2006]

Unter Middleware versteht man eine Ebene innerhalb eines komplexen Software-Systems, durch die andere verbundene Softwarekomponenten miteinander kommunizieren können. Dies geschieht auf einem hohen Abstraktionsniveau des Schichtenmodells. Dabei verfolgt sie folgende Aufgaben [VDEB 2006, S. 22f.]:

- Messaging (Organisation des Transportes komplexer Daten)
- Remote Procedure Calls (Vermittlung von Funktionsaufrufen zwischen Komponenten)
- Transaktions-Monitor (Herstellung von Transaktionssicherheit über unabhängige Teilsysteme)

Diese Abstraktion ermöglicht es, Systeme unterschiedlicher Hersteller und Technologien miteinander zu verbinden. Darüber hinaus stellt die RFID-Middleware Funktionen zur Überwachung, Steuerung und Wartung von RFID-Systemen bereit.

Definition: RFID-Middleware

“RFID-Middleware, auch als RFID-Manager-Software bezeichnet, stellt die Verbindung zwischen RFID-Lese-/Schreibeinrichtungen (Hardware mit Betriebssystem, Firmware) und den Verwaltungssystemen wie Lager- und Fertigungsplanungssystemen her und transportiert RFID-Leseereignisse und RFID-Schreibbefehle transaktionssicher und in Echtzeit. Man kann Middleware auch als eine Verteilungsplattform, d.h. als ein Protokoll auf einer höheren Schicht als der gewöhnlichen Rechnerkommunikation, auffassen.“ [VDEB 2006, S. 22]

Die Architektur der RFID-Middleware setzt sich aus drei wesentlichen Schichten zusammen:

- Kommunikationsschicht: Kommunikationsschnittstelle für alle Systeme
- Verarbeitungsschicht: „Intelligenz“ zur Datenverarbeitung
- Datenbankschicht: Speichert die Daten

Dies erleichtert auch die modulare Umsetzung der RFID-Middleware und lässt so Anpassungen bei sich ändernden Anforderungen durch Flexibilität und Skalierbarkeit zu.

In folgendem Zitat bringt Evans den Sinn der RFID-Middleware auf den Punkt:

“Many companies are struggling to understand how RFID data can be turned into information that they can use to cut costs and drive efficiencies. The key is likely to be found not in the RFID readers or in the enterprise systems, but in the middle—more precisely, in the middleware” [Evans 2004]

Eine Notwendigkeit für die Entwicklung geeigneter skalierbarer RFID-Middleware sieht auch [Ostler 2004], und führt dabei an, dass kleinere Unternehmen und Zulieferer die großen Unternehmen weiterhin nur beliefern dürfen, wenn sie den Warenfluss über RFID automatisieren können. [Leaver 2004] hat dafür eine Evaluierung verschiedener RFID-Middleware Anbieter vorgenommen.

[Prabhu 2005, S. 7f.] beschreibt RFID-Middleware als eine neuartige Art von Software die sich zwischen der RFID-Hardware und der Unternehmens Software bzw. der konventionellen Middleware befindet. Beispielfhaft stellt Abbildung 18 die RFID-Middleware des fünfschichtigen WinRFID vor.

Die „unterste“ Schicht (RFID Hardware) kommuniziert mit der Hardware, also den RFID-Tags, -Readern und -Sensoren, die dann auf der nächsten Schicht (Protocols) anhand von Protokollen abtrahiert werden. Auf der mittleren Schicht (Data Processing) werden die Daten verarbeitet, die durch die Hardware erzeugt und gesammelt werden. Die vierte Schicht (XML Framework) beinhaltet das XML-Framework zur Daten- und Informationsrepräsentation. In der „obersten“ Schicht (Data Presentation) werden die Daten dann entsprechend den Anforderungen präsentiert, wie sie der Benutzer oder weitere Unternehmensanwendungen benötigen.

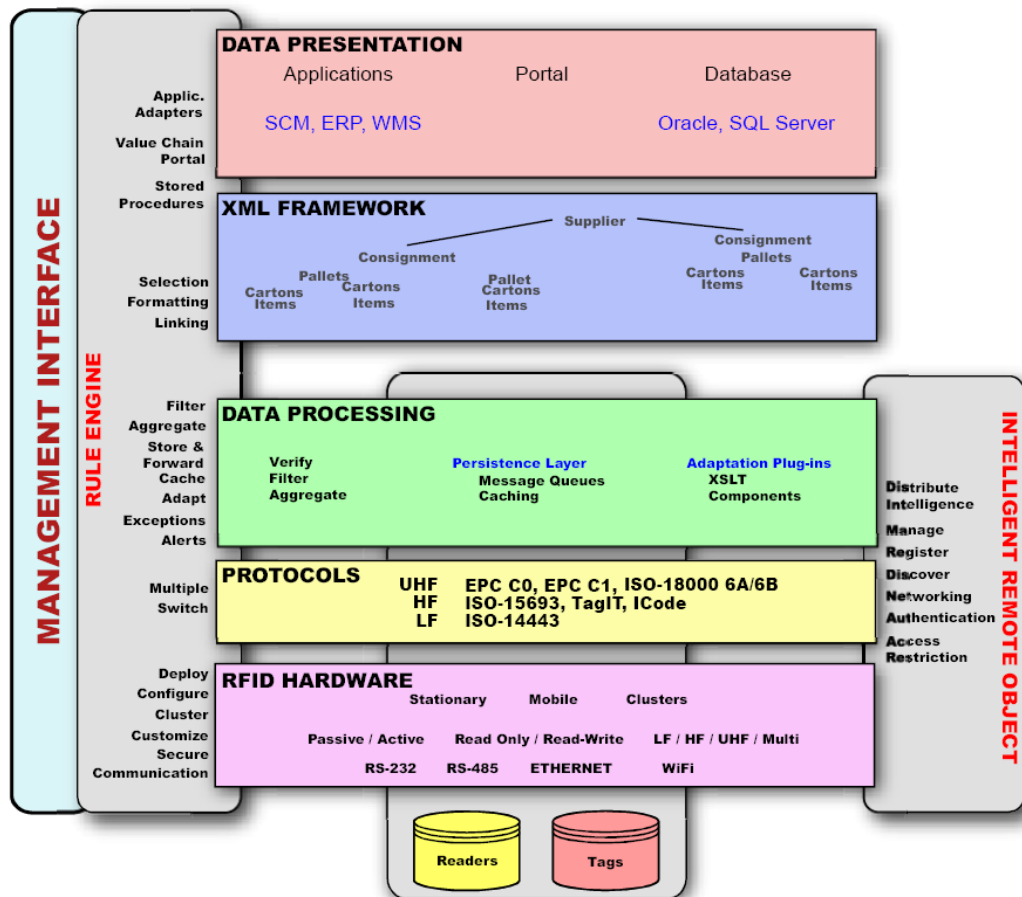


Abbildung 18: WinRFID Middleware Architektur [Prabhu 2005, S.11]

2.6 Anwendungsdomäne und Einsatzbereiche

Der Begriff „Anwendungsdomäne“, insbesondere aber der Begriff „Domäne“, hat viele Interpretationsmöglichkeiten. Da es sich hier weniger um ein rein informationstechnisches, denn ein Querschnittsproblem handelt, ist es auch nicht exakt abgrenzbar.

Das Wort „Domäne“ kommt aus dem lateinischen und bedeutet so viel wie Herrschaftsbereich. In bezug auf Objektorientierte Software Wiederverwendung wird der Begriff „Domäne“ nach [Shodi 1999, S. 25] folgendermaßen definiert:

„Domain is defined as a problem space for a family of applications with similar requirements. A domain is a set of related systems with commonality. A domain can be divided into subdomains to support risk mitigation and contains related assets, subdomains, and systems. A domain has a boundary and an environment.“

Der Gedanke der „Wiederverwendung“ sollte stets beachtet werden, denn gerade in Bereichen in denen noch nicht so viel Erfahrung gesammelt wurde, kann man aus wenigen bereits umgesetzten Pro-

jekten lernen. Erfolgreiche Dinge können übernommen und an die individuellen Bedürfnisse angepasst werden, ohne den vollständigen Entwicklungspfad erneut beschreiten zu müssen.

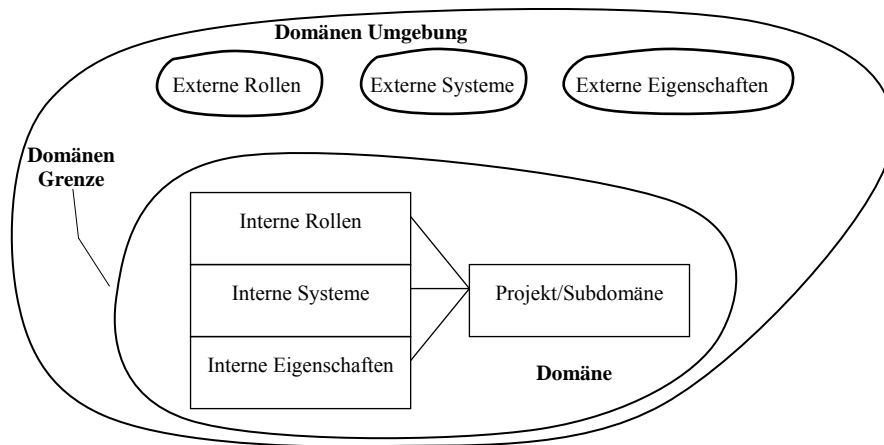


Abbildung 19: Domäne, Grenzen und Umweltbeziehungen [Shodi 1999, S. 26]

Abbildung 19 zeigt dabei die Beziehung zwischen Domäne, Subdomäne, Domänen Grenze und die Domänen Umgebung. Hieraus lässt sich ableiten, wie der Begriff „Anwendungsdomäne“ in dieser Ausarbeitung interpretiert und ausgelegt wird. Eine Anwendungsdomäne ist demnach ein abgegrenzter Problembereich für eine bestimmte Anwendung. Dabei steht vor allem eine Menge an Anforderungen im Mittelpunkt, welche die Anwendung bei der Bewältigung der domänenspezifischen Aufgaben zu berücksichtigen hat.

Gerade bei der Einführung von RFID in der Unternehmung bzw. über die Unternehmungsgrenzen hinweg, stellt sich die Frage, wie RFID denn ökonomisch und technisch sinnvoll eingesetzt werden kann. Um dies beantworten zu können, müssen die bestehenden Prozesse genauestens analysiert werden, um dabei Ansatzpunkte zur Optimierung und Verbesserung mittels RFID zu finden. Diese Analyse kann aufgrund zahlreicher Prozesse innerhalb einer Unternehmung sehr komplex werden. Daher bietet es sich an, mittels einer Anwendungsdomäne die „unwichtigen“ Prozesse auszuschließen und sich nur auf Prozesse zu konzentrieren, die sich unmittelbar mit den Veränderungen durch RFID befassen.

Ist einem diese Abgrenzung gelungen, gilt es sowohl intern als auch extern, die Rollen, Systeme und Eigenschaften zu bestimmen. Um eventuelle Fehlfunktionen zu vermeiden, muss dabei so genau wie möglich vorgegangen werden.

Kapitel 3: Anwendungsszenarien

In der Praxis findet die RFID-Technologie schon vielerorts Anwendung. Dabei beschränken sich die Einsatzbereiche nicht nur auf Distributionslogistik und „Track & Tracing“, sondern es zeigt sich, dass die RFID-Technologie kombiniert mit Sensoren vielseitige Anwendungsszenarien ermöglicht.

Dieses Kapitel und die hier vorgestellten Szenarien basieren auf real durchgeführten Studien bzw. Projekten die auf der Internetplattform „RFID-Atlas“ (www.rfidatlas.de) des Netzwerks elektronischer Geschäftsverkehr frei zugänglich sind. Hierbei handelt es sich um eine Fördermaßnahme des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi), welches durch diese Maßnahme die RFID-Technologie mittelständischen Unternehmen näher bringen möchte. Ansatzweise werden diese Projekte vom Autor durch zusätzliche Ideen und Möglichkeiten erweitert.

Um die Anforderungen die im Praxiseinsatz an RFID-Tags und –Sensoren gestellt werden zu strukturieren, werden die hier vorgestellten Projekte, wie in Abbildung 20 dargestellt, exemplarisch nach den quantitativen Anforderungen an die jeweiligen Anwendungsdomänen gegliedert. Die Anforderungen nehmen sowohl mit dem Einsatz von RFID-Sensoren als auch mit offenen RFID-Systemen zu. Folgende hier vorgestellten Projekte wurden von nachstehenden Unternehmen durchgeführt:

- Gerry Weber & Kaufhof [Atlas 2006a] (Abschnitt 3.1)
- Infineon [Thiesse 2006a] (Abschnitt 3.2)
- Universitätsklinikum Jena [Atlas 2006b] (Abschnitt 3.3)
- Migros [Atlas 2006d] und Manor [Atlas 2006c] (Abschnitt 3.4)

RFID-System			
Anwendungsdomäne			
geschlossen	offen		
Gerry Weber & Kaufhof	Klinikum Jena	nein	RFID-Sensoren
Infineon	Migros und Manor	ja	

Abbildung 20: Aufteilung der Fallstudien innerhalb von RFID-Systemen nach Art der Anwendungsdomäne und der Verwendung von RFID-Sensoren.

3.1 Gerry Weber & Kaufhof

Nach [Fleisch 2005, S. 143] liegt das Interesse der Bekleidungsindustrie verstärkt darin, jedes Produkt direkt mit einem RFID-Tag auszuzeichnen. Im Gegensatz dazu wird bei den meisten RFID-Anwendungen, so wie es beispielsweise im Einzelhandel aus Kostengründen der Fall ist, auf Karton- oder Palettenebene ausgezeichnet.

3.1.1 Firmenporträts

Durch die Gründung eines kleinen Textilgeschäftes durch den Kaufmann Leonhard Tietz 1879 in Stralsund, wurde die Basis für die heutige **Kaufhof Warenhaus AG** geschaffen. Heute setzen ca. 27.000 Mitarbeiter in den 134 Filialen innerhalb Deutschlands und Belgiens etwa 3,8 Milliarden Euro jährlich um.

Anfänglich wurden im Jahr 1973 nur Damenhosen hergestellt und vertrieben, heute hingegen ist die **Gerry Weber International AG** zu einem weltweit agierenden Fashion- und Lifestyle Konzern aufgestiegen. Der Umsatz im Jahr 2004/05 belief sich auf 393 Millionen Euro.

3.1.2 Problemstellung

Bei diesem Projekt teilen sich beide beteiligten Unternehmen die Projektleitung. Die Wertschöpfungskette in der Bekleidungsindustrie besteht aus den 4 Stufen Faserindustrie, Textilindustrie, weiterverarbeitende Industrie und Handel. Zwischen diesen Stufen finden jeweils Transportaktivitäten statt. In diesem Projekt liegt das Hauptaugenmerk auf den letzten beiden Stufen, mit Gerry Weber als Teil der weiterverarbeitenden Stufe und Kaufhof als Teil der Stufe für den Handel, sprich auf dem physischen Fluss eines fertigen Kleidungsstücks zwischen den Unternehmen.

Das Problem hierbei ist es zum Einen immer genügend Basisartikel auf der Verkaufsfläche zu haben und zum Anderen die im besonderen Maße nachgefragten Modeartikel, die stark von Unsicherheiten geprägt sind, gegebenenfalls beim Hersteller nachzubestellen. Hier kommt das Pull- und Push-Konzept zum Tragen.

Mit der herkömmlichen Vorgehensweise ist dies nicht optimal handhabbar, wodurch es zu verzögerten Prozessabläufen und zu erhöhten Lagerbeständen kommt. Beides ist mit überflüssigen Kosten verbunden.

3.1.3 Ziele

Ziele dieses Projektes waren, da man noch keinerlei Erfahrungen auf diesem Gebiet hatte, RFID-Technologien zu testen und dabei überzeugende Einsatzmöglichkeiten hierfür aufzudecken. Die Ermittlung der nötigen Investitionen bezüglich Hardware und RFID-Tags soll eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ermöglichen. Ebenso sollen daraus Anforderungen, welche die Textilindustrie gegenüber den RFID-Anbietern stellt, formuliert werden.

Mit der Einführung von RFID-Tags auf Produktebene möchte die Bekleidungsindustrie folgende Rahmenbedingungen verbessern:

- Die Modeartikel müssen so schnell wie möglich vom Hersteller auf die Verkaufsfläche des Händlers.
- Die Modeartikel und Basisartikel müssen auch bei vorhandener lokaler Lagerhaltung immer in ausreichender Menge auf der Verkaufsfläche sein.
- Da die Kommissionierung meistens auf Produktebene erfolgt, soll dieser aufwendige und fehleranfällige Prozess verbessert werden.
- Verringerung der Diebstahlquote bei Hersteller und Händler.

3.1.4 Durchführung

Das Anbringen und Auslesen der RFID-Tags auf Produktebene sollte kein Problem darstellen, da sie sich auch durch Kunst- oder Naturfaser problemlos auslesen lassen können. Es wird die Frequenz 13,56 MHz verwendet.

Der Prozess der beteiligten Unternehmen ist in Abbildung 21 dargestellt. Demnach werden beim Hersteller die RFID-Tags vom Logistikdienstleister (Meyer & Meyer) an den Kleidungsstücken angebracht, kommissioniert und dementsprechend am Warenausgang von dem RFID-Reader erfasst. Dabei wird zwischen hängender Ware und liegender Ware die in Mehrwegbehälter verpackt wird unterschieden. Per LKW wird die Ware zum regionalen Verteillager geliefert.

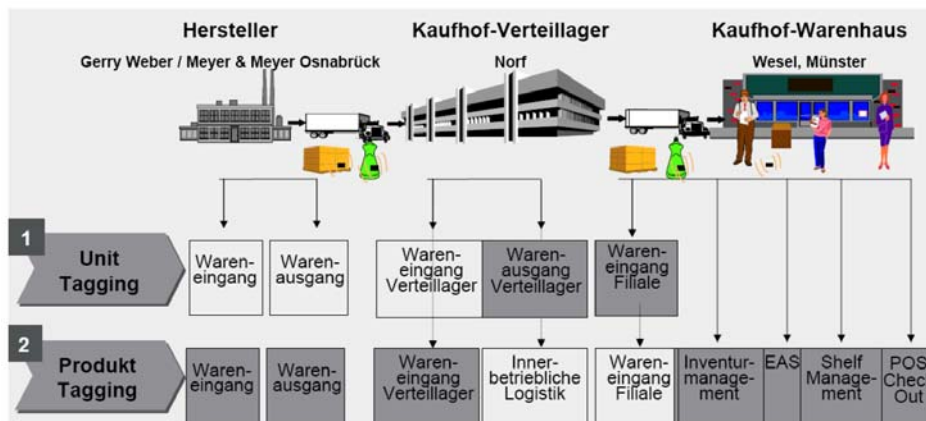


Abbildung 21: Prozess Hersteller-Händler [RFID-Atlas, S. 6]

Dort angekommen, werden die EANs der Lieferung am Wareneingang auf Produktebene vom dortigen RFID-Reader gelesen, sowie eine gleichzeitige automatische Mengenkontrolle durchgeführt. Da die Bestellungen von Kaufhof bei Gerry Weber durch Anwendung des Cross-Docking-Konzeptes erfolgen, wird vor dem Warenausgang ein RFID-Tag anhand der EAN und dem sogenannten NVE-Etikett (Nummer der Versandeinheit) angefertigt und logistische Einheiten gebildet. Solch eine logisti-

sche Einheit kann beispielsweise aus 8 Mehrwegbehältern auf einer Palette bestehen. Nun kann auch hier über einen stationären RFID-Reader eine Mengenkontrolle stattfinden.

Am Wareneingang der Filialen kann dann jede gelieferte logistische Einheit über einen mobilen RFID-Reader in einem Zug erfasst und mit dem Warenwirtschaftssystem verglichen werden.

Das Inventurmanagement wird anhand von mobilen und stationären RFID-Readern durchgeführt. Durch „intelligente“ Regale und Kleiderständer, bei denen RFID-Reader integriert sind, können die Mitarbeiter jederzeit erkennen ob es z.B. nötig ist, einen Artikel mit bestimmter Farbe nachzulegen. Hierbei spricht man vom Shelf Management. Eine enorme Beschleunigung konnte auch beim Bezahlvorgang erzielt werden, bei dem alle auf den Kassentisch gelegten Waren sofort verbucht wurden. Von den bezahlten Waren wurden die RFID-Tags entfernt.

Unterstützt durch die auf Produktebene applizierten RFID-Tags, könnte ein weiterer Mehrwert in Bezug auf die EAS bestehen. Da diese aber beim Bezahlvorgang an der Kasse entfernt wurden, konnte hierüber keine Erfahrung gesammelt werden, wurde aber parallel dazu getestet.

3.1.5 Ergebnisse

Grundsätzlich beurteilen die beiden Unternehmen dieses Projekt als gelungen. In der technischen Umsetzung gab es Problem beim Lesen hängender Ware. Hier stellte sich heraus, dass gerade bei eng beieinander hängenden Kleidungsstücken mit dünnen Stoffen sich die dadurch forcierte senkrechte Stellung des RFID-Tags zum Feld des RFID-Readers negativ auf die Leseraten auswirkte. Dabei wurden unakzeptable 80-90 % Leseraten erzielt. Leseraten von nahezu 100 % können durch eine Applizierung des RFID-Tags im Ärmelbereich erreicht werden.

Der Bestanderfassung auf der Verkaufsfläche mittels ausschließlich stationärer RFID-Reader stellt sich die meist übliche Verwendung metallischer Regale und Kleiderständer entgegen. Dies könnte allerdings durch erhebliche Kosten bei der vermehrten Verwendung von Kunststoff Regalen oder durch eine größere Dichte der RFID-Reader beseitigt werden. Bei den mobilen RFID-Readern konnte der Vorteil in der gezielten Suche nach einem Artikel herausgehoben werden. Dies bedarf jedoch noch erheblicher Verbesserungen. Bei der EAS waren aufgrund der geringen Reichweite keine ausreichende Ergebnisse erzielt worden. Probleme gab es auch während der Umsetzung des Projektes bei der Synchronisierung der Technischelemente der verschiedenen Anbieter.

Qualitativer Nutzen für beide beteiligten Unternehmen sind sowohl innerhalb der Logistik als auch in den Filialen zu verzeichnen.

3.1.6 Chancen und Risiken

Für die Einführung von RFID dürfen die Kosten pro RFID-Tag nicht größer als 0,12 Euro pro Umlauf sein, damit es sich für die beteiligten Unternehmen rechnet. Dabei ist vorgesehen, dass die Lieferanten die Anschaffungskosten für die RFID-Tags bezahlen und Kaufhof die Umlaufkosten trägt. Abbildung

22 gibt die Kosten und Nutzen Gegenüberstellung für Gerry Weber und Kaufhof wieder. Nur auf Produktebene sollen die RFID-Tags wieder verwendet werden, nicht jedoch auf logistischer Ebene. Auch bei den Frequenzen wird unterschieden werden. Die Produktebene wird in Zukunft mit 13,56 MHz, die logistische Einheitsebene mit 868 MHz arbeiten.

In einem ersten Roll-Out sollen dann weitere Lieferanten mit in die Supply Chain integriert werden und in einem zweitem weitere Kaufhof Filialen. Außerdem soll eine Branchenlösung für das Produkt-Tagging erarbeitet werden.

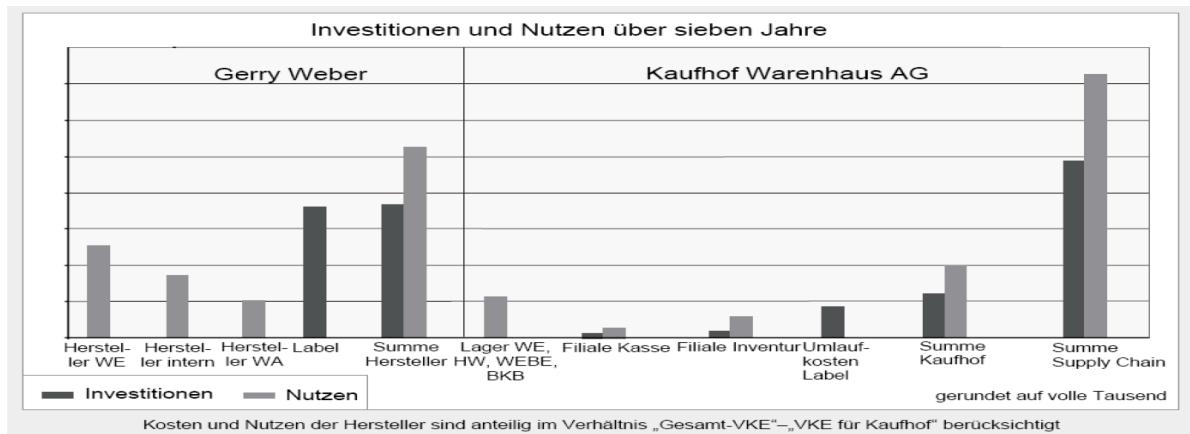


Abbildung 22: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung – Kosten und Nutzen beim Produkt-Tagging in der Supply Chain [RFID-Atlas, S. 5]

3.2 Infineon

Bei diesem Projekt handelt es sich um eine auf der RFID-Technologie basierenden Prozesskontrolle. Bei der Wafer Produktion im österreichischen Villach werden sowohl aktive und passive RFID-Tags als auch Ultraschallsensoren verwendet, um die - wie in Abbildung 23 dargestellt - Plastik Transportbehälter und -kassetten während der Produktion der Wafer zu verfolgen.



Abbildung 23: Transportbehälter (links) und -kassetten (rechts) für Wafer [Thiesse 2006a, S. 48]

3.2.1 Firmenporträt

Als einer der größten Hersteller von Halbleitern für die Bereiche Telekommunikation, Fahrzeugelektronik und Speicherprodukte, beschäftigt Infineon Technologies 36.000 Mitarbeiter. Dabei erzielten sie 2006 einen gesamten Umsatzerlös von 7,92 Milliarden Euro.

3.2.2 Problemstellung

Die Fabrik in Villach stellt rund um die Uhr etwa 800 verschiedene Produkte mit einer Gesamtmenge von 10 Milliarden Chips pro Jahr her. Die Angestellten in der Produktion müssen die Behälter jeweils händisch zu einer der 600 Maschinen bringen. Im Durchschnitt werden pro Produkt 400 Produktionsschritte durchlaufen. Für die Überwachung der einzelnen Prozesse innerhalb der Maschinen ist ein zentrales „manufacturing execution system“ zuständig, die Transparenz der Prozesse zwischen den Maschinen kann damit aber nicht gewährleistet werden. Ist ein Behälter nicht an dem für ihn vorgesehenen Platz, hat der bearbeitende Mitarbeiter Schwierigkeiten den Behälter zu lokalisieren.

3.2.3 Ziele

Durch eine erhöhte Prozesstransparenz möchte man die Durchlaufzeiten der Produkte verringern und eine höhere Maschinenauslastung erreichen. Die Einrichtung eines Echtzeit Identifizierungs- und Lokalisierungssystem mittels RFID soll diese Transparenz ermöglichen, woraus auch eine verbesserte Steuerbarkeit der Prozesse resultiert. Des Weiteren soll das System den Mitarbeiter dabei unterstützen Bedienungsfehler und überflüssige Handgriffe zu vermeiden. Über ein an den Transportbehälter angebrachten LED Bildschirm können innerhalb von durchschnittlich 1,5 Sekunden Anweisungen angezeigt und so dem Mitarbeiter mitgeteilt werden. Diese Vorgehensweise unterstützt die Verringerung ungewollter Luftverunreinigungen, da nun im Reinraumbereich kein Papiergebrauch mehr nötig ist.

Das Projektteam ging sehr präzise bei der Anforderungsanalyse vor, um die geeignetste Technologie für das System zu wählen. Dabei wurden folgende quantitative Anforderungen gestellt:

- Anzahl der zu lokalisierenden Wafer muss größer 1000 sein.
- In Bereichen mit vielen Regalen muss die Zahl der Behälter pro 6 m² größer als 100 sein.
- Um möglichst nahe an „Echtzeit“ zu kommen, muss sich das System weit unter einer Minute aktualisieren.
- Die Lokalisierungsgenauigkeit muss unter einem Meter liegen.
- Die Mauern, Böden und Decken der Fabrik bestehen aus Metall wodurch es zu Problemen kommen kann.
- Ein direkter Sichtkontakt zwischen RFID-Reader und -Tag ist nicht ständig gewährleistet.
- Die Lebensdauer der Batterie des RFID-Tags an dem Behälter muss mindestens 2 Jahre sein.

- Im Fehlerfall des Systems, muss es in der Lage sein sich innerhalb von 5 Minuten wieder in einen fehlerfreien Zustand zu bringen.

3.2.4 Durchführung

Aufgrund der Anforderungen, eine große Anzahl an Objekten zu lokalisieren, eine hohe Datenübertragungsrate und gleichzeitig eine hohe Lokalisierungspräzision zu erlangen, musste man auf eine Kombination von RFID und Ultraschall setzen.

Das Team entschied sich wegen der Performance für aktive RFID-Tags und ein erster Test zeigte, dass die Identifizierung problemlos funktionierte, doch die Lokalisierung scheiterte an unlösbaren Problemen mit den Reflektionen. Zur Lokalisierung verwendet man nun Ultraschallsender die an der Decke der Produktionshalle montiert sind, und von dort regelmäßige Ultraschallsignale aussenden. In den aktiven RFID-Tags sind Ultraschallsensoren integriert, die diese Signale aufnehmen und die „Flugzeit“ der Signale im Read/Write-Speicher des RFID-Sensors speichern. Das zentrale System liest über die RFID-Reader kontinuierlich die Daten der RFID-Sensoren aus und ermittelt anhand der individuellen „Flugzeiten“ die Position jedes Behälters. Für die Synchronisation des gesamten Systems, werden die RFID-Tags über die RFID-Reader alle 10 Sekunden mit der korrekten und einheitlichen Zeitbasis versorgt.

Die RFID-Technologie, die hier eingesetzt wird, besitzt drei Aufgaben: Durch das RFID-Protokoll ist es effizient möglich mehrere RFID-Tags zu identifizieren, die Laufzeiten des RFID-Signals dienen als Kontrolle für die ermittelte Position und außerdem ermöglicht RFID alle möglichen Zugriffsoperationen auf die RFID-Tags.

Als Partner von Infineon entwickelte die Schweizer Firma Intellion AG den RFID-Tag mit Namen DisTag. Wie Abbildung 24 offenbart, besteht er aus einem Ultraschallsensor, einem 2-Farben-LED, einem mechanischen „Flipdot“, einer „No-power“ Anzeige und 4 Tasten zur Benutzerinteraktion. Damit ist das DisTag nicht nur ein simpler RFID-Tag, sondern ermöglicht darüber hinaus Checklisten und Informationen zu sehen.

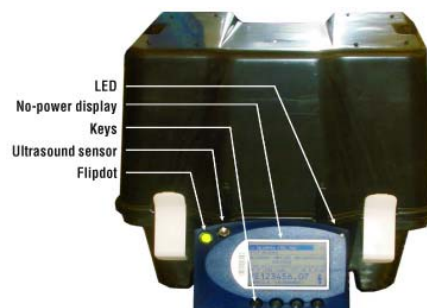


Abbildung 24: DisTag am Transportbehälter [Thiesse 2006a, S. 51]

Der RFID-Reader ist mit 4 RF-Antennen und einer beliebigen Zahl von Ultraschallsendern verbunden. Um den Montageaufwand relativ gering zu halten, hat man ein standardisiertes Antennenmodul entwickelt, welches eine RF-Antenne und drei Ultraschallsender enthält. Dieses Modul kann dann an der Decke montiert werden, so dass ein DisTag immer Signale von mindestens drei Ultraschallsendern empfängt, um so genügend Daten für eine Positionsbestimmung zu erhalten.

Das zentrale System bestimmt dann auf Basis dieser Daten die Positionen und hat dabei immer die Aufgabe für eine entsprechende Qualität der Daten zu sorgen. Die aufbereiteten Daten werden an die Middleware weitergeleitet. Hierüber können dann Anweisungen an die Behälter gesendet werden, eine Übersichtsgrafik der Behälter innerhalb der Fabrik und der Status aller Komponenten abgerufen werden.

Ein weiterer, allerdings passiver RFID-Tag ist im inneren der Wafer-Kassette angebracht. Dieser dient dem System dazu, falsch eingelegte Kassetten in den Maschinen zu erkennen, d.h. ob ein Arbeitsschritt ausgelassen oder doppelt ausgeführt wird.

3.2.5 Ergebnisse

Über fast zwei Jahre hat das RFID-Sensorsystem seine Verlässlichkeit und Effizienz im Alltag bewiesen. In Punkto Performanz wurde das System mit einem gewöhnlichen Doppel-CPU Server, 100 RFID-Reader und mehr als 1.000 DisTags betrieben, womit täglich etwa 3 Millionen Positionsdaten verarbeitet werden. Dies liegt auch daran, dass nur Positionsdaten weitergeleitet werden, die innerhalb einer gewissen Fehlertoleranz bleiben. Die Genauigkeit bei der Positionsbestimmung innerhalb von Laborbedingungen betrug 5 Zentimeter, in der dynamischen Produktionsumgebung lag es mit 30 Zentimetern aber immer noch innerhalb der Anforderungen. Gründe für die Abweichung liegen in den Reflektionen durch bewegte Objekte und Mitarbeiter, sowie in dem Hintergrundlärm gewisser Maschinen im Ultraschallspektrum. Bei der Zeitverzögerung zwischen einer Bewegung und der Erkennung durch das System vergehen nicht mehr als 30 Sekunden. Um eine bessere Bestimmung zu erreichen, ob sich der Behälter bewegt oder steht, wurden die Daten von drei aufeinander folgenden Messungen verglichen. Dies hat zur Folge, dass die Bewegungen besser sichtbar werden. Zu 80 % wurden die Operationen zur Dateiübertragung zum DisTag erfolgreich ausgeführt. Misserfolge resultieren aus den sich bewegenden DisTags, konnten aber nach dem 2. Versuch immer erfolgreich abgeschlossen werden. Als weiteres Ergebnis konnte die Transparenz innerhalb der abgedeckten Bereiche von 65 auf nahezu 100 % erhöht werden.

3.2.6 Chancen und Risiken

Infineon hat aufgrund dieser doch recht positiven Erfahrungen, das System in der nächst größeren Fabrik in Regensburg eingesetzt. Durch den Einsatz eines solchen Systems können die Anzahl der Prozessfehler reduziert und kürzere Durchlaufzeiten realisiert werden, woraus eine bessere Auslastung der Maschinen resultieren kann.

3.3 Universitätsklinikum Jena

Ebenfalls hat die RFID-Technik im Gesundheitswesen Einzug gefunden. Neben den Möglichkeiten der Kostenreduzierung innerhalb der Logistik und der Reduzierung von Medikamentenfälschungen, fand an der Universitätsklinik Jena ein Pilotprojekt statt, dass zur Verbesserung der Sicherheit bei der Medikamentenverabreichung beitragen soll.

3.3.1 Firmenporträt

Für die **Universitätsklinik Jena** arbeiten mehr als 4.000 Mitarbeiter, die jährlich ca. 250.000 Patienten betreuen. Von dieser Patientenzahl werden 45.000 in 1.375 Betten über 26 Klinikgebäude verteilt stationär behandelt. Damit ist die Universitätsklinik das größte Krankenhaus in Thüringen.

3.3.2 Problemstellung

Entsprechend einer internationalen Studie, soll etwa jeder zwanzigste Patient an unerwünschten Nebenwirkungen von Medikamenten leiden. Die Hälfte dieser Vorfälle hätte mit ausreichender Dokumentation und Information vermieden werden können.

Ein weiteres generelles Problem von Krankenhäusern sind die sich ändernden Abrechnungsmodalitäten. So erhalten die Kliniken von Krankheitsbildern abhängige fixe Sätze, egal wie lange der Patient auf Station liegt. Dies zwingt dazu effizienter zu arbeiten [Bayer 2006].

3.3.3 Ziele

Die Jenaer Universitätsklinik will drei ihrer Kernprozesse zu einem durch die RFID-Technik gestützten transparenten Prozess verschmelzen lassen.

- Echtzeitverfolgung der Sammelbehälter für die Medikamente von der Klinikapotheke bis zur Station.
- Echtzeitverfolgung einzelner Medikamente für jeden einzelnen Patienten.
- Abstimmung des zu verabreichenden Medikamentes mit Patienten, so genanntes „Matching“.

Hierdurch verspricht sich die Klinik eine effizientere Verwaltung und bessere Behandlungsqualität der Patienten.

3.3.4 Durchführung

Bei der Einlieferung wird jedem Patient ein Armband mit eingelassenem passiven RFID-Tag angelegt. Mit diesem kann er dann einer Krankenakte, die alle Informationen über den Patienten enthält, eindeutig über das Backend zugeordnet werden. SAP hat dafür ihre NetWeaver Plattform für die Nutzung von RFID erweitert. In Abbildung 25 wird schematisch dargestellt, wie mittels SAP die Gesundheitsprozesse umgestaltet werden können. Über mobile RFID-Reader kann das Pflegepersonal feststellen

welcher Patient welche Medikamente bekommt. Sind neue Medikamente verabreicht worden, so kann dies direkt, inklusive Dosierung und Zeitpunkt, in der elektronischen Krankenakte vermerkt werden.

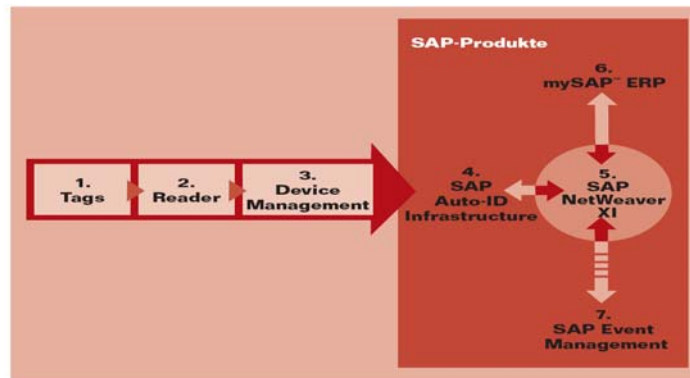


Abbildung 25: Die Umgestaltung von Gesundheitsprozessen mittels SAP [SAP 2005]

Der Weg von der Klinikapotheke bis zur Station kann über die im Sammelbehälter integrierten passiven RFID-Tags verfolgt werden. Bei Bedarf können die Medikamente selbst auch mit passiven RFID-Tags ausgestattet werden - wenn sie es in Zukunft nicht schon standardmäßig von der Pharmaindustrie sein werden. Über eine Vier-Augen-Kontrolle bei der Kommissionierung können Fehler beim Beladen der Sammelbehälter weitestgehend ausgeschlossen werden.

3.3.5 Ergebnisse

Die Ergebnisse des Projektes waren für das Universitätsklinikum zufrieden stellend und es errang auch international Aufmerksamkeit, wie [Vöckler 2006] schreibt. Gerade auch durch die Speicherung der Patientendaten nicht direkt auf dem Armband, sondern im gesicherten Backend, konnten Bedenken bezüglich des Datenschutzes nahezu beseitigt werden. Der Logistikprozess konnte mit einer damit einhergehenden Verbesserung der Behandlungsqualität, optimiert werden. Die Apotheke kann nun bedarfsgerechter prognostizieren, das einzelne Medikament leichter lokalisieren und sogar Medikamente deren Haltbarkeitsdatum überschritten ist automatisch identifizieren [SAP 2006].

3.3.6 Chancen und Risiken

Zukünftig lässt sich für die RFID-Technik im Gesundheitswesen eine gute Prognose stellen. Durch implementierte Authentifizierungsalgorithmen auf den RFID-Tags lassen sich die Medikamente fälschungssicherer gestalten. Da auch in Zukunft Krankenhäuser immer effizienter arbeiten müssen, gibt es beispielsweise auch schon die Möglichkeit die Betten mit RFID-Tags auszustatten und somit eine optimale Auslastung anzustreben. Es kann dabei festgestellt werden, wann das Bett gereinigt und gewartet wurde, wo es steht, ob es belegt ist und kann dadurch nötige Maßnahmen einleiten, um weitere Kosten zu sparen [QUA 2006].

Einer Untersuchung zufolge, versuchen nach [Bayer 2006] immer mehr Apotheken, Ärzte und Krankenhäuser zu kooperieren. Ergebnis ist, dass aber nur 17 % der gefragten Krankenhäuser angaben, ihre

Daten rein elektronisch mit den Partnern auszutauschen. Vollständig elektronisch geführte Patientenakten führen gerade einmal 8 % der Krankenhäuser. Dies zeigt, welcher enormer Handlungsbedarf bei der Umsetzung in diesem Bereich besteht.

Ärzte können bei der Diagnose und Behandlung durch intelligente Systeme unterstützt werden, indem das System z.B. bei etwaigen Unverträglichkeiten des Patienten einen freundlichen Hinweis darauf gibt. Eine Gefahr dabei ist, dass sich manche Ärzte durch diesen Rat bevormundet fühlen könnten. Daher gilt es, solche Akzeptanzprobleme von Anfang an bei der Entwicklung dieser Systeme zu berücksichtigen.

2005 wurden die Helfer des Jenaer Klinikums zu 4.100 Notfällen gerufen und flogen 1.000 Einsätze mit dem Rettungshubschrauber. So könnte man, sobald man beim Unfallopfer angekommen ist, ihm sofort ein Armband anlegen und eine elektronische Krankenakte für ihn erstellen, in der man beispielsweise den Zustand, die Blutgruppe und die eingeleiteten Maßnahmen notiert. Per Mobilfunk werden diese Daten an das Backend im Krankenhaus gesendet, und die passenden Blutkonserven bereit gelegt. Die Ärzte können sich vorab über den Patienten informieren und ihn dann im Krankenhaus mit allen fertig vorbereiteten Prozeduren in Empfang nehmen. Hierdurch können Minuten gespart werden, die in Notfällen Leben retten können [Bayer 2006].

Da es sich bei dieser Anwendung um kritische und vertrauenswürdige Patientendaten handelt, ist hier immer ein Hauptaugenmerk auf die Sicherheit zu legen. Die Sicherheit muss aber vor allem im Software Backend zu suchen sein. Denn der RFID-Tag speichert keine Daten über den Patienten, sondern hilft nur ihn eindeutig zu identifizieren. Selbst wenn man Daten auf dem Armband speichern wollte, so würde man aufgrund des beschränkten Speicherplatzes schnell an Grenzen stoßen.

3.4 Migros und Manor

Zwei unabhängige Projekte der Migros AG und der Manor AG haben sich der Problematik einer möglichst lückenlosen Überwachung der Kühlkette anhand von integrierten Temperatur-Sensoren im RFID-Tag gewidmet.

3.4.1 Firmenporträt

1925 gegründet, hat die **Schweizer Migros AG** 2005 17,67 Milliarden SFr Umsatz erreicht. Damit ist sie zum jetzigen Zeitpunkt das größte Unternehmen in der Schweiz im Bereich Einzel- und Detailhandel. Ihre 121 Filialen werden über die Versandzentrale bei Gossau mit Waren versorgt, in denen über 80.000 Mitarbeiter arbeiten.

Ebenso aus der Schweiz ist die **Manor AG**, die täglich mehr als 200.000 Kunden in ihren 70 Filialen zum Einkaufen begrüßt. Die 11.500 Mitarbeiter arbeiten sowohl im traditionellen Non-Food-Bereich als auch im ergänzenden Food Bereich und erwirtschafteten im Jahre 2006 einen Umsatz von 3,13 Milliarden SFr.

3.4.2 Problemstellung

Der Migros AG stellen sich drei Probleme, denen sie mittels des Einsatzes von RFID Herr werden will. Das erste Problem ist die Auslieferung von kühlungspflichtigen Waren. Hier mangelt es an einer permanenten und systematischen Transparenz des Prozesses bezüglich der Vorkühlung, Vorladtemperatur und Ausliefertemperatur der Waren. Eine Temperaturüberwachung die manuell und stichprobenweise passiert kann diesem Anspruch nicht genügen. Daraus resultiert auch, dass die Migros AG zukünftige Standards (BRC, IFS, EU 178) dann nicht mehr erfüllen kann. Das zweite Problem bezieht sich auf das Fuhrparkmanagement. Hier besteht momentan ein zweistufiger Koordinations- und Zeitaufwand bei der Verwaltung der LKWs und Anhänger, wofür ein extra Team zuständig ist. Die Kontrolle der Einsatzzeiten der LKWs ist das dritte Problem. Hier können nur manuell, durch Auswertung der Tachoscheiben, Abweichungen der Sollzeiten festgestellt werden.

Aufgrund der großen Zahl von etwa 1500 Kühlelementen in ihren 70 Filialen, hat die Manor AG immer schon mit Ausfällen und dementsprechend hohen Kosten zu kämpfen gehabt. Mitarbeiter mussten zweimal täglich an jedem einzelnen Kühlelement die Temperatur mittels eines Thermometers ablesen, und in eine Liste eintragen. Sowohl durch Fehler beim Ablesen oder Notieren, als auch durch mutwillig falsch niedergeschriebene Werte kam es zu Ausfällen der Kühlelemente.

3.4.3 Ziele

Mittels RFID-Sensoren möchten beide Unternehmen ihre Kühlkette lückenlos überwachen und damit die Kosten für verdorbene Ware senken. Durch Speicherung der aufgezeichneten Temperaturdaten und Auslösen eines Alarms bei Überschreitung vorgegebener Temperaturschranken kann dieses Ziel erreicht werden.

Die Migros AG möchte außerdem noch Echtzeitdaten ihres Fuhrparkbestandes mittels an den Fahrzeugen angebrachten RFID-Tags bei der Ein- und Ausfahrt ermitteln, um so den Fuhrpark zu optimieren. Bei einer Überschreitung der Sollzeiten soll Alarm ausgelöst werden.

3.4.4 Durchführung

Manor installiert in all ihren Filialen und Kühlelementen RFID-Sensoren zur Temperaturmessung. Damit sind sie 24 Stunden am Tag in der Lage die Temperatur in den Kühlelementen zu überwachen. Diese wird alle 10 Minuten neu gemessen und gespeichert. Der in der Decke eingebaute RFID-Reader ermittelt die Daten des RFID-Sensors und schickt sie zur Basisstation innerhalb der Filiale. Von dort aus gehen sie an einen zentralen Datenserver und werden dort gespeichert. Über dieses Data Warehouse können die Filialleiter Analysen und Reports mittels einer Web-Oberfläche für ihre Filiale abrufen. Der Filialleiter hat dort die Möglichkeit einzelne RFID-Sensoren für kurze Zeit abzuschalten, um beispielsweise das Kühlelement zu reinigen. Mehr Einfluss auf die Sensoren hat der Filialleiter aber nicht. Bei aktivem Alarm wird die Filiale vor Ort alarmiert, um die nötigen Schritte einzuleiten.

In Abbildung 26 ist der Warenprozess der Migros AG dargestellt, wie er in der Verteilzentrale Gossau umgesetzt wird. Dort findet auch das Fuhrparkmanagement statt.

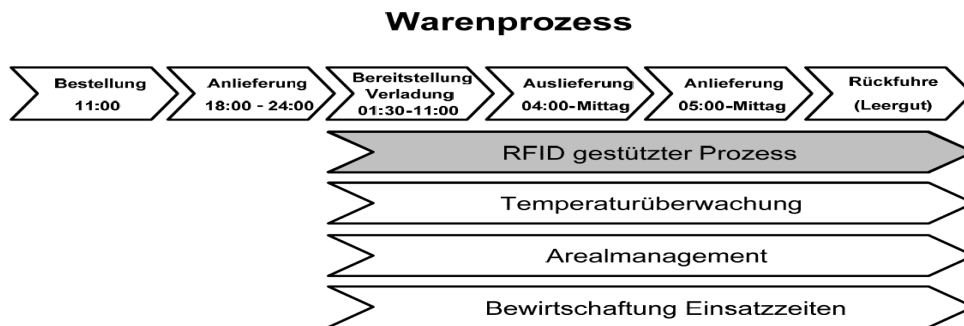


Abbildung 26: Warenprozess [RFID-Atlas, S. 5]

Migros setzt aktive RFID-Sensoren im Frequenzbereich um die Frequenz 868 MHz ein, und verwendet ein 2 minütiges Messintervall. Diese werden jeweils im gekühlten Bereich in den LKWs und an den Anhängern angebracht. Die RFID-Sensoren haben bei Migros zwei Funktionen:

- Temperaturmessungen und
- Ein-/Ausfahrtsidentifikation inklusive Fahrzeugpaarung

Die St. Galler Firma Intellion AG entwickelt die Software „TruckTrack“ und ihre Systemarchitektur wie sie in Abbildung 27 schematisch dargestellt wird. Sie ist für die Datensammlung und Auswertung zuständig.

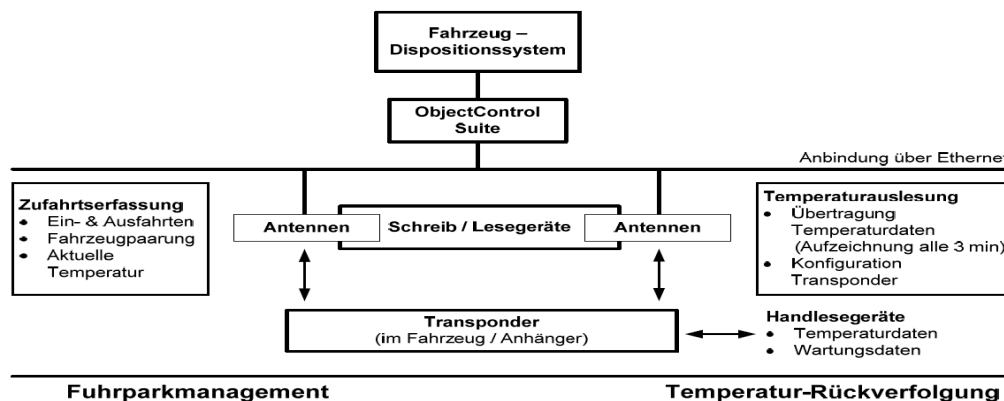


Abbildung 27: Systemarchitektur „TruckTrack“ [RFID-Atlas, S. 5]

3.4.5 Ergebnisse

Migros konnte einen Return on Investment von 2 Jahren ermitteln. Dies ergab sich aus den Gesamtkosten von 300.000 Euro für die Installationen (17.000 Euro), die Anpassungen an der Dispositions-Software (148.000 Euro), und der Projektabwicklung inklusive Hard- und Software (135.000 Euro) gegenüber den jährlichen Ersparnissen von 180.000 Euro die aus der Einsparung von 2 Mitarbeitern die für den Fuhrpark zuständig sind und aus der Einsatz- und Tourenoptimierung resultieren. Probleme

matisch erwies sich die Platzierung des RFID-Tags, da er einerseits für die Temperaturmessung andererseits für die Identifikation des Fahrzeugs lesbar positioniert sein muss. Die Kosten für einen RFID-Tag belaufen sich auf 65 Euro und haben eine Haltbarkeit von 6 Jahren. 8.000 Euro fallen für einen RFID-Reader mit 4 Antennen an.

Die zentrale Speicherung der Temperaturdaten der Manor AG und die damit verbundene Sicherheit, dass die Daten nicht manipuliert werden können, soll in einem Vertrauenszuwachs der Behörden in die ermittelten Daten münden. Das Ziel die Temperatur lückenlos zu erfassen konnte erfüllt werden. So konnte auch festgestellt werden, dass durch die jetzt häufig ausgelösten Alarmlösungen die dringende Notwendigkeit solch eines RFID-Sensorsystems herrschte. Durch diese verbesserte Qualitätskontrolle können Verluste von mehreren 1.000 Euro vermieden werden, wenn ein Kühlelement unbemerkt ausfallen würde.

3.4.6 Chancen und Risiken

Zum Zeitpunkt der Durchführung handelte es sich bei der Lösung der Migros AG noch um eine maßgeschneiderte Einzelanfertigung, die aber durch den doppelten Nutzen überzeugen konnte. In Zukunft wird es aber mehr standardisierte Software-Systeme geben, womit dann auch der Preis der individuellen Software Entwicklung sinken kann und das System auch für kleinere Speditionen und Handelsbetriebe erschwinglich wird. Wirtschaftlich gesehen erweist sich diese RFID-Lösung durch Prozessvereinfachungen als positiv.

Bei Manor hat man sich für das System der Schweizer Firma IP01 entschieden, dass pro Filiale mit etwa 12.000 Euro zu Buche schlägt. Gegenüber IP01 entstehen in Abhängigkeit von der Anzahl der RFID-Sensoren und deren Wartung weitere laufende Kosten. Außerdem hat Manor geplant, alle Kühl-LKWs und alle Paletten mit RFID-Temperatursensoren auszustatten. Dadurch kann während des Transports das Kühlaggregat zeitweise abgestellt werden, solange die RFID-Temperatursensoren an den Paletten noch einen bestimmten Temperaturwert nicht überschritten wird. Dieses vorgehen hilft Treibstoff und weiteres Geld zu sparen.

Nach [Clasen 2006, S. 5] kam eine europäische Untersuchung der Firmen Markant und Langnese-Iglo zu dem Ergebnis, dass an etwa 40 % der Eis-Produkte in den Kühltruhen leichte Mängel sichtbar wurden, wobei 10 % vom Kunden reklamiert wurden. Im ungünstigsten Fall kauft der Kunde nie wieder dieses Produkt. RFID-Temperatursensoren können dabei helfen, zu welchem Zeitpunkt die Kühlkette unterbrochen wurde. Tabelle 4 zeigt welche Einsparungen durch den Einsatz von RFID-Sensoren bei der Überwachung der Kühlkette zu erzielen sind.

Warengruppe	Marktvolumen 2004 in Deutschland in Mrd. €	Verlust bei 5 % Abschreibung in Millionen €
Fleisch und Fleischerzeugnisse	7,48	374
Milchprodukte	4,79	240
Obst und Gemüse	3,95	198
Tiefkühlkost	1,51	76
Speiseeis	1,05	53
Eier	0,72	36
Fisch	0,55	27
Feinkost und Delikatessen	0,25	13
Gesamtmarkt kühlpflichtiger Waren	20,30	1017

Tabelle 4: Marktvolumen kühlpflichtiger Waren in der BRD im Jahre 2004 [Clasen 2006, S. 6]

Kapitel 4: Modell

Dieses Kapitel stellt ein Modell vor, wie Unternehmen bei der Einführung der RFID-Technologie vorgehen können und welche Faktoren bei der Umsetzung für die Unternehmen relevant sind. Abbildung 28 zeigt die ermittelten 4 Kern-Elemente, die letzten Endes in den 4 untersuchten Projekten als ausschlaggebend erkannt wurden. Bei der Analyse der in Kapitel 3 geschilderten Projekte lassen sich vier wesentliche Beweggründe aufzeigen, die im einzelnen die Projekt-Treiber, die technische Realisierbarkeit (Technik), die gesellschaftliche Akzeptanz (Gesellschaft) und die Rentabilität sind. Auf diese Elemente wird im Folgenden genauer eingegangen:

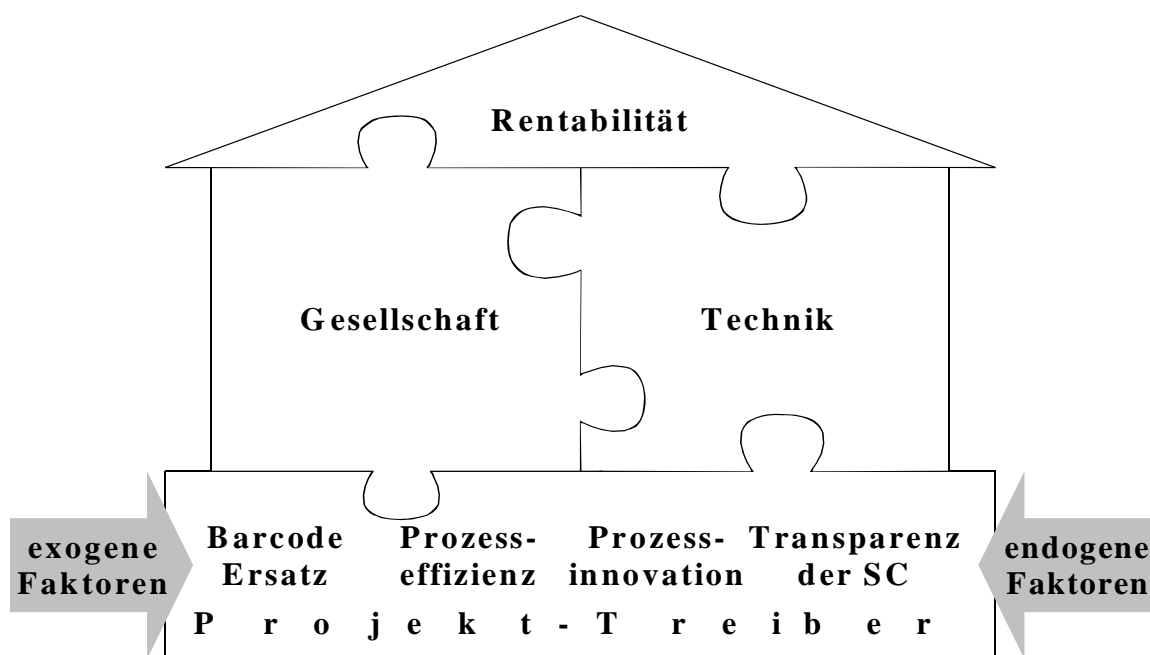


Abbildung 28: RFID Haus

Die ermittelten Projekt-Treiber werden durch endogene Faktoren, also Faktoren die aus der Motivation des Unternehmens selbst entstehen, und exogene Faktoren, Faktoren die beispielsweise von Kunden oder Projektpartnern induziert werden, beeinflusst. Diese Projekt-Treiber konnten ausgehend von den Projekten in 4 Projektkategorien unterteilt werden, welche die Unternehmen bei der Einführung verfolgt hatten. In Anlehnung an [Thiesse 2006b, S.179 ff.] kann solch eine Unterteilung der Projekt-Treiber folgendermaßen erfolgen:

- Ersatz der Barcode-Technologie,
- Steigerung der Prozesseffizienz,
- Vorantreibung der Prozessinnovation und
- Verbesserung der Transparenz der Supply Chain.

Die Anforderungen, die auf gesellschaftlicher Ebene gestellt werden, und die Anforderungen auf technischer Ebene beeinflussen sich gegenseitig, und es besteht wiederum in großem Maße eine gegenseitige Abhängigkeit der Projekt-Treiber respektive den Einsatzzwecken, die mit der RFID-Technologie verfolgt werden.

Aus diesen Faktoren resultiert dann schließlich die Rentabilität, die sowohl durch quantitative ökonomische Größen, als auch durch andere qualitative Größen wie zum Beispiel dem Nutzen bewertet werden kann.

Bei diesem Modell stehen diese Faktoren somit in interdependenten Beziehungen, und sind nicht als isoliert stehende Punkte zu betrachten.

4.1 Projekt-Treiber

Die Projekt-Treiber sind in der Regel die ausschlaggebenden Gründe, weshalb die RFID-Technologie im Unternehmen eingeführt wird. Neben den verschiedenen Einsatzzwecken, die von dem Unternehmen verfolgt werden, können diese Entscheidungen sowohl von endogenen als auch von exogenen Faktoren beeinflusst werden.

4.1.1 Endogene und exogene Faktoren

Unter endogenen Faktoren versteht man Faktoren, die von dem Unternehmen selbst erkannt werden, weshalb die RFID-Technologie eingeführt werden sollte. Dabei stehen neben monetären Gründen, vor allem aber auch qualitative Verbesserungen im Vordergrund.

Exogene Faktoren sind dagegen Faktoren, die von außerhalb des Unternehmens induziert werden. Dabei kann es sich sowohl um von konkurrierenden Firmen vorgegebene Standards handeln oder auch den Wunsch, durch einen Wettbewerbsvorteil eine Vorreiterrolle zu übernehmen. Vielleicht aber fordern einfach Kunden oder Lieferanten die Einführung der RFID-Technologie um beispielsweise die komplette Supply-Chain transparent zu gestalten.

In den vorgestellten Projekten konnten vornehmlich Prozessverbesserungen als endogene Faktoren analysiert werden. So konnte hierbei je nach Zielsetzung des einzelnen Projektes Fehlervermeidung innerhalb des Prozesses (Gerry Weber/Kaufhof), Minimierung der Durchlaufzeit und Maximierung der Kapazitätsauslastung (Infineon), effizientere Verwaltung der Patienten und Qualitätsverbesserung der Behandlung (Uniklinik Jena), und Temperaturmessung, Koordination und Kontrolle (Migros und Manor) des Prozesses identifiziert werden. Einzig Infineon ging einen Schritt weiter und änderte den Prozess bei der Wafer Produktion radikal und erzielte dadurch eine echte Prozessinnovation.

Als exogene Faktoren konnten hingegen unterschiedlichere Gründe ermittelt werden. So konnte bei Gerry Weber und Kaufhof durch die Kooperation ein Anreiz ausfindig gemacht werden, der durch die gemeinsame Abhängigkeit innerhalb der Supply-Chain resultiert. Würde ein Kooperationspartner

nicht partizipieren wollen, würde der Effekt der RFID-Technik wesentlich geringer ausfallen. Ein interessanter Nebeneffekt bei einer kooperativen Einführung entlang der Supply-Chain liegt vor allem aber auch in der Kostenverteilung auf die einzelnen Kooperationspartner, wodurch die Kosten für die Einführung von RFID geringer ausfallen. Der Kunde im Einzelhandel konnte hier als ein wesentlicher exogener Faktor erkannt werden. Nur durch seine Nachfrage nach den Produkten und deren gleichzeitige Befriedigung kann das Maximum an Umsatz erreicht werden. Daher ist es wichtig die Nachfrage auf der Verkaufsfläche schnell und quantitativ zu befriedigen, indem der Nachschub quasi automatisch geordert wird. Durch die EAS gelingt es überdies einen gleichzeitigen Diebstahlschutz zu implementieren.

Die steigende Nachfrage und der wachsende Preisdruck im Halbleitermarkt lässt die in dieser Branche tätigen Firmen immer neue kostengünstigere und flexiblere Produktionstechnologien und vor allem vollautomatische Massenproduktionen entwickeln. Diese flexible Vollautomatisierung führt dazu, dass die Preisvorteile an den Kunden weitergegeben werden können und damit Wettbewerbsvorteile erzielt werden. Außerdem wird durch die verbesserte Termintreue, die aus der neuen Produktionstechnologie resultiert, den in diesem Markt rasant voranschreitenden Innovationen Rechnung getragen. Dies geschieht indem die neuen Produkte schnell am Markt verfügbar sind und so dem Stand der Technik entsprechen und nicht durch verspätete Liefertermine veraltete Produkte geliefert werden.

In der Gesundheitsbranche herrscht ein enormer Kostendruck, der Krankenhäuser und Ärzte ständig unter Zwänge setzt, die eigentlich bei der Therapie des Menschen nicht im Mittelpunkt stehen sollten. Durch vermehrt fixe Abrechnungssätze der Krankenkassen, sind die Krankenhäuser dazu gezwungen effizienter zu arbeiten und gleichzeitig qualitativ bessere Diagnosen zu stellen und Fehlmedikamentierungen zu vermeiden.

Der Zwang, die Rückverfolgbarkeit bestimmter Lebensmittel zu gewährleisten, zwingt die Lebensmittelindustrie zum Handeln. Der beste Weg besteht darin die gesamte Supply-Chain transparent zu gestalten, um zu jeder Zeit Informationen über die Produkte abrufen zu können.

[Gross 2006, S. 87] erwähnt als weiteren Grund für den RFID-Einsatz einen erhöhten Bedarf an Daten- und Informationsqualität, der aber endogen oder exogen induzierter Natur sein kann. Somit stellt dieser Bedarf keinen extra Faktor dar und es genügt zwischen diesen beiden Faktoren zu unterscheiden.

4.1.2 Projektkategorien

Eine Kategorisierung der geplanten Anwendung hilft eine ausführliche Anforderungsanalyse vorzunehmen. In Anlehnung an [Thiesse 2006b, S.179 ff.], der 20 RFID-Projekte untersuchte, konnte ebenso festgestellt werden, dass die RFID-Infrastruktur immer in schon bestehende Anwendungssysteme integriert werden musste. Wie oben bereits erwähnt, untergliedert [Thiesse 2006b] die Projekt-Treiber wie folgt.

Ersatz der Barcode-Technologie

Hier stand der ausschließliche Ersatz bereits vorhandener Identifikationstechnologien im Mittelpunkt. Die Geschäftsprozesse und die Daten, die bei der Anwendung erfasst werden, wurden bei der Implementierung der RFID-Technologie nicht verändert. Vor allem bei Wartungs- und Reparaturaufgaben, konnten die Vorteile der RFID-Technologie, wie beispielsweise vereinfachtes Auslesen, Unempfindlichkeit und Sicherheit, zur vollen Entfaltung gelangen. Nutzen hieraus konnte durch eine verbesserte Dokumentation und Kontrolle erzielt werden.

Prozesseffizienz

Die Verbesserung der Prozesse und deren effizientere Gestaltung mit Hilfe der RFID-Technologie steht bei dieser Prozesskategorie im Fokus des Interesses. So werden hier die Vorteile bei der Pulkerfassung ausgenutzt, die normalerweise bei manueller Bearbeitung und direkter Sichtverbindung nicht vorhanden wären. Nutzeffekte, die aus der gesteigerten Prozesseffizienz resultieren, sind die Vermeidung nicht-wertschöpfender Tätigkeiten und somit sinkende Personalkosten und effizientere Nutzung der vorhandenen Ressourcen.

Prozessinnovation

Einschneidende Veränderungen der Prozesslogik sind Gegenstand der Prozessinnovation. Eine neue und bessere Datenqualität und -granularität die von dem Prozess generiert wird führt zu besserer Produktqualität. Bei Infineon sind dies beispielsweise die Positionsdaten der einzelnen Transportbehälter die zur effizienteren Gestaltung des Produktionsprozesses genutzt werden, bei Kaufhof ist es die Umgestaltung der Prozesse zur Lagerverwaltung und Nachbefüllung der Verkaufsfläche.

Transparenz der Supply-Chain.

Unternehmensübergreifende Prozesse entlang der Supply-Chain werden hier transparent gestaltet, wodurch zu jeder Zeit Informationen, die zu einer verbesserten Planung und Steuerung der Supply-Chain nötig sind, abgerufen werden können. Durch die Visibilisierung der Güterflüsse können die Lagerbestände, die Vertriebswege und die Produktsicherheit optimiert werden.

Aus den oben angeführten Gründen resultieren Anforderungen die auf technischer und gesellschaftlicher Ebene erfüllt werden müssen, worauf folgende zwei Abschnitte näher eingehen werden.

4.2 Technische Realisierbarkeit

Neben der RFID-Hard- und Middleware zeigt sich auch, wie wichtig eine Informationssystem-Architektur bei der Integration in bestehende Anwendungssysteme ist, da sie als verbindendes Element die beteiligten Komponenten umfasst und miteinander verbindet.

Ähnlich wie in [Gross 2006, 86 ff.], können hier als Hauptunterschiede zu den nicht mit RFID unterstützten Prozessen aufgeführt werden, dass erstens weniger manuelle Tätigkeiten (z.B. Pulkerfassung),

zweitens weniger administrative Tätigkeiten (z.B. manuelles Handeln im Fehlerfall) und drittens mehr computergestützte Entscheidungen (z.B. automatisches Handeln im Fehlerfall) ausgeführt werden, wobei sich die computergestützten Entscheidungen vornehmlich als Erweiterung des zweiten Punktes verstehen. Durch diese Integration der RFID-Daten in das Informationssystem können die Geschäftsprozesse nicht nur überwacht sondern auch gesteuert werden.

Aus diesen hier genannten Unterschieden lassen sich für die Informationssystem-Architektur drei Ebenen innerhalb der Architektur herausbilden:

- Die Applikationsebene,
- die Integrationsebene sowie
- die Infrastrukturebene.

Abbildung 29 zeigt solch eine Informations-Architektur sowie ihre Ebenen und Komponenten. In den folgenden Abschnitten wird dabei vor allem auf die praktikable Anwendung bzw. was sich für die Unternehmen bewährt hat eingegangen [Thiesse 2006b, S. 181 ff.].

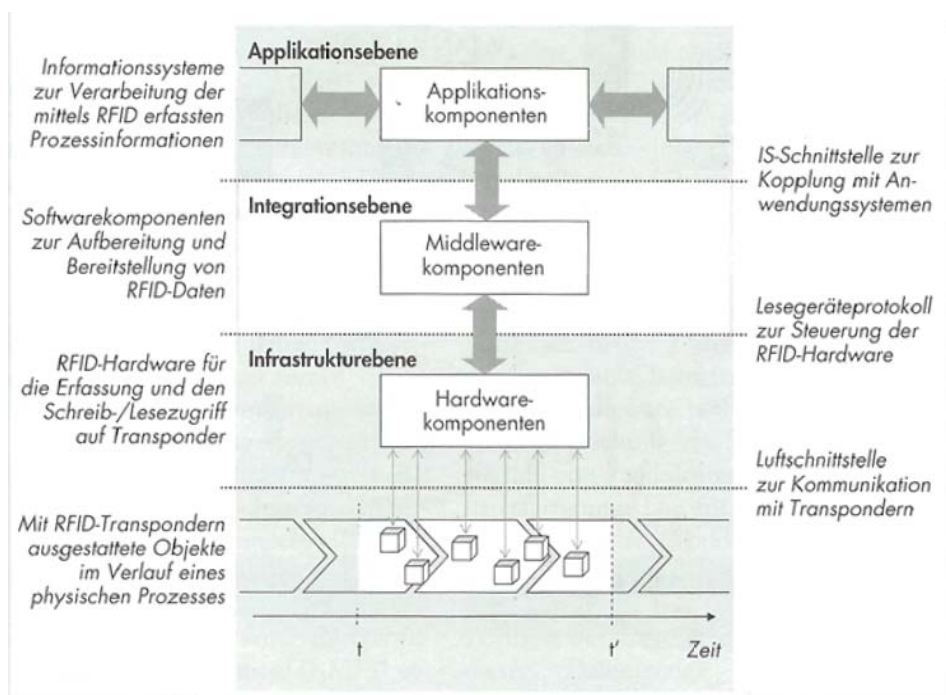


Abbildung 29: Technische Architektur eines RFID-Systems [Thiesse 2006b, S. 181]

4.2.1 Die Infrastrukturebene

Elemente der eigentlichen **RFID-Infrastruktur bzw. -Hardware** sind RFID-Tags, RFID-Reader, Antennen, RFID-Drucker und die Verkabelung, wie sie im Grundlagenkapitel bereits aufgeführt wurde. Diese Ebene stellt die zur Erfassung der physischen Objekte und Prozesse notwendige Infrastruktur zur Verfügung.

Hier sind die **Daten** direkt auf dem RFID-Tag, der sich entweder auf dem einzelnen Objekt, auf der Verpackungseinheit oder auf der Transporteinheit befindet. Die Daten können dann beliebig und beispielsweise, von Sensoren ermittelt worden sein. Kommen Sensoren auf dem RFID-Tag zum Einsatz, sind auf diesem auch **Funktionen** möglich, wie zum Beispiel das Auslesen der Temperatur.

4.2.2 Die Integrationsebene

Auf der Integrationsebene befinden sich die Komponenten der Middleware, die sowohl für die Verbindung der RFID-Reader zum eigentlichen Anwendungssystem, als auch zum Vorverarbeiten (korrigieren, filtern und transformieren) der Daten zuständig ist.

Die auf dieser Ebene behandelten **Daten** sind die RFID-Rohdaten die sie von der Infrastrukturebene respektive den RFID-Tags erhält. Als Input wird dann ein Datentripel aus Identifikationsnummer des Tags, des Readers und dem Erfassungszeitpunkt gebildet, der aber dann in einen Output und somit für die Geschäftsapplikation lesbares Format transformiert werden muss, den so genannten RFID-Daten. Die Konfigurationsdaten enthalten zum Beispiel Informationen über den Aufenthaltsort der RFID-Reader. Die eben erwähnte Transformation ist neben der Integration und Konfiguration die Aufgabe der **Funktionen** der Integrationsebene. Bei der Integration sind inner- und zwischenbetriebliche Aufgaben zu lösen, die es ermöglichen die Daten zu sammeln und zu verteilen. Die Überwachung und Steuerung der RFID-Reader ist Aufgabe der Konfiguration und sorgt damit für die Korrektheit der Daten.

Die Edgware, die RFID-Middleware, und das ERP-System sind die **Applikationen** die auf der hier betrachteten Ebene zum Einsatz gelangen. Die Existenz der Edgware liegt darin begründet, dass viele Hersteller von RFID-Readern unterschiedliche Software darauf integrieren und somit ist es die Aufgabe der Edgware die Rohdaten vom Reader zu filtern, zu aggregieren und anderen Anwendungen zur Verfügung zu stellen. Meist ist diese Funktionalität in die RFID-Middleware eingegliedert, deren Aufgabe in Abschnitt 2.5 beschrieben wurde. ERP-Systeme müssen für die Anwendung mit RFID ihre Schnittstellendienste, Transformationsdienste und Prozessmanagementdienste dementsprechend anpassen.

4.2.3 Die Applikationsebene

Hier werden die aus dem physischen Prozess gewonnenen Daten in dem betrieblichen Anwendungssystem verarbeitet, wobei dieses Anwendungssystem auch die Unternehmensgrenzen überschreiten kann, was für Anwendungen entlang der Supply-Chain sogar unabdingbar ist.

Als **Daten** sind auf der Applikationsebene die Stamm- und die Bewegungsdaten von Bedeutung und kommen in den Geschäftsanwendungen in Form von Geschäftsdokumenten und Statusmeldungen zum Einsatz. Um diese zu erstellen, benötigt das System **Funktionen**, die dabei behilflich sind den Prozessstatus jederzeit anzuzeigen und die Prozesse zu überwachen und zu steuern. Gegebenfalls muss es

auch Prozessanalysen durchführen können, um die Prozesse auf ihre Effizienz zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen.

Applikationen innerhalb eines Unternehmens sind vielseitig vorhanden. Für den Einsatz von RFID müssen diese an die entsprechenden Anforderungen angepasst werden. Davon betroffen sind das SupplyChain Event Management, das ERP-System, das Lagermanagementsystem, das Monitoring sowie die Analyse und Reporting Software. Weitere Ausführungen finden sich diesbezüglich in [Gross 2006, S 97 ff.].

Die hier vorgestellte Architektur muss sich möglichst einfach in schon bestehende Systemlandschaften integrieren lassen und zuverlässig seinen Dienst erweisen. Ihre Auswirkungen auf die Gesellschaft soll der nächste Abschnitt hinterfragen.

4.3 Gesellschaftliche Akzeptanz

Ohne gesellschaftliche Akzeptanz können sich neue Technologien nicht in vollem Umfang verbreiten. Daher muss neben den vorher schon genannten technischen Gründen, auch verstärkt in das Erreichen gesellschaftlicher Akzeptanz investiert werden. Aus der „unbemerkten“ und „unsichtbaren“ Verfolgung von Objekten und Menschen gerade auch über die Unternehmensgrenzen hinweg, resultiert ein erhöhtes Interesse am Datenschutz und der Sicherheit der Privatsphäre. Dies bezieht sich keineswegs ausschließlich auf das Tragen eines „unsicheren“ Reisepasses, sondern ein Mensch kann beispielsweise anhand einer individuellen Kleidungs-Kombination relativ eindeutig wieder erkannt werden, wenn jedes einzelne Kleidungsstück mit integrierten RFID-Tags ausgestattet ist ohne die Kenntnis des Trägers. Dies macht ersichtlich, dass es einer offenen, sachlichen und umfassenden Informationsstrategie bedarf, damit sich die RFID-Technologie in den beruflichen, privaten und öffentlichen Bereichen etablieren kann. Drei Bereiche die sich wiederum auf geschlossene und offene System übertragen lassen.

4.3.1 Sicherheit

Geschlossene Systeme, zu denen man die beruflichen und privaten Bereiche zählen kann, lassen bei der Ausgestaltung der RFID-Technologie mehr Spielraum, da zu diesen Systemen in der Regel ein kontrollierter Zugang besteht. Hat sich aber ein mutwilliger Schädiger Zugang zu diesem System verschafft, kann daraus eine fatale Situation resultieren, wobei das System offensichtlich unzureichend gesichert wurde.

Offene Systeme und somit öffentliche Bereiche müssen von vorneherein ausreichend abgesichert werden, da hier die Gefahr durch willkürlichen Zugang für nahezu Jedermann besteht.

Sicherheit des RFID-Systems beginnt daher schon bei jeder einzelnen Angriffsfläche, die das System bietet, an. In Abbildung 30 werden die einzelnen Angriffsmöglichkeiten auf RFID-Systeme exemplarisch skizziert.

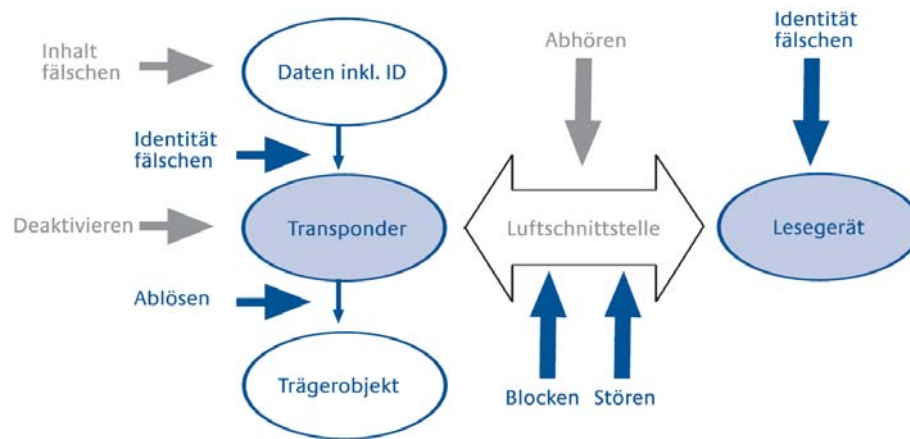


Abbildung 30: Angriffsmöglichkeiten auf RFID-Systeme [BSI 2004, S. 41]

Abbildung 30 zeigt eine Aufteilung der Systemsicherheit, wie sie auch in [Henrici 2004, S. 224 f.] vorgenommen wird, in RFID-Tags (Transponder), Funkschnittstelle (Luftschnittstelle) und RFID-Reader (Lesegerät).

RFID-Tags

Von der direkten Zerstörung des RFID-Tags geht die offensichtlichste Gefahr aus. Dies kann durch beispielsweise mechanische, chemische oder elektrische Einwirkungen geschehen und irreversibel sein (Deaktivieren). Auch das Ablösen des RFID-Tags vom Trägerobjekt selbst stellt eine Sicherheitsbedrohung dar. Wesentlich aufwendiger aber auch heimtückischer erweist sich die Änderung bzw. das Zerstören der Daten auf dem RFID-Tag, da diese Manipulation der Transaktion zum Beispiel beim Auslesen nicht direkt erkannt wird oder das System in einen undefinierten Zustand übergehen könnte. Derartige Eventualitäten müssen von der Logik des RFID-Tags abgefangen werden (Inhalt fälschen). Um den sicheren Zugriff auf jeden einzelnen RFID-Tag gewährleisten zu können, sollten sie ebenso den individuellen Zugang anhand von Kennwörtern bzw. Kommunikationsschlüsseln regulieren. Sollte es dennoch gelingen, die Identität zu fälschen, wird somit „nur“ das Ändern bzw. das Zerstören mittels des „Kill-Befehls“ eines einzigen RFID-Tags ermöglicht. Somit muss auch das unerlaubte Kopieren oder Imitieren des RFID-Tags unterbunden sein.

Funkschnittstelle

Die Luft ist das Medium, über das RFID-Tags und -Reader kommunizieren und stellt damit ein weiteres Sicherheitsrisiko dar.

Störungen des Signals können entweder direkt über Störsignale oder indirekt durch Abschirmung erfolgen. Sogenanntes Blocken geschieht durch eine Überlastung des Systems mittels Denial-of-Service-Attacken. Das Phänomen des Blockens kann aber auch positiv genutzt werden, indem „Blocker Tags“ dazu benutzt werden, dass bestimmte Gruppen von RFID-Tags nicht gefunden werden können und somit den Schutz der Privatsphäre garantiert.

Ebenso besteht bei der Luftschnittstelle die Möglichkeit des Abhörens. Hierbei können während des Sendens gewünschte Informationen mitgehört und aufgezeichnet werden, die dann bei Replay-Attacken - bei denen ausgenutzt wird, dass die RFID-Tags keine eigene Zeitinformation besitzen - erneut mit zeitlicher Verzögerung abgesendet werden können.

RFID-Reader

Das letzte Glied der Sicherheitskette sind die RFID-Reader inklusive des damit verbundenen Backend. Sicherheitsprobleme entstehen hier bei frei zugänglichen Lesegeräten die dadurch jeglichen Gewaltwirkungen und Störungen ausgesetzt sind. Das Problem der Identitätsfälschung muss ebenso beachtet werden, damit sich RFID-Reader von möglichen Angreifern nicht wie autorisierte Reader verhalten können und die Kommunikationsprotokolle manipulieren.

Sicherheitsinduzierte Probleme bezüglich des Backends, welche sich beispielsweise auf die Datenbanken, Middleware oder Software im allgemeinen beziehen, stehen den herkömmlichen Sicherheitskonzepten gegenüber und entsprechen den „normalen“ Problemen die innerhalb vernetzter Systeme auftreten.

4.3.2 Datenschutz und Privatsphäre

Der Schutz der Daten und Privatsphäre der Benutzer erfordert großes Interesse, da dies für die Durchdringung der Märkte unumgänglich ist. Sensitive Daten dürfen daher nie unverschlüsselt übertragen werden und müssen immer durch entsprechende Zugangskontrollen geschützt werden, wie im vorigen Abschnitt der Sicherheit schon erwähnt. Zu betonen ist hierbei, dass neben den eigentlich übertragenen Daten auch die Protokollinformationen selbst als sensitiv einzustufen sind, was gerade beim Tracking relevant ist. Generell gilt, dass nur die wirklich notwendigen Informationen übertragen und gespeichert werden sollen, womit dem Prinzip der Datensparsamkeit Rechnung getragen wird.

Das Tracking von Objekten und Subjekten ist auf der einen Seite ein gewünschtes Ziel, das anhand der RFID-Technologie drahtlos realisiert werden kann, auf der anderen Seite ist dies aber auch gerade ein großer Schwachpunkt, da dies unbemerkt und ungewollt geschehen kann. Zur Umsetzung und Erreichung des Schutzes der Privatsphäre ist es daher nach [Henrici 2004, S. 226] unumgänglich das Tracking generell zu unterbinden, gewolltes Tracking dann aber explizit und kontrolliert möglich zu machen.

Beim Tracking wird sowohl anhand der Dateninhalte als auch anhand der Anzahl der RFID-Tags bzw. der Datenmenge auf dem RFID-Tag der zu verfolgende Gegenstand wieder erkennbar. Das Entfernen der Seriennummer auf dem RFID-Tag birgt selbst auch keinen Schutz der Privatsphäre. Je mehr individuelle Information auf dem RFID-Tag gespeichert wird, desto sicherer kann der RFID-Tag identifiziert werden. Dies könnte zum einen ein individuelles Mindestverfallsdatum sein, zum anderen die Anzahl an RFID-Tags die eine Person mit sich trägt, aber auch die Menge der übertragenen Daten selbst, sofern diese nicht für jedes RFID-Tag gleich ist. Um den Schutz der Privatsphäre zu maximie-

ren, sollten die abrufbaren Daten auf dem RFID-Tag minimiert werden und für Außenstehende den Anschein zufälliger Natur bieten.

4.3.3 Informationelle Selbstbestimmung

[Langheinrich 2005, S.332 f.] zeigt die Unterschiede der modernen Datenschutzgesetze auf, die zwischen den USA und Europa herrschen. Im Gegensatz zu den USA, in denen für Unternehmen eine freiwillige Selbstbeschränkung zum Schutz der Privatsphäre gilt, konnte in Europa durch die Datenschutz-Direktive 95/46/EC erreicht werden, dass die Privatsphäre auch über die Grenzen Europas hinweg geschützt wird. Kernelemente sind dabei die Verpflichtung der Mitgliedsstaaten der Europäischen Union zur Umsetzung der Gesetzgebung, sowie das Verbot personenbezogene Daten in Drittländer zu transferieren, die nicht diese Direktive umsetzen.

Die in [Langheinrich 2005, S.333 f.] erwähnten „Fair Information Practices“ lassen sich in fünf Grundsätze zusammenfassen: Offenheit, Datenzugriff und -kontrolle, Datensicherheit, Datensparsamkeit und individuelle Einwilligung. Durch die Erweiterung dieser Grundsätze um einen partizipativen Ansatz, also um die Möglichkeit jedes einzelnen über seine persönlicher Daten selbst zu bestimmen, konnte ein enormer Fortschritt hin zur informationellen Selbstbestimmung erreicht werden. Diese Informationelle Selbstbestimmung gewinnt vor allem durch eine neue Qualität der Datenerhebung an Bedeutung.

Die Anforderungen, die sich aus dem Ubiquitous Computing an den Datenschutz begründen lassen, können mittels der „Fair Information Practices“ keinesfalls garantiert werden, aber es lassen sich daraus Mindeststandards ableiten, die von unabhängigen Organisationen auf ihre korrekte Einhaltung hin überprüft werden können [Langheinrich 2005, S.337].

Auf der Grundlage der kritischen Haltung von Konsumenten, nennt [Thiesse 2005, 370 ff.] vier Handlungsebenen mit dazugehörigen Zielen und deren Gestaltungsmöglichkeiten, wie sie in Abbildung 31 dargeboten werden.

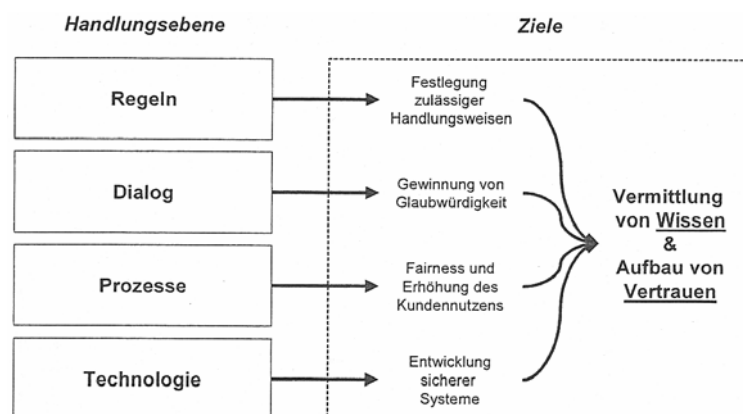


Abbildung 31: Handlungsebenen für das Risikomanagement [Thiesse 2005, 371]

Sicherheit, Datenschutz und Schutz der Privatsphäre müssen gewährleistet werden, damit es auch glaubwürdig kommuniziert werden kann. Nur so kann das Vertrauen der Gesellschaft in die RFID-Technologie wachsen, wodurch wiederum die Anwendung durch die Benutzer zunimmt und ein erlebbarer Nutzen von jedem einzelnen erfahren werden kann.

Dabei hat sich auch gezeigt, dass den Medien bei der Kommunikation der Chancen und Risiken eine enorme Bedeutung zukommt. Nach [BSI 2004, S. 110] agieren sie dabei nicht nur als Informationslieferant, sondern ebenfalls als Informations-Bündeler und -Verstärker. Dieses sensible System vermag es potentielle Chancen außerordentlich zu kommunizieren, aber ebenso das kleinste mögliche Risiko wie eine „Lawine“ zu verbreiten.

Da Träger des RFID-Tags und Besitzer der RFID-Reader nicht selten unterschiedlichen Parteien angehören, die Entscheidung wer den RFID-Tag auslesen darf, aber beim Besitzer des Lesegerätes liegt, ist es hier sehr wichtig, eine Vertrauensbasis in Form von gesellschaftlicher Akzeptanz zu schaffen [Henrici 2004, S. 226]. Ein allgemeines Rezept, wie diese erreicht werden kann, gibt es nicht, jedoch beschäftigen sich aktuelle Forschungen mit der Frage, wie sich die Akzeptanz neuer Technologien, gerade im Bereich des Ubiquitous Computing, generell erhöhen lässt. Dabei liegt der Fokus auf der Konzeption, der Entwicklung und der Kommunikation des Produktes.

4.4 Wirtschaftliche Rentabilität

Die wirtschaftliche Rentabilität hängt in starkem Masse von den Projekt-Treibern und seinen gesellschaftlichen und technischen Anforderungen ab. Sie stellt für die meisten Unternehmen die wichtigste Entscheidungskomponente dar, ob die RFID-Technologie im Unternehmen eingeführt wird [Tellkamp 2005, S. 316].

Probleme bei der Bewertung basieren auf den mangelnden Erfahrungen, die auf die Neuartigkeit der RFID-Technologie zurückzuführen ist. Eine Wirtschaftlichkeitsanalyse, wie sie im folgenden Vorge stellt wird, kann helfen, die Rentabilität der bevorstehenden Investition zu analysieren. [Gillert 2006, S.79 f.] weist ausdrücklich darauf hin, dass eine Differenzierung zwischen den Haupt- und Teilprozessen vorgenommen werden muss, um den Teilprozessen ihre einzelnen Aktivitäten zuordnen zu können.

4.4.1 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Aufbauend auf den Zielsetzungen des Projektes und dessen Lösungsvorschläge, gilt es vor allem die Kosten- und Nutzentreiber aufzudecken. Die daraus erhaltenen diskontierten Zahlungsströme (Barwerte) der Investition werden dann bei der Kosten-Nutzen-Analyse gegenübergestellt. Bei der Ermittlung der Nutzentreiber versucht man die Ergebnisauswirkungen abzuschätzen, die beispielsweise eine Erhöhung der Produktverfügbarkeit erreichen kann. Szenarien helfen dabei, um solch eine Bewertung systematisch durchzuführen. Dabei wird vorgeschlagen, jedes Szenario mit einer realistischen, einer

optimistischen und einer pessimistischen Betrachtung zu beurteilen, um die vollständige Bandbreite abzudecken. Abbildung 32 zeigt exemplarisch, wie die Zahlungsflüsse der Szenarien dargestellt werden können, und man daraus ablesen kann, wann sich eine Investition als lohnend erweist.

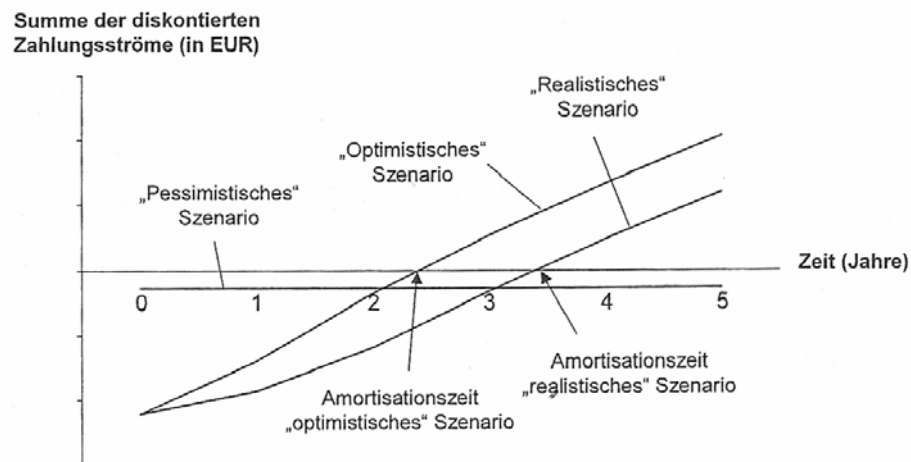


Abbildung 32: Ein Beispiel für Zahlungsflüsse der drei Szenarien [Tellkamp 2005, S. 318]

Mittels zusätzlicher Sensitivitätsanalysen können für einzelne Parameter die kritischen Werte ermittelt werden, bei denen beispielsweise die Investition vom negativen in den positiven Bereich wechselt. Neben den so ermittelten materiellen Nutzenpotentialen müssen auch die immateriellen beachtet werden, also den nicht offensichtlich monetär Bewertbaren. Gerade aber weil sich dies nicht immer einfach realisieren lässt, werden viele Projekte aufgrund der unzureichenden Informationen abgelehnt, und eine Kosten-Nutzen-Analyse fälschlicherweise als unpassend angesehen und stattdessen eine Nutzwertanalyse vorgeschlagen [Tellkamp 2005, S. 319]. Bei der Bewertung des immateriellen Nutzen wird zuerst eine Bewertung des ausschließlich direkt monetär bewertbaren Nutzen vollzogen, bei der beispielsweise ein negativer Barwert x erzielt wird. In einem weiteren Schritt, wird die Berechnung um den zusätzlichen immateriellen Nutzen, zum Beispiel um Qualitätsverbesserung und der damit einhergehenden gesteigerten Kundenzufriedenheit, erweitert. Daraus resultierend ergibt sich eine neue Fragestellung. So ändert sich die ursprüngliche Abschätzung des immateriellen Nutzen hin zur Frage, ob der hinzugewonnene immaterielle Nutzen (hier: Steigerung der Qualität und Kundenzufriedenheit) mindestens x beträgt. Diese Frage lässt sich wesentlich leichter beantworten.

Als schwierigste Aufgabe bei der Wirtschaftlichkeitsanalyse nennt [Tellkamp 2005, S. 319 ff.] die Ermittlung der Kosten- und Nutzentreiber des Projekts und schlägt eine Einteilung von Ubiquitous-Computing-Anwendungen in fünf Kategorien vor, wie Sie in Tabelle 5 vorgenommen wird.

	Monitoring	Positionierung	Objekt- information	Objekt verfolgung	Automatische Transaktion
Fokus	Datengenerierung mit Sensoren und Datenübertragung	Weitergabe der Position	Zugriff auf Informationen durch Nutzer	Verfolgung eines Objekts im Zeitablauf	Automatische Auslösung von Transaktionen
Unterstützte Prozessschritte	Objekt sammelt kontinuierlich Informationen über Umwelt und eigenen Status Zentrales System kann Daten an Objekte übermitteln Nutzer kann lokal auf Daten zugreifen und dies manipulieren	Objekt übergibt Daten zur eigenen Identität und Position	Nutzer kann Informationen zum Objekt abrufen Nutzer kann Daten zum Objekt manipulieren	Objekt übergibt Daten zur eigenen Identität und Position Zentrales System oder Objekt speichert Objektposition im Zeitablauf Nutzer kann auf Positionsinformation (und andere Daten) zugreifen	Objekt startet Transaktionen bei Erfüllung bestimmter Kriterien
Fallstudien	Infineon Migros und Manor	Infineon	Kaufhof & Gerry Weber Infineon Uniklinik Jena Migros und Manor	Kaufhof & Gerry Weber Infineon Migros und Manor	Kaufhof & Gerry Weber Migros und Manor

Tabelle 5: Kategorisierung von Ubiquitous-Computing-Anwendungen [Tellkamp 2005, S. 320]

Ausgehend von dieser Kategorisierung können dann für die spezifischen Anwendungen einzelne Kosten- und Nutzentreiber, sowie immaterielle Nutzenpotentiale genannt werden, wie es [Tellkamp 2005] in Tabelle 6 beispielhaft für die Kategorie Objektverfolgung vollzieht.

Nutzentreiber	Kostentreiber	Immaterielle Nutzenpotentiale
Erhöhte Objektverfügbarkeit	Aufwand für Ausrüstung der Objekte mit Transpondern, Sensoren, etc.	Erhöhte Transparenz aufgrund durchgängiger Objektverfolgbarkeit
Erhöhte Objektsicherheit	Aufwand für Betrieb	Erhöhung der Flexibilität und schnellere Reaktionszeiten
Automatische Überprüfung der Übereinstimmung von Objektidentität und Position	Aufwand aufgrund von Fehlern bei Produktverfolgung	
Bestandsreduktion bei Objekten	Aufwand für Pilotanwendung	
Zugriff auf Objektposition und weitere Informationen	Anpassen von Arbeitsprozessen und bestehenden Systeme	
	Beschaffung von zentraler Hard- und Software	
	Aufwand für Infrastruktur für Positionsbestimmung, inklusive Installation	

Tabelle 6: Beispielhafte Kosten- und Nutzentreiber, sowie immaterielle Nutzenpotentiale bei der Objektverfolgung [Tellkamp 2005, S. 321]

Aufbauend auf diesen Bewertungsansätzen gibt [Tellkamp 2005, S. 322] eine Vorgehensmöglichkeit an, wie eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in fünf Schritten durchgeführt werden kann (vgl. Abbildung 33). Ausgehend von einem Vergleich der Ziele der Anwendung mit dem Fokus einer Objektkategorie kann eine geeignete generische Anwendung bestimmt werden. Mittels einer im zweiten Schritt durchgeführten Parameterabschätzung kann dann im dritten Schritt durch die Berechnung eines Ergebnisses eine erste Aussage bezüglich der Rentabilität getroffen werden. Mit Hilfe der Sensitivitätsanalyse sollte in Schritt 4 eine Überprüfung des Ergebnisses erfolgen. Aufgrund der Dynamik und Komplexität solcher Projekte ist es dann notwendig, spezifische Anpassungen vorzunehmen und diese in einem iterativen Prozess über Schritt 4 stetig zu verfeinern.

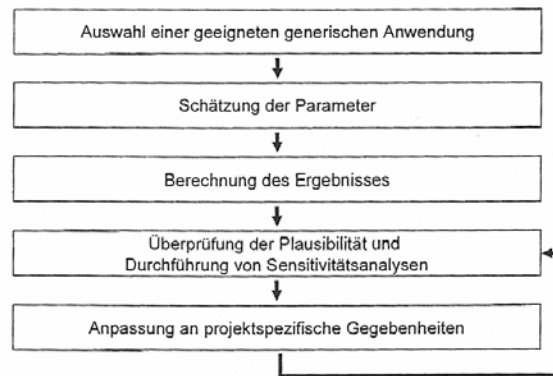


Abbildung 33: Mögliches Vorgehen bei einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung [Tellkamp 2005, S. 322]

4.4.2 Toolunterstützung

Da sich solche Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen als äußerst aufwendig erwiesen haben, ist es daher sinnvoll sich durch geeignete Software als Analyseinstrument unterstützen zu lassen. Im folgenden wird das Tool „rfid-cab“ kurz vorgestellt, das in Zusammenarbeit mit der Universität Dortmund und mehreren anderen Unternehmen entwickelt wurde. Die Buchstaben „cab“ stehen für costs and benefit analyzer und unterstreichen damit die Kosten-Nutzen-Orientierung dieses Tools. Das Tool gliedert sich in die vier nachstehenden Bereiche [Gillert 2006, S. 82ff.]:

Eingabe der Basis-Parameter

Hier werden durch die Eingabe der Basisparameter sowohl die generellen Geschäftsprozesse als auch die allgemeinen Mengengerüste festgelegt. D.h. beispielsweise wie groß ist die Gesamtmenge der Materialflussbewegung, oder über wie viele Perioden wird das Projekt betrachtet. Die Kosten, die durch die RFID-Einführung bei der Infrastruktur und bei den Lohnkosten anfallen werden, sind zu ermitteln und zusätzliche Nutzenpotentiale werden aufgezeigt. Durch eine Kooperation aller beteiligten Personen und Abteilungen während des kompletten Umsetzungszeitraums, können hier falsche oder unrealistische Basisparameter gut erkannt werden.

Prozessanalyse

Als zentrales Element steht die Prozessanalyse, die die Auswirkungen der einzelnen Tätigkeiten innerhalb der Prozesse beleuchtet. Ziel ist es eine Zuordnung des Mengengerüst zu den Teil- und Hauptprozessen unter Beachtung des Einsatzes mit und ohne RFID vorzunehmen. Die physische Aufnahme der Daten stellt hierbei den größten Teil der Arbeit dar, ermöglicht dann aber schnelle Analysen.

Auswertung

Die Ergebnisse der dynamischen Investitionsrechnung können sich dann anhand der Ein- und Auszahlungsströme in Form von Kennzahlen und Diagrammen darstellen lassen. Hervorzuheben ist jedoch,

dass dem Detaillierungsgrad aus der Prozessanalyse Rechnung getragen werden muss. Mit der folgenden Sensitivitätsanalyse werden die Ergebnisse auf ihre Robustheit hin überprüft.

Sensitivitätsanalyse

Hierfür stellt rfid-cab drei Methoden zur Verfügung. Die Break-Even-Analyse, Zielgrößen-Änderungsberechnung und Transponderpreisvariation. Letztere stellt dabei eine Methode dar, die explizit die Wirtschaftlichkeit der Preisentwicklung von RFID-Tags betrachtet, da der Preis unter kontinuierlicher Veränderung steht und oft die zukünftigen Preisveränderungen zu positiv prognostiziert wurden.

Durch eine ausführliche und akribische Kosten-Nutzen-Analyse bzw. durch das Anwenden eines Tools wie zum Beispiel rfid-cab soll die Umsetzung des Projektes so transparent wie möglich gestaltet werden, um jederzeit in der Lage zu sein eine annähernd korrekte Vorhersage treffen zu können.

4.5 Modell Transfer

	G. Weber & Kaufhof	Infineon	Uniklinik Jena	Migros und Manor
Endogene Faktoren	Prozessverbesserung durch Fehlervermeidung	Prozessverbesserung durch Minimierung der Durchlaufzeiten und Maximierung der Kapazitätsauslastung	Prozessverbesserung durch Transparenz (Apotheke und Patient) Prozessverbesserung durch Matching	Prozessverbesserung durch kontinuierliche Temperaturmessung Prozessverbesserung durch Koordination und Kontrolle
Exogene Faktoren	Partner (Kunden und Lieferanten) profitieren Verbessertes Shelf-Management durch schnelle und quantitative Bedarfsanforderung Diebstahlquote verringern	Preisvorteile für den Kunden durch Preisdruck in der Halbleiterindustrie Termintreue durch Transparenz	Effizientere Verwaltung und bessere Qualität Weniger Nebenwirkungen durch Vermeidung von Fehldikamentierung Abrechnungsmodalitäten der Krankenkassen	Kunden profitieren durch bessere Produkte Gesetzliche Vorschriften für Tiefkühlwaren
Projektkategorie	Prozesseffizienz Prozessinnovation Transparenz der Supply-Chain	Prozesseffizienz Prozessinnovation	Prozesseffizienz Transparenz der Supply Chain	Prozesseffizienz Transparenz der Supply Chain

Tabelle 7: Projekt-Treiber

	Gerry Weber & Kaufhof	Infineon	Uniklinik Jena	Migros und Manor
--	----------------------------------	-----------------	-----------------------	-------------------------

Applikations- ebene	Stammdaten (Artikelnummer) Bewegungsdaten (Preis, bezahlter Artikel)	Stammdaten (Eindeutige Nummer des Transportbehälters) Bewegungsdaten (Position des Transportbehälters)	Stammdaten (Patientendaten) Bewegungsdaten (Medikamentierung)	Stammdaten (Eindeutige Nummer des RFID-Tags) Bewegungsdaten (Temperaturdaten vom Sensoren)
Applikationsebene - Funktionen -	Nachschub auf Verkaufsfläche oder direkt Bestellung beim Produzenten auslösen Ein- und Ausgangskontrolle Kassensysteme EAS	Produktionsfortschritt verfolgen und nächste Bearbeitungsstation berechnen Mitteilung an Transportbehälter bzw. Arbeiter übermitteln	Verfolgung der Medikamente und der verabreichten Medikamentierung Überwachung der korrekten Medikamentierung beim Patienten (Matching)	Auslösen eines Alarmer bei Unterschreitung der Temperatur
Applikationsebene - Applikationen -	Supply Chain Event Management ERP-System Lagermanagement bzw. Inventurmanagement	Supply Chain Event Management ERP-System Monitoring Analyse und Reporting	Supply Chain Event Management ERP-System Monitoring Analyse und Reporting	Supply Chain Event Management ERP-System Lagermanagementsystem Monitoring Analyse und Reporting
Integrationssebene - Daten -	Mapping des EPC auf Produktinformationen (Farbe, Größe, Hersteller, Produkttyp, ...) Konfigurationsdaten (Standpunkte der RFID-Reader)	Transportbehälter Nummer und zugehörige Sensordaten werden zur Lokalisierung bestimmt Konfigurationsdaten (Standpunkte der RFID-Reader und Ultraschallsender)	Abgleich der ID des Armbandes mit Patientenakte und Medikament Abgleich der ID der Sammelbehälter mit Position des RFID-Readers Konfigurationsdaten (Standpunkte der RFID-Reader)	Abgleich der Eindeutigen Nummern des RFID-Tags mit dem RFID-Reader Konfigurationsdaten (Standpunkte der RFID-Reader und der RFID-Tags integriertem Temperatursensor)
Integrationssebene - Funktionen -	Inner- und überbetriebliche Sammlung und Verteilung der Daten Konfiguration der verteilten RFID-Reader	Innerbetriebliche Sammlung und Verteilung der Daten Konfiguration, Überwachung und Steuerung der RFID-Reader und Ultraschallsender	Innerbetriebliche Sammlung und Verteilung der Daten Konfiguration, Überwachung und Steuerung der RFID-Reader	Innerbetriebliche Sammlung und Verteilung der Daten Konfiguration, Überwachung und Steuerung der RFID-Reader und RFID-Tags mit integriertem Temperatursensor

Integrations- ebene - Applikationen -	Edgeware Middleware ERP-System	Edgeware Middleware ERP-System	Edgeware Middleware ERP-System	Edgeware Middleware ERP-System
Infrastrukturebene - Infrastruktur -	Infrastruktur Passive RFID-Tags auf 13,56 MHz am Produkt und der Versendeinheit Mobile und stationäre RFID-Reader am Warenein- und ausgang sowie auf der Verkaufsfläche	Infrastruktur Aktive und Passive RFID-Tags am Transportbehälter und -kassette Ultraschallsender und -sensoren zur Lokalisierung	Infrastruktur Passive RFID-Tags am Patienten, Sammelbehälter und Medikament Mobile und stationäre RFID-Reader auf den Stationen und den Apotheken verteilt	Infrastruktur Aktive RFID-Tags an den Kühltruhen (Manor), sowie in und an den gekühlten Anhängern (Migros) RFID-Reader in den Filialen und an den Hofzufahrten
Infrastrukturebene - Daten -	EPC	Eindeutige Transportbehälter Nummer und zugehörige Sensordaten auf dem aktiven RFID-Tag Eindeutige Nummer der Wafer-Kassette auf passivem RFID-Tag	Daten Eindeutige Nummer auf dem Armband des Patienten Eindeutige Nummer und weitere Informationen (z.B. Verfallsdatum) auf dem Medikament Eindeutige Nummer auf den Sammelbehältern	Daten Eindeutige Nummer des RFID-Tag Temperaturdaten des Sensors
Infrastrukturebene - Funktionen -	Einzel- und Pulkerfassung	Lokalisierung des Transportbehälters (aktiver RFID-Tag) Anzeigen der übermittelten Nachricht mittels RFID am Transportbehälter (aktiver RFID-Tag) Identifikation und Kontrolle des nächsten Produktionsschritts (passiver RFID-Tag)	Identifikation Information	Auslesen und Bereitstellung der Temperatur

Tabelle 8: Technische Realisierbarkeit

	Gerry Weber & Kaufhof	Infineon	Uniklinik Jena	Migros und Manor
Sicherheit	Zur Zeit noch geschlossenes RFID-System Zuverlässiges EAS System Zuverlässigkeit bei der Pulkerfassung	Zuverlässigkeit beim Auslesen der Daten und Positionsbestimmung	Zuverlässigkeit und Korrektheit beim Auslesen der Daten	Zuverlässigkeit beim Auslesen der Daten und der Temperaturbestimmung Fälschungssicherheit
Datenschutz & Privatsphäre	RFID-Tag sollte beim Bezahlvorgang mittels Kill-Befehl deaktiviert werden Kommunikation mit dem Kunden sehr wichtig, da sonst Ablehnung der RFID-Technologie	Nicht relevant da geschlossenes System	Das ERP-System muss gegen unautorisierte Zugriffe unbedingt geschützt werden	Weniger relevant da keine sensitiven Daten gespeichert werden
Selbstbestimmung	Kunde soll mitbestimmen dürfen, ob bspw. der RFID-Tag nicht deaktiviert wird und ihm zum Zusatznutzen (Waschmaschine) dienen soll	Nicht relevant da geschlossenes System	Dem Patienten muss es nach ausreichender Aufklärung der Funktionsweise des Systems, die Möglichkeit zur herkömmlichen Medikamentierung, also ohne RFID-Armband, gegeben werden	Weniger relevant da die Entscheidung bei den Unternehmen liegt

Tabelle 9: Gesellschaftliche Akzeptanz

	Gerry Weber & Kaufhof	Infineon	Uniklinik Jena	Migros und Manor
	Objektinformationen Objektverfolgung Automatische Transaktion	Monitoring Positionierung Objektinformationen Objektverfolgung	Objektinformationen	Monitoring Objektinformationen Objektverfolgung Automatische Transaktion
Nutzentreiber	Reduzierte manuelle Tätigkeiten Wiederverwendung der Transportbehälter	Anschaffung der RFID-Infrastruktur und Ultraschallgeräte Umstrukturierung der Anwendungen	Anschaffung der RFID-Infrastruktur Anpassung der ERP-Systeme	Anschaffung der RFID-Infrastruktur und Ausstattung mit Temperatursensoren Entwicklung eigener Software
Kostentreiber	RFID-Tags auf jedem einzelnen Produkt Spezielle Applizierung des RFID-Tags Erhöhung der RFID-Reader Anzahl zur Flächenabdeckung und Fehlervermeidung	Kürzere Durchlaufzeiten Höhere Kapazitätsauslastungen	Geringeren Ausschuss an abgelaufenen Medikamenten Keine doppelte und falsche Medikamentierung	Weniger Ausfall der Kühlaggregate Optimierung der Touren und des Fuhrparkmanagements
Immaterielle Nutzenpotentiale	Erhöhte Produktverfügbarkeit auf der Verkaufsfläche und automatisierte Bestellmöglichkeit Kundenzufriedenheit Erhöhte Transparenz	Weniger Ausschuss durch bessere Qualität Weniger Frust bei Mitarbeitern durch geringere Suche Kundenzufriedenheit	Bessere Behandlungsqualität Medikamentenlokalisierung Bessere Prognose des Medikamentenbedarfs	Sicherung des zukünftigen Betriebes durch Zertifizierung und Vertrauenszuwachs der Behörden Qualitätsverbesserung der Waren, wodurch Kundenzufriedenheit resultiert
Ergebnis	Generell als Rentabel eingestuft durch Kostenteilung Technisch leichte Probleme, durch zusätzliche Kosten aber reduzierbar	Sehr rentabel, da schon in einem weiten Werk im Einsatz	Rentabel mit enormer Wachstumschance, wenn Pharmaindustrie Medikamente Standardmäßig mit RFID-Tags ausstattet	Migros ermittelte eine Return on Investment von 2 Jahren, womit die Investition als sehr rentabel einzustufen ist Manor konnte ebenso feststellen, dass sich das System schon durch die häufig ausgelösten Alarme als rentabel erwies

Tabelle 10: Rentabilität

Kapitel 5: Zusammenfassung und Ausblick

Diese Arbeit beleuchtet das breite Anwendungsspektrum der RFID-Technologie unter den Gesichtspunkten der technischen Realisierbarkeit und gibt dabei einen umfassenden Überblick vom historischen Beginn der Technologie bis hin zum aktuellen Stand der Technik. Ausgehend von Automatischen Identifikationssystemen werden RFID-Systeme und deren Komponenten erklärt. Eine Erweiterung der RFID-Systeme um Sensoren führt dann zu den RFID-Sensoren und -Sensorsystemen, die in den vorgestellten Szenarien von Migros, Manor und Infineon Anwendung finden. RFID-Middleware als Verbindendes Element zwischen der RFID-Hardware und den, in vielen Fällen schon existierenden, ERP-Systemen findet im darauf folgenden Abschnitt die benötigte Aufmerksamkeit. Im letzten Abschnitt des Grundlagenkapitels wird abschließend die Bedeutung des Begriffs Anwendungsdomäne erläutert und in welchen Bereichen die RFID-Technologie zum Einsatz kommen kann.

Kapitel 3 präsentiert vier Anwendungsszenarien bei denen die RFID-Technologie schon zur praktischen Anwendung gelangt. Diese Fallstudien wurden von namhaften Unternehmen erfolgreich durchgeführt wodurch sie sich in Ihren Branchen als Vorreiter dieser relativ neuen Technologie positionieren. Die Auswahl der Projekte wurde hier vor allem durch die unterschiedlichen Anwendungsbereiche getroffen, die dabei die unterschiedlichsten Branchen betreffen.

Ausgehend von den vorherigen Kapiteln wird in Kapitel 4 ein Modell entwickelt, das einen ganzheitlichen Ansatz bei der Umsetzung von RFID-Projekten verfolgt. Die Basis bilden die endogenen und exogenen Faktoren, welche die Intention für die Unternehmen aufzeigen, weshalb RFID eingesetzt werden soll. Aus diesen betrieblichen Zielen lassen sich dann Projektkategorien ableiten, anhand derer konkrete Anforderungen an das Projekt formuliert werden können. Dabei stand immer die Integration in bestehende Lösungen im Vordergrund. Dies verdeutlicht die unumgängliche Prozessorientierung die bei der Umsetzung im Mittelpunkt steht und ohne die keine strukturierte und geplante Verbesserung stattfinden kann.

Aus diesen Anforderungen lassen sich dann die jeweiligen Ansprüche an die technische Realisierbarkeit und die gesellschaftliche Akzeptanz ableiten. Für die technische Realisierbarkeit hat sich neben der im Grundlagenkapitel im einzelnen eingegangenen RFID-Hardware und -Middleware, die in Abschnitt 4.2 vorgestellte Architektur für die Informationssysteme als bewährt erwiesen. Diese Architektur zeichnet sich durch die Trennung der Infrastrukturebene, der Integrationsebene und der Applikationsebene aus. Dank der jeweiligen Schnittstellen können die Ebenen miteinander kommunizieren und letzten Endes die physischen Prozesse virtuell auf die IT abbilden. Diese Trennung ermöglicht außerdem eine Skalierung der einzelnen Ebenen und macht somit eine Anpassung an sich ändernde Bedürfnisse der Unternehmen möglich.

Die gesellschaftliche Akzeptanz steht als gleichberechtigte Säule neben der technischen Realisierbarkeit, da hierdurch die menschliche Komponente, die bei der Anwendung der Technik unweigerlich berührt wird, zum Tragen kommt. Dabei geht es um Sicherheit, Datenschutz, Privatsphäre und informationelle Selbstbestimmung. Erst durch eine ausreichende Gewährleistung dieser Punkte kann erreicht werden, dass ein positives Bild der RFID-Technologie innerhalb der Gesellschaft, aber auch der Unternehmen selbst, entsteht. Bei der Kommunikation dieser Punkte, spielen die Medien in jeder Hinsicht eine entscheidende Rolle und können daher zum Erreichen der gesellschaftlichen Akzeptanz einen beachtlichen Teil beitragen. Frühzeitige und umfassende Schulungen des Personals, können der Angst vor der drohenden Substitution durch die Technik entgegenwirken und für ein schnelles erfolgreiches Gelingen des Projektes sorgen.

Beide Säulen sind nicht als eigenständig anzusehen, sondern sie beeinflussen sich gegenseitig, d.h. aus den Ansprüchen an die gesellschaftliche Akzeptanz wachsen die Bedürfnisse an die technische Realisierbarkeit und umgekehrt. Diese am Ende zu realisierenden Ansprüche treiben die Kosten und infolgedessen auch die wirtschaftliche Rentabilität an. Um vor Beginn der Realisierung des Projekts einen Eindruck zu gewinnen, welche Kosten und welcher Nutzen aus der RFID-Einführung entstehen, empfiehlt es sich daher eine ausführliche Wirtschaftlichkeitsanalyse vorzunehmen, die dabei hilft das Projekt transparent zu gestalten und somit zu jeder Zeit die wirtschaftliche Rentabilität einschätzen und sich ändernde Bedingungen frühzeitig erkennen zu können. Hierfür ist eine umfassende Kenntnis der Geschäftsprozesse, die im Unternehmen oder über die Unternehmensgrenzen hinweg angewandt werden unumgänglich, wie sich schon analog bei der Bestimmung der Projekt-Treiber herausgestellt hatte. Eine weitere Kategorisierung der Anwendung und ein Zurückgreifen auf einen Pool von schon bekannte Kosten- und Nutzentreibern, sowie des immateriellen Nutzenpotentials, hilft bei der Ermittlung der Wirtschaftlichkeit, gerade weil zu dieser neuen Technologie nahezu kaum Erfahrungen vorliegen. Aufgrund der Komplexität der Projekte und um ein strukturiertes Vorgehen zu ermöglichen, bietet es sich an, dieses Vorgehen durch Software-Tools zu unterstützen, wie es zum Beispiel das hier vorgestellte Tool rfid-cab darstellt.

Eine umgekehrte Vorgehensweise, also nicht ausgehend von den Projekt-Treibern, sondern basierend auf der wirtschaftlichen Rentabilität, erscheint hier nicht als sinnvoll, da eine vorgegebene Rentabilität (beispielsweise in Form eines festgesetzten Budgets) der Anforderungsumsetzung in keiner Weise gerecht werden würde. Mit dieser Strategie würden aufgrund monetärer Restriktionen beispielsweise erhöhte Sicherheitsansprüche nur mangelhaft umgesetzt werden, die aber für eine gesellschaftliche Akzeptanz unerlässlich sind und somit den Erfolg des Projekts gefährden.

Die verschiedenen Anwendungsszenarien verdeutlichen, dass individuelle Anpassungen an diesen Ansatz und seine Komponenten unerlässlich sind. Daraus folgt, dass eine generelle Aussage, ob ein Anwendungsszenario lohnend ist oder nicht, im Vorfeld in der Regel nicht getroffen werden kann. Es

zeigte sich aber, dass bereits eine Fokussierung auf wenige kritische Kosten- und Nutzentreiber gute Ergebnisse lieferte.

Aus den Möglichkeiten, die aus der RFID-Technologie, gerade auch in Verbindung mit Sensoren folgen, lässt sich eine neue Qualität der Datenerhebung erkennen. Objekte können über den gesamten Lebenszyklus Umgebungsdaten aufnehmen, diese übermitteln und bis zum Zyklus-Ende verfolgt werden. Dabei spielt auch die Wiederverwendung der RFID-Tags eine entscheidende Kostenrolle. Unternehmen können die RFID-Technologie nach Belieben in die horizontale oder vertikale Wertschöpfungskette integrieren und dadurch gemeinschaftlich, in Form von Kooperationen mit anderen Unternehmen, oder individuell profitieren. Dabei zeigt sich, dass solche Differenzierungs- und Kooperationsstrategien nicht getrennt voneinander zu betrachten sind.

Durch die Anwendung der RFID-Technologie kann bzw. muss zusätzlicher Nutzen für Hersteller und Benutzer erzeugt werden. Der Nutzer muss aber aus rechtlichen Gründen explizit in der Lage sein, zum Beispiel mittels des „Kill-Befehls“ die Funktionalität abschalten zu können. Der Fortschritt der Zeit wird die Preise für die RFID-Hardware senken, die Performance steigern und somit für eine enorme Verbreitung dieser Technologie sorgen. Wie bei jeder anderen Investition auch, gilt es vor der eigentlichen Umsetzung alle Gegebenheiten und Anforderungen genau aufzunehmen, zu analysieren und eine geeignete Lösung zu modellieren. Planung ist hier unumgänglich.

In zukünftigen Arbeiten könnte eine konkrete Prozessinnovation durch RFID-Systeme und -Sensorsysteme als Untersuchungsthema dienen. Sowohl in der Industrie als auch im Dienstleistungssektor ergeben sich hier viele Anwendungen, die von der RFID-Technologie profitieren könnten. Gerade eine Veränderung von der fehleranfälligen manuellen Erfassung hin zur automatischen Erfassung kann hier für einen enormen Nutzen sorgen, aber auch bei hochpreisigen Produkten der Pharmaindustrie kann die RFID-Technik zur Fälschungssicherheit beitragen.

Literaturverzeichnis

- [Adam 1997] W. Adam; M. Busch; B. Nickolay: Sensoren für die Produktionstechnik. (Springer-Verlag, Berlin Heidelberg), 1997.
- [Angeles 2005] R. Angeles: RFID Technologies: Supply-Chain Applications and Implementation Issues. (05.06.2007)
http://itknowledgebase.net/dynamic_data/3230_1979_RFID.pdf
- [Atlas 2006a] o.V.: Gerry Weber / Kaufhof (05.06.2007)
http://www.rfidatlas.de/images/stories/RFID_Fallstudien/Kaufhof_Gerry_Weber_Aug06.pdf
- [Atlas 2006b] o.V.: Klinikum Jena (05.06.2007)
http://www.rfidatlas.de/images/stories/RFID_Fallstudien/Praxisbeispiel_Klinikum_Jena.pdf
- [Atlas 2006c] o.V.: Manor AG (05.06.2007)
http://www.rfidatlas.de/images/stories/RFID_Fallstudien/manor.pdf
- [Atlas 2006d] o.V.: Migros Ostschweiz (05.06.2007)
http://www.rfidatlas.de/images/stories/RFID_Fallstudien/Migros_Apr06.pdf
- [Bayer 2006] M. Bayer: Kliniken digitalisieren ihre Patienten. (05.06.2007)
<http://www.computerwoche.de/index.cfm?pid=330&pk=574926>
- [Booz 2004] S. Stroh; J. Ringbeck; C. Plenge: RFID-Technologie: A new innovation engine for the logistics and automotive industry? (Juni 2004) (05.06.2007)
http://www.boozallen.de/media/file/it_rfid.pdf
- [BSI 2004] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik: Risiken und Chancen des Einsatzes von RFID-Systemen - Trends und Entwicklungen in Technologien, Anwendungen und Sicherheit. (SecuMedia, Ingelheim), 2004.
- [Clasen 2006] M. Clasen: RFID/EPC und Sensorik - Grundlageninformation (GS1 Germany), November 2006.
- [Collins 2004] J. Collins: Which RFID Middleware Is Best? (05.06.2007)
<http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1106/-1/1/>
- [EICAR 2006] EICAR Task Force RFID: Leitfaden: RFID und Datenschutz. (05.06.2007)
http://www.eicar.org/press/infomaterial/RFID_LEITFADEN_fnl.pdf

- [Eissler 1996] W. Eissler et al.: Praktischer Einsatz von berührungslos arbeitenden Sensoren: Auswahlkriterien und Anwendungsbeispiele aus der Automatisierungs- und Steuerungstechnik. (expert verlag, Renningen-Malmsheim), 1996.
- [Elbel 1996] T. Elbel: Mikrosensorik - Eine Einführung in Technologie und physikalische Wirkungsprinzipien von Mikrosensoren. (Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden), 1996.
- [EPCglobal 2005] Class 1 Generation 2 UHF Air Interface Protocol Standard Version 1.0.9: "Gen 2". (05.06.2007)
http://www.epcglobalus.org/dnn_epcus/KnowledgeBase/Browse/tabid/277/DMXModule/706/Command/Core_Download/Default.aspx?EntryId=292
- [Evans 2004] N. Evans: Middleware Is the Key to RFID. (05.06.2007)
<http://www.rfidjournal.com/article/articleview/858/1/82>
- [FifF 2006] U. Wissendheit; D. Kuznetsova: RFID-Anwendungen heute und morgen: in RFID - Die cleveren Dinge für Überall - oder wir im Netz der Dinge? (Hrsg.: Forum InformatikerInnen für Frieden und gesellschaftliche Verantwortung e.V., Bremen), September 2006. www.fiff.de
- [Finkenzeller 2006] K. Finkenzeller: RFID Handbuch: Grundlagen und praktische Anwendungen induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipkarten. (Hanser, München), 2006.
- [Fishkin 2005] K. Fishkin, S. Roy, B. Jiang: Some Methods for Privacy in RFID Communication. in: C. Castelluccia et al. (Hrsg.): ESAS 2004, LNCS 3313, S. 42-53. (Springer, Berlin), 2005 (05.06.2007) http://www.intel-research.net/Publications/Seattle/062420041517_243.pdf
- [Fleisch 2005] E. Fleisch; F. Mattern (Hrsg.): Das Internet der Dinge: ubiquitous computing und RFID in der Praxis: Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen. (Springer, Berlin ; Heidelberg ; New York), 2005.
- [FTK 2006] Forschungsinstitut für Telekommunikation und Verband für Automatische Identifikation, Datenerfassung und Mobile Datenkommunikation: RFID-Umfrage 2006: Wohin geht der Markt? (05.06.2007)
<http://www.ftk.de/downloads/rfid/rfid-umfrage-2006.pdf>
- [Füßler 2006] A. Füßler, K. Springer: Gen-2 - Die Zukunft der Funktechnik (in: Computerwoche), 07/2006 (05.06.2007) http://www.gs1-germany.de/content/e39/e466/e468/datei/ccg/zukunft_funktechnik.pdf

- [Gillert 2006] F. Gillert, W.-R. Hansen: RFID für die Optimierung von Geschäftsprozessen: Prozess-Strukturen, IT-Architekturen, RFID-Infrastruktur. (Hanser, München), 2007.
- [Gross 2005] S. Gross, F. Thiesse: RFID-Systemeinführung - Ein Leitfaden für Projektleiter. (S. 303-314) in: E. Fleisch; F. Mattern (Hrsg.): Das Internet der Dinge: Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis: Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen. (Springer, Berlin ; Heidelberg ; New York), 2005.
- [Groß 2006] M. Groß: RFID-Systeme: Zentrale Drehscheibe „Middleware“. (05.06.2007) http://www.dabac.com/de/pdf/whitepaper_rfid_0806.pdf
- [Gross 2006] S. Gross: Eine Informationssystem-Architektur für RFID-gestützte logistische Geschäftsprozesse. (Difo-Druck, Bamberg), 2006.
- [Heinrich 2006] C. Heinrich: Die Klinik von morgen. (05.06.2007) http://www.info-rfid.de/downloads/rfid_perspektiven_04.pdf
- [Henrici 2004] D. Henrici, P. Müller: Sicherheit und Privatsphäre in RFID-Systemen (S. 223-228) in: VDE (Hrsg.): VDE Kongress 2004 Berlin: Innovationen für Menschen - 18.-20. Oktober 2004 in Berlin - Band 1: Fachtagungsberichte ITG, ETG. (VDE-Verlag, Berlin; Offenbach), 2004.
- [Langheinrich 2005] M. Langheinrich: Die Privatsphäre im Ubiquitous Computing - Datenschutzaspekte der RFID-Technologie. (S. 329-362) in: E. Fleisch; F. Mattern (Hrsg.): Das Internet der Dinge: Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis: Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen. (Springer, Berlin ; Heidelberg ; New York), 2005.
- [Leaver 2004] S. Leaver: Evaluating RFID Middleware. (27.01.2007) <http://www.bauer.uh.edu/rfid/ForresterRFIDwave.pdf>
- [Luckham 2004] D. Luckham; M. Palmer: Separating Wheat from Chaff. (05.06.2007) <http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1196/-/1/>
- [Mattern 2005] F. Mattern (Hrsg.): Die technische Basis für das Internet der Dinge.(S. 39-66) in: E. Fleisch; F. Mattern (Hrsg.): Das Internet der Dinge: Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis: Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen. (Springer, Berlin ; Heidelberg ; New York), 2005.
- [NIST 2007] T. Karygiannis et. al: Guidelines for Securing Radio Frequency Identification (RFID) Systems: Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. (05.06.2007) http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-98/SP800-98_RFID-2007.pdf

- [Ostler 2004] U. Ostler: RFID-Einführung: Auf die Middleware kommt es an. (05.06.2007)
http://www.silicon.de/enid/business_software/10498
- [Prabhu 2005] B. S. Prabhu, X. Su, H. Ramamurthy, C.-C. Chu, and R. Gadh.: WinRFID - A Middleware for the enablement of Radio Frequency Identification (RFID) based Applications. In R. Shorey and C. M. Choon, editors, Mobile, Wireless and Sensor Networks: Technology, Applications and Future Directions. Wiley, 2005. (05.06.2007) <http://wireless.ucla.edu/techreports2/UCLA-WinRFID.PDF>
- [QUA 2006] o.V.: Klinik will Bettenauslastung mit RFID verbessern. (05.06.2007)
<http://www.computerwoche.de/index.cfm?pid=254&pk=576626>
- [SAP 2005] o.V.: RFID in der Gesundheitswirtschaft. (05.06.2007)
<http://www.sap.com/germany/media/50079622.pdf>
- [SAP 2006] o.V.: Universitätsklinik Jena optimiert Arzneimittelversorgung mit RFID-Lösung von SAP. (05.06.2007)
http://www.sap.com/germany/company/press/archive/press_show.epx?ID=3579
- [Schiesle 1992] E. Schiesle: Sensortechnik und Messwertaufnahme. (Vogel, Würzburg), 1992.
- [Schoblick 2005] R. Schoblick; G. Schoblick: RFID Radio Frequency Identification : Grundlagen, Eingeführte Systeme, Einsatzbereiche, Datenschutz, Praktische Anwendungsbeispiele. (Franzis, Poing), 2005.
- [SensorLab 2005] Elektro-Ausbildungszentrum Aalen e. V.M. (05.06.2007)
<http://ela.eaz-aalen.de/php/modul2.php?c=1#>
- [Shepard 2005] S. Shepard: *RFID Radio Frequency Identification*. (McGraw-Hill, New York), 2005.
- [Shodi 1999] J. Shodi; P. Shodi: Software reuse: domain analysis and design processes. (McGraw-Hill, New York), 1999.
- [Strassner 2005] M. Strassner, C. Plenge, S. Stroh: Potentiale der RFID-Technologie für das Supply Chain Management in der Automobilindustrie.(S. 177-196) in: E. Fleisch; F. Mattern (Hrsg.): Das Internet der Dinge: ubiquitous computing und RFID in der Praxis: Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen. (Springer, Berlin ; Heidelberg ; New York), 2005.
- [Sweeney 2005] P. Sweeney: *RFID For Dummies*. (Wiley Publishing Inc., Indianapolis), 2005.
- [Tellkamp 2005] C. Tellkamp: Finanzielle Bewertung von Ubiquitous Computing-Anwendungen.(S. 315-328) in: E. Fleisch; F. Mattern (Hrsg.): Das Internet der Dinge: Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis: Visionen, Technologien,

- Anwendungen, Handlungsanleitungen. (Springer, Berlin ; Heidelberg ; New York), 2005.
- [Thiesse 2005] F. Thiesse: Die Wahrnehmung von RFID als Risiko für informationelle Selbstbestimmung. (S. 363-378) in: E. Fleisch; F. Mattern (Hrsg.): Das Internet der Dinge: Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis: Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen. (Springer, Berlin ; Heidelberg ; New York), 2005.
- [Thiesse 2006a] F. Thiesse, E. Fleisch, M. Dierkes: LotTrack: RFID-Based Process Control in the Semiconductor Industry. S. 47-53 In: IEEE Pervasive Computing - Mobile and Ubiquitous Systems Vol. 5 Nr. 1 Januar-März 2006.
- [Thiesse 2006b] F. Thiesse, S. Gross: Integration von RFID in die betriebswirtschaftliche IT-Landschaft. S. 178-187 In: Wirtschaftsinformatik 48 (2006) 3.
- [VDEB 2006] o.V. : Management-Leitfaden für den Einsatz von RFID-Systemen. (05.06.2007) <http://www.vdeb.de/download/2006/Management-Leitfaden-RFID-2006-VDEB-AIM.pdf> (Hrsg.: VDEB und AIM Deutschland)
- [Vöckler 2006] M. Vöckler: IT-Experten des Klinikums für RFID-"Oscar" nominiert (05.06.2007) aus Klinikmagazin 6/2006. (05.06.2007) <http://www.med.uni-jena.de/klinikmagazin/archiv/km606/kmonline/wifo.htm#wifo3>
- [Wirsum 1994] S. Wirsum: Das Sensor-Kochbuch. (IWT-Verlag, Bonn), 1994.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Priorisierung von RFID-Anwendungen (links), allgemeine (mitte) und technische (rechts) Herausforderungen [Strassner 2005, S.192 ff.]	10
Abbildung 2: Bedingungen für die erfolgreiche Verbreitung von RFID [FTK 2006, S. 6]	10
Abbildung 3: Hindernisse bei der Verbreitung von RFID [FTK 2006, S. 6]	10
Abbildung 4: Zusammenfassende Übersicht der wichtigsten Auto-ID-Verfahren [Finkenzeller 2006, S. 2]	14
Abbildung 5: (a) UPC Version A, (b) UPC Version E, (c) EAN-13 und (d) EAN-8.....	17
Abbildung 6: Zusammenspiel unterschiedlicher Komponenten des EPCglobal Network, nach [Finkenzeller 2006, S. 309]	18
Abbildung 7: EPC-Gen-2-Datenspezifikation [Füßler 2006, S. 34].....	19
Abbildung 8: RFID-Reader und RFID-Tag sind die Grundbestandteile jedes RFID-Systems [Finkenzeller 2006, S. 7]	21
Abbildung 9: Aufteilung von RFID-Systemen in Low- und High-end-Systeme [Finkenzeller 2006, S. 26].....	23
Abbildung 10: Charakteristische Ansprechbereiche von verschiedenen RFID-Systemen [Finkenzeller 2006, S. 29].....	24
Abbildung 11: Master-Slave-Prinzip [Finkenzeller 2006, S. 355]	25
Abbildung 12: Verschiedene Unterscheidungsmerkmale von RFID-Systemen [Finkenzeller 2006, S. 11].....	26
Abbildung 13: Funktion des Sensors [Schiessle 1992, S. 14].....	28
Abbildung 14: Aufbau des Sensors [Schiessle 1992, S. 15].....	28
Abbildung 15: Struktur einer analogen Messkette [Schiessle 1992, S. 15].....	29
Abbildung 16: RFID-Tag mit Temperatursensor [Finkenzeller 2006, S. 348]	32
Abbildung 17: Aufbau eines RFID-Sensorsystems [Clasen 2006, S. 8]	34
Abbildung 18: WinRFID Middleware Architektur [Prabhu 2005, S.11].....	37
Abbildung 19: Domäne, Grenzen und Umweltbeziehungen [Shodi 1999, S. 26].....	38

Abbildung 20: Aufteilung der Fallstudien innerhalb von RFID-Systemen nach Art der Anwendungsdomäne und der Verwendung von RFID-Sensoren.	39
Abbildung 21: Prozess Hersteller-Händler [RFID-Atlas, S. 6].....	41
Abbildung 22: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung – Kosten und Nutzen beim Produkt-Tagging in der Supply Chain [RFID-Atlas, S. 5]	43
Abbildung 23: Transportbehälter (links) und -kassetten (rechts) für Wafer [Thiesse 2006a, S. 48]	43
Abbildung 24: DisTag am Transportbehälter [Thiesse 2006a, S. 51].....	45
Abbildung 25: Die Umgestaltung von Gesundheitsprozessen mittels SAP [SAP 2005].....	48
Abbildung 26: Warenprozess [RFID-Atlas, S. 5]	51
Abbildung 27: Systemarchitektur „TruckTrack“ [RFID-Atlas, S. 5].....	51
Abbildung 28: RFID Haus	54
Abbildung 29: Technische Architektur eines RFID-Systems [Thiesse 2006b, S. 181]	58
Abbildung 30: Angriffsmöglichkeiten auf RFID-Systeme [BSI 2004, S. 41]	61
Abbildung 31: Handlungsebenen für das Risikomanagement [Thiesse 2005, 371].....	63
Abbildung 32: Ein Beispiel für Zahlungsflüsse der drei Szenarien [Tellkamp 2005, S. 318]	65
Abbildung 33: Mögliches Vorgehen bei einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung [Tellkamp 2005, S. 322]	68

Abkürzungsverzeichnis

μP	Mikroprozessor
A/D-Wandler	Analog/Digital-Wandler
AIM	Association for Automatic Identification and Mobility
ASIC	Application Specific Integrated Circuit
AutoID	Automatische-Identifikationssysteme
BRC	Britisch Retail Consortium (Liste mit Punkten, die ein Betrieb erfüllen muss, um ein Zertifikat zu erhalten)
EAN	European Article Numbering
EAS	Elektronische Artikel Sicherung
EEPROM	Electrically Erasable Read-Only Memory
EMV	Elektrische und Mechanische Verträglichkeit
EPC	Elektronischer Produktcode Der Datenstandard EPC dient der eindeutigen Identifizierung von Produkten und Produktarten durch individuelle Zuweisung von Seriennummern. Er berücksichtigt dabei auch die heutigen Standards wie die EAN und die Nummer der Versandeinheit (NVE)
ERP	Enterprise Ressource Planning
ESP	Event Stream Processing
FDX	Fullduplex
FTK	Forschungsinstitut für Telekommunikation
HDX	Halfduplex
HF	High frequency
IC	Ein integrierter Schaltkreis ist eine elektronische Schaltung (auch integrierte Schaltung, engl. integrated circuit)

IEC	International Electrotechnical Commission
IFS	International Food Standard
ISO	International Organisation for Standardisation
LED	Light Emitting Diode (Leuchtdiode)
LF	Low frequency
NVE	Nummer der Versandeinheit
OCR	Optical Character Recognition
OEM	Original Equipment Manufacturer
OFW	Oberflächenwellen
Radar	Radio Detection and Ranging
RF	Radio frequency
RFID	Radio Frequency Identification
ROI	Return on investment
SAM	Sensor Address Map
SEQ	Sequentielle Systeme
SRAM	Static Random Access Memory
UHF	Ultra high frequency
UPC	Universal Product Code
	Es handelt sich hierbei um den nordamerikanischen Barcode-Standard, welcher durch das GS1 (vormals UCC) beaufsichtigt wird.
WM	Warenmanagement
XML	Extensible Markup Language