

Inhalt

Die Studie zeigt Potentiale der RFID-Technologie und mögliche Anwendungsbereiche in logistischen Prozessen auf. Es werden Konzepte beschrieben, die wirtschaftliche und gesellschaftliche Hebelwirkungen im genannten Bereich erzielen sollen. Prototypisch werden relevante Szenarien aus der Logistik erläutert. Darüber hinaus werden Ergebnisse aus einer branchenübergreifenden Umfrage zum Status Quo, dem Mehrwert und den Hemmnissen des Einsatzes von RFID-Lösungen in der Logistik kleiner und mittlerer Unternehmen dargestellt.

Mobile Research Center

Das Mobile Research Center (MRC) bietet Dienstleistungen, Know-how und Transfer von Technologien vor allem für mobile Arbeits- und Geschäftsprozesse. Das Angebot richtet sich an Unternehmen, die Mobile Solutions entwickeln, integrieren oder bei sich einsetzen möchten, z. B. aus den Bereichen Logistik, Produktion, Luft- und Raumfahrt, Gesundheitswesen und eEntertainment. Das MRC hat zwei zentrale Elemente:

- Einen interdisziplinär zusammengesetzten und hochschulübergreifenden Forschungsverbund.
- Ein DemoCenter, das Technologien für mobile Lösungen anwendungsspezifisch und bedarfsgerecht präsentiert.

Der Forschungsverbund bündelt alle Forschungsarbeiten auf dem Gebiet Mobile Solutions im Land Bremen. Er besteht gegenwärtig aus 23 Arbeitsgruppen mit insgesamt 130 Mitgliedern. Der Verbund spannt einen Bogen von der Informatik über die Elektrotechnik und Betriebstechnik bis hin zum Industrial Design.

Im mobile solution center (msc) des Landes Bremen werden die Aktivitäten des Mobile Research Center und der mobile solution group, einem regionalen Zusammenschluss von mehr als 40 Unternehmen, thematisch zusammengeführt und koordiniert.



RFID – Einsatzmöglichkeiten und Potentiale in logistischen Prozessen

**Bernd Scholz-Reiter, Christian Gorldt,
Uwe Hinrichs, Jan Topi Tervo, Marco Lewandowski**

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Bernd Scholz-Reiter leitet das Fachgebiet Planung und Steuerung produktionstechnischer Systeme an der Universität Bremen und ist Direktor des Bremer Instituts für Betriebstechnik und angewandte Arbeitswissenschaft (BIBA) an der Universität Bremen. Außerdem ist er Herausgeber der Zeitschriften Industrie Management und PPS-Management.

B.Sc. Christian Gorltd, Dipl.-Wirt.-Ing. Uwe Hinrichs und Dipl.-Phys. Jan Topi Tervo arbeiten als wissenschaftliche Mitarbeiter am Bremer Institut für Betriebstechnik und angewandte Arbeitswissenschaft (BIBA) an der Universität Bremen im Bereich Intelligente Produktions- und Logistiksysteme.

Marco Lewandowski ist als studentischer Mitarbeiter am BIBA tätig.

Bremer Institut für Betriebstechnik und angewandte Arbeitswissenschaft (BIBA)
Bereich Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (IPS)
Hochschulring 20
28359 Bremen

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei Dr.-Ing. Marc C. Lemmel und Dipl.-Ing. Dipl.-Oec. Jens Pracht für die Unterstützung und Mitarbeit in dem hier beschriebenen Projekt.

Darüber hinaus bedanken sich die Autoren für die Unterstützung des Projektes bei der Stiftung Industrieforschung.

RFID – Einsatzmöglichkeiten und Potentiale in logistischen Prozessen

Inhalt

1.	Einleitung	1
1.1.	Institutsbeschreibung	2
2.	Darstellung aktueller RFID-Systeme	3
2.1.	Unterscheidungsmerkmale von RFID-Systemen	3
2.2.	RFID-Transponder	5
2.3.	RFID-Reader	8
3.	Anwendungsbereiche	11
3.1.	RFID-Einsatz in der Produktionslogistik	11
3.1.1.	Ist-Analyse	11
3.1.2.	Zielsetzung	12
3.1.3.	Konzeption RFID-Kanban	13
3.1.4.	Konzeption RFID-Torlösung	15
3.1.5.	Nutzen der konzipierten Lösung	16
3.2.	RFID-Einsatz in der innerbetrieblichen Logistik mit mobiler Fördertechnik	17
3.2.1.	Einsatzzweck	17
3.2.2.	Zielsetzung	18
3.2.3.	Konzeption	18
3.2.4.	Demonstrator	19
3.2.5.	Nutzen der konzipierten Lösung	23
3.3.	RFID-Einsatz in der Warenlagerlogistik	23
3.3.1.	Ist-Analyse	24
3.3.2.	Zielsetzung	24
3.3.3.	Konzeption	24
3.3.4.	Erprobung der RFID-Lösung	25
3.3.5.	Fazit	30

4.	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Auto-ID-Technologien	30
4.1.	Nutzwertanalyse	31
4.1.1.	Aufstellung und Gewichtung der Kriterien	31
4.1.2.	Punktbewertung der Systeme	32
4.2.	Investitionsrechnung	32
4.2.1.	Ermittlung der Investitionskosten	34
4.2.2.	Ermittlung der laufenden Kosten	38
4.2.3.	Schätzung der Einsparungspotentiale	40
4.3.	Fazit	41
5.	Ableitung einer allgemeinen Vorgehensweise zur RFID-Einführung	42
5.1.	Handlungsanweisungen zur RFID-Einführung	42
5.1.1.	Problemfelder und Kriterien für die RFID-Einführung	43
5.1.2.	Wirtschaftliche Entscheidungshilfen	45
5.2.	Softwaregestützte Planung von RFID-Systemen	48
6.	Studie über den RFID-Einsatz	50
6.1.	Entwicklung und Durchführung	50
6.2.	Datenbasis	51
6.3.	Auswertung der Ergebnisse	52
6.4.	Fazit	59
7.	Weitere Potentiale der RFID-Technologie in der Logistik	61
8.	Index	67
9.	Literatur	68
10.	Abbildungen und Tabellen	69

1. Einleitung

Branchenübergreifend sehen sich heutzutage Unternehmen aufgrund veränderter Marktconstellations und Kundenansprüchen einem gestiegenen Wettbewerbsdruck ausgesetzt. Die Forderungen der Abnehmer nach verbesserter Qualität sowie geringeren Lieferzeiten bei gleichzeitig sinkenden Kosten zwingt speziell kleine und mittlere Unternehmen nach neuen Wegen zu suchen, um am Markt zu bestehen. Besonders im Logistikbereich lässt sich dabei enormes Optimierungspotential identifizieren. So zeichnen sich logistische Prozesse oftmals durch einen Mangel an Transparenz und Nachvollziehbarkeit aus. Hier lassen sich innerbetrieblich die Bereiche Lager- und Produktionslogistik hervorheben. Während in der Lagerhaltung trotz bestehender Verwaltungssysteme lange Suchzeiten besonders durch nicht erfolgte oder fehlerhafte Datenaufnahmen die Regel sind, mangelt es in der Produktion oftmals an der Aktualität und Genauigkeit der Daten. Dies kann bei der Produktionsplanung und -steuerung zu hohen Ineffizienzen führen. Weiterhin ist die durch Abnehmer und Gesetzgeber geforderte umfassende Sicherung und Nachvollziehbarkeit sämtlicher relevanter Produktionsparameter und Abläufe in speziellen Industriebereichen, die strengen Sicherheitsauflagen unterliegen, schwierig zu erzielen.

Ein neuartiger, innovativer Ansatz, den gestellten Anforderungen adäquat zu begegnen, stellt der Einsatz der Radio Frequenz Identifikation (RFID) dar. Dabei übermitteln Transponder über ein elektromagnetisches Signal ihre Kennung (und ggf. zusätzliche Daten) an eine Antennen/Reader-Kombination in ihrer Reichweite. Außerdem erlauben so genannte R/W-Transponder das kontaktlose Aufspielen von Daten. Weiterhin ist es möglich, sensorische Funktionen und Ortung in aktive RFID-Transponder zu integrieren. Aufgrund ihrer Eigenschaften ist diese Technologie dazu prädestiniert, bestehende Optimierungspotentiale in der Logistik umfassend auszuschöpfen. Größtes Hemmnis für die flächendeckende Einführung von RFID in kleinen und mittleren Unternehmen sind bisher die enormen Kosten für die Beschaffung, die Implementierung sowie den Betrieb eines solchen Systems. Das Fehlen von Standards macht die Auswahl eines geeigneten Systems schwierig. Es herrscht ein Mangel an Ansätzen und Konzepten für die Verwendung dieser Technologie – besonders für kleine und mittlere Unternehmen. Darüber hinaus existiert der Barcode als Identifikationssystem und so wird – auch aus Informationsmangel über den Mehrwert der RFID-Technologie – keine Veranlassung gesehen, einen erneuten Systemwechsel einzuleiten.

Hier haben die Überlegungen angesetzt. Unter anderem wurde ein Planungsfaden für den erfolgreichen Betrieb der RFID-Technologie in der Logistik konzipiert. Zusätzlich wurde eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Auto-ID Technologien durchgeführt sowie in Partnerunternehmen eine Pilotanwendung umgesetzt und bewertet. Ein weiterer zentraler Punkt war die Durchführung einer Studie, die den Status Quo, den Mehrwert sowie die Hemmnisse des Einsatzes von RFID-Lösungen beleuchtete, um eine Aussage zu den Potentialen von RFID treffen zu können.

1.1. Institutsbeschreibung

Die hier gezeigte Studie wurde vom Bremer Institut für Betriebstechnik und angewandte Arbeitswissenschaft (BIBA) unter der Leitung der Abteilung Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (IPS) in Kooperation mit der Abteilung MAQ durchgeführt. Das BIBA ist als aktives Forschungsmitglied im MRC Verbund tätig. Das BIBA an der Universität Bremen ist ein ingenieurwissenschaftliches Forschungsinstitut mit den vier Forschungsbereichen

- Informations- und kommunikationstechnische Anwendungen in der Produktion (IKAP),
- Messtechnik, Automatisierung und Qualitätswissenschaft (MAQ),
- Produktentwicklung, Prozessplanung und Computerunterstützung (PPC) sowie
- Intelligente Produktions- und Logistiksysteme (IPS).

Die Ergebnisse betreffen die Praxis von Produktions- und Dienstleistungsunternehmen aller Größenordnungen – vom Handwerk bis zu großen Handels- und Industrieunternehmen. Hierzu arbeitet das BIBA in einer Vielzahl von Projekten auf regionaler, nationaler und europäischer Ebene mit Wissenschaftlern und Praktikern zusammen. Eine wesentliche Unterstützung bietet zudem die Anbindung des BIBA an den Fachbereich Produktionstechnik sowie die vielfältigen Kooperationsbeziehungen zu anderen Fachbereichen der Universität Bremen.

2. Darstellung aktueller RFID-Systeme

Automatische Identifikationssysteme (Auto-ID) ermöglichen die maschinelle Erfassung von Informationen und sind in verschiedenen Ausprägungen aufgrund unterschiedlicher technologischer Konzepte verfügbar. Diese Systeme haben heute bereits einen sehr großen Verbreitungsgrad in unterschiedlichsten Branchen. Auch in den Unternehmensbereichen Produktion und Logistik gibt es vielseitige Erfahrungen mit Auto-ID-Systemen, meist in der bekannten Ausprägung als Barcode. Das generelle Ziel beim Einsatz eines automatischen Identifikationssystems in Produktion und Logistik ist die Nachvollziehbarkeit der Bewegung eines Objektes innerhalb einer logistischen Kette. Damit wird beispielsweise ermöglicht, die realen Bewegungen eines Objektes zeitnah und mit der nötigen Genauigkeit in unternehmensspezifischen Informationssystemen abbilden zu können. In diesem Zusammenhang ist die Zielstellung eine Synchronisation von realen Objekten mit Daten und Informationen.

Die hier vorgestellte Technologie, die Radio Frequenz Identifikation (RFID), verwendet zur Datenspeicherung einen elektronischen Chip mit Antenne (auch bezeichnet als Tag, Label oder Transponder), der zum Lesen und Beschreiben über elektromagnetische Wellen bzw. Felder mit einer Lese/Schreibeinheit (RFID-Reader) kommuniziert. Dazu wird im Allgemeinen aber weder direkter noch Sichtkontakt zwischen beiden Komponenten benötigt. Die übertragenen Daten können dann von der so genannten Middleware für die weitere Verarbeitung durch einen PC aufbereitet werden (siehe Abbildung 1). Wesentliche Unterscheidungsmerkmale der verschiedenen RFID-Systeme sind die Frequenzen, die physikalischen Verfahren und die Modulationsverfahren der Kommunikation. Weiterhin sind auch die Lese/Schreibeinheit und die Transponder in verschiedenen Ausprägungen verfügbar.

2.1. Unterscheidungsmerkmale von RFID-Systemen

Da sich RFID-Systeme aus verschiedenen praktischen Anforderungen entwickelt haben, unterscheiden sie sich erheblich in ihrer Technologie und Leistungsfähigkeit. Im Folgenden werden RFID-Systeme nach den in der Literatur [Finkenzeller, 2002] üblichen Eigenschaften Frequenzbereich, Energieversorgung, Kopplung und Reichweite unterteilt.

RFID-Systemkomponenten

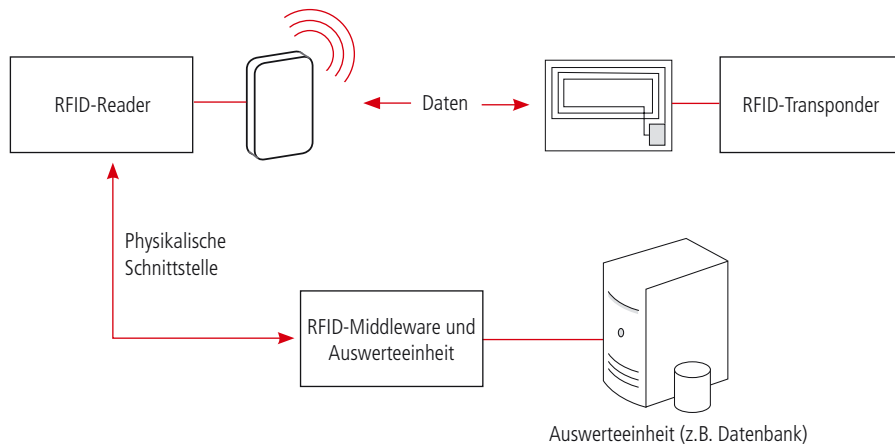


Abbildung 1

Frequenzen, in denen RFID-Transpondersysteme derzeit arbeiten, liegen im Bereich von 135 kHz bis 2,45 GHz. Weltweit haben sich die Frequenzen 135 kHz (low frequency, LF), 13,56 MHz (high frequency, HF) und 869 bzw. 915 MHz (ultra high frequency, UHF) für den kommerziellen Einsatz durchgesetzt. 2,45 GHz hat noch keinen hohen Produktreifeegrad für die umfassende Anwendung. In der Diskussion befindet sich des Weiteren auch die 5,8 GHz Frequenz.

Die Art der Kopplung zwischen Reader und Transponder wird grundsätzlich in nahfeld- und fernfeldaktiv unterteilt. Dabei bezeichnet das Fernfeld den Bereich, in dem sich das elektromagnetische Feld von der Antenne abgelöst hat und sich als Welle durch den Raum fortpflanzt. Hingegen bezeichnet das Nahfeld den Bereich, in dem nur das elektromagnetische Feld vorhanden ist und eine Ablösung der Welle noch nicht geschehen ist. In beiden Fällen werden vollständig unterschiedliche Kopplungsverfahren verwendet, die nicht kompatibel miteinander sind. Der Grenzbereich zwischen Nahfeld und Fernfeld kann je nach Bauform und Anordnung der Readerantennen unterschiedlich ausfallen und liegt in der Theorie in einem Abstand der halben Wellenlänge zur idealen Antenne.

Im Fernfeld (Backscatterbetrieb) muss ein Transponder zum Einsatz kommen, der mit einer Dipolantenne ausgestattet ist und so die Wellen empfangen kann. Durch Reflektion bzw. Absorption moduliert er die zu sendenden Informationen in die Wellen. Im Nahfeld können zwei verschiedene Arten, die kapazitive und die induktive Kopplung, vorkommen. Dabei verhält sich die Kombination aus Reader und Transponder wie ein Kondensator bzw. ein Transformator und dementsprechend müssen auch die Antennen gestaltet sein. Die erste Variante nutzt ein vom Reader erzeugtes elektrisches Feld, in das die Information vom Transponder moduliert wird. Die zweite hingegen nutzt ein magnetisches Feld. Dadurch sind auch die Reichweiten dieser Systeme festgelegt. Da die Stärke des elektrischen Feldes mit der Entfernung schneller abnimmt als die des magnetischen Feldes und sich die Ausbreitung der Wellen nur durch Energie und Umgebung beschränkt, sind auch die maximal möglichen Lesereichweiten in dieser Reihenfolge aufsteigend anzugeben.

Außerdem beeinflussen der verwendete Frequenzbereich und die Energieversorgung der Transponder die Reichweite der berührungslosen Erkennung. Abbildung 2 stellt eine mögliche Einteilung nach diesem Kriterium dar. Hierbei lassen sich so genannte Close-Coupling-Systeme mit geringen Reichweiten bis zu einem Zentimeter feststellen. Mittels induktiver Kopplung ist auch der Betrieb von so genannten Remote-Coupling-Systemen mit einer Reichweite von bis zu einem Meter möglich, während Reichweiten von einem bis zu zehn Metern durch Long-Range-Systeme, welche im Mikrowellenbereich arbeiten, erzielt werden. Die dabei theoretisch mögliche Reichweite wird durch Umweltfaktoren beschränkt. Das heißt, dass beim Betrieb in metallischem Umfeld oder in Verbindung mit Flüssigkeiten Reflektionen bzw. Absorption auftreten und somit geringere Reichweiten erzielt werden.

2.2. RFID-Transponder

Die Bezeichnung „Transponder“ ist ein Kunstwort aus Transmitter (Sender) und Responder (Empfänger). Seine typischen Bestandteile sind ein Koppelement und ein elektronischer Mikrochip, der allgemein aus einer Steuer- und einer Speichereinheit besteht. Diese können wiederum unterschiedliche Ausprägungen annehmen. Der Speicherchip ist einerseits durch seine Speicherkapazität und andererseits durch seine Beschreibbarkeit definiert. Es existieren Ausführungen, die werksseitig mit einer eindeutigen Identifikationsnummer produziert werden und danach nur gelesen werden können (Read-only). Des Weiteren können die Chips vom Hersteller

Einteilung von RFID-Systemen nach der Reichweite

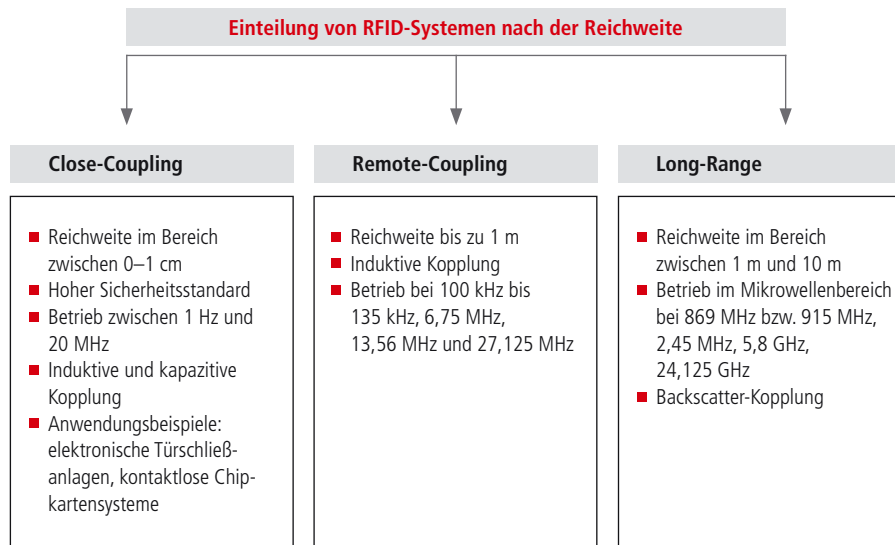


Abbildung 2

unbeschrieben ausgeliefert werden und vom Nutzer entweder einmal beschrieben (WORM – write once, read many) oder beliebig oft beschrieben werden (Read/Write). Beide können aber beliebig oft ausgelesen werden. Die Steuereinheit bestimmt das Kommunikationsverfahren des Transponders. Dabei wird zwischen aktiven und passiven Transpondern unterschieden. Ein aktiver Transponder besitzt eine Batterie zur Energieversorgung und hat dadurch eine begrenzte Lebensdauer. Allerdings wird dadurch die Reichweite der Kommunikation erheblich erhöht. Passive Transponder hingegen beziehen die benötigte Energie aus dem Feld bzw. aus den Wellen des RFID-Readers. Die physikalische Datenübertragung erfolgt über das Koppellement. Im Backscatterbetrieb über elektromagnetische Wellen wird eine Dipol-Antenne benötigt. Hingegen verlangt eine induktive Kopplung eine Spule und eine kapazitive Kopplung eine Art Kondensatorplatte als Antenne.

Der Transponder wird beim Eintritt in den Lese-/Schreibbereich eines RFID-Readers aktiviert. Dies bedeutet im Falle eines passiven Transponders, dass dieser mit Energie versorgt wird. Bei der anschließenden Kommunikation zwischen beiden Systemen sendet der Transponder die in der Speichereinheit des Mikrochips hinterlegten Informationen an den Reader, beziehungsweise empfängt und speichert neu erhaltene Daten. In der Regel kann die Datenverbindung dabei durch diverse Verschlüsselungsprotokolle gesichert werden.

Für unterschiedliche Anwendungsbereiche sind RFID-Transponder in unterschiedlichen Bauformen erhältlich. Am Beispiel von passiven RFID-Transpondern sind in Tabelle 1 typische Bauformen aufgeführt. Darunter befinden sich auch solche, die für den Einsatz in rauen Industrieumgebungen mit Schmutz, Feuchtigkeit, Chemikalien und mechanischen Belastungen geeignet sind.

Bauformen von RFID-Transpondern

Bauform	Anwendungsbeispiele
Disks und Münzen	Zugangskontrollen, Schließfächer, Freizeit, Produktion
Glaszylinder	Tieridentifikation
Kunststoffgehäuse	Autoschlüssel, Wegfahrsperre
Stick	Produktion
Nagelform	Forst- und Holzwirtschaft
Karte	Zugangskontrollen, Zeiterfassung, Gastronomie, Freizeit
CD/DVD Label	Bibliotheken
Smart-Label	Distributionslogistik, Spedition, Fluggepäck
Mount-on-Metal-Tag	Werkzeugidentifikation
Industrietransponder	Produktion
Containertransponder	Container
Tags für Außenanwendung	Außenanwendung

Tabelle 1

2.3. RFID-Reader

Ein RFID-Reader besteht grundsätzlich aus einer Steuerungseinheit und einem Hochfrequenzmodul mit Antenne, welches wiederum aus einer Sender- und Empfängereinheit besteht. Dieses ist für die Generierung einer hochfrequenten Sendeleistung, die Modulation von Daten für die Versendung und die Demodulation von empfangenen Daten verantwortlich. Die Reader unterscheiden sich analog zu den Transpondern hinsichtlich ihrer Kopplungsarten. Im praktischen Einsatz von mehreren Readern müssen aus physikalischen Gründen die Überlagerungseffekte der elektrischen beziehungsweise magnetischen Felder gemäß der ausgewählten Kopplungsart berücksichtigt werden. Die Steuerungseinheit überwacht und regelt den Datenaustausch zwischen Reader und Transponder und stellt dabei geeignete Übertragungsprotokolle bereit. Diese dienen zur Unterscheidung zwischen aktiven und passiven Systemen, zur Verschlüsselung der Übertragung und zur Antikollisionsregelung bei gleichzeitiger Anwesenheit mehrerer Transponder im Erfassungsbereich (Pulkerfassung). Wie in Abbildung 1 bereits angedeutet, wird durch die Steuerungseinheit eine Datenaustauschnittstelle zur Auswerteeinheit des RFID-Systems zur Verfügung gestellt. Für diese physikalische Schnittstelle sind je nach Bauform und Einsatzbereich der Reader verschiedene Arten bekannt. Beispiele hierfür sind Ethernet, W-LAN oder USB. Je nach Einsatzgebiet und Verwendungszweck der RFID-Reader ist die Unterscheidung hinsichtlich der Bauform zweckmäßig (siehe Abbildung 3). Diese unterscheiden sich im Wesentlichen dadurch, ob sie als stationäre Ausführung an einem festen Ort installiert sind oder zur mobilen Erfassung von Transpondern und deren Informationen dienen.

Die gewonnenen Rohdaten am RFID-Reader müssen für die Nutzung aufbereitet werden. Mit Hilfe einer Auswerteeinheit, welche durch eine physikalische Schnittstelle mit dem RFID-Reader kommuniziert, werden die Rohdaten einer Weiterverarbeitung durch Programmsysteme zugänglich gemacht. Meistens umfasst die Auswerteeinheit dabei noch eine so genannte RFID-Middleware. Diese ist für die Ansteuerung mehrerer Reader, die Verwaltung hoher Datenmengen, eine Plausibilitätsprüfung sowie die Aufbereitung der Daten verantwortlich. Die eigentliche Auswerteeinheit kann dann zum Beispiel aus einem Datenbank-Server (PC), einer Automatensteuerung oder ähnlichem bestehen.

Für eine umfassende Darstellung der Varianten und Ausprägungen heutzutage bekannter RFID-Systeme bietet sich eine Darstellung in Matrixform an, bei der den Merkmalen der Systeme die entsprechenden Merkmalsausprägungen gegenübergestellt werden. Diese Art der Darstellung ermöglicht folglich die Visualisierung aller theoretisch möglichen Varianten des betrachteten Systems gemäß oben beschriebener Aspekte (siehe Tabelle 2).

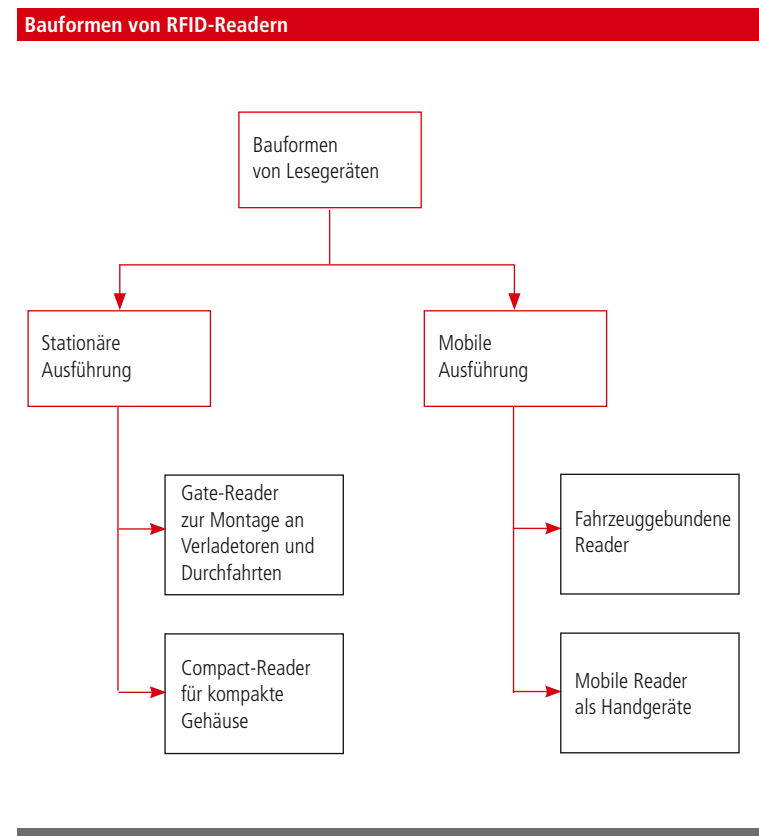


Abbildung 3

Morphologischer Kasten zur Auswahl von RFID

Merkmal	Ausprägungen					
Transpondertechnologie	induktive Kopplung		kapazitive Kopplung		Backscatterkopplung	
Stromversorgung	aktiv			passiv		
Speichereinheit	Read Only		Write Once Read Many		Read/Write	
Speichergröße	<div style="display: flex; align-items: center; gap: 10px;"> 1 4 16 64 512 2k 8k 32k 128k ➔ </div>					
Bauform Transponder	Disc		Glaszylinder		Stick	
	Coin		Karte		CD/DVD-Label	
	Mount-on-Metal Tag		Industrie-transponder		Kunststoff-gehäuse	
	Tags für Außenanwendung			Großformatige Transponder		
Verschlüsselung	ja			nein		
Pulkerfassung	ja			nein		
Datenaustauschnittstelle	Ethernet		W-LAN		USB	
Bauform Reader	stationäre Ausführung			mobile Ausführung		
Reichweite	Close Coupling		Remote Coupling		Long-Range	
Frequenz	135 kHz	13,56 MHz	869 MHz	915 MHz	2,45 GHz	5,8 GHz

Tabelle 2

3. Anwendungsbereiche

Im nachfolgenden Kapitel werden verschiedene Szenarien zum Einsatz von RFID-Systemen aufgeführt, die aus Industrieprojekten mit kleinen und mittelständischen Unternehmen entstanden sind.

3.1. RFID-Einsatz in der Produktionslogistik

Das betrachtete Unternehmen vertreibt moderne Produkte und Dienstleistungen für die Rationalisierung der Postverarbeitung in Firmen und Behörden. Hierzu zählen insbesondere Frankiermaschinen, die Poststücke mit einem Wertstempel versehen und die automatische Abrechnung des Portos mit der Postgesellschaft ermöglichen.

Mit dem Einsatz von RFID im Bereich der Produktionslogistik wird sich in diesem Zusammenhang auf die Verbesserung des Informationsflusses in der Produktionsplanung und -steuerung fokussiert. Die RFID-Technologie ermöglicht dabei die zeitnahe und mit dem Materialfluss synchronisierte Bereitstellung von fertigungsrelevanten Informationen.

3.1.1. Ist-Analyse

Nach eingehender Analyse der Prozesse im betrachteten Unternehmen wurden auf dem Gebiet der Produktionslogistik Optimierungspotentiale aufgedeckt, die durch die Einführung der RFID-Technologie aktiviert werden sollten. Hauptansatzpunkt für die Überlegungen in diesem Szenario war der Mangel an detaillierten Informationen über den exakten Materialverbrauch innerhalb der Endfertigung des betrachteten Unternehmens. So erfolgt die Abbuchung aller für eine Maschine benötigten Einzelteile erst am Ende der Fertigungslinie, was aber im Hinblick auf die starke Streuung der Fertigungszeiten einer Maschine zu einer suboptimalen Bestandsführung im ERP-System führte. Angestrebt war die zeitnähere Abbuchung aller verbauten Teile auf Basis der verschiedenen verwendeten Baugruppen, um während des Produktionsprozesses nach jedem Arbeitsschritt den Teilverbrauch exakt im System nachvollziehen zu können. Das angesprochene Informationsdefizit entsteht in diesem Fall durch sich selbst steuernde Kanban-Regelkreise, welche die Abläufe innerhalb der Produktionslinie bestimmen, aber bisher nicht durch die betriebliche EDV erfasst werden konnten. Grund für dieses Problem ist der Einsatz eines visuel-

len Kanban-Systems, bei dem lediglich Karten und Tafeln die Bedarfsmeldung und den Fertigungsauftrag zur Nachproduktion geben. Eine Übersicht über die Anzahl der gefertigten Baugruppen bzw. der verbauten Einzelteile kann so nicht entstehen.

In diesem Zusammenhang gibt es bei dem betrachteten Unternehmen auch den Wunsch, fertige Frankiermaschinen-Grundtypen, an denen lediglich noch einige länderspezifische Anpassungen vorgenommen werden müssen, quantitativ abbilden zu können. Diese Grundtypen haben als Folge der hohen Wertschöpfungsstufe eine hohe Kapitalbindung, wodurch die zeitnahe Abbildung des Bestands von großem ökonomischen Interesse ist. Außerdem könnte die zukünftige Planung der Produktionsmengen auf Basis der Information sicherer durchgeführt werden.

3.1.2. Zielsetzung

In Absprache mit dem betrachteten Unternehmen und unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Ist-Analyse bezogen sich die Untersuchungen auf die Optimierung der Bestandsführung innerhalb der Produktion durch den Einsatz der RFID-Technologie. Innerhalb dieses Aufgabenspektrums wurden nun zwei unterschiedliche Ansatzpunkte identifiziert:

1. **„RFID-Kanban“**: Der Einsatz der RFID-Technologie zur zeitnahen Abrechnung des Verbrauchs an Einzelteilen von verschiedenen Baugruppen innerhalb der Produktion. Als Träger für die RFID-Technologie ist hier das Kanban-System vorgesehen.
2. **„RFID-Torlösung“**: Der Einsatz einer RFID-Torlösung zur automatisierten Bestimmung der Anzahl von unspezifizierten Grundtypen der hergestellten Produkte. Dies erleichtert die Produktionsplanung und -steuerung immens.

Die entwickelten Konzepte im Rahmen der hier vorgestellten Zielsetzung werden im Nachfolgenden entsprechend vorgestellt. Dabei mussten jedoch verschiedene Rahmenbedingungen beachtet werden. So sollten die derzeit vorhandene Fertigungsorganisation sowie die Aufgaben und Aktivitäten der Mitarbeiter im Fertigungsbereich weitestgehend bestehen bleiben. Dies bietet den Vorteil einer sukzessiven RFID-Einführung, da das hier betrachtete Unternehmen speziell in diesem Bereich bisher keinerlei Erfahrung sammeln konnte. Dabei werden auch eine schnelle Einführung und hohe Akzeptanz seitens aller beteiligten Personen begünstigt, da Fertigungsaufbau, Fertigungsprozesse und damit auch Arbeitsinhalte nicht schlagartig geändert werden müssen.

3.1.3. Konzeption RFID-Kanban

Um eine automatisierte Baugruppenabrechnung und damit eine optimierte Bestandsführung mit Hilfe der RFID-Technologie zu erreichen, wurden als Grundlage bestehende Regelkreise aus der Produktion herangezogen. Diese Kanban-Regelkreise bestimmen in der betrachteten Fertigung die Art, Häufigkeit und Menge der produzierten Baugruppen. Das Kanban-System ist mit seinen Elementen „Kanban-Tafel“ und „Kanban-Karte“ als Träger der RFID-Systemkomponenten vorgesehen. So wird die Kanban-Tafel mit einer RFID-Leseeinheit bestückt, während die entsprechenden Kanban-Karten mit RFID-Transpondern versehen werden. Auf dem Transponder selbst muss nur eine geringe Datenmenge abgelegt werden.

Zur Erläuterung des konzipierten Prozesses der RFID-gestützten Baugruppenabrechnung zur Bestandsoptimierung soll hier eine relativ simple Beispielproduktion bestehend aus zwei Arbeitssystemen mit einer Kanban-Steuerung, die den Materialfluss zwischen beiden Systemen steuert, dargestellt werden (siehe Abbildung 4). In der dargestellten Ausgangssituation befinden sich jeweils zwei volle Kanban-Behälter in jedem Arbeitssystem. Zwei Kanban-Karten steuern die Produktion.

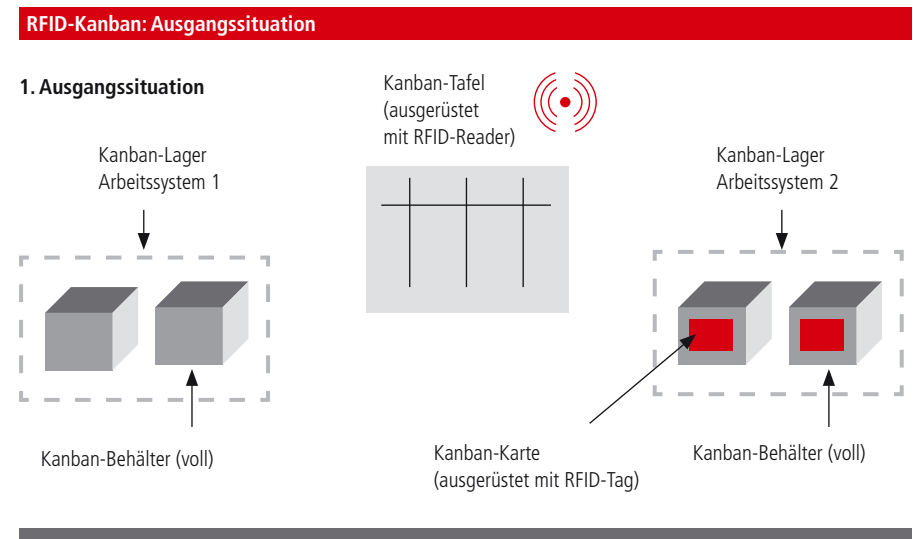


Abbildung 4

RFID-Kanban: Abrechnung

2. Kanban-Behälter wurde geleert

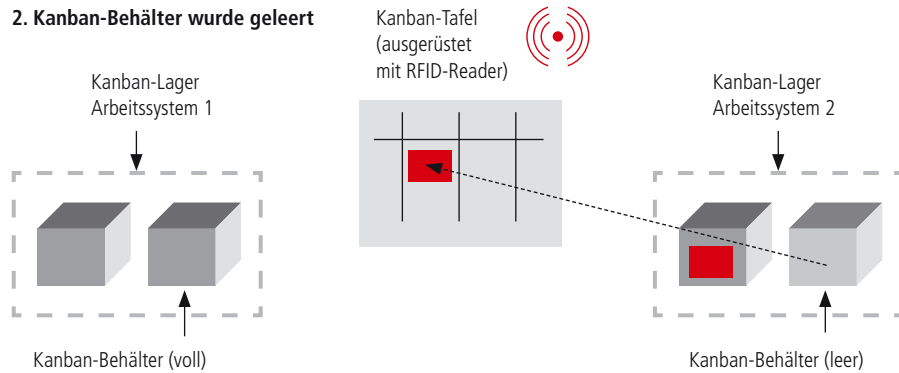


Abbildung 5

Wurden nun alle Baugruppen, die sich in einem Kanban-Behälter befunden haben, verbraucht, wird die Karte auf die Kanban-Tafel gelegt, um der vorgelagerten Arbeitsstation den Auftrag zur Nachproduktion zu erteilen (siehe Abbildung 5). In dem Moment, in dem die mit einem Transponder versehene Kanban-Karte auf die mit einer Reader-Einheit ausgestattete Kanban-Tafel gelegt wird, werden die auf dem Transponder befindlichen Daten ausgelesen und an das ERP-System weitergeleitet. Auf dem Transponder selbst genügt bereits eine Nummer, die eine eindeutige Identifizierung der entsprechenden Baugruppe ermöglicht. Im ERP-System erfolgt dann mit Hilfe einer hinterlegten Stückliste die Umbuchung der für dieses Bauteil benötigten Einzelteile. Das erfolgreiche Lesen des Transponders muss für den Mitarbeiter durch ein Signal deutlich gemacht werden. Dieses kann beispielsweise durch ein akustisches Signal oder das grüne Licht einer Ampel geschehen.

Zur Verhinderung einer Mehrfachlesung des Transponders bei einem etwaigen Herunterfallen und Wiederauflegen der Karte oder sonstiger Fehlbedienung des Systems müssen entsprechende Maßnahmen ergriffen werden. Ein mögliches Beispiel wäre hier eine rein softwaretechnische Lösung, welche ein erneutes Lesen eines Transponders innerhalb einer gewissen Zeitspanne nicht zulässt. Dieses Intervall muss sich an der kürzest möglichen Fertigungsdurchlaufzeit orientieren.

Der beschriebene Prozess ermöglicht eine zeitnahe Abbuchung der verbauten Einzelteile unter Einhaltung der gesetzten Rahmenbedingungen. Als nachteilig erweist

sich jedoch der Umstand, dass die Verbuchung der Einzelteile nicht bereits bei der Zusammensetzung des Bauteils erfolgt, sondern erst dann, wenn das Bauteil selbst verbaut wurde. Dies führt zu einer zeitlichen Verzögerung in der Abrechnung, die je nach Fertigungsumfang bei ca. einer Schichtlänge (also ca. acht Stunden) liegen kann. Eine direkte Erfassung und Abrechnung der Baugruppen bei deren Erstellung wäre ohne eine Veränderung des Produktionslayouts durch den Aufbau von RFID-Torlösungen oder Änderungen im Prozessablauf durch den Einsatz mobiler Datenerfassungsgeräte und somit ohne eine Verletzung der Rahmenbedingungen nicht möglich. Darüber hinaus ist der wirtschaftliche Nutzen der „zeitgenauen“ im Vergleich zur „zeitverzögerten“ Baugruppenabrechnung laut Aussage des betrachteten Unternehmens minimal.

Vorteile der hier präsentierten „kleinen“ Lösung zeichnen sich zusätzlich in den zu erwartenden geringen Hardwarekosten ab, da nur eine begrenzte Anzahl von Kanban-Tafeln (zwei) und Kanban-Karten, deren Anzahl durch die Produktionsmengen bestimmt werden und weitestgehend stabil bleibt, mit entsprechenden RFID-Systemkomponenten ausgerüstet werden müssen.

3.1.4. Konzeption RFID-Torlösung

Zur Bestimmung der Anzahl fertiger Grundtypen, die noch an die verschiedenen länderspezifischen Gegebenheiten angepasst werden können und somit die höchste Kapitalbindung aufweisen, kann auf die oben beschriebene RFID-Kanban Lösung nicht zurückgegriffen werden, da in diesem Fall der Zugang gemessen werden soll und nicht – wie oben – der Abgang an Maschinen oder Baugruppen. Daher ist an dieser Stelle der Einsatz der RFID-Technologie in Form eines Tors notwendig (siehe Abbildung 6). Durch das mit RFID-Leseeinheiten versehene Tor werden nun Transportwagen geschoben, auf denen sich die fertigen Grundtypen befinden. Pro Maschinengrundtyp wird an eine sich am Transportwagen befindliche Tafel ein Transponder angebracht, der bei diesem Vorgang gelesen wird. Die Anzahl der erkannten Grundtypen wird an das ERP-System weitergereicht, und der Werker erhält zugleich eine Bestätigung der korrekten Anzahl der erkannten Maschinen. Die Zahl der sich nun in dem Zwischenlager befindlichen Maschinengrundtypen wird bei der Weiterverarbeitung in der nachfolgenden Arbeitsstation, bei der eine Anbindung an das Planungs- und Steuerungssystem besteht, entsprechend verringert. Werden die Grundtypen in diesem Arbeitsschritt dann mit der länderspezifischen Software ausgestattet, wird die Anzahl der Grundtypen entsprechend angepasst.

RFID-Torlösung

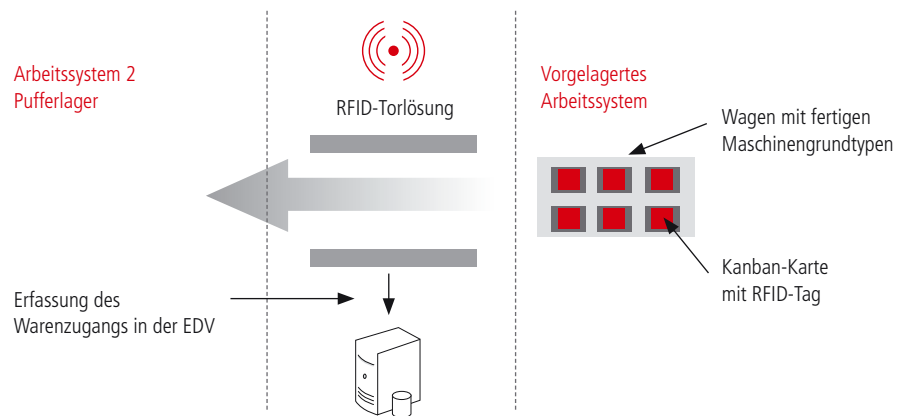


Abbildung 6

Ähnlich des Lösungsvorschlags „RFID-Kanban“ müssen auch hier auf Seiten der Software Abfangmechanismen eingebaut werden, die eine Fehlbedienung oder Mehrfachlesung abfangen können. Nur so lässt sich die Korrektheit der automatisch ermittelten Anzahl von Maschinengrundtypen sicherstellen. Problematisch an der Lösung ist, dass das Fabriklayout im betrachteten Unternehmen an der aufgeführten Schnittstelle nicht den notwendigen räumlichen Platz für eine umfassende Torlösung liefert und somit die vorher definierten Rahmenbedingungen verletzt würden. Mit Hilfe einer Abwägung von Aufwand und Nutzen müsste die Umsetzung daher in diesem speziellen Fall noch geprüft werden.

3.1.5. Nutzen der konzipierten Lösung

Entscheidend für den umfassenden Erfolg neuer Technologien, wie z.B. der RFID-Technologie, ist generell der wirtschaftliche Vorteil, der sich durch die Implementierung ergibt. In diesem konkreten Fall ist die quantitative Bestimmung der zu erwartenden Einsparungen durch den RFID-Einsatz im Vorfeld einer Implementierung des Konzeptes schwer bis unmöglich, da das betrachtete Unternehmen über keine entsprechenden Vergleichszahlen verfügt.

Auf der qualitativen Ebene lassen sich aber durchaus Einsparungen absehen. Dieser Umstand liegt – besonders im Falle des „RFID-Kanban“ – darin begründet, dass

nun mit vergleichsweise geringem technischen und organisatorischen Aufwand eine weitestgehend automatisierte und zeitnahe Abrechnung der Baugruppen ermöglicht wird, die in der Ist-Situation nicht erfolgt. Die zurzeit vorherrschenden Unsicherheiten über den aktuellen Bestand diverser Einzelteile in der Fertigung können durch den RFID-Einsatz stark verringert werden, sodass nach Schätzungen des betrachteten Unternehmens als direkte Folge dieser Verbesserung im Informationsfluss mit Bestandsreduktionen im Bereich von 10 – 20% gerechnet werden darf, was im Vergleich zu den zu tätigen Investitionen in Hardware und Software ein hohes finanzielles Optimierungspotential darstellt.

3.2. RFID-Einsatz in der innerbetrieblichen Logistik mit mobiler Fördertechnik

In Zusammenarbeit mit einem mittelständischen Serviceanbieter für Gabelstapler, der sich aus einem Inhaber geführten Betrieb im Laufe der Jahre zu einer Unternehmensgruppe mit ca. 200 Mitarbeitern und mehreren Standorten entwickelt hat, wurde ein Konzept zur Einführung und den Betrieb von RFID in der Lagerlogistik thematisiert.

In der Sparte Flurförderzeuge bietet das Unternehmen bereits ein breites Produktprogramm an, mit welchem alle Anforderungen der Kunden bezüglich ihrer logistischen Herausforderungen erfüllt werden können. Untersucht wurde daher, inwieweit die technische Umsetzung von RFID-Konzepten in Verbindung mit mobiler Fördertechnik möglich und sinnvoll ist. Die Vorteile einer Anwendung in diesem Bereich liegen im direkten Zugang zu relevanten Daten aus Ein- und Auslagerungsprozessen, die in Echtzeit und dezentral geliefert werden können und sich zusätzlich durch eine besonders hohe Güte auszeichnen. Bezüglich des wirtschaftlichen Nutzens ermöglicht diese Verbesserung beispielsweise eine schnelle und kurzfristige Inventur und vereinfacht die Disposition erheblich.

3.2.1. Einsatzzweck

Der Einsatz von Flurförderfahrzeugen wie Gabelstaplern o. ä. erfolgt in der Regel im Zusammenhang mit einer chaotischen Lagerhaltung, d. h. ohne ein festes inneres Ordnungssystem. Bei Ein- und Auslagerungsprozessen ist das Lagerpersonal folglich häufig in die Wahl eines geeigneten Stellplatzes eingebunden. Chaotische Lagerhaltungssysteme gewinnen in der wirtschaftlichen Anwendung zunehmend

an Bedeutung, unter anderem, weil dadurch eine schnelle Ein- und Auslagerung sowie eine optimale Nutzung der Stellplatzfläche gewährleistet wird. Andererseits wird jedoch die Übersicht reduziert und eine kurzfristige Bestandsaufnahme bzw. eine zeitnahe Bestandsführung erschwert.

Voraussetzung zum Betrieb eines chaotischen Lagers ist die informationstechnische Verknüpfung der Waren mit ihrem aktuellen Standort, was beispielsweise durch automatische Identifikationssysteme wie Barcode oder RFID unterstützt wird. Insbesondere Ein-, Aus- oder Umlagerungsprozesse erfordern dann jedoch manuelle Eingriffe durch das Lesen der Identifikatoren oder das Zuweisen zu einem neuen Standort.

Um in diesem Bereich Verbesserungen zu erzielen, reicht es nicht aus, lediglich das Arbeitsverfahren zu ändern. Nur durch den Einsatz neuer Technologien aus dem Sektor des innerbetrieblichen „tracking and tracing“ in Kombination mit moderner Prozessautomatisierung und Anbindung an bestehende EDV-Systeme kann ein signifikanter Mehrwert durch einen zunehmenden Automatisierungsgrad zu erwarten sein.

3.2.2. Zielsetzung

Die Unterstützung bzw. Automatisierung eines chaotischen Lagersystems, welches beispielsweise auf Euro-Palettenebene mit mobiler Fördertechnik arbeitet, setzt bestimmte Anforderungen an die zu verwendende Automatisierungs- und RFID-Technik voraus. Diese sind:

- Integration einer automatisierten informationstechnischen Abwicklung innerhalb jedes Umladevorgangs
- Dokumentation aller Staplerbewegungen
- Permanente Inventur
- First-In/First-Out Funktionalität
- Unterstützung von Artikelsperren
- Kontrollierte und gesteuerte Einlagerung von Waren/Chargen
- Drahtlose Anbindung des mobilen Systems an das Lagerverwaltungssystem

3.2.3. Konzeption

Abgeleitet aus den Zielen und Anforderungen an RFID-gestützte Fördertechnik wird ein konventioneller Gabelstapler um ein Palettenidentifikationssystem zur

Warenerkennung, ein Positionserkennungssystem zur Aufnahme der Be- und Entladung sowie eine drahtlose Datenübertragung zum innerbetrieblichen Intranet ergänzt. Von Vorteil bei der Nutzung vorhandener Infrastruktur ist dabei, eine kostengünstige modulare Systemlösung anbieten zu können.

Der RFID-Transponder, der die Ware kennzeichnet, wird auf der Gabel des Fahrzeugs mit Hilfe einer Antenne zwischen den Gabelzinken ausgelesen. Ein Rechner auf dem Stapler verarbeitet die gelesene Identifikationsnummer (ID-Nummer). Durch die Kommunikation mit der Lagerverwaltung über ein lokales Funknetzwerk werden die zur ID-Nummer gespeicherten Produktdaten an den Staplercomputer übertragen. Durch Transponder auf dem Boden des Lagerbereichs und einer weiteren Antenne unter dem Fahrzeug ist des Weiteren die Ortung des Staplers möglich.

Zwei Ultraschallsensoren unterstützen dabei die RFID-Komponenten in der Hinsicht, dass ein Sensor den horizontalen Abstand zwischen Gabel und Transportgut misst, um festzustellen, welchen Beladungszustand der Stapler hat. Der zweite Sensor misst den vertikalen Abstand zwischen Gabel und Boden, um damit die Lagerhöhe der Waren, d.h. beispielsweise das entsprechende Fach eines Regallagers feststellen zu können.

Auf Basis dieser Konzeption sind der Steuerungssoftware des Gabelstaplers folglich die Ware und der Standort im Lager bekannt, so dass eine automatische Verknüpfung innerhalb der Lagerverwaltungssoftware erfolgen kann. Damit ist eine automatische und exakte Lagerverwaltung ohne zusätzlichen Arbeitsschritt oder zusätzliche Infrastruktur möglich (siehe Abbildung 7).

3.2.4. Demonstrator

Für die Konzeption eines Demonstrators zur Veranschaulichung und zum Testen typischer Arbeitsabläufe im Rahmen der innerbetrieblichen Logistik wurde ein konventioneller Gabelstapler zu einem „intelligenten Gabelstapler“ weiterentwickelt.

Zur Identifizierung der Packstücke werden 868 MHz RFID-Etiketten am Behälter befestigt, da die für ein solches Identifizierungssystem erforderlichen Reichweiten nur mit derartigen Komponenten realisiert werden können. Die zur Positionsbestimmung notwendigen Glasröhren-Transponder (134 kHz) werden in den Boden integriert. Die RFID-Antenne als Kommunikationsschnittstelle zu den RFID-Trans-

Konzeption eines RFID-Systems an mobiler Fördertechnik

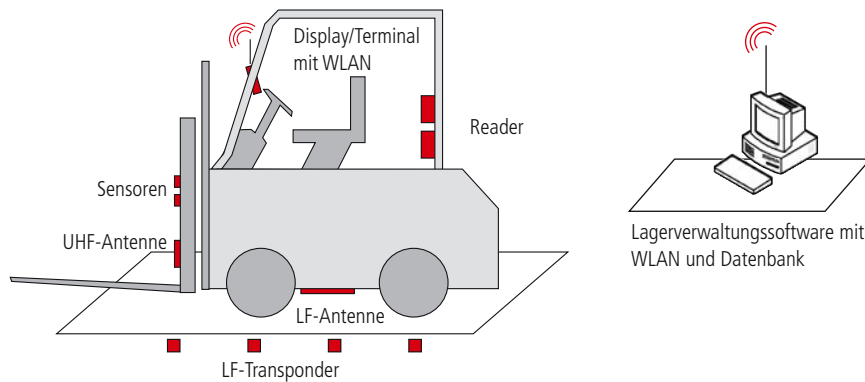


Abbildung 7

pondern im Frequenzbereich 134 KHz ist unter dem Gabelstapler installiert, die Antenne für die 868 MHz Transponder zwischen den Gabelzinken. Außerdem ist der Gabelstapler mit einem Datenterminal (Display), zwei RFID-Readern und Sensoren zur Messung des Abstandes zwischen Gabel und Palette sowie zwischen Palette und Boden ausgerüstet.

Die am Hubgerüst zwischen den Gabelzinken angebrachte UHF-Antenne empfängt die Ausgangsleistung des Readers, verstärkt diese und strahlt sie gerichtet in die Umgebung ab. Der UHF-Reader versorgt die Antenne mit 1,5 W Leistung, welche ausreicht, um den Transponder, von der sich auf der Palette befindlichen Ladung, aus einer Distanz von etwa einem Meter sicher auslesen zu können. Der UHF-Transponder befindet sich in einer Kunststofftasche, die an der Palette beziehungsweise der Ware angebracht ist. Auf ihm ist eine eindeutige Identifikationsnummer gespeichert, über die das Gut mit Hilfe einer Datenbank identifiziert werden kann.

Das Positionierungssystem des Gabelstaplers hat die Aufgabe, die Position des Gabelstaplers unter Verwendung eines LF-RFID-Systems mit einer Frequenz von 134 kHz festzustellen. Das System besteht aus einem LF-RFID-Reader und einer LF-RFID-Antenne zur Montage unter dem Gabelstapler, mehreren LF-Glasröhrentranspondern zur Anbringung in den Lagerflächen sowie einem Ultraschallsensor zur Messung des Abstandes zwischen Gut und Gabelstapler und einem Ultraschallsensor zur Messung der Höhe der Gabelstaplerzinken.

In jedem Lagerplatz des Warenlagers wird ein Glasröhrentransponder im Boden angebracht. Da jeder Transponder eine individuelle Identifikationsnummer besitzt, kann so jedem Platz eine Nummer zugewiesen werden, die in der Datenbank abgefragt werden kann. Der Gabelstapler liest mit Hilfe des LF-Readers und der unter dem Stapler angebrachten Antenne die Transponder aus. Somit kann ermittelt werden, wo sich der Gabelstapler im Warenlager befindet. Die Glasröhrentransponder werden dazu in einem ca. 40 mm tiefen Loch an jedem Lagerplatz im Boden versenkt. Anschließend wird das Loch mit einer Versiegelungsmasse aufgefüllt, um den Transponder vor Umwelteinflüssen zu schützen.

Die beiden Ultraschallsensoren messen den Abstand zwischen Gabelstapler und Ware und den Abstand zwischen Gabelstaplerzinken und Boden. Dies ist notwendig, um den Beladungszustand des Staplers zu kennen, d.h. den Zeitpunkt, wann Ware abgelegt bzw. aufgenommen wird sowie um feststellen zu können, auf welcher Höhe sich die Gabelstaplerzinken befinden, um beispielsweise eine Zuordnung zu einem Stellplatz in einem Regallager auf höherer Ebene zu erhalten. Der Ultraschallsensor für die Abstandsmessung zwischen Gabelstapler und Ware ist zwischen den Zinken des Hubgerüsts neben der UHF-Antenne angebracht. Die Höhenmessung der Gabelstaplerzinken findet über einen an der Rückseite des Hubgerüsts angebrachten Ultraschallsensor statt. Dieser misst ständig den Abstand zwischen den Gabelstaplerzinken und dem Boden.

Für das vorliegende System werden insgesamt drei Software-Komponenten benötigt. Die Hardwaresteuerungssoftware, die auf dem Terminal des Staplers läuft, des Weiteren eine Lagerverwaltungssoftware, die auf die Datenbank zugreift, um Lageransichten zu erstellen und um Fahraufträge für den Gabelstapler zu generieren, und die Datenbank selbst, in der alle Informationen in Bezug auf die Ware und deren Standorte gespeichert werden.

Auf dem Computerterminal des Gabelstaplers läuft im Wesentlichen nur die Systemsoftware zur Steuerung der einzelnen Hardwarekomponenten. Bei diesem Terminal handelt es sich um einen Industrie-PC mit Touch-Screen, über den der Anwender das Terminal steuern kann. Es enthält Schnittstellen zu den RFID-Readern und den Ultraschallsensoren sowie eine WLAN-Karte zur Kommunikation mit der Datenbank der Lagerverwaltung. In diesem Zusammenhang werden dem Fahrer die abzuarbeitenden Fahraufträge sowie weitere Informationen über die aufgenommene Ware angezeigt. Diese sind beispielsweise der aktuelle Abstand zu der vor dem

Gabelstapler befindlichen Ware, die aktuelle Höhe der Gabeln sowie der electronic product code (EPC) der Ware beziehungsweise die Identifikationsnummer des Bodentransponders.

Des Weiteren wird der aktuelle Beladezustand angezeigt, hinter welchem sich eine Schaltfläche zur Anzeige weiterer Informationen über die aufgenommene Ware verbirgt. Die Ampel neben der Gabelstaplerabbildung dient als Kontrollanzeige (siehe Abbildung 8). Da in der Datenbank bestimmte Güter als Gefahrgüter gekennzeichnet werden können, befindet sich innerhalb des Hauptprogrammfensters eine Gefahrgutanzeige, um den Fahrer auf das Gefahrenpotential aufmerksam zu machen.

Das Identifizierungs- und Positionierungssystem kennt zu jedem Zeitpunkt den genauen Standort jeder im System befindlichen Palette. Dies funktioniert auf der Basis, dass nach der Aufnahme der Palette durch den Gabelstapler der Standort des Gabelstaplers mittels der Bodentransponder verfolgt und nach Ablage des Gutes der letzte Standort des Gabelstaplers als Lagerplatz der abgelegten Palette gespeichert wird.

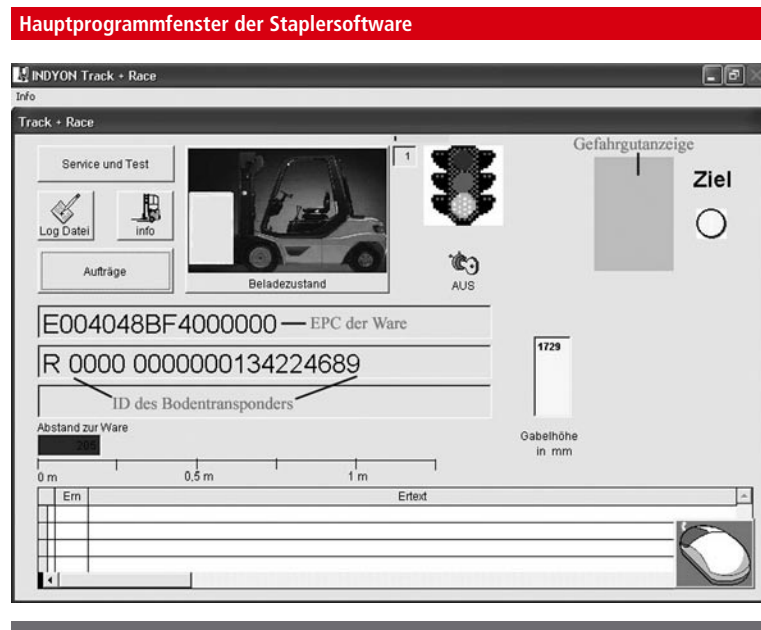


Abbildung 8

Die Systemlösung kann bei unterschiedlichen Lagerarten zur Anwendung kommen. Im Rahmen verschiedener Versuchsreihen wurde unter anderem ein Lagerregal mit vier Plätzen sowie zwei Bodenplätzen direkt vor dem Regal eingerichtet. Für das intermodale Transportkonzept wurde eine Wechselbrücke in das Szenario integriert. Diese Wechselbrücke entspricht einer Standardwechselbrücke gemäß Deutsche Industrienorm (DIN EN 284) und kann im Straßengüter- wie auch Schienengüterverkehr eingesetzt werden. Auch die Bodenblocklagerung, die beispielsweise mangels überdachter Lagerfläche in Außenbereichen betrieben wird, wird durch das System unterstützt.

3.2.5. Nutzen der konzipierten Lösung

Durch den Aufbau und die Inbetriebnahme des Forschungsdemonstrators konnten viele wichtige Erkenntnisse bezüglich der Besonderheiten beim Einsatz von RFID-Systemen an mobilen Anwendungen gewonnen werden. Hinsichtlich des Zieles, die Prozesse im Bereich der innerbetrieblichen Logistik zu verbessern und zu automatisieren, muss auf eine Vielzahl an unterschiedlichen technischen Komponenten zurückgegriffen werden. Gelingt jedoch die Kombination zu einer kostengünstigen und serienreifen Systemlösung, ermöglicht die RFID-gestützte Fördertechnik die umfassende Optimierung der Abläufe innerhalb der innerbetrieblichen Logistik. Durch die Verbesserung der Abläufe ist mit enormen Einsparungen zu rechnen, welche beispielsweise aus einer automatischen und permanenten Inventur hervorgehen. Das an dieser Stelle vorgestellte System vermindert fehlerhaft abgestellte und dadurch nicht wieder auffindbare Waren, nicht aktuelle Stapleraufträge sowie fehlerhafte Disposition und Kommissionierung in Folge manueller Erfassungsvorgänge. Die zuverlässige Erfassung aller Transponder vorausgesetzt, können alle Prozesse der innerbetrieblichen Logistik eine Zeitersparnis gegenüber der manuellen Variante aufweisen.

3.3. RFID-Einsatz in der Warenlagerlogistik

Dieses Szenario beschreibt den Einsatz der RFID-Technologie zur Verbesserung der Prozesse in der Warenlagerlogistik. Partner in diesem Szenario war ein innovatives Unternehmen aus dem Bereich Eventmarketing, das neben der Vermietung von einzelnen Artikeln auch die komplette Abwicklung von Veranstaltungen übernimmt.

3.3.1. Ist-Analyse

Das gesamte Sortiment des betrachteten Unternehmens lagert in fünf verschiedenen Lagerhäusern. Es sind 1.000 bis 1.500 unterschiedliche Artikelarten eingelagert, wobei eine Spanne von Ausstattungsartikeln über Dekorationsartikel, Licht-, Ton- und Multimedia-Technik bis hin zu mobilen Bühnensystemen abgedeckt wird. Der gesamte Bestand beläuft sich auf 70.000 bis 100.000 Einzelstücke. Der jeweilige Warenwert reicht dabei von einigen wenigen Cent bis hin zu mehreren zehntausend Euro.

Alle Artikel ab einer bestimmten Größe und Wert werden in einem Lagerverwaltungsprogramm erfasst, während Kleinteile oft zu Verpackungseinheiten zusammengefasst sind. Einzelteile von geringerem Wert sind in der Regel nicht erfasst, weil ein derartiger Vorgang zu aufwändig ist. Das Programm erlaubt es, die Verfügbarkeit der Artikel des Lagers einzusehen und bei Bedarf Artikel für eine Veranstaltung zu buchen, sofern die Warenbestände in der EDV mit den tatsächlichen Warenbeständen des Lagers identisch sind.

3.3.2. Zielsetzung

Die primäre Zielsetzung des RFID-Einsatzes im Rahmen dieses Szenarios besteht in der Verknüpfung des Material- und des Informationsflusses. Die RFID-Technologie soll dazu verwendet werden, die Datenbasis in der Lagerverwaltungssoftware aktuell zu halten, um so in der Lage zu sein, das Verschwinden verschiedener Artikel durch z.B. Diebstahl zu erkennen, die Auslastung der einzelnen Artikel zu verbessern sowie nachgelagerte Prozesse wie z.B. notwendige Reparaturvorgänge oder Wartungsarbeiten zu optimieren.

3.3.3. Konzeption

Um die beschriebene Zielsetzung zu erreichen, wurde die folgende, auf dem Einsatz von RFID basierende Lösung konzipiert (siehe Abbildung 9). Kernpunkte sind dabei eine Kommissionierfläche sowie ein RFID-Gate am Außentor des jeweiligen Lagers. Auf der Kommissionierfläche werden alle für einen Auftrag benötigten Waren zusammengeführt. Befinden sich an den betreffenden Waren RFID-Transponder, so werden diese mittels eines mobilen Erfassungsgerätes identifiziert und erfasst. Die zugehörige Identifikationsnummer wird an das Lagersystem übertragen. Gleichzei-

RFID in der Warenlagerlogistik

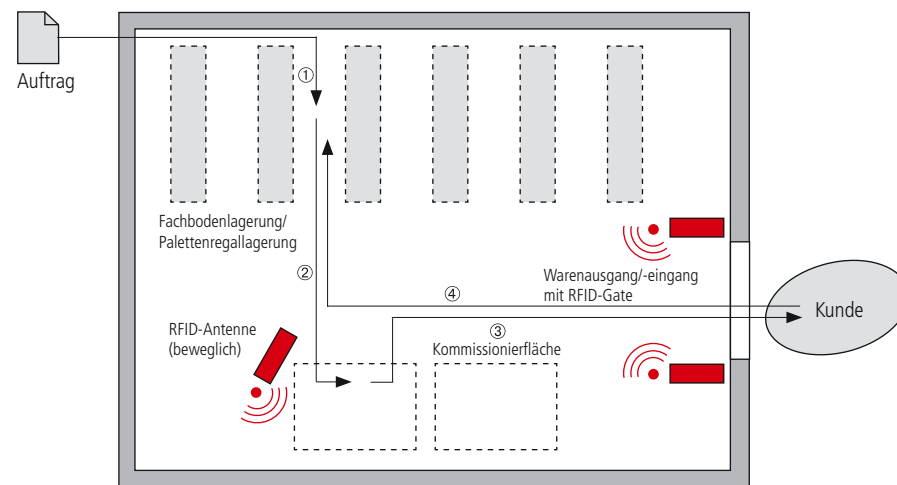


Abbildung 9

tig werden sämtliche Waren im Lagerverwaltungssystem einem Auftrag zugeordnet. Der Status des jeweiligen Artikels und des zugehörigen Auftrags kann so entsprechend systemintern immer auf aktuellem Stand gehalten werden. Verlassen die kommissionierten Waren das Lager durch das Tor, das ebenfalls mit RFID-Antennen versehen ist, werden die Artikel aus dem Lager ausgebucht. Bei der Rückkehr der Waren vom Kunden kann über die übergeordnete Auftragsnummer nun eindeutig bestimmt werden, ob alle vermieteten Waren zurückgekehrt sind oder nicht. Eine aufwendige visuelle Kontrolle an dieser Stelle kann entfallen.

3.3.4. Erprobung der RFID-Lösung

Der Einsatz von RFID-Transpondern ist in Anlehnung an die bisherige Unternehmenspraxis nicht für alle Waren (z.B. Verbrauchsmaterial, Kleinstartikel etc.) sinnvoll. Daher wurden Kategorien eingeführt, die eine Gruppierung der verschiedenen Waren nach deren Wert vornehmen, um Aufschluss über einen potentiellen Einsatz von RFID geben zu können. Bei diesen Kategorien handelt es sich um:

- **A-Artikel:** Preis ab ca. 40 EUR, wichtig, wertvoll. Diese Artikelgruppe erhält immer einen Transponder. Beispiele: Kühlschrank, Bistrostehntisch, etc.
- **B-Artikel:** Preis bis ca. 40 EUR. Transponder empfehlenswert. Einige Waren zu Gruppen zusammengefasst (z.B. in Kartons). Beispiele: Longdrinkgläser, Sektkühler, etc.
- **C-Artikel:** Preise unter 5 EUR. Kein Transponder. Beispiele für C-Artikel: Pinsel, leere Kisten, etc.
- **Verbrauchsartikel:** Werden nur einmalig benutzt. Kein Transponder. Beispiele: Rolle Lackfolie, Garderobenmarken, etc.
- **Anmietartikel:** Werden von Zulieferern bereitgestellt und sind nicht im Besitz des betrachteten Unternehmens und werden für jedes Event einzeln bestellt. Diese Artikel erhalten keinen Transponder. Beispiele für Anmietartikel: Biergläser, Kühltruhen, etc.

Die unterschiedlichen Artikel wurden exemplarisch mit Tags ausgestattet und mit einem prototypischen Testaufbau bezüglich ihrer Lesefähigkeit sowie der Ausrichtung der RFID-Systembestandteile getestet. Die Testreihen wurden dabei beim betrachteten Unternehmen vor Ort an einem dafür aufgebauten RFID-Gate durchgeführt (siehe Abbildung 10). Das Gate hat die Abmaße von 3,75 m in der Breite und 2,8 m in der Höhe. Es besteht aus einfachen Aluminiumtraversen.

Schematische Darstellung Antennengate

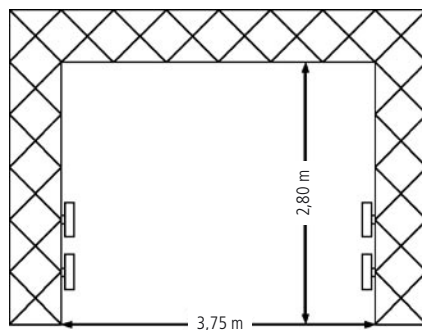


Abbildung 10

Bei den Testreihen kamen zwei verschiedene Arten von Transpondern zur Anwendung. Zum größten Teil wurden die Artikel mit relativ günstigen, passiven UHF-Smartlabels versehen. Da jedoch einige der Artikel zu einem Großteil aus metallischen Materialien bestehen, musste auch auf On-Metal-Tags zurückgegriffen werden. Hierbei handelt es sich um speziell abgeschirmte Transponder, die auf metallischen Oberflächen eine höhere Lesezuverlässigkeit ermöglichen. Diese hochpreisigen Transponder wurden auf den Artikeln selbst positioniert (z.B. Beamer) oder, wenn die Artikel den Behältern direkt zugeordnet sind (z.B. Rollenrack), im Inneren des Behälters angebracht, um den Transponder vor mechanischen Einflüssen zu schützen.

Bei der Positionierung der Transponder musste darauf geachtet werden, dass diese sich nicht direkt hinter metallischen Gegenständen wie z.B. den Aluminiumprofilen der Behälter befinden. Einige Artikel wurden bei den Testreihen mit mehreren Transpondern versehen, da es keine eindeutige Richtung beim Handling der Artikel gab. Daher wurden quaderförmige Behälter an jeder Seite mit Transpondern versehen.

Um eine Aussage über die Zuverlässigkeit der hier vorgestellten RFID-Lösung machen zu können, wurden Testreihen in Anlehnung an die ISO/IEC TR 18046:2005 (Radio frequency identification device performance test methods) durchgeführt. Sie beschreibt die normgerechte Vorgehensweise bei Leistungstests an RFID-Systemen. Anhand von Auszügen dieser Norm wurde die Methodik der Testreihen gerechtfertigt. Das Antennengate wurde im Rahmen dieser Testreihen zehnmal durchquert. Zudem wurde neben der Zuverlässigkeit der Einzelerfassung auch der Erfolg der Pulkerfassung, die als ein großer Vorteil der RFID-Technologie beschrieben wird, eingehend getestet.

Die optimale Antennenposition wurde dabei durch erste Testreihen im Vorfeld gefunden und im Laufe der Versuche optimiert. Maßgeblichen Einfluss auf die Identifikationsperformance hat die Transponderposition. Um ein möglichst optimales Leseergebnis zu erzielen, muss sich die Antenne des Transponders annähernd senkrecht zur Leserichtung der Antenne des Readers befinden. Eine weitere Voraussetzung für die optimale Identifikation ist ein kurzer Leseabstand zwischen Readerantenne und Artikeln. Um dies sicherzustellen, wurden Antennen auf beiden Seiten des Gates installiert. So kann garantiert werden, dass der maximale Abstand zwischen der Antenne und dem Artikel ca. 1,75 m beträgt. Wie in der nachfolgenden Auswertung zu erkennen ist, kann über die RFID-Luftschnittstelle diese Reichweite überwunden werden.

Für die Durchführung der Testreihen wurden jeweils zwei Antennen im Bereich des Antennengates positioniert. Die niedrigere dieser Antennen wurde ca. 0,80 m über dem Boden mit dem Gate verschraubt, die höhere befand sich ungefähr 1,20 m über dem Boden. Darüber hinaus wurden diese Antennen in einem Winkel so angeordnet, dass sie eine möglichst große Identifikationsfläche in der Mitte des Gates bilden. Somit kann sichergestellt werden, dass Artikel sowohl in der Nähe des Bodens als auch in einer größeren Höhe identifiziert werden können. Die Ergebnisse der Einzelerfassung bei verschiedenen Antennenleistungen sind in dem folgenden Diagramm (Abbildung 11) aufgetragen. Die unterschiedlichen Ausgangsleistungen des Readers waren 0,8 Watt, 1 Watt, 2 Watt und 3 Watt.

Elf der 13 getesteten Artikel konnten mit der höchsten Readerausgangsleistung zu 100% identifiziert werden. Probleme stellten lediglich Lampen und Stellketten dar. Bei den Lampen kam erschwerend hinzu, dass dort eine optimale Positionierung der Transponder nicht zu realisieren war, da die Betriebstemperatur der Lampen sehr

Messwerte Einzelerfassung

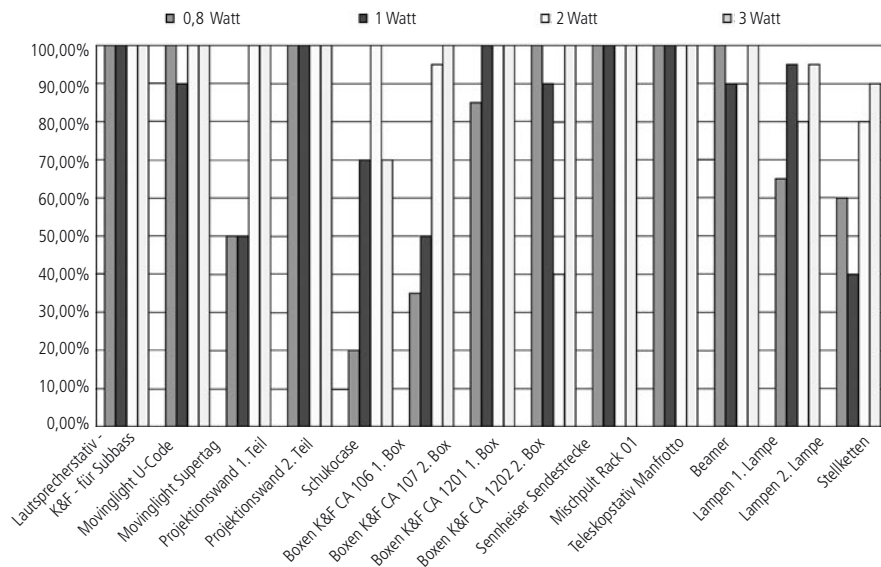


Abbildung 11

hoch ist. Wie aus den Diagrammen zu erkennen ist, nimmt die Identifikationszuverlässigkeit mit steigender Readerausgangsleistung zu. Bei einer Ausgangsleistung von 3 W sind elf der getesteten 13 Artikel zu 100% identifizierbar.

Die Ergebnisse der Pulkerfassung sind in dem folgenden Diagramm (Abbildung 12) aufgetragen. Dabei wurde auf die folgende Zusammensetzung der Artikelgruppen zurückgegriffen:

- 2 Artikelgruppen: Beamer und Schukocase
- 3 Artikelgruppen: Beamer, Schukocase und Boxenstative
- 4 Artikelgruppen: Beamer, Schukocase, Boxenstative und Boxen
- 5 Artikelgruppen: Beamer, Schukocase, Boxenstative, Leinwand und Boxen

Bei der Auswertung des Diagramms lässt sich bei steigender Anzahl der Artikel ein klarer Trend in der Abnahme der Identifikationszuverlässigkeit erkennen. Eine mögliche Ursache dafür könnte sein, dass einige Transponder bei dieser Pulkerfassung durch andere Artikel verdeckt sind oder sich z.B. durch die Boxenstative in einem metallischen Umfeld befinden. Trotz dieses Trends waren Artikelgruppen aus zwei oder drei Artikeln zu 100% identifizierbar. Selbst bei den Artikelgruppen, die aus vier oder fünf Artikeln bestehen, ist eine Identifikationszuverlässigkeit von 95% erreicht worden. Analog zu den Einzelerfassungen sind bei höheren Readerausgangsleistungen bessere Ergebnisse zu erwarten.

Messwerte Pulkerfassung

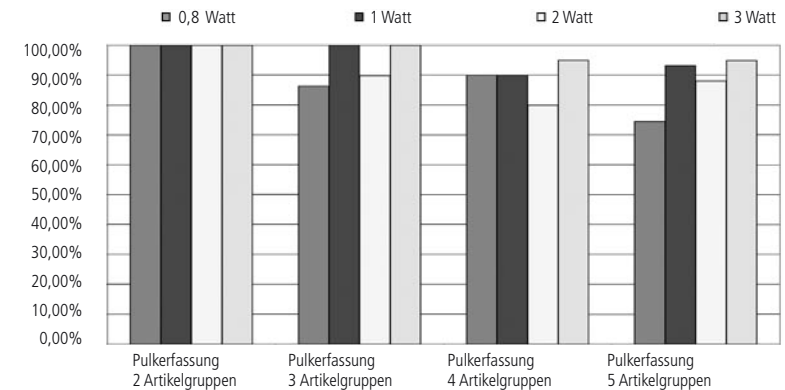


Abbildung 12

3.3.5. Fazit

Durch die hier vorgestellte Konzeption des RFID-Einsatzes in der Warenlagerlogistik wird eine umfassende Synchronisation des Material- mit dem Informationsfluss erreicht. Die Auswertung der Ergebnisse des aufgebauten Demonstrators zeigt die Eignung der RFID-Technologie auch für dieses Anwendungsgebiet. Bei den sehr metallhaltigen Artikeln muss jedoch geklärt werden, ob der Einsatz von relativ teuren On-Metall-Tags bei Artikeln mit einem geringen Warenwert als wirtschaftlich sinnvoll angesehen werden kann. Bei einer Implementierung dieser Luftschnittstelle sollte Wert darauf gelegt werden, dass die Antennenausgangsleistung nicht zu gering ist, um die passiven Transponder der Artikel zu identifizieren.

4. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Auto-ID-Technologien

Die moderne Sichtweise der Leistungserstellung in der Logistik strebt nicht nur intern Optimierungen an, sondern auch über die gesamte Wertschöpfungskette (Supply Chain). Die sichere Identifizierung von Waren ist eine wichtige Voraussetzung, um diesem Anspruch zu genügen. Eine grundlegende Verbesserung wurde in diesem Zusammenhang mit der Einführung des Barcodes realisiert, dessen Marktanteil inzwischen bei 80 – 85% liegt. Barcodes sind durch einen hohen Standardisierungsgrad gekennzeichnet. Sie zeichnen sich zudem durch einen äußerst niedrigen Stückpreis aus (wenige Cent pro Barcodelabel). Das Strichcode-System stößt jedoch an seine Leistungsgrenzen. Barcodes können nicht umprogrammiert werden und sind in der Regel nicht durchgängig nutzbar. Eine Pulkerfassung ist zudem ebenfalls nicht möglich. Diese Leistungsgrenzen werden durch die Auto-ID-Technologie RFID durchbrochen. Dieser Technologie werden enorme Rationalisierungs- und Optimierungspotentiale zugeschrieben. Diesen Potentialen stehen jedoch hohe Kosten gegenüber. Um die Wirtschaftlichkeit des Systems in Logistikabläufen kleiner und mittlerer Unternehmen bewerten zu können, müssen dementsprechend sowohl die Nutzenpotentiale als auch die mit der Einführung verbundenen Kosten berücksichtigt werden.

4.1. Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse wird häufig dann zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Technologien eingesetzt, wenn eine exakte Kosten- und Nutzenbewertung kaum möglich oder nur mit erheblichem Aufwand verbunden ist. Bei der Bewertung von IT-Systemen können die Kosten ex ante relativ präzise ermittelt werden. Die Bestimmung des Nutzens bereitet jedoch erhebliche Probleme, da Nutzeneffekte nicht nur einen direkten Einfluss auf die Unternehmensbereiche haben können (in Form von Prozessoptimierungen), sondern auch indirekte Wirkungen entfalten können, die nur sehr schwer zu quantifizieren sind (z.B. Steigerung der Kundenzufriedenheit). Um diese nicht-monetär bewertbaren Aspekte dennoch abbilden zu können, bedient man sich häufig einer Nutzwertanalyse als eine klassische Möglichkeit der Bewertung von Technologien. Eine Nutzwertanalyse listet sowohl positive als auch negative Auswirkungen betriebswirtschaftlicher Entscheidungen auf und vergleicht sie miteinander. Die Nutzwertanalyse wird in zwei Schritte untergliedert. Im ersten Schritt wird ein Zielsystem formuliert. Die Zielvorstellungen müssen in eine Präferenzordnung gebracht werden. Dies wird durch eine Gewichtung der Zielkriterien gewährleistet. Die Gewichtung der Kriterien hängt von den Erwartungen des Unternehmens ab und ist daher subjektiv. Im zweiten Schritt werden die zu vergleichenden Systeme gegenübergestellt, indem bewertet wird, inwieweit das einzelne System die Zielkriterien erfüllt. Der direkte Vergleich wird durch eine Punktbewertung möglich. Die Vorteile der Nutzwertanalyse liegen in der Flexibilität des Zielsystems und der direkten Vergleichbarkeit der Alternativen. Als Nachteil wäre hier die Subjektivität der Gewichtung zu nennen.

4.1.1. Aufstellung und Gewichtung der Kriterien

Der Nutzen von Barcode und RFID soll anhand von zwölf Kriterien analysiert werden. Die Festlegung der Gewichtung wurde in Zusammenarbeit mit Industriepartnern diskutiert und erarbeitet. Es müssen auch Kriterien berücksichtigt werden, die eine Gewichtung von 0% aufweisen, da diese Kriterien zwar zum Zeitpunkt der Implementierung keine Rolle spielen, aber durch eine Veränderung im Zielsystem für zukünftige Entscheidungen bedeutsam werden könnten. Bei einer Vernachlässigung dieser Kriterien wäre eine umfassende Betrachtungsweise und damit auch flexible Anpassung an zukünftige Gegebenheiten nicht möglich. Die Summe der Gewichtungsprozente muss dabei 100% betragen. Nachfolgend ist exemplarisch in Tabelle 3 eine Festlegung der Zielgewichte aufgelistet.

Definition der Zielgewichte

Kriterium	Gewichtung in %
1. Investitionskosten	20,00
2. Anpassungsaufwand	2,50
3. Benutzerfreundlichkeit/Arbeitsschutz	5,00
4. Datensicherheit	0,00
5. Beständigkeit gegen Störeinflüsse	12,50
6. Pulkerfassung	20,00
7. Lebensdauer	5,00
8. Speicherfähigkeit	0,00
9. Objektgeschwindigkeit	10,00
10. Standardisierung	5,00
11. Lesegenauigkeit	10,00
12. Kommunikationsreichweite	10,00
Summe der Gewichtungsprozente	100,00

Tabelle 3

4.1.2. Punktbewertung der Systeme

Der Punktbewertung liegt ein Wertesystem von 0 – 5 zugrunde: 5 ist die Bestnote und 0 die schlechteste. In Zusammenarbeit und in Workshops mit Industriepartnern wurden die folgenden Bewertungen erarbeitet (siehe Tabelle 4). Bei den zugrunde gelegten Gewichtungsprozente weist die Barcodetechnologie einen Nutzwert von 2,7 Punkten und die RFID-Technologie einen Nutzwert von 3,5 Punkten auf. In den hier durchgeführten Berechnungen wäre damit die RFID-Technologie der Barcodetechnologie vorzuziehen.

4.2. Investitionsrechnung

Bei der Bewertung von Investitionskalkülen können zwei mögliche Verfahren unterschieden werden. Zum einen die statischen (kostentheoretischen) Investitionsrechenverfahren und zum anderen die dynamischen (kapitaltheoretischen) Investitionsrechenverfahren. Die dynamischen Rechenverfahren sind zwar präziser, da sie die Zeitpunkte der anfallenden Zahlungsströme berücksichtigen. Sie sind jedoch

Beispielhafte Punktbewertung

Kriterien	Gewichtung in %	Barcode	RFID
1. Investitionskosten	20,00	4	2
2. Anpassungsaufwand	2,50	5	2
3. Benutzerfreundlichkeit/Arbeitsschutz	5,00	5	3
4. Datensicherheit	0,00	5	2
5. Beständigkeit gegen Störeinflüsse	12,50	5	2
6. Pulkerfassung	20,00	0	5
7. Lebensdauer	5,00	3	5
8. Speicherfähigkeit	0,00	1	3
9. Objektgeschwindigkeit	10,00	1	4
10. Standardisierung	5,00	5	2
11. Lesegenauigkeit	10,00	3	5
12. Kommunikationsreichweite	10,00	1	4
Summe	100,00	2,7	3,5

Tabelle 4

bei der Bewertung von IT-Systemen schwer durchzuführen, da zwar die mit der Einführung von IT-Systemen verbundenen Kosten relativ präzise ermittelt werden können, aber Nutzenpotentiale oftmals nur geschätzt werden können. Eine Zuordnung der möglichen Nutzeneffekte auf unterschiedliche Zeitpunkte ist daher meist kaum möglich. In der Praxis wird häufig aus Vereinfachungsgründen der jährliche Überschuss bzw. Verlust über eine Durchschnittsperiode betrachtet. Daher wird im Folgenden eine Kosten-Nutzen-Vergleichsrechnung dargestellt. Diese setzt sich aus drei Komponenten zusammen: den Investitionskosten, den laufenden Kosten und den möglichen zukünftigen Einzahlungen/Einsparungen. Dabei werden die Kosten den möglichen zukünftigen Gewinnen gegenübergestellt. Aus den gewonnenen Daten soll dann die Amortisationsdauer ermittelt werden. Die Amortisationsdauer gibt an, wie lange es dauert, bis die ursprüngliche Investitionssumme über die Erträge wieder vollständig zurückgeflossen ist. Für die Festlegung der Nutzungsdauer eignet sich die Abschreibungsdauer einer Investition. Bei IT-Systemen differiert sie zwischen drei und sechs Jahren. Im Rahmen dieser Rechnung wird mit einer Nutzungsdauer von fünf Jahren kalkuliert. Die Ermittlung der Amortisationsdauer glie-

dert sich in drei Schritte. Im ersten Schritt werden die Investitionskosten (einmalige Kosten) für Barcode und RFID ermittelt. In einem zweiten Schritt werden die laufenden Kosten beider Systeme kalkuliert und in einem dritten Schritt werden für beide Systeme die Einsparungspotentiale geschätzt. Aus den ermittelten Daten soll dann die Amortisationsdauer abgeleitet werden.

4.2.1. Ermittlung der Investitionskosten

Die Investitionskosten setzen sich im Wesentlichen aus folgenden Kostenfaktoren zusammen:

1. Hardwarekosten
2. Softwarekosten
3. Integrations- und Schulungskosten

Zunächst werden die Investitionskosten für die Barcodetechnologie ermittelt und im Anschluss daran die Investitionskosten für die RFID-Technologie.

Barcode

Die Hardwarekomponenten beim Barcode-System sind im Wesentlichen Etikettendrucker, Barcodescanner und Etiketten. Die Kosten hierfür setzen sich wie in Tabelle 5 und Tabelle 6 dargestellt zusammen. Die Hardwareanbieter sind anonymisiert.

Preis für Hardwarekomponente Drucker

Etikettendrucker	Variante A	Variante B	Variante C
Drucker	1.160,- (203 dpi)	2.280,- (203 dpi) 2.450,- (300 dpi)	3.975,- (300 dpi)
Etiketten 3 Rollen à 500 Stk	85,-	85,-	85,-
Ethernet Printserver	325,-	325,-	325,-
8 MB Flash PC Card	250,-	250,-	250,-
Aufwickeloption	430,-	430,-	395,-
Druckkopf	545,-	550,-	795,-
Etikettensoftware (zur Gestaltung von Barcodes)	675,-	675,-	675,-

Preise in EUR exkl. MWSt.

Tabelle 5

Preis für Hardwarekomponente Scanner

Barcodescanner	Variante A	Variante B	Variante C
Scanner	810,-	785,-	825,-
Übertragungs- und Ladestation	325,-		
Akku Ladegerät	215,-		
Ersatzakku	15,-		60,-
Kabel			20,-

Preise in EUR exkl. MWSt.

Tabelle 6

Hierbei muss darauf geachtet werden, dass die Hardwarekomponenten (falls erforderlich) in einer industriellen Umgebung eingesetzt werden können. Der Kostenaufwand kann reduziert werden, indem bestehende Anbindungen an Auto-ID-Systeme ausgenutzt werden. Hierdurch entstehen keine zusätzlichen Softwarekosten oder sie können zumindest minimiert werden.

Nachdem die Hardwarekosten ermittelt worden sind, müssen die Integrationskosten kalkuliert werden. Die Kalkulation dieser Kosten ist mit erheblichen Problemen verbunden, da sich nur schwer abschätzen lässt, wie lange die Integration eines neuen Systems in die bestehende Softwarelandschaft dauern wird. Die Integrationsdauer hängt im Wesentlichen davon ab, ob das bestehende Warenwirtschaftssystem über eine integrierte Barcodeanbindung verfügt. Der Stundensatz für die Integration wird aufgrund der Erfahrung der Industriepartner auf ca. EUR 80,- geschätzt.

Im letzten Schritt werden die Schulungskosten ermittelt. Hierbei bestehen zwei Möglichkeiten des Vorgehens. Zum einen kann ein Unternehmen mit der Schulung der Mitarbeiter beauftragt werden, welches auf die Schulung für solche Systeme spezialisiert ist. Zum anderen kann das Unternehmen, welches das verwendete Warenwirtschaftssystem geliefert hat, mit der Schulung beauftragt werden. Der Vorteil hierbei ist, dass eine genaue Kenntnis des Systems vorhanden ist, welche die Integration erleichtert. Ein Nachteil kann bestehen, wenn das Unternehmen seinen Sitz nicht in der Nähe des Kunden hat, da hierdurch zusätzlich Anfahrtskosten anfallen. Ein Stundensatz von EUR 95,- für die Schulung der Mitarbeiter kann hierbei als

Investitionskosten Barcode

1. Hardwarekosten (Variante B)	
Etikettendrucker 2 Stk	7.670,-
Barcodescanner 10 Stk	7.850,-
Etiketten 26 RI (13000 Stk)	740,-
2. Integrationskosten	
0,5 Wo à EUR 80,-/Std. (geschätzt)	1.300,-
3. Schulungskosten	
Entfernungspauschale	500,-
0,5 Wo à EUR 95,-/Std	1.900,-
Summe	19.960,-

Preise in EUR exkl. MWSt.

Tabelle 7

Kalkulationsbasis angesetzt werden. Zu berücksichtigen ist ggf. auch eine Entfernungspauschale. In Tabelle 7 wird exemplarisch für ein KMU eine Kalkulation der Investitionskosten für ein Barcodesystem aufgeführt.

RFID

Das RFID-System besteht im Wesentlichen aus den Hardwarekomponenten Reader, Antenne und Transponder. Die Kosten hierfür werden in Tabelle 8 dargestellt. Die Ermittlung der Investitionskosten erfolgt nach dem gleichen Schema wie beim Barcode. Aus Kostengründen muss hier ebenfalls geprüft werden, ob das RFID-System an das bestehende Warenwirtschaftssystem angebunden werden kann. Bei der Implementierung des RFID-Systems muss die Störanfälligkeit des Systems bei metallischen und flüssigen Umgebungen ggf. berücksichtigt werden. Idealerweise kommen spezielle „on-metal“-Transponder zum Einsatz. Diese Transponder sind eigens für die Anwendung in metallischer Umgebung konzipiert. Hierdurch soll der berührungslose Datenverkehr zwischen RFID-Chip und Lesegerät auch dann reibungslos funktionieren, wenn sich der RFID-Tag in unmittelbarer Nähe von metallischen Gegenständen befindet. Nachfolgend werden Preise für RFID-Komponenten sowohl für den HF- als auch für den UHF-Bereich aufgelistet. Die Wahl des Frequenzbereichs

Hardwarekosten RFID

	Variante A	Variante B
	Frequenz 13,56 MHz	Frequenz 868 MHz
Antenne	205,-	260,-
Reader	2120,-	2600,-
Label-Transponder	0,84 (ab 5000 Stk)	0,60 (ab 5000 Stk)
Space tags		0,80 (ab 5000 Stk)
Gates	7320 – 10290,-	
Drucker (für Smart Label)	3560,-	
Antennenkabel	90,-	90,-

Preise in EUR exkl. MWSt.

Tabelle 8

hängt maßgeblich von den Umweltbedingungen in dem jeweiligen Unternehmen ab. Es muss z.B. geprüft werden, ob eine Anbringung von Gates im Unternehmen aufgrund der Produktbeschaffenheit möglich ist. Zeichnen sich die Produkte durch besonders große Abmessungen aus, können Gates nicht implementiert werden. In diesem Fall müssen an allen Seiten des Wareneingangs/-ausgangstores Antennen angebracht werden.

Die Integrations- und Schulungskosten können nach dem gleichen Schema ermittelt werden wie beim Barcode-System. Es muss jedoch angenommen werden, dass sowohl die Integration als auch die Schulung mehr Zeit in Anspruch nehmen wird, da es sich beim RFID-System um eine neuartige Technologie handelt.

Nachfolgend wird in Tabelle 9 eine Kalkulation der Investitionskosten für das RFID-System für ein KMU aufgeführt. Dabei werden Hardwarekomponenten für fünf Tore berechnet, die mit jeweils fünf Antennen pro Tor ausgestattet werden.

Investitionskosten RFID

1. Hardwarekosten (Variante B)		
Reader (868 MHz)	5 Stk	13.000,-
Antennen	20 Stk	5.200,-
Antennenkabel	20 Stk	1.800,-
Tags	13000 Stk	10.400,-
2. Integrationskosten		
2 Wo à EUR 80,-/Std. (geschätzt)		6.400,-
3. Schulungskosten		
Entfernungspauschale		500,-
1 Wo à EUR 95,-/Std		3.800,-
Summe		41.100,-

Preise in EUR exkl. MWSt.

Tabelle 9

4.2.2. Ermittlung der laufenden Kosten

Die laufenden Kosten werden in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2219¹ in folgende Punkte gegliedert:

- jährliche Folgekosten der Investition (Personalaufwand für Systemanwendung, Opportunitätskosten bei Systemausfall)
- Wartung und Softwareupdates
- Versicherungen

Barcode

Die jährlichen Folgekosten der Investition werden für das Barcodesystem für das erste Jahr auf 20% der Investitionssumme geschätzt. In den Folgejahren wird aufgrund des Erfahrungskurveneffekts eine Reduzierung dieser Kosten um jeweils 20% angenommen. Die Kosten für Wartung und Softwareupdates werden auf 10% der ursprünglichen Investitionssumme geschätzt und die Versicherungskosten auf 3%. Die Kosten für Verbrauchsmaterial hängen beim Barcode im Wesentlichen von dem Lagerumschlag ab. Zwar können theoretisch auch Barcode-Label mehrfach verwenden

1. Die VDI-Richtlinie 2219 gibt eine Orientierung vor zur Schätzung der laufenden Kosten bei Product Lifecycle Management Systemen.

Folgekosten Barcode

	Folgekosten	Wartung + Softwareupdates	Versicherungen	Summe
Jahr 1	3.910,-	1.950,-	590,-	6.450,-
Jahr 2	3.130,-	1.950,-	590,-	5.670,-
Jahr 3	2.500,-	1.950,-	590,-	5.040,-
Jahr 4	2.000,-	1.950,-	590,-	4.540,-
Jahr 5	1.600,-	1.950,-	590,-	4.140,-
Summe	13.140,-	9.750,-	2.950,-	

Preise in EUR exkl. MWSt.

Tabelle 10

Folgekosten RFID

	Folgekosten	Wartung + Softwareupdates	Versicherungen	Summe
Jahr 1	12.180,-	4.060,-	1.220,-	17.460,-
Jahr 2	9.740,-	4.060,-	1.220,-	15.020,-
Jahr 3	7.800,-	4.060,-	1.220,-	13.080,-
Jahr 4	6.240,-	4.060,-	1.220,-	11.520,-
Jahr 5	4.990,-	4.060,-	1.220,-	10.270,-
Summe	40.950,-	20.300,-	6.100,-	

Preise in EUR exkl. MWSt.

Tabelle 11

det werden, in der Praxis ergibt sich jedoch das Problem, dass durch häufiges Umladen und Handeln der Waren die Label zerkratzen und infolgedessen nicht mehr verwendet werden können. Eine Aufstellung der Kosten ist in Tabelle 10 zu sehen.

RFID

Die Ermittlung der laufenden Kosten für RFID erfolgt fast nach dem gleichen Schema wie beim Barcode. Jedoch werden hier die Folgekosten für das erste Jahr auf 30% der Investitionssumme geschätzt, da davon ausgegangen wird, dass die Implementierung eines neuartigen Systems mit zusätzlichen Problemen verbunden ist. Als „early adopter“ kann man nicht auf mögliche Kostenvorteile zurückgreifen, die

bei der Einnahme der Rolle des Imitators möglicherweise entstehen. Die jährlichen Folgekosten reduzieren sich auch beim RFID-System in den Folgejahren um jeweils 20%. Eine Aufstellung der Kosten ist in Tabelle 11 zu sehen.

4.2.3. Schätzung der Einsparungspotentiale

Um die Einsparungspotentiale bewerten zu können, müssen folgende Angaben vorliegen:

- Betriebskosten/Jahr
- Personalkosten/Jahr
- Inventurkosten/Jahr
- Kosten verursacht durch Materialengpässe/Jahr
- Kosten infolge fehlerhafter Erfassung/Jahr

Nachfolgend werden die theoretischen Einsparungspotentiale für beide Systeme aufgestellt, um einen ersten Überblick über mögliche Nutzeneffekte zu erhalten. Diese Einsparungspotentiale können beim Vorliegen der o.g. Daten dann monetär bewertet werden.

Barcode

Beim Barcodesystem ergeben sich Zeiteinsparungspotentiale durch Verbesserung der Vorgänge beim Warenein- und -ausgang, Kommissionieren und Versand. Die Fehleranfälligkeit kann reduziert werden, da Medienbrüche reduziert werden können (Erfassungssicherheit beim Barcode: 1 Fehler/3 Mio Scans, Erfassungszeit: 1700 Wörter/Min; im Vergleich: Erfassungssicherheit per Tastatur 1 Fehler/300 Anschläge, Erfassungszeit 100 Wörter/Min)². Es können weiterhin Inventurkosten eingespart werden, da die Erfassungsgenauigkeit erhöht wird und die Bestandsverfügbarkeit verbessert werden kann.

RFID

Das Zeiteinsparungspotential ist beim RFID-System um ca. 17% größer als beim Barcode-System, da kein Sichtkontakt zur Identifikation notwendig ist.³ Dadurch können die Vorgänge beim Warenein- und -ausgang, Kommissionieren und Versand noch stärker optimiert werden. Die Fehleranfälligkeit kann minimiert werden, da die

Medienbrüche verringert werden können. Ein wesentliches Zeiteinsparungspotential kann durch die Möglichkeit einer Pulkerfassung realisiert werden. Dies ist einer der wichtigsten Vorteile des RFID-Systems gegenüber dem Barcode-System, bei dem diese Möglichkeit nicht besteht. Die Inventurkosten können minimiert werden, da nicht nur die Erfassungsgenauigkeit verbessert, sondern eine durchgehende Inventur durchgeführt werden kann. Der Warenschwund kann um ca. 18% reduziert⁴ und die Bestandsverfügbarkeit optimiert werden. Dadurch können Materialengpässe um ca. 14% reduziert werden. Dies führt zu einer Verbesserung der Kundenzufriedenheit. Durch die Möglichkeit der Mehrfachverwendung der Transponder (z. B. in geschlossenen Kreisläufen) können Kosten für Verbrauchsmaterial mittelfristig im Vergleich zum Barcode gesenkt werden.

Nachdem die Kosten sowie die Einsparungspotentiale der Systeme ermittelt worden sind, kann die Amortisationsdauer abgeleitet werden (s. Abschn. 5.1.2.). Dabei soll festgestellt werden, wann sich die eingesetzten Mittel durch Einsparungspotentiale amortisiert haben. Bei der Ermittlung darf die Nutzungsdauer des Investitionsobjektes nicht vernachlässigt werden. Diese kann im Falle der Implementierung eines Auto-ID-Systems auf fünf Jahre gesetzt werden. Sollte sich innerhalb dieser Zeitspanne die Investition nicht amortisiert haben, ist eine Investition wenig sinnvoll. Als ein Beispiel konnte in der Automobilbranche eine Amortisationsdauer von 8,5 Monaten durch die Implementierung des RFID-Systems erreicht werden.⁵

4.3. Fazit

Ein allgemeingültiges Fazit über die Wirtschaftlichkeit eines RFID-Systems lässt sich nicht ausdrücken. Vielmehr sollte jeder Prozess anhand der vorgestellten Instrumente bewertet werden, um konkrete monetäre Potentiale der RFID-Technologie aufzeigen zu können. Ob diese Potentiale voll ausgeschöpft werden können, lässt sich anhand von Pilotprojekten zeigen.

Jedoch ist festzuhalten, dass die Potentiale in geschlossenen Systemen besonders zum Tragen kommen und die Leistungsgrenzen des Barcode-Systems mit der neuen Technologie durchbrochen werden: Das Leistungsniveau der RFID-Technologie liegt deutlich höher als das Niveau der Barcode-Technologie.

2. Vgl. <http://www.handheld-loesungen.com/sapconsole.htm>

3. Vgl. <http://www-306.ibm.com/software/de/websphere/rfid.html>

4. Vgl. <http://www-306.ibm.com/software/de/websphere/rfid.html>

5. Vgl. http://www.vdeb.de/download/vortrag_it05jansen.pdf

5. Ableitung einer allgemeinen Vorgehensweise zur RFID-Einführung

Der Einsatz sowie die Einführung von RFID im operativen Geschäft stellt für kleine und mittlere Unternehmen bislang eine große Herausforderung dar. Gründe dafür sind fehlende Erfahrungen bei der Umsetzung von IT-Großprojekten und die geringe Anzahl an so genannten Best-Practice-Beispielen anderer Unternehmen. Hinzu kommt, dass RFID-Projekte in der Regel sehr kostenintensiv sind, da die Systeme an die individuellen Gegebenheiten des Unternehmens, insbesondere an deren vorhandene Hard- und Softwaresysteme, angepasst werden müssen. So genannte „Plug-and-Ident“-Lösungen stellen, sofern sie überhaupt angeboten werden, im RFID-Bereich oft keine Lösungsalternative dar.

Unter diesen Umständen kann die allgemeine Beschreibung von Einführungsprozessen betrieblicher Informations- und Kommunikationssysteme (IuK-Systeme) einen Ansatz zur Lösung der Planungsproblematik innerhalb der Unternehmen liefern. Wichtiger ist jedoch, dass aus der allgemeinen Beschreibung eine pragmatische Handlungsempfehlung wird, die kleinen und mittleren Unternehmen bei einer Einführung konkret behilflich ist. Dennoch haben diese Empfehlungen den Anspruch allgemeingültig zu sein, welches gerade bei der Vielzahl unterschiedlicher und nicht standardisierter Prozesse in kleinen und mittleren Unternehmen ein schwieriges Unterfangen ist.

Zu diesem Zweck wurde eine Checkliste beziehungsweise ein Interviewleitfaden entwickelt. Die verantwortlichen Mitarbeiter der Unternehmen sollen in Form eines Planungsleitfadens dahingehend unterstützt werden, dass sie einerseits keine wichtigen Punkte in Bezug auf die Planung übersehen und andererseits ebenfalls Hinweise auf mögliche Umsetzungsprobleme erhalten.

5.1. Handlungsanweisungen zur RFID-Einführung

Für die effiziente Systementwicklung von RFID-Lösungen für kleine und mittlere Unternehmen ist es von großer Bedeutung, möglichst viele Kriterien, Fragen und Probleme, die bei der Planung einer RFID-Anwendung aufgeworfen werden können, zu überprüfen. Anhand der vorgestellten Szenarien und aus Experteninterviews wurden Kriterien und Fragestellungen abgeleitet, welche die Probleme einer RFID-

Implementierung in kleinen und mittleren Unternehmen quantifizieren können. Im Folgenden wird daher das Konzept einer Checkliste oder vielmehr eines Interviewleitfadens vorgestellt, in dem die wesentlichen Kriterien von RFID-Anwendungen überprüft werden.

5.1.1. Problemfelder und Kriterien für die RFID-Einführung

Ausgehend von den Problemfeldern, die sich bei der Planung eines RFID-Systems identifizieren lassen, sind die Kriterien für einen umfassenden Planungsprozess in verschiedene Bereiche gemäß Abbildung 13 eingeteilt.

Die Abgrenzung des Anwendungsfeldes hat die Auswahl eines Teilsystems oder eines Prozesses des Unternehmens zum Ziel, in welchem eine RFID-Lösung implementiert werden soll. Eine genau definierte Auswahl hat dabei den Vorteil, nach einer so genannten Best-Practice-Lösung suchen zu können. Haben also andere Unternehmen in dem gleichen oder einem ähnlichen Anwendungsbereich bereits Projekterfahrung gesammelt, so ist dieses erfahrungsgemäß auch für das eigene Unternehmen von Vorteil. Anderenfalls würde es sich um ein Pilotprojekt handeln.

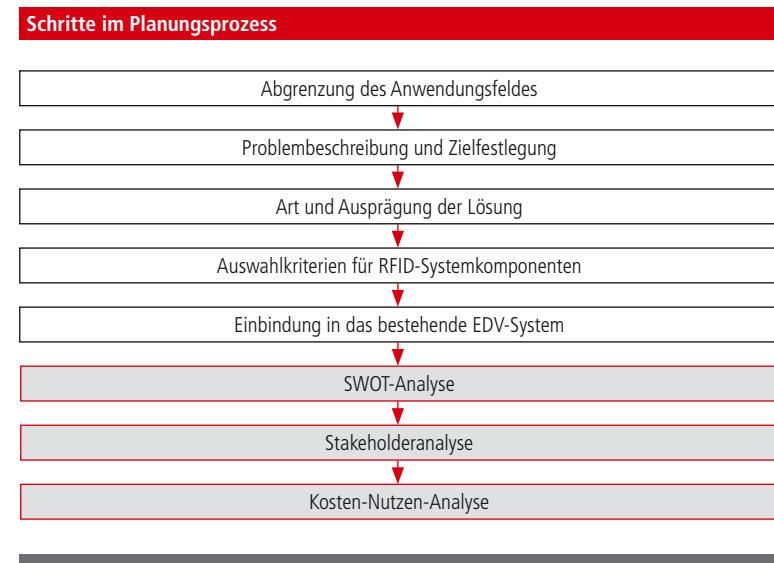


Abbildung 13

Zur genaueren Beschreibung des Anwendungsszenarios ist weiterhin relevant, für welche Produkte oder Produktionsmittel RFID eingesetzt werden soll. Genauer gesagt ist festzustellen, ob das geplante System betriebsmittel-, produkt-, ladungsträger- oder transportmittelbezogen mit RFID ausgestattet werden soll.

Bei der Problembeschreibung und Zielfestlegung handelt es sich um die eigentliche Analysephase der Systementwicklung. Diese teilt sich auf in eine Modellierung des Ist-Zustandes, die Betrachtung von Prozessstörungen und deren Ursachen, die Identifikation von Optimierungspotentialen und die Modellierung eines Soll-Prozesses. Weiterhin sind für eine RFID-Einführung auch operative Zielvorgaben relevant. Es hat sich während der Arbeit mit Industriepartnern herausgestellt, dass zuerst diese Fragen der Systemanalyse umfassend betrachtet werden müssen, bevor die Entwicklung von Konzepten zum RFID-Einsatz beginnen kann. RFID kann dann zur Behebung von Prozessstörungen (z.B. Medienbrüche) oder auch zur Prozessoptimierung eingesetzt werden.

Die Art und Ausprägung der angestrebten Lösung steckt den Umfang für die im vorherigen Bereich geplante Lösung ab. Dabei werden die unterschiedlichen Rahmenbedingungen untersucht, die durch den unternehmensinternen oder unternehmensexternen Einsatz der Lösung als wichtig erachtet werden müssen. Primär steht dabei die Frage im Vordergrund, ob die Lösung auch unternehmensexterne Bereiche umfasst. Ist dies der Fall, so ist die Art der Geschäftspartner (Händler, Lieferanten, Kunden) relevant. Wie schon zum Thema Systemanalyse erwähnt, ist es äußerst wichtig, die Ist-Prozesse und Beziehungen zu den Geschäftspartnern zu dokumentieren. Des Weiteren ist darauf zu achten, ob die Umsetzung der Lösung die Mitarbeit des Geschäftspartners erfordert. Falls beim Partner RFID bereits implementiert ist, ist außerdem die Frage zu klären, ob bereits ein standardisiertes System existiert.

Den vorangegangenen Bereichen folgt die Sektion „Auswahlkriterien für RFID-Systemkomponenten“. Unter den Bedingungen des Einsatzumfeldes und der gewünschten technischen Funktionen, die das RFID-System besitzen soll, werden technologisch einsetzbare RFID-Systeme identifiziert. Zuerst sind die technischen Spezifikationen des Transponders zu klären. Darunter fallen die Beschreibbarkeit, die Speicherkapazität, die Lese-/Schreibhäufigkeit und die Datenübertragungsrate des Transponders. Dazu gehören aber auch weitere Randbedingungen wie Größe und Oberflächenbeschaffenheit der zur Verfügung stehenden Fläche, Befestigung

des Transponders und Umgebungstemperatur. Für die Auswahl des RFID-Gesamtsystems ist letztendlich auch zu beachten, ob elektrische Störquellen im Umfeld vorhanden sind und ob das System im Umfeld von Wasser, anderen Flüssigkeiten oder Metallen zum Einsatz kommen soll. Von diesen und weiteren Einflüssen hängt die Reichweite der Kommunikation entscheidend ab. Relevant sind auch eine eventuelle Pulklesefähigkeit (gleichzeitiges Erfassen mehrerer Transponder) und die Unterscheidung zwischen mobiler und stationärer Erfassung der Transponder. Aus all diesen Punkten kann ein RFID-System bestimmt werden, welches am besten für die gegebenen Bedingungen geeignet ist.

Die Einbindung in das bestehende EDV-System befasst sich mit der weiteren Verwendung der durch das RFID-System gesammelten Daten in anderen, meist schon bestehenden IuK-Anwendungen des Unternehmens. Von großem Interesse ist dabei beispielsweise, die vorhandene Unternehmenssoftware in ihrer Leistungsfähigkeit zu charakterisieren und ihre Verwendbarkeit für neue RFID-Systeme zu prüfen. Dabei gilt es zu beantworten, ob eine umfassende Neukonzeption des Softwaresystems notwendig ist und ob innerhalb des eigenen Unternehmens das Know-how für eine Einführung des IuK-Systems vorhanden ist. Doch nicht nur die Software, sondern auch der alltägliche Umgang mit dem neuen RFID-System kann eine umfassende Qualifizierung des Personals notwendig machen.

5.1.2. Wirtschaftliche Entscheidungshilfen

Exemplarisch sind hierfür drei wichtige eigenständige Werkzeuge zu nennen, welche bei dem hier vorliegenden Planungsproblem einen wertvollen Beitrag zur strukturellen Entscheidungsfindung leisten können. Dieses sind die Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats-(SWOT-)Analyse, die Stakeholder-Analyse und die Kosten-Nutzenanalyse. Die Relevanz dieser Werkzeuge ergibt sich in diesem Zusammenhang aus dem großen unternehmerischen Interesse, Strategien systematisch entwickeln zu können. So stellt die SWOT-Analyse in Bezug auf das betrachtete Problem die Stärken und Schwächen des Unternehmens den Chancen und Risiken der Unternehmung in einer Matrixdarstellung gegenüber. Dabei stehen im Rahmen der Chancen-/Risiken-Analyse die unternehmensexternen Umwelteinflüsse im Fokus, die für die strategische Planung von Bedeutung sind. Demgegenüber bildet sich bei der Analyse der Stärken und Schwächen ein unternehmensspezifisches Profil aus. Tabelle 12 zeigt die beispielhafte Einordnung von Aussagen in das unternehmerische Entscheidungsfeld.

Beispielhafte SWOT-Analyse		
externe Faktoren		
interne Faktoren	Chancen	Risiken
Stärken	Geplante Einführung könnte die Prozesskosten senken, so dass im Hinblick auf die Mitbewerber günstigere Preise angeboten werden können.	Geplante Einführung ist viel versprechend, jedoch sind keinerlei Best-Practice-Erfahrungen bekannt.
Schwächen	Eigenes Know-How zur Einführung eines Systems ist nicht vorhanden, es bestehen jedoch umfassende Kontakte zu einer Universität.	Technisches Know-How zum Verständnis von RFID fehlt und derzeit bekannte Systeme sind noch nicht umfassend standardisiert.

Tabelle 12

Die Stakeholder-Analyse befasst sich mit der systematischen Erfassung der Einstellung von Interessensvertretern innerhalb und außerhalb des betrachteten Unternehmens, da diese einen enormen Einfluss auf das Gelingen des Vorhabens haben können. Abbildung 14 zeigt dazu exemplarisch die Einordnung von Interessensvertretern in ein Portfolio. Dabei wird die erwartete Unterstützung beziehungsweise die erwarteten Konflikte, dem Einfluss und der Macht gegenübergestellt.

Mit der Kosten-Nutzen-Analyse (vgl. auch Abschnitt 4) wird abschließend bewertet, ob sich die Kosten der Systemeinführung bezüglich des Nutzens nach einer absehbaren Zeit amortisieren. Für eine Kostenkalkulation müssen dabei die Prozesskosten umfassend ermittelt werden. Diese setzen sich aus den Stückkosten für Transponder und Lesegeräte, die Änderungen der betrieblichen Prozesse sowie der Anpassungen der bereits vorhandenen Hard- und Software zusammen. Zu bedenken sind gegebenenfalls auch die Qualifizierungsmaßnahmen der Mitarbeiter. Auf der Nutzenseite entstehen hingegen durch die Anwendung von RFID Kostensenkungspotentiale im Vergleich zum bestehenden Prozess beziehungsweise einer alternativen Lösung, welche demzufolge den Kosten gegenübergestellt werden. Ein Beispiel für zu bewertende Kosten bei einer derartigen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bezüglich einer Systemeinführung zeigt Tabelle 13. Wichtig ist in diesem Zusammenhang jedoch auch, dass in der praktischen Anwendung auch nicht quantifizierbarer Nutzen

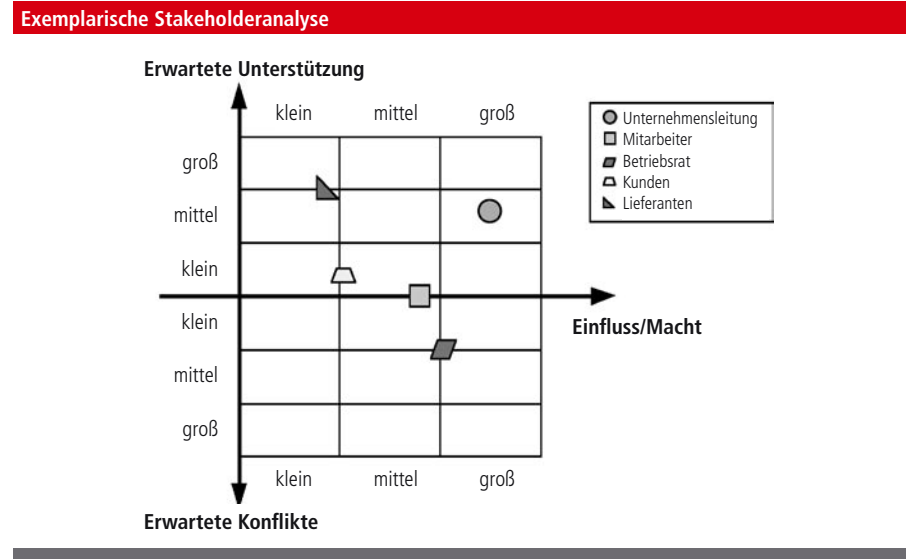


Abbildung 14

Kosten-Nutzen-Bewertung von RFID		
	Altes System (z. B. Barcode)	Neues System (z. B. RFID)
Laufende Kosten pro Jahr		
■ Abschreibungen Hard-/Software	■ Personalkosten für Systemanwendung	■ Personalkosten für Systemanwendung
■ anteilige System-/ Server-Nutzung	■ Verbrauchsmaterial (Label)	■ Verbrauchsmaterial (zu ersetzende Transponder)
■ anteilige Systembetreuung	■ Wartung	■ Wartung
	■ Softwareupdates	■ laufende Schulungen
		■ Softwareupdates
Summe	A1	A2
Einmalige Kosten		
■ Entwicklung		■ Software
■ Umstellung		■ Hardware (Reader)
		■ Anpassungskosten
		■ Qualifizierung
Summe		B2
Einsparung nach x Jahren: $x \cdot (A1 - A2) - B2$ Amortisationsrechnung: $\frac{B2}{(A1 - A2)}$		

Tabelle 13

beziehungsweise nicht monetär bewertbarer Nutzen (zum Beispiel Kundennutzen, Kundenzufriedenheit, Mitarbeitermotivation, etc.) dessen ungeachtet in die Betrachtung eingeht.

5.2. Softwaregestützte Planung von RFID-Systemen

Für die benutzerfreundliche Gestaltung einer Checkliste beziehungsweise eines Interviewleitfadens bietet sich eine Softwareunterstützung an, da hier einerseits anhand von Fallunterscheidungen spezifischen Fragestellungen nachgegangen werden kann und andererseits eine zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse ermöglicht wird. Außerdem soll die Softwarelösung zur Unterstützung des Planungsprozesses letztendlich auch Auswertungen durchführen können. Hierzu wird die Indikation über Ampelfarben dienen. Das heißt, dass eine unproblematische Konfiguration des betrachteten Systems bezüglich eines Kriteriums mit grün bewertet wird, während Probleme oder unmöglich realisierbare Konfigurationen entsprechend mit rot gekennzeichnet werden. Dieses impliziert, dass manche Kriterien zu KO-Kriterien werden, welche zur Umsetzung eines Systems erfüllt sein müssen.

Strukturierung des Bereichs „Problembeschreibung und Zielfestlegung“

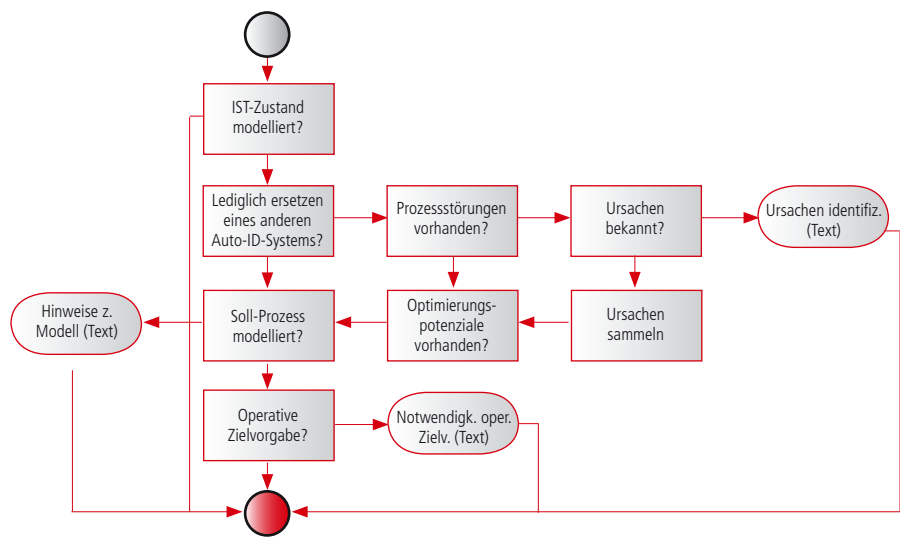


Abbildung 15

Der Programmablauf der Software in Form eines Interviews wird in der Abbildung 15 exemplarisch am Bereich „Problembeschreibung und Zielfestlegung“ dargestellt. Die Abbildung ermöglicht dabei insbesondere das Verständnis der Hierarchie beziehungsweise der Fallunterscheidungen des Programmablaufs.

Als Benutzerschnittstelle für derartige Softwarelösungen bietet sich die Darstellung als Internetanwendung an. Die großen Vorteile dieser Ausprägung sind die geringen Systemanforderungen an den Benutzer, der nur über einen Internetbrowser mit Internetzugang verfügen muss, sowie die zentrale Datenhaltung auf einem Server. Insbesondere Letzteres hat weiterhin den Vorteil, dass Auswertungen und Programmlogik zentral ausgeführt, die Daten in Datenbanken gespeichert und Änderungen am Leitfaden sofort verfügbar gemacht werden können. Die Abbildung 16 zeigt die Benutzeroberfläche des entwickelten RFID-Planungsleitfadens, der unter der Internetadresse www.biba.uni-bremen.de/RFIDLeitfaden zu finden ist.

RFID-Planungsleitfaden

Abbildung 16

6. Studie über den RFID-Einsatz

Die Einführung der Radio Frequency Identification (RFID) hat in der Logistik bereits begonnen. Diese neuartige Ident-Technologie ermöglicht eine kontaktlose Objektidentifizierung über Funkwellen. Inwieweit sich durch die RFID-Technologie Möglichkeiten und Potentiale in den Abläufen der Prozesse für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) verbergen, wurde durch eine Umfrage im Rahmen des Forschungsprojektes EmPoR (Einsatzmöglichkeiten und Potentiale von RFID in der Logistik kleiner und mittlerer Industrieunternehmen) des Bremer Instituts für Betriebstechnik und angewandte Arbeitswissenschaft (BIBA) an der Universität Bremen durch eine Befragung von KMU ermittelt.

6.1. Entwicklung und Durchführung

Der Arbeitsplan für die Studie zum Status Quo, den Hemmnissen und dem Mehrwert des Einsatzes von RFID-Lösungen für den Einsatz in der Logistik kleiner und mittlerer Industrieunternehmen stellt sich folgendermaßen dar:

1. Experteninterviews: In einem ersten Schritt wurden Experten aus Hochschule und Mittelstand zum aktuellen Status Quo und den Zukunftsaussichten der RFID-Technologie befragt. Dabei wurden bestehende Kontakte und Netzwerke zu Experten aus Hochschulen und Mittelstand genutzt. Bei der Durchführung von Interviews und Feedback-Gesprächen zum Status Quo, den Zukunftsaussichten, den Hemmnissen, dem Mehrwert und möglichen Potentialen der RFID-Technologie für den Mittelstand lag ein besonderer Schwerpunkt auf den Aspekten Prozessorganisation und Wirtschaftlichkeit.

2. Erstellung eines Fragebogens: Auf Basis der Expertenbefragung wurde ein Fragebogen für Leitfadenterviews entwickelt, der für eine branchenübergreifende Studie kleiner und mittlerer Unternehmen eingesetzt wurde. Für den Entwurf des Fragebogens wurden relevante Fragestellungen/Ergebnisse aus den Expertenbefragungen herangezogen. Zur Sicherstellung des korrekten Inhalts erfolgte eine Validierung und Überarbeitung des entworfenen Fragebogens durch ausgewiesene Experten aus Arbeitswissenschaft und Logistik.

3. Durchführung der Befragung: Die Durchführung der Befragung muss statistisch signifikante Aussagen sicherstellen. Daher war ein Ziel, einen möglichst hohen

Rücklauf der Fragebögen zu erreichen. Für die Beantwortung der Fragen wurden verschiedene relevante Branchen mit jeweils einer statistisch repräsentativen Anzahl von KMU ausgewählt und befragt. Die ausgewählten KMU wurden telefonisch angesprochen und um ihre Mitarbeit gebeten. Dabei wurde jeweils eine Kontaktperson erfragt, die zum Leitfadenterview zur Verfügung stand. Der Fragebogen wurde anschließend – je nach Wunsch des Ansprechpartners beim KMU – an die betreffende Kontaktperson verschickt und zu einem vereinbarten Zeitpunkt telefonisch abgefragt.

4. Analyse, Auswertung und Dokumentation der Unternehmensbefragung: Die Befragungsergebnisse wurden statistisch analysiert und ausgewertet.

6.2. Datenbasis

Bei der Befragung von kleinen und mittleren Industrieunternehmen wurde sich auf die Bereiche Handel, Logistik, produzierendes Gewerbe und Kurier- und Paket-Dienstleister konzentriert. Aufgrund einiger Fragebogenrückläufe, die keinem der genannten Bereiche zuzuordnen war, deren geringe Anzahl aber keine eigenständige Branchenkategorie rechtfertigte, wurde ein Sammelbereich „Sonstige“ angelegt. Die Rücklaufquote der Fragebögen betrug insgesamt 23,5%, wobei die Zusammensetzung nach Branchen sich wie folgt darstellt (siehe auch Abbildung 17):

- Logistik (Speditionen und Logistik-Dienstleister) ca. 43%,
- Produzierendes Gewerbe ca. 29%,
- Handel ca. 11%,

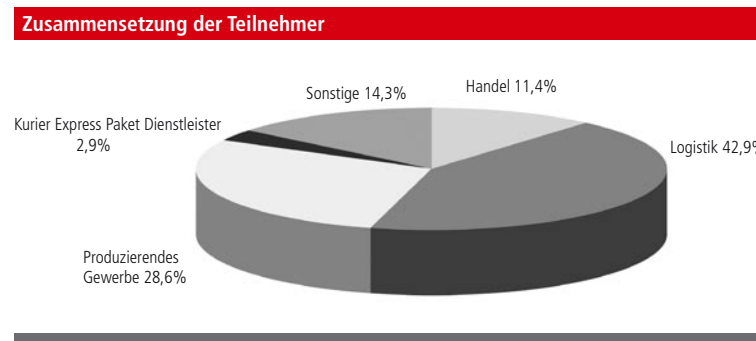


Abbildung 17

- Kurier- und Paket-Dienstleister ca. 3%,
- Sonstige (z. B. Unternehmensberatung) ca. 14%.

6.3. Auswertung der Ergebnisse

Erwartungen an die RFID-Technologie

Die Erwartungen der befragten kleinen und mittleren Unternehmen zielen im Wesentlichen in eine Richtung (siehe Abbildung 18). Ca. 86% erhoffen sich durch den Einsatz der RFID-Technologie eine Verbesserung interner Prozesse, wodurch in der Regel eine Optimierung des innerbetrieblichen Informationsflusses beispielsweise zur Bestandsoptimierung oder Verknüpfung des Material- und Informationsfluss erreicht werden soll. Ziel ist die Senkung von Kosten bei einer gleichzeitigen Verbesserung der Informationssicherheit durch den RFID-Einsatz.

Mehr als jedes zweite Unternehmen (ca. 57%) erhofft sich durch die Implementierung der RFID-Technologie eine spürbare Senkung der Prozesskosten. Dieser Punkt ist durchaus im Zusammenhang zu der erwarteten Verbesserung interner Prozesse zu sehen. Auch hier spielt die abzusehende Optimierung des Informationsflusses die entscheidende Rolle. Der Vergleich beider Prozentzahlen zeigt jedoch auch, dass nach Einschätzung der KMU RFID zwar das Potential besitzt, Prozesse zu verbessern, der wirtschaftliche Nutzen durch eine RFID-Implementierung wird jedoch deutlich weniger positiv gesehen.

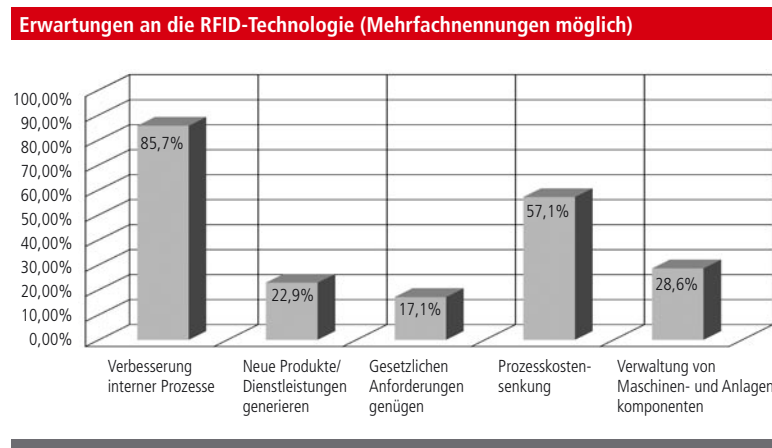


Abbildung 18

Weitere Erwartungen an die RFID-Technologie spielen eine eher untergeordnete Rolle. So ist die Generierung von neuen Produkten oder Dienstleistungen mit einer Zustimmung von ca. 23% weniger im Fokus von KMU. Ca. 17% erwarten, mit RFID besser gesetzliche Anforderungen erfüllen zu können. Als mögliche Beispiele sind Anwendungen im Bereich der Lebensmittellogistik oder auch der Arzneimittel zu nennen. Eine Verbesserung und Vereinfachung nicht nur der Inventur erwarten ca. 29% der befragten Unternehmen durch eine Integration von Transpondern auf den Maschinen- und Anlagenkomponenten. In diesem Kontext kann als konkrete Anwendung das schnelle und unkomplizierte Auffinden der angesprochenen Komponenten angeführt werden.

Hindernisse

Um die oben genannten Erwartungen erfüllen zu können, müssen aus Sicht der befragten KMU einige Hindernisse überwunden werden. Nach Meinung der befragten Unternehmen sind diese hauptsächlich in den mit einer RFID-Implementierung verbundenen Kosten zu sehen. So halten ca. 72% die Kosten für RFID-Transponder für zu hoch (siehe Abbildung 19), während ca. 54% die Implementierungskosten bei einer RFID-Einführung als Haupthinderungsgrund ansehen.

Zur Thematik Kosten ist an dieser Stelle generell anzumerken, dass speziell die Transponderpreise stark abhängig von der abgenommenen Transpondermenge sind. Ursächlich hierfür ist der Umstand, dass nur in begrenztem Ausmaß standardisierte Transponder verfügbar sind, die aber nicht für alle Anwendungsbereiche geeignet sind, und somit für kundenindividuelle Anwendungen auch kundenindividuelle Produkte mit entsprechendem Aufwand hergestellt werden müssen. Implementierungskosten setzen sich aus mehreren Posten zusammen, wobei eine etwaige Anbindung an sonstige EDV-Systeme im Unternehmen sicherlich den größten Teil einnehmen wird. Darüber hinaus sollte auch im Hinblick auf die korrekte Anwendung der Technologie eine prozessangepasste Qualifizierung der Mitarbeiter durchgeführt werden, da sonst die Gefahr besteht, dass bestehende Optimierungspotentiale nicht genutzt werden können.

Ein weiteres interessantes Ergebnis dieser Studie ist sicherlich die Tatsache, dass 37% der befragten Unternehmen ein Informationsdefizit über die RFID-Technologie insgesamt beklagen. Dies zeigt gerade vor dem Hintergrund der großen Potentiale dieser Technologie und der Vielzahl an Ansätzen, Veröffentlichungen und Veranstaltungen zum Thema RFID noch weiteren Handlungs-, Informations- und Forschungs-

Hindernisse des RFID-Einsatzes (Mehrfachnennungen möglich)

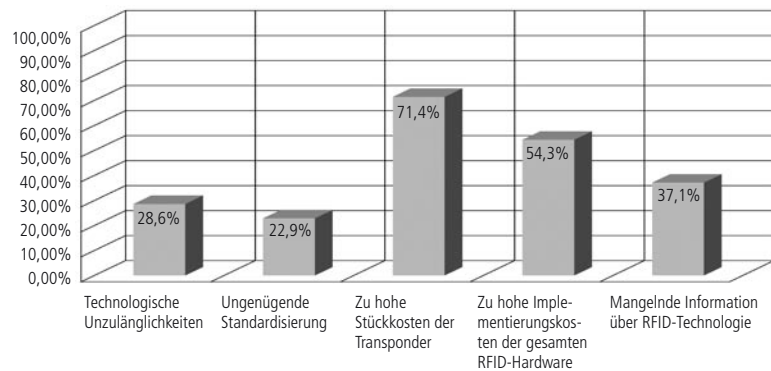


Abbildung 19

bedarf besonders im Hinblick auf die speziellen Anforderungen und Bedürfnisse der kleinen und mittleren Unternehmen auf.

Darüber hinaus sehen die befragten Unternehmen bei der Technologie selbst noch Hindernisse, die gegen eine kurzfristige Implementierung sprechen. So werden technologische Unzulänglichkeiten (ca. 29%) und eine ungenügende Standardisierung (ca. 23%) genannt. Als Beispiele lassen sich an dieser Stelle die Empfindlichkeit gegenüber Flüssigkeiten und/oder Metall anführen, welche das Einsatzgebiet der Technologie bis heute noch teilweise einschränkt. Die Hersteller sind sich jedoch dieser Einschränkungen bewusst, und waren in der Lage, verschiedene Lösungsansätze anzubieten. Trotzdem ist hier noch weiterer Handlungsbedarf gegeben. Auf Seiten der Standardisierung zeigt sich ein ähnliches Bild. Auch hier existieren erste verabschiedete und angewandte Branchenlösungen (z.B. in der Luftfahrt- oder Automobilindustrie).

Transponderkosten

Nach den Investitionskosten für einen RFID-Transponder befragt, gaben ca. 86% an, weniger als 0,50 EUR für einen Transponder investieren zu wollen. 14% sind bereit bis zu 1,00 EUR, aber keines der befragten Unternehmen mehr als 1,00 EUR pro Transponder zu bezahlen (siehe Abbildung 20). Im geforderten Preissegment sind ausschließlich passive Transponder zu einem Preis von ungefähren 0,30 EUR bis

Tolerierbare Kosten für RFID-Transponder

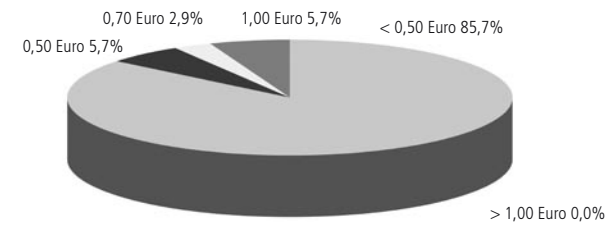


Abbildung 20

0,50 EUR im bisherigen Markt vertreten, wobei hier nach Abnahmemenge, Bauform und Frequenzbereich unterschieden werden muss. Aktive Transponder dagegen sind eher in einer Preisregion anzusiedeln, die durchaus im zweistelligen Eurobereich liegen kann.

Potentiale der RFID-Technologie

Trotz der genannten Hindernisse sehen viele Unternehmen aber auch Potentiale in der RFID-Technologie (siehe Abbildung 21). Jeweils 71,4% der befragten Unternehmen sehen die Vermeidung manueller Eingabefehler und die vereinfachte Inventur als wichtigste Vorteile einer RFID-Einführung. Hier zeigt sich erneut eindeutig ein Hauptanwendungsgebiet der RFID-Technologie als Speichermedium für dynamische Informationen über den Informationsfluss auch direkt am relevanten Objekt. Relevant ist in diesem Zusammenhang auch das Automatisierungspotential, das durch die Einschränkung manueller Tätigkeiten und Handhabung realisiert werden kann.

Zeitnahe Abrechnungs- und Buchungssysteme, die direkt von der verbesserten oder erstmals vorhandenen Datenbasis profitieren können, sehen 2/3 der befragten Unternehmen als Vorteil des RFID-Einsatzes an. Als Folge sind verbesserte Abläufe sowie Bestandsreduktionen zu erwarten. Die exakte Höhe der Einsparungen wird nach Art und Tiefe der RFID-Implementierung variieren und muss für jedes Projekt einzeln ermittelt werden.

Eine vielversprechende Anwendung, bei der die RFID-Technologie als Enabler fungiert, ist das Real-time Tracking und Tracing, von dem sich noch ca. 63% der befragten kleinen und mittleren Unternehmen Vorteile erhoffen. Gerade in der Auto-

Potentiale der RFID-Technologie (Mehrfachnennungen möglich)

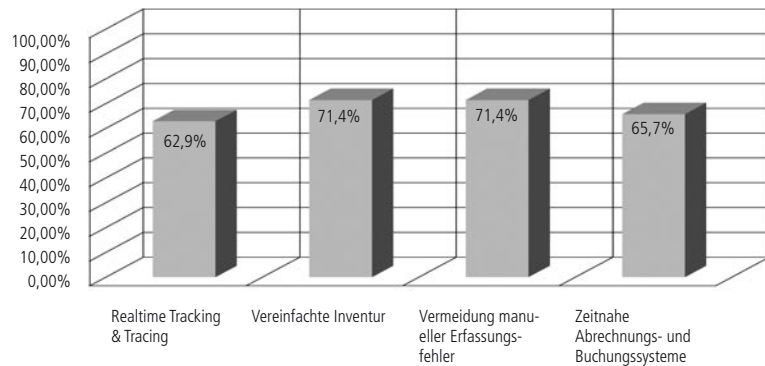


Abbildung 21

bilindustrie sowie der Automobillogistik existieren erste Ansätze, mit Transpondern ausgerüstete Objekte zu identifizieren und zu lokalisieren. Sinnvolle Anwendungen in diesem Umfeld sind bei KMU in der Verwaltung von Werkzeugen, bzw. Maschinenkomponenten oder der Auffindung von Fertigungslosen z.B. in der Werkstattfertigung zu erwarten. Bei einer entsprechenden Umsetzung ist aber mit erhöhten Kosten für Hardware zu rechnen.

Um zukünftig speziell die Anforderungen von KMU bei der (Weiter-)Entwicklung der RFID-Technologie sowie Konzepten zu deren Betrieb berücksichtigen zu können, sollte in einer weiteren Frage die Wichtigkeit (0=unwichtig bis 6=wichtig) verschiedener RFID-Eigenschaften bewertet werden. Zur Auswahl standen dabei die Pulksefähigkeit, das Datenvolumen der Transponder (eher groß, eher klein), die Identifikation, die Positionserkennung sowie die Datenspeicherung. Mehrfachnennungen waren möglich. Die Ergebnisauswertung zeigt dabei die folgende Abbildung 22.

In Übereinstimmung mit den bereits im Rahmen der Auswertung erzielten Ergebnissen zeigt sich, dass besonders die Identifikation die Eigenschaft ist, die für die befragten Unternehmen höchste Relevanz für ihre Anwendungen besitzt. Die restlichen Wahlmöglichkeiten liegen in ihrer Bewertung alle auf einem ähnlichen Wert (ca. 4), der ihnen eine leicht gesteigerte Bedeutung zuweist.

Bewertung der Eigenschaften der RFID-Technologie (Mehrfachnennungen möglich)

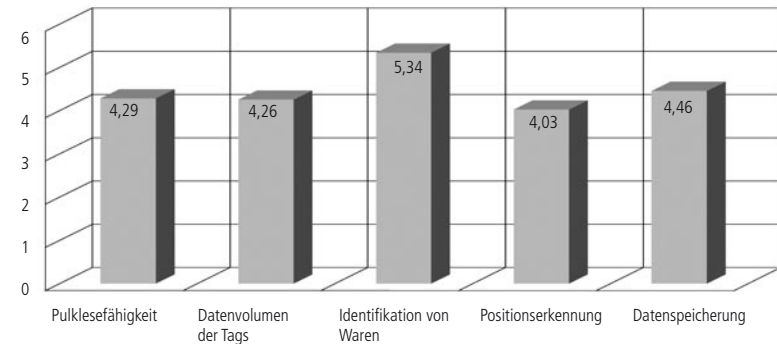


Abbildung 22

Zusammenfassend zeigt sich bei der Einschätzung der RFID-Systemeigenschaften ein sehr ausgeglichenes Bild. Dies spricht einerseits für umfassende Eignung von RFID auch in Prozessen von KMU, zeigt aber andererseits auch auf, an welchen Stellen die bisher implementierten Prozesse oder auch Anwendungen ihre Schwachpunkte haben, die es mit Hilfe von RFID zu optimieren gilt.

Ebene des RFID-Einsatzes

Der Inhalt dieser Frage zielt direkt auf die Verwendung der RFID-Technologie in logistischen Prozessen. Ziel der Frage war hier, ein Meinungsbild kleiner und mittlerer Unternehmen zu erhalten, auf welcher logistischen Ebene ein RFID-Einsatz wirtschaftlich und technologisch sinnvoll ist.

Demnach wird der größte Einsatzbedarf auf der Produktebene gesehen (ca. 31%) (siehe Abbildung 23). Etwa jeder fünfte könnte sich eine Implementierung von RFID auf einer Einzelverpackung (ca. 23%) oder einer Palette vorstellen (20%). Auf der Ebene der Sammelverpackungen sowie auf Containern sehen die Umfrageteilnehmer kaum Einsatzmöglichkeiten von RFID (ca. 9% bzw. ca. 3%). Ein höherer Bedarf besteht dagegen im Bereich von unternehmensspezifischen Spezialanwendungen (14%).

Einsatzebenen von RFID

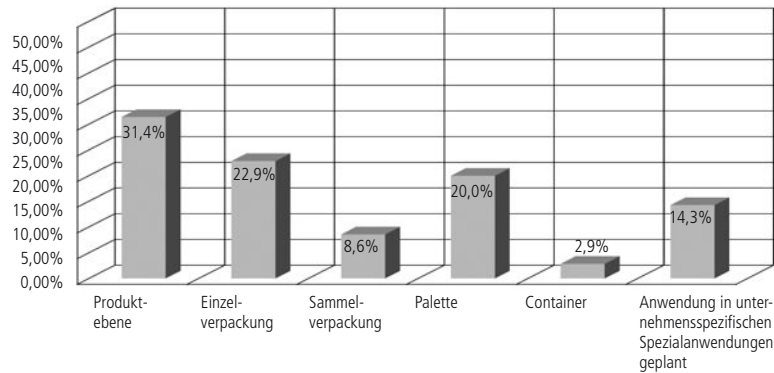


Abbildung 23

Die Einsatzebene von RFID in logistischen Prozessen hängt in der Regel von der individuellen Situation des betroffenen Unternehmens ab. Hier muss bereits im Vorfeld eindeutig untersucht werden, was durch die RFID-Implementierung erreicht werden soll. Nur so lassen sich unnötige Kosten vermeiden und Potentiale optimal nutzen.

Zeitpunkt und Art des RFID-Einsatzes

Bei der Beantwortung der Frage nach dem geplanten Zeitpunkt der RFID-Einführung zeigte sich, dass die Mehrheit der Unternehmen (ca. 51%) keinen konkreten Zeitplan besitzen, eine Einführung aber nicht ausschließen (siehe Abbildung 24). Diese Unternehmen befinden sich in der Regel in einer Phase der Orientierung, in der die technologischen Potentiale und prozesstechnischen Anforderungen abgeglichen werden. Der damit verbundene zeitliche, personelle und finanzielle Aufwand ist für KMU nur unter großen Anstrengungen zu bewältigen.

Dennoch gaben ca. 20% an, die RFID-Technologie in einem Zeitraum von bis zu einem Jahr einführen zu wollen. Weitere 11,4% planen eine Implementierung definitiv zu einem späteren Zeitpunkt. Lediglich 17% gaben an, dass es nicht geplant sei, RFID einzusetzen. Diese relativ geringe Zahl zeigt deutlich, dass RFID auch nach Meinung der KMU eine Technologie ist, die entscheidend dazu beitragen kann, interne und auch externe Abläufe zu optimieren.

Zeitpunkt des RFID-Einsatzes

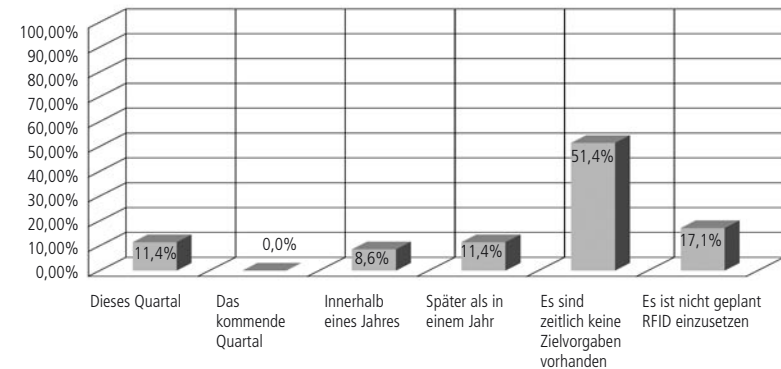


Abbildung 24

Eine differenzierte Betrachtung der Unternehmen, welche die RFID-Technologie u. U. einführen wollen zeigt jedoch, dass von einem RFID-Boom bei kleinen und mittleren Unternehmen (noch) nicht gesprochen werden kann. So ergab die Auswertung einen Prozentsatz von 20% der befragten Unternehmen, die RFID bereits umfassend in ihren Betrieben implementiert haben oder implementieren werden. Die große Mehrheit (51,4%) plant ein Pilotprojekt, um die Technologie auch im industriellen Alltag weiter zu analysieren. Weitere 28,6% befinden sich noch in der Phase der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, bzw. der Erstellung eines Business case (siehe Abbildung 25).

6.4. Fazit

RFID ist für KMU ein Thema, dem eine wachsende Bedeutung zugemessen wird. Diese Aussage belegt der Prozentsatz von 82% der befragten Unternehmen, die sich eine Implementierung von RFID in ihrem Unternehmen vorstellen können. Die größten Hemmnisse dieser vielversprechenden Technologie finden sich einerseits in den zurzeit noch zu hohen Kosten für Transponder sowie andererseits der RFID-Hardware. Die Kosten einfacher, passiver Transponder liegen derzeit bei ca. 0,30 bis 0,50 EUR. Ein konkurrenzfähiger Preis eines Transponders im Vergleich z.B. zum Barcode würde sich bei Stückkosten von ca. einem Cent ergeben. Dieser Preis ist in absehbarer Zeit nicht zu realisieren, sodass sich eine Implementierung der RFID-

Art der RFID-Einführung

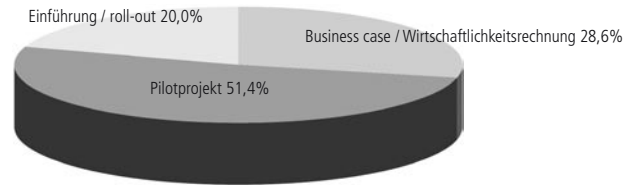


Abbildung 25

Technologie erst bei höherwertigen Produkten als lohnenswert erweist und die Transponder mehrfach oder dauerhaft eingesetzt werden. Eine Kostendegression ist bei einer Erhöhung der Stückzahl oder bei einem Einsatz der RFID-Technologie in geschlossenen Kreisläufen (closed-loop Systeme) zu erwarten. Da die Transponder in diesen Kreisläufen mehrmals wieder verwendet werden können (bis zu 100.000-mal), ergibt sich hier eine Reduktion der Kosten pro Prozessschritt. Transponder in diesen closed-loop Systemen können dann wirtschaftlich eingesetzt werden.

Als weiteres Hemmnis wurde die mangelnde Information über RFID gesehen. Da sich die befragten Unternehmen über die Potentiale dieser neuen Identifikationstechnologie im Klaren sind, würde Aufklärungsarbeit in diesem Bereich zu einer breiteren Akzeptanz dieser zukunftsweisenden Technologie führen. Die aus dieser Aufklärungsarbeit resultierenden frühen Adaptoren der RFID-Technologie sorgen mit einer Investition in diese neue Technologie für größere Absatzmengen der Transponder und daraus resultierenden sinkenden Stückkosten der Tags.

Auf Seiten der Anwendung zeigt sich, dass die befragten Unternehmen die RFID-Technologie aktuell als dynamischen Informationsspeicher sehen, der dazu beitragen kann, Inventuren zu vereinfachen, manuelle Eingaben zu vermeiden und somit über eine verbesserte Datenbasis z. B. Bestände und Kosten zu minimieren. Darüber hinaus ist RFID jedoch in der Lage, durch Einsatz von Sensorik, lokaler Intelligenz und ähnlichen Attributen in weitere Anwendungsfelder in Produktion und Logistik auch bei KMU vorzustoßen.

7. Weitere Potentiale der RFID-Technologie in der Logistik

Die Einsatzmöglichkeiten der RFID-Technologie in logistischen Prozessen sind vielfältig. Die Abbildung 26 zeigt mögliche Anwendungsgebiete. Beispielhaft vorgestellt werden hier Szenarien aus den Bereichen Produktions- und Lagerlogistik. Während in der Lagerhaltung trotz bestehender Verwaltungssysteme lange Suchzeiten besonders durch nicht erfolgte oder fehlerhafte Datenaufnahmen die Regel sind, mangelt es in der Produktion oftmals an der Aktualität und Genauigkeit der Daten. Dies kann insbesondere bei der Produktionsplanung und -steuerung zu Ineffizienzen führen. Weiterhin ist in speziellen Industriebereichen, welche strengen Sicherheitsauflagen unterliegen, die durch Abnehmer und Gesetzgeber geforderte umfassende Sicherung und Nachvollziehbarkeit sämtlicher relevanter Produktionsparameter und Abläufe schwierig zu erzielen. Insgesamt kann die RFID-Technologie hier positive Ansätze liefern. Eine umfassende Realisation der beschriebenen Vorteile der RFID-Technologie kann jedoch nur erfolgen, wenn die einzelnen Systemkomponenten in geeigneter Art und Weise in die zu identifizierenden Objekte sowie die umliegende Infrastruktur eingebettet sind. Dies beinhaltet neben der geschickten Anbringung der Transponder an die zu identifizierenden Objekte auch die platz sparende und kostengünstige Integration der Antennen/Reader-Kombination in z. B. Gebäuden

Anwendung von RFID [Scholz-Reiter et al., 2006c]

Optimierung des Informationsflusses mittels RFID-Technologie in der Logistik

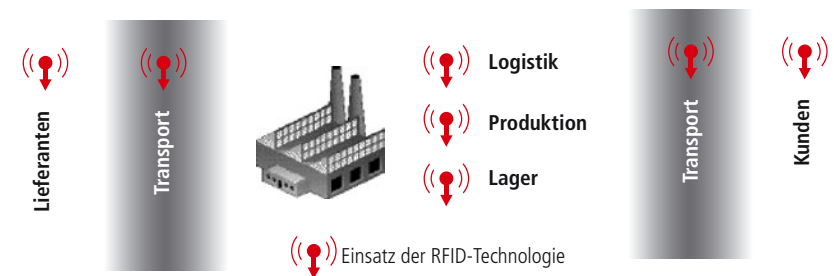


Abbildung 26

oder auch in Flurförderfahrzeuge. In diesem Zusammenhang müssen Aspekte der Leistungsfähigkeit der Technologie in einem metallischen Umfeld sowie Auswirkungen verschiedener Bauformen von RFID-Tags und Antennen betrachtet werden. Es zeigt sich also, dass die Betrachtungen nicht nur auf die Prozessebene beschränkt werden dürfen, sondern auch die Untersuchung und Klärung der technischen Anforderungen von großer Bedeutung bei einer erfolgreichen Einführung von RFID sind [Scholz-Reiter et al., 2006a].

Eine technologische Entwicklung, die eindrucksvoll die Eignung der RFID-Technologie für die Optimierung logistischer Prozesse unter Beweis stellt, ist der so genannte Paketroboter, der am Bremer Institut für Betriebstechnik und angewandte Arbeitswissenschaft in einem seit dem Jahre 2002 laufenden und von der Deutschen Post AG beauftragten Verbundprojekt entwickelt wird. Dabei handelt es sich um ein teilautonomes System zur automatisierten Entladung von losen, standardisierten Stückgütern aus Wechselcontainern [Tank und Echelmeyer, 2006]. Ein Ausgangspunkt für die Entwicklung eines derartigen Systems liegt in der wachsenden Dynamik in der Kurier-, Express- und Paket- (KEP-)Logistik. Ursächlich dafür sind zum einen die wachsenden standardisierten Sendungsmengen, die vor allem durch die Konsumenten-Nachfrage im Online-Versandhandel (B2C) und durch die Globalisierung mit einer Verlagerung und Streuung der Produktionsstätten einhergehen. Zum anderen spielt die technologische Entwicklung eine entscheidende Rolle, da der Automatisierungsgrad weiter steigt. Um die Kundenanforderungen nach Zuverlässigkeit und Schnelligkeit zu berücksichtigen, entwickeln z. B. Paketdienstleister ihre modernen Umschlagplätze durch innovative technische Lösungen weiter. Hierbei spielen die Automatisierungstechnik sowie moderne Identifikationssysteme eine entscheidende Rolle in der Optimierung der logistischen Prozesse. Bei näherer Betrachtung der Einsatzgebiete von Robotern in logistischen Prozessen zeigt sich eine verstärkte Anwendung dieser Technologie auf den Gebieten Palettieren, Stapeln oder Kommissionieren. Im Umfeld des KEP-Marktes sind sie derzeit selten anzutreffen, da die Ent- und Beladesituationen meistens durch chaotisch gelagerte, lose Stückgüter in Wechselcontainern, Rollbehältern und Lkw-Laderäumen charakterisiert sind, für die bisher keine technischen Lösungen zur Automatisierung verfügbar waren. Der Übergang von einer Ebene (z.B. Palette) zur nächst niedrigeren Ebene ist nur in seltenen Fällen automatisiert (Abbildung 27). Neue Technologien wie Depalettierautomaten und Systeme zur Vereinzelung der Produkte sind zwar verfügbar, allerdings nur spärlich anzutreffen.

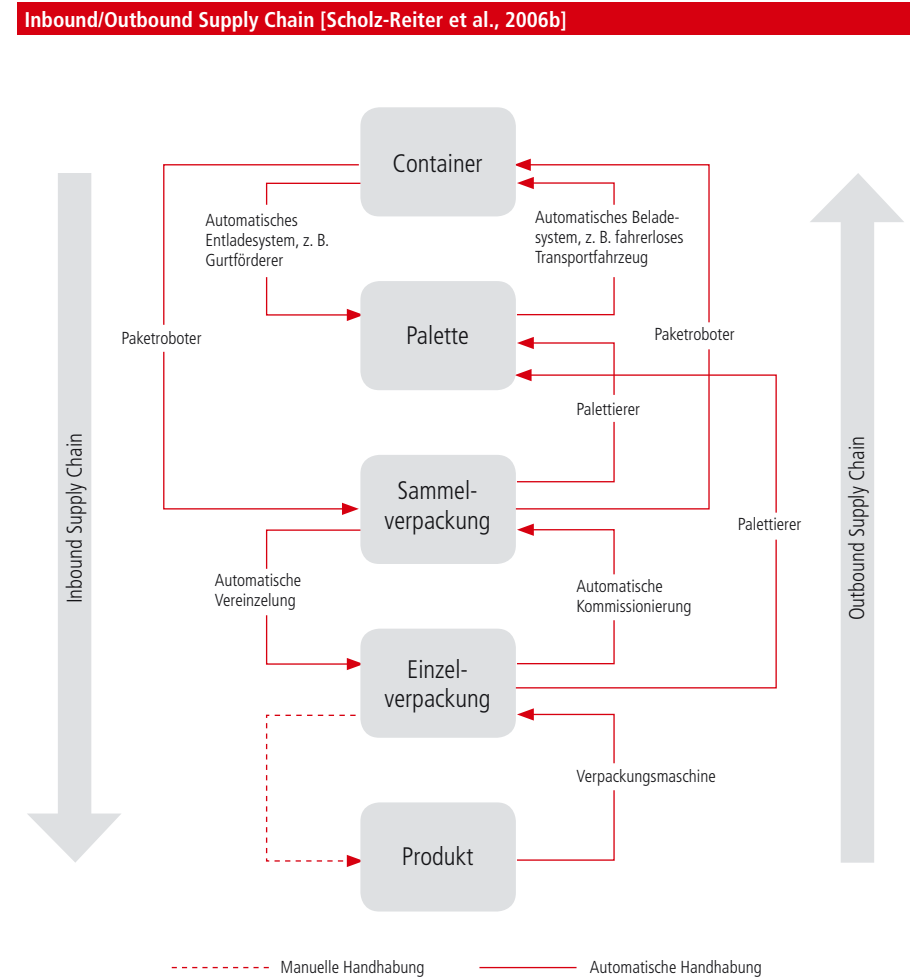


Abbildung 27

Der Ebenenübergang bei der Entladung von Containern und LKW stellt für die Handhabungstechnik ebenfalls eine Herausforderung dar und erfolgt heute vorwiegend manuell über den Gabelstapler. Automatisierte Be- und Entladungssysteme benötigen bisher zumeist kostenintensive Fördertechnikinstallationen auf dem LKW oder dem Container und sind in der Anwendung auf Paletten, Rollbehälter oder vollständige Ladungen beschränkt [Freudl, 2000]. Zur Bewältigung des inhomogenen Wareneingangs sind hier äußerst flexible und „intelligente“ Systeme gefragt. Daten wie Größe, Gewicht und Lage der Güter sind zu erfassen und in die Steuerung der Handhabungssysteme zu integrieren. Die zentrale Bereitstellung dieser notwendigen Daten stößt hier an ihre Grenzen. Die Outbound Supply Chain dagegen ist vor allem durch die Bereitstellung der Endprodukte zum Versand gekennzeichnet. Im Vergleich zur Inbound Supply Chain kann hier von einer geringeren Anzahl von unterschiedlich zu handhabenden Werkstoffen, Gewichten und Geometrien ausgegangen werden. Der Einsatz automatischer Systeme zur Verpackung, Lagerung, Kommissionierung sowie entsprechender Fördertechnik wird somit erleichtert und erlaubt die Optimierung der Übergänge von der Produkt- über die Palettenebene bis hin zum Container. Bei Produkten aus der Serienfertigung wie in der Lebensmittelindustrie kann von großen homogenen Losen ausgegangen werden. Im Idealfall sind nur sortenreine Gebinde vorhanden. Damit ist der Einsatz von Handhabungssystemen in der Outbound Supply Chain oft mit geringem Aufwand zu realisieren. Änderungen können über zentrale Steuerungssysteme kommuniziert werden. Dennoch gibt es in der Outbound Supply Chain weiterhin Optimierungspotential z.B. bei der Beladung von Containern mit Stückgütern wie Paketen, die überwiegend manuell erfolgt. Die beschriebenen Prozesse und Technologien sowohl in der In- als auch in der Outbound Supply Chain unterliegen einem enormen Qualitäts-, Zeit- und damit auch Kostendruck. Die Logistiknetzwerke als Ganzes sind gezwungen, ihre Flexibilität und Leistungsfähigkeit auf allen Ebenen zu steigern [Scholz-Reiter et al., 2006b].

Ein System, das über eine ausreichende Intelligenz und Flexibilität verfügt, den dargestellten Anforderungen in der In- und Outbound Supply Chain adäquat zu begegnen, ist der am BIBA entwickelte „Paketroboter“. Die Abmaße sowie die Position der zu handhabenden Gegenstände werden optisch erfasst und anschließend mittels eines entwickelten Greifers entsprechend bewegt.

RFID in der Robotik

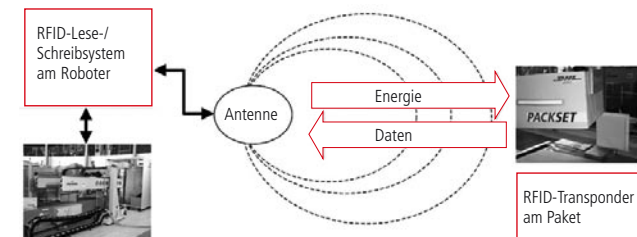


Abbildung 28

Neben den technischen Anforderungen an die Funktionalität des Systems wurden weiterhin die Rahmenbedingungen für eine Automatisierung des Wareneinganges analysiert. Die automatisierte Entladung durch den „Paketroboter“ stellt aber nur den ersten Prozessschritt dar. Im zweiten, nachgelagerten Prozess ist das Palettieren und Kommissionieren eine weitere, große Herausforderung in der Automatisierung der Logistikprozesse im Wareneingang. Dabei spielt die Integration der RFID-Technologie für das zuverlässige und sichere Erkennen der Inhalte der Pakete und deren Zuordnung zu einer definierten Palette eine zentrale Rolle. Erst durch den Einsatz von RFID und der Bereitstellung einer lokalen Intelligenz wird eine zu 100% automatisierte Handhabung sowie automatisierter Informationsfluss ermöglicht (siehe Abbildung 28). Dies führt zu einer Erhöhung der Leistungskapazität und trägt zu einem wirtschaftlicheren Nutzen des gesamten Systems bei. Die Integration von RFID in den Material- und Sortierfluss führt zu Qualitätsverbesserungen und einer optimierten Planbarkeit der gesamten Prozessschritte.

Andere Forschungsansätze, die auf der Basis neuartiger IuK-Technologien wie z. B. RFID realisiert werden können, beschäftigen sich intensiv mit der Suche nach neuartigen Steuerungsmethoden für logistische Prozesse. Auslöser sind die sich immer schneller verändernden Bedingungen heutiger Märkte, die Auswirkungen auf logistische Prozesse und ihre Planung und Steuerung haben. So führt der verstärkte Aufbau virtueller Unternehmen und lokaler als auch globaler logistischer Verbünde und Allianzen zu einer Zunahme an komplexen, unternehmensinternen und -über-

greifenden logistischen Prozessen. Der fortschreitende Wandel von Verkäufer- zu Käufermärkten mit der resultierenden Kundenorientierung als oftmals entscheidendem Wettbewerbsfaktor bedingt einen Anstieg des Transportvolumens mit gleichzeitiger Tendenz zur Atomisierung der Ladungen und Anstieg der Lieferfrequenzen. Durch Effekte wie der relativen Knappheit logistischer Infrastrukturen sowie Veränderungen im Zielsystem logistischer Prozesse durch beispielsweise die Verrechnung auch intangibler Kosten und verstärkte Berücksichtigung von ökologischen Zielen ergeben sich komplexe, teilweise sogar widersprüchliche Anforderungen an logistische Planungs- und Steuerungssysteme, wie sie mit heutigen Systemen nicht mehr zu bewältigen sind.

Die dynamische und strukturelle Komplexität von Unternehmensverbänden verhindert oftmals die Bereitstellung aller entscheidungsrelevanten Informationen für eine zentrale Instanz und erfordert deshalb adaptive logistische Prozesse mit der Fähigkeit zur Selbststeuerung. Mit dem Begriff „Selbststeuerung“ wird an dieser Stelle die dezentrale Koordination autonomer logistischer Objekte in einer heterarchischen Organisationsstruktur bezeichnet. Die Autonomie der logistischen Objekte wie Stückgüter, Ladungsträger und Transportsysteme wird dabei durch neue Informations- und Kommunikationstechnologien ermöglicht. So lassen sich z.B. durch RFID-Technologie kombiniert mit Sensorik intelligente Ladungsträger und intelligentes Transportgut bis hinab auf die Ebene des einzelnen Stückguts realisieren. Durch den Einsatz drahtloser Kommunikationsnetze und Ortungssysteme wird eine permanente Lokalisierung, Identifizierung und eine Kommunikation mit und zwischen diesen intelligenten Einheiten innerhalb eines logistischen Systems ermöglicht. [Scholz-Reiter et al., 2005]

8. Index

A		K		Q	
Auswahlkriterien	43	Kanban	11	Qualifizierung	45, 53
Auto-ID	2, 3, 30, 35	kapazitive Kopplung	6	R	
Automatische		Kopplung	4	Radio Frequenz	
Identifikationssysteme	3	Kosten	30	Identifikation	1, 3
Automatisierung	18, 65	Investitionskosten	32, 36	Reichweite	5, 19, 27, 32
B		Transponderkosten	54	Remote-Coupling-System	5
Backscatter	5, 10	L		RFID	1
Barcode	1, 30	Lagerarten	23	Anwendungsbereiche	
Bauformen	7, 9, 62	Bodenblocklagerung	23		7, 11, 53
Bestandsführung	11	Lagerhaltung	1, 61	Bauformen	7, 9, 62
Best-Practice	42	chaotische Lagerhaltung	17	Reader	8
C		Lagerlogistik	17	Systeme	3
Close-Coupling-System	5	LF	4, 20	S	
D		Logistik	1	Stakeholderanalyse	43, 46
Diebstahl	24	innerbetrieblich	17	SWOT Analyse	43, 46
Dipolantenne	5, 6	KEP-Logistik	62	Systemkomponenten	
E		Warenlagerlogistik	23, 30, 61		4, 13, 43, 61
ERP	11, 14	Long-Range-System	5	T	
F		M		Tag	3
Fabriklayout	16	Materialfluss	11, 13	tracing	18, 55
Fernfeld	4	Middleware	3, 8	tracking	18, 55
Flurförderfahrzeuge	17, 62	Modulation	3, 8	Transponder	1, 4, 5
Fördertechnik		N		Read/Write	6
mobile Fördertechnik	17	Nahfeld	4	Read-only	5
Frequenzen	3	Nutzwertanalyse	31	WORM	6
H		P		U	
Handlungsanweisungen	42	Produktionslogistik	1, 11	UHF	4, 20, 27, 36
HF	4, 36	Produktionsplanung und		Ultraschallsensoren	19
I		-steuerung	1, 11	Umweltfaktoren	5
Identifikationsnummer	5, 19	W		W	
induktive Kopplung	5	Wechselbrücke	23	Wirtschaftlichkeit	30, 46, 50
Investitionsrechnung	32				

9. Literatur

[Finkenzeller, 2002] Finkenzeller, K.: RFID-Handbuch. Grundlagen und praktische Anwendungen induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipkarten, 3. Auflage, Hanser Verlag, München, Wien, 2002.

[Freudl, 2000] Freudl, G.: Planung von Stückgut-Umschlagbereichen mit Hilfe wissenschaftlicher Bewertungsmethoden. Dissertation, TU München, 2000.

[Scholz-Reiter et al., 2005] Scholz-Reiter, B., Freitag, M., Rekersbrink, H., Wenning, B. L., Gorldt, C., Echelmeyer, W.: Auf dem Weg zur Selbststeuerung in der Logistik – Grundlagenforschung und Praxisprojekte. In: Intelligente Logistikprozesse – Konzepte, Lösungen, Erfahrungen – 11. Magdeburger Logistiktagung, Magdeburg, 24.-25. November 2005, S. 166 –180.

[Scholz-Reiter et al., 2006a] Scholz-Reiter, B., Gorldt, C., Hinrichs, U., Tervo, J. T., Lemmel, M., Pracht, J.: Einsatzmöglichkeiten und Potenziale von RFID in der Logistik kleiner und mittlerer Industrieunternehmen. In: PPS Management 11 (2006) 1, GITO-Verlag 2006, S. 33–35.

[Scholz-Reiter et al., 2006b] Scholz-Reiter, B., Uckelmann, D., Gorldt, C., Hinrichs, U.: Einsatz von Auto-ID-Technologien in der Handhabungstechnik. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jahrgang 101 (2006) 3, Carl Hanser Verlag, München, 2006, S. 97–101.

[Scholz-Reiter et al., 2006c] Scholz-Reiter, B., Gorldt, C., Hinrichs, U., Tervo, J. T.: Einsatzmöglichkeiten von Ubiquitous Computing und RFID in logistischen Prozessen. In: ITG Fachbericht 195, 2. Workshop RFID Intelligente Funketiketten – Chancen und Herausforderungen, Jahrgang 101, VDE Verlag, Erlangen, 2006.

[Tank und Echelmeyer, 2006] Tank, S., Echelmeyer, W.: Der Paketroboter. Optimierung logistischer Prozesse durch eine Weltneuheit. In: Industrie Management 22 (2006) 2, GITO-Verlag, Berlin, 2006, S. 13-16.

10. Abbildungen und Tabellen

- 4 Abbildung 1: RFID-Systemkomponenten
- 6 Abbildung 2: Einteilung von RFID-Systemen nach der Reichweite
- 9 Abbildung 3: Bauformen von RFID-Readern
- 13 Abbildung 4: RFID-Kanban: Ausgangssituation
- 14 Abbildung 5: RFID-Kanban: Abrechnung
- 16 Abbildung 6: RFID-Torlösung
- 20 Abbildung 7: Konzeption eines RFID-Systems an mobiler Fördertechnik
- 22 Abbildung 8: Hauptprogrammfenster der Staplersoftware
- 25 Abbildung 9: RFID in der Warenlagerlogistik
- 26 Abbildung 10: Schematische Darstellung Antennengate
- 28 Abbildung 11: Messwerte Einzelerfassung
- 29 Abbildung 12: Messwerte Pulkerfassung
- 43 Abbildung 13: Schritte im Planungsprozess
- 47 Abbildung 14: Exemplarische Stakeholderanalyse
- 48 Abbildung 15: Strukturierung des Bereichs „Problembeschreibung und Zielfestlegung“
- 49 Abbildung 16: RFID-Planungsleitfaden
- 51 Abbildung 17: Zusammensetzung der Teilnehmer
- 52 Abbildung 18: Erwartungen an die RFID-Technologie (Mehrfachnennungen möglich)
- 54 Abbildung 19: Hindernisse des RFID-Einsatzes (Mehrfachnennungen möglich)
- 55 Abbildung 20: Tolerierbare Kosten für RFID-Transponder
- 56 Abbildung 21: Potentiale der RFID-Technologie (Mehrfachnennungen möglich)
- 57 Abbildung 22: Bewertung der Eigenschaften der RFID-Technologie (Mehrfachnennungen möglich)
- 58 Abbildung 23: Einsatzebenen von RFID
- 59 Abbildung 24: Zeitpunkt des RFID-Einsatzes
- 60 Abbildung 25: Art der RFID-Einführung
- 61 Abbildung 26: Anwendung von RFID [Scholz-Reiter et al., 2006c]
- 63 Abbildung 27: Inbound/Outbound Supply Chain [Scholz-Reiter et al., 2006b]
- 65 Abbildung 28: RFID in der Robotik

- 7 Tabelle 1: Bauformen von RFID-Transpondern
- 10 Tabelle 2: Morphologischer Kasten zur Auswahl von RFID
- 32 Tabelle 3: Definition der Zielgewichte
- 33 Tabelle 4: Beispielhafte Punktebewertung
- 34 Tabelle 5: Preis für Hardwarekomponente Drucker
- 35 Tabelle 6: Preis für Hardwarekomponente Scanner
- 36 Tabelle 7: Investitionskosten Barcode
- 37 Tabelle 8: Hardwarekosten RFID
- 38 Tabelle 9: Investitionskosten RFID
- 39 Tabelle 10: Folgekosten Barcode
- 39 Tabelle 11: Folgekosten RFID
- 46 Tabelle 12: Beispielhafte SWOT-Analyse
- 47 Tabelle 13: Kosten-Nutzen-Bewertung von RFID



Impressum

Erscheinungsort: Bremen
Redaktion: BIBA-IPS
Gestaltung: Feilcke & Glinsmann
Druck: Schintz-Druck