

Schlussbericht

der Forschungsstellen

Lehrstuhl für Fabrikorganisation, TU Dortmund

Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

zu dem über die



im Rahmen des Programms zur
Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF)

vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

geförderten Vorhaben **AiF-Vorhaben-Nr. 16167/N1**,

***Erarbeitung und Validierung von Mehrwertdiensten sowie Einsatzszenarien für die
Identifikation und Verfolgung von elektronischen Komponenten im Zuliefernetzwerk***

(Bewilligungszeitraum: 01.08.2009 - 31.10.2010)

der AiF-Forschungsvereinigung

Bundesvereinigung Logistik (BVL) e.V.

Dortmund, 21.02.2011

Ort, Datum

Dipl.-Wirt.-Ing. Jan-Christoph Maaß

Stuttgart, 18.02.2011

Ort, Datum

Dipl.-Ing. Jörg Mandel

Inhalt

Zusammenfassung.....	1
1 Ausgangssituation und Ziel des Forschungsvorhabens	2
1.1 Einleitung	2
1.2 Stand der Forschung und Technik	3
1.2.1 Einordnung in das Demonstrationszentrum für Logistische Assistenzsysteme	3
1.2.2 Verknüpfung von RFID und Leiterplatten	4
1.2.3 Aktuelle Anwendungen von RFID.....	6
1.3 Forschungsvorhaben und Dissertationen von dritter Seite.....	10
1.4 Forschungsziel.....	11
2 Vorhabensergebnisse	12
2.1 Definition und Abgrenzung der Begriffe	12
2.1.1 Mehrwertdienste	12
2.1.2 RFID-Service.....	14
2.2 Anforderungsanalyse und Grobkonzeptentwicklung für Mehrwertdienste	15
2.2.1 Szenarien der BLOCK Transformatorenelektronik GmbH.....	16
2.2.2 Szenarien CS Schalmöbel GmbH & Co. KG	18
2.2.3 Bewertung der qualitativen Nutzenkategorien	33
2.3 Interpretationen der Ergebnisse.....	39
2.4 Einsatz von RFID	41
2.5 Kosten-Nutzen-Bewertung für Mehrwertdienste	41
2.5.1 Einmalige und laufende Kosten	42
2.5.2 Einsparungen	44
2.5.3 Berechnung der Wirtschaftlichkeit	45
2.5.4 Nutzenbewertung	47
2.6 Daten für die RFID-Mehrwertdienste.....	49
2.7 Vorgehensmodell zur Identifikation, Bewertung und Einführung von RFID-Mehrwertdiensten	49
2.8 Nutzung der Mehrwertdienste	51
2.9 Erarbeitung eines Einführungsleitfadens.....	53

2.10	Nutzung des Einführungsleitfadens.....	55
2.10.1	Basisdaten.....	55
2.10.2	Vorgehensweise.....	57
2.10.3	Abfolge der Workshops.....	58
2.10.4	Übersicht der Supply Chain Prozesse.....	59
2.10.5	Auswahl der Anforderungen.....	60
2.10.6	Übersicht der gewählten Services.....	62
2.10.7	Kostenanalyse.....	64
2.10.8	Potentialanalyse.....	66
2.10.9	Datenbasis und zusätzliche Tabellen.....	67
3	Gegenüberstellung der Ziele und Ergebnisse.....	68
4	Nutzendarstellung und Schutzrechte.....	69
4.1	Nutzendarstellung.....	69
4.2	Schutzrechte.....	69
5	Nutzen für KMU, Innovationsgehalt und industrielle Anwendungsmöglichkeiten.....	70
6	Projektbegleitender Ausschuss / Beteiligte Industrieunternehmen und Rollenverteilung.....	71
6.1	BLOCK Transformatorenelektronik GmbH.....	71
6.2	CS Schalmöbel GmbH & Co. KG.....	72
6.3	TBN GmbH.....	72
6.4	Liste der Workshops.....	73
7	Ergebnistransfer in die Wirtschaft.....	74
8	Literaturverzeichnis.....	77
9	Abbildungsverzeichnis.....	78
10	Durchführende Forschungsstellen.....	80
	Anhang 1: Checkliste zur RFID-Einführung.....	81
	Anhang 2: Handbuch zum RFID-Service Presenter.....	82
	Anhang 3: RIFD Technik.....	96
	Anhang 4: Studienarbeiten und Bachelor-Thesis.....	108

Zusammenfassung

Im vorliegenden Forschungsvorhaben wurde der Informationsfluss auf Baustellen bezüglich der Logistik untersucht und verbessert. Dazu wurden in Workshops zusammen mit den Anwendern aus der Industrie Szenarien für den RFID-basierte Mehrwertdiensteinsatz bei der Chargenverfolgung und der Lagerplatzidentifikation erarbeitet. Anhand definierter Einsatzziele sind Nutzenkategorien sowie eine Erfüllungsmatrix zwischen den Szenarien und den Einsatzziele aufgestellt worden. Bei den beteiligten kmU wurden dann für die Szenarien die Ist-Prozesse beschrieben und anschließend 6 Sollkonzepte für den RFID-basierten Mehrwertdiensteinsatz erarbeitet. Parallel dazu haben die Forschungsstellen die Potenziale und die Kosten eines Soll-Prozesses ermittelt und in ein Kosten-Nutzen-Vergleichsrechnungskonzept überführt.

Während der Soll-Prozess-Konzeption führten Fraunhofer IPA und der Lehrstuhl für Fabrikorganisation eine Marktrecherche über den Stand der Technik im Bereich RFID-Chip-Integration auf Leiterplattenmaterial durch. In Workshops haben dann die Forschungsstellen zusammen mit dem Technologiepartner TBN GmbH Algorithmen zur redundanten Speicherung von Informationen auf RFID-Chips zur Verbesserung der Lesequote bei Pulkerfassung vorgestellt, um auf dieser Basis-Anforderungskataloge und Vorgehensmodelle zur Ausgestaltung der identifizierten Mehrwertdienste zu erarbeiten. Diese Anforderungskataloge wurden durch einen Szenarienpool für potentielle Prozessverbesserungen definiert.

Die Szenarien, Mehrwertdienste und das Kosten-Nutzen-Vergleichsrechnungskonzept wurden bei den Unternehmen BLOCK Transformatorelektronik GmbH und CS Schalmöbel GmbH & Co. KG in mehreren Workshops validiert. Ein weiteres wichtiges Ergebnis des Projekts ist ein RFID-Service Presenter als ein ausführbarer Umsetzungsleitfaden. Dieser Softwareprototyp dient zur Informationsgewinnung und beispielhaften Anwendung bei der Einführung von RFID-Mehrwertdiensten in Unternehmen und ist insbesondere auf die Anforderungen von kmU ausgerichtet. Die entstandene Anwendung ist ohne Installation verwendbar und kann nach sehr kurzer Einarbeitungszeit vielseitig genutzt werden.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

1 Ausgangssituation und Ziel des Forschungsvorhabens

1.1 Einleitung

Bei der Entwicklung, der Herstellung und dem Einsatz von elektronischen Komponenten sehen sich Hersteller und Zulieferer immer höheren Ansprüchen an die Bereitstellung transparenter Produktdaten und die Einrichtung einer effizienten inner- wie überbetrieblichen Logistik ausgesetzt. Diese resultieren aus gesetzlichen Vorgaben der vergangenen Jahre und gestiegenen Flexibilitätsansprüchen durch Kunden und Technik. Besonders kleine und mittlere Zulieferer von elektronischen Komponenten verfügen häufig nicht über geeignete Methoden, Identifikations- und Steuerungssysteme um den wachsenden Anforderungen standhalten zu können. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde daher ein ganzheitliches Konzept für die Realisierung von Mehrwertdiensten zur Unterstützung der Produktdatendokumentation und der inner- wie überbetrieblichen Logistik, primär während der Herstellung und der Distribution, für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) erarbeitet. Dies erfolgte auf Basis der RFID-Technologie mit Hilfe einer Kennzeichnung auf Komponentenbasis.

Neben direkten Nutzeneffekten durch eine starke Vereinfachung in der Erhebung und Verwaltung der benötigten Produktdaten, ergeben sich zahlreiche mögliche Mehrwertdienste, die in direkter Zusammenarbeit mit repräsentativen Unternehmen entwickelt und validiert wurden. Hierdurch erfolgte erstmals eine ganzheitliche Betrachtung und Kopplung von Identifikationsmehrwertdiensten über die gesamte Supply Chain.

Unter Berücksichtigung der Bedürfnisse und Restriktionen kleiner und mittlerer Hersteller ist ein allgemeiner Umsetzungsleitfaden entstanden. Durch diesen Leitfaden wird es KMU in der Zulieferbranche für Elektronikkomponenten möglich sein, sämtliche Anforderungen des Marktes und der Gesetzgeber zu erfüllen und durch weit reichende Optimierungsmaßnahmen die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber größeren Konkurrenten zu verbessern.

1.2 Stand der Forschung und Technik

Der Stand der Forschung und der Technik kann in drei Bereiche eingeteilt werden. Der erste Bereich behandelt die Entwicklung der RFID-Technik mit dem Fokus auf die Entwicklung von integrierten Lösungen, die direkte Verbindung, geklebt oder gelötet, von RFID-Datenträgern und der Leiterplatte. Der zweite Bereich ist der Fortschritt auf dem Bereich der Entwicklung der Geschäftsprozesse und der Anwendungen. Der dritte Bereich umfasst die IT.

1.2.1 Einordnung in das Demonstrationszentrum für Logistische Assistenzsysteme

Das Demonstrationszentrum für logistische Assistenzsysteme (LAS-Lab) ist ein laufendes Forschungsprojekt im Rahmen des EffizienzCluster LogistikRuhr im Leitthema „Logistik as a Service“. Das LAS-Lab demonstriert ausgewählte Anwendungen von Logistischen Assistenzsystemen durchgängig von der Zustandserfassung im physischen Materialfluss bis zur Verwendung dieser Informationen in Assistenzsystemen zur Planung und Steuerung logistischer Prozesse. Die Integration verschiedenster Technologieinnovationen zeigt die Entwicklungsmöglichkeiten logistischer IT auf.

Demonstriert werden die Erfassung von Ereignissen im Materialfluss, z. B. Wareneingang, Fertigung, Warenausgang, Umschlag etc., mittels Auto-ID-Technologie sowie die Aufbereitung dieser Informationen im Assistenzsystem. Ein technologischer Fokus ist der Einsatz von innovativen mobilen Geräten wie auch innovativer Sensorik zur Ereigniserfassung.

Anhand von Showcases werden innovative Planungs- und Steuerungsfunktionalitäten auf der Basis echtzeitnaher Informationsversorgung aus den operativen Prozessen vorgeführt. Im Vordergrund stehen die Möglichkeiten mittels LAS die Durchlaufzeit von Planungs- und Steuerungsentscheidungen bei signifikant erhöhter Planungsqualität zu verkürzen.

Die Demonstrationen umfassen unterschiedliche Akteure von Supply Chains, die autonome Funktionalitäten von Assistenzsystemen nutzen, um in ihrem Zuständigkeitsbereich effiziente Steuerungsentscheidungen zu treffen, die wiederum kollaborativ abgestimmt werden können.

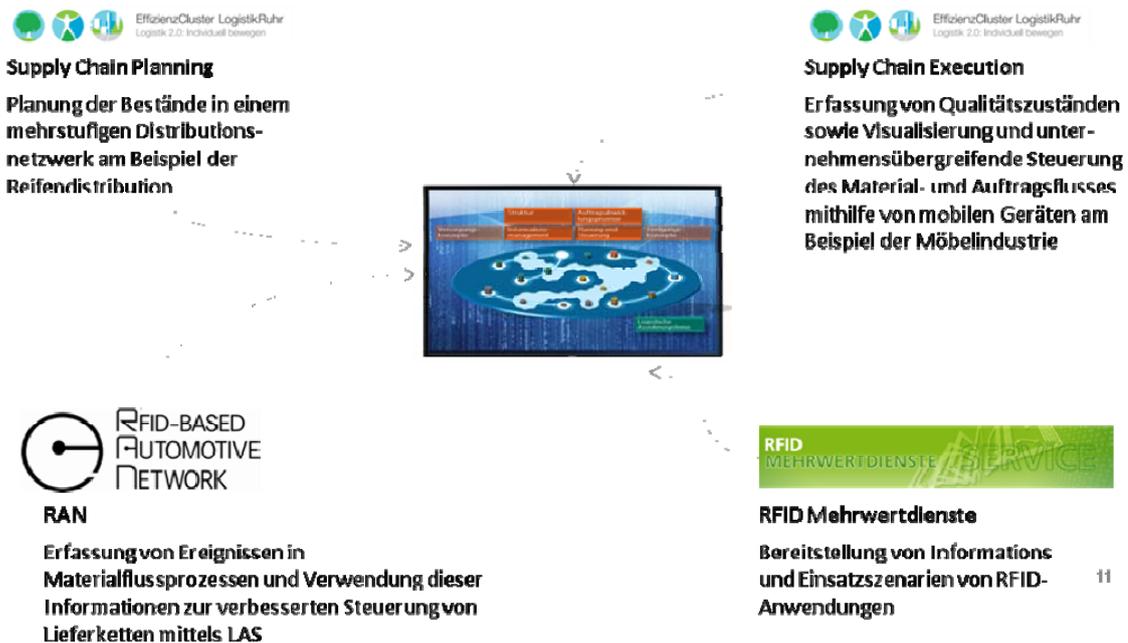


Abbildung 1: Übersicht Showcases LAS-Lab

1.2.2 Verknüpfung von RFID und Leiterplatten

Im ersten Bereich, der Verknüpfung von RFID-Datenträgern und Leiterplatten, sind unterschiedliche technische Lösungen entwickelt worden.

Für das Forschungsprojekt wurden zwei in Deutschland ansässige Firmen konsultiert, die eine Lösung entwickelt haben, RFID-Chips direkt auf eine Platine zu integrieren.

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei RFID-Datenträgern ist die Antenne und das Funktionieren auf metallischen Oberflächen. Bei dieser Lösung greift man auf das Wirkprinzip des Ferritkerns zurück wie sie auch bei den Glastranspondern eingesetzt wird. Mit den Lösungen von EM Electronic Machines und Smart-TEC ist es möglich, RFID-Datenträger direkt zu verlöten oder zu verkleben. Die Antennenstrukturen müssen nicht in die Leiterplatte integriert und die Datenträger können autark gelesen bzw. beschrieben werden.

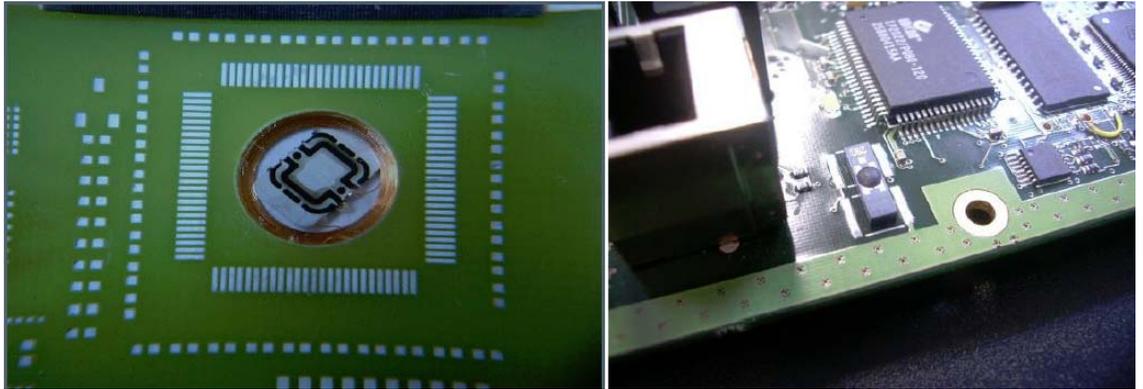


Abbildung 2: RFID-Datenträger auf einer Leiterplatte (Quelle: Smart-TEC)

Die Nutzung von RFID im metallischen Umfeld erfordert eine frühzeitige und umfassende Planung¹. Gerade in metallischen Umgebungen ist an vielen Stellen mit physikalischen Besonderheiten zu rechnen. In diesem Zusammenhang spricht man von „embedded RFID“. Embedded RFID zeichnet sich durch die folgenden Merkmale aus:

- der Anbau/Einbau wird bereits bei der Konstruktion berücksichtigt
- RFID als Teil der Stückliste
- RFID voll in den Herstellungsprozess integriert
- Optimale Leistungsausnutzung
- Schutz gegen mechanischen Einfluss
- Mechanische Integration erweitert den Produktschutz

Die nachträgliche Integration von RFID in ein metallisches Produkt ist durch zusätzliche Restriktionen nur suboptimal:

- RFID auf Fertigprodukt
- Große Auswahl von TAGs verfügbar
- Integration in Typenschild
- Befestigung an oder auf der Oberfläche
- deutlich sichtbar, optische Störung
- Befestigung an vorhandenem Platz ist ein Kompromiss
- Leistung wird beeinflusst

¹ Forschungsprojekt KoRFID; Förderlinie Intelligente Logistiknetze im Förderprogramm NextGenerationMedia, Abschlussveranstaltung VDI Berlin 2008

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens war nicht die Entwicklung einer RFID-Technologie. In diesem Forschungsprojekt sollten vorhandene RFID-Technologien auf ihre industrielle Anwendbarkeit untersucht und für die Entwicklung von RFID-basierten Mehrwertdiensten genutzt werden.

1.2.3 Aktuelle Anwendungen von RFID

RFID werden heutzutage in vielen Bereichen eingesetzt und kommen auch im öffentlichen Bereich zum Einsatz. Ein wichtiger Anwendungsbereich ist der Diebstahlschutz. In vielen größeren Kaufhäusern ist ein solches System im Einsatz und hat sich bewährt. Nur ein Entfernen des Transponders vom Kleidungsstück verhindert das Auslösen des Alarms. Neben dem Einsatz als Diebstahlschutz wird die RFID Technologie in vielen Großstädten im öffentlichen Nahverkehr verwendet, was im folgenden Abschnitt behandelt wird.

1.2.3.1 RFID im öffentlichen Nahverkehr

Während in Deutschland der Verkauf von Fahrkarten im Papierformat noch weit verbreitet ist, sind andere Städte wie Seoul in Südkorea schon gänzlich auf kontaktlose Chipkarten umgestiegen. Denn die Verwendung von Papierkarten hat viele Nachteile. Zum einen machen die Druckkosten und die Bereitstellungskosten (Fahrkartenautomaten) einen nicht unerheblichen Teil an den Fahrkosten aus (bezogen auf Einzeltickets, die nach dem Gebrauch weggeworfen werden). Zudem müssen kostspielige Druckverfahren verwendet werden, um die Fahrscheine fälschungssicher zu machen. Müssen Tickets durch den Fahrer eines Busses kontrolliert werden, so kann es zu längeren Einstiegszeiten kommen. Zudem herrscht in Großstädten das Problem, dass Einnahmen durch Schwarzfahrer verloren gehen, da beim Einsteigen in die U-Bahn die Fahrgäste nicht kontrolliert werden. All diese Probleme lassen sich Größtenteils durch die Verwendung von kontaktlosen Chipkarten vermeiden.

In der südkoreanischen Metropole Seoul funktioniert der öffentliche Nahverkehr gänzlich ohne Papiertickets (Ausnahme bilden Einzelfahrscheine für Personen über 65 Jahre, die die Stadt Seoul kostenlos zur Verfügung stellt). Als elektronische Fahrausweise (AFC = automatic fare collection) dienen entweder Mikrochips auf Studentenausweisen, Chipkarten von der U-Bahn oder heutzutage auch einfache Kreditkarten. Die Chipkarten funktionieren nach dem Proximity coupling-Prinzip. Anders als beim Close coupling muss die Karte nicht aufgelegt werden. Als Lesegerät kommt ein MIFARE-System zum Einsatz. Bei dem von Phillips ent-

wickelten System handelt es sich um ein induktiv gekoppeltes Lesegerät mit einer Reichweite von etwa 10 cm.

Beim Durchschreiten der Lesegeräte (siehe Abbildung 3) hält der Fahrgast seine Chipkarte vor ein Lesegerät. Dabei wird ihm angezeigt, wie viel er zunächst für die Fahrt bezahlt. Legt er eine längere Strecke zurück oder wechselt er zu Bus oder Bahn, wird beim Verlassen ein Aufschlag abgebucht.



Abbildung 3: Lesegeräte im ÖPNV in Seoul, Korea

Somit ist kein Bargeld mehr nötig, da größere Geldbeträge auf die Karten geladen werden können bzw. direkt von der Kreditkarte abgebucht werden. Auch die Busfahrer müssen somit nicht mehr mit Bargeld umgehen, wodurch die tägliche Endabrechnung entfällt, da alle Daten elektronisch vorliegen. Bei einem geschlossenen System, wie in Seoul, wird es auch für Schwarzfahrer schwer, Busse und Bahnen ohne zu bezahlen zu benutzen. Zu beachten ist, dass die Investitionskosten für die Einführung eines solchen flächendeckenden Systems erheblich sind. Allerdings amortisieren sich diese nach einiger Zeit, da die Vorteile der papier- und bargeldlosen Zahlung überwiegen.

1.2.3.2 RFID als Diebstahl- und Plagiatschutz

Jeder, der ein Kaufhaus oder Bekleidungsgeschäft betritt, wird i.d.R. ein RFID-Lesegerät passieren. Einer der verbreitetsten Einsätze von 1-bit Transpondern ist der Einsatz als Diebstahlschutz für Bekleidung und andere Einzelhandelswaren. Es seien hier einige grundsätzliche Dinge zur funktionsweise erwähnt. Die gängigsten Transponder, die verwendet werden, sind sog. Hartetiketten (siehe Abbildung 4 rechte Seite). Sie sind sichtbar an den Kleidungsstücken angebracht und werden beim Kauf vom Kleidungsstück abgenommen und können wieder verwendet werden. Wird er in den Ansprehbereich eines Lesegeräts gebracht (Abbildung

4 linke Seite), wird der Alarm ausgelöst. Ein potentieller Dieb muss den Transponder mit Gewalt entfernen und würde damit das Kleidungsstück beschädigen.



Abbildung 4: RFID als Diebstahlschutz

Transponder sind aber nicht immer sichtbar an den Kleidungsstücken angebracht. Vor allem bei hochwertiger Kleidung möchten die Geschäfte einen großen Transponder aus optischen Gründen nicht an ihrer Kleidung haben. Daher gibt es kleinere Transponder, die äußerlich einem Papieretikett ähneln. Um den Diebstahlschutz außer Kraft zu setzen, werden die Etiketten nicht abgenommen. Die Etiketten haben einen hartmagnetischen Metallstreifen oder kleine Metallplättchen. An der Kasse fährt die Verkäuferin mit einem Permanentmagneten über das Etikett. Hierdurch werden die Metallplättchen magnetisiert. Das magnetische Wechselfeld der Sicherungsanlage wird so nicht mehr wirksam. Der Diebstahlschutz kann aber auch hier wieder reaktiviert werden, indem man die Metallplättchen wieder entmagnetisiert. Daher wurde dieses Verfahren zunächst in Leihbibliotheken eingesetzt. Da die Etiketten sehr preisgünstig sind, kommen sie zunehmend auch bei Lebensmitteln zum Einsatz.

Die Verwendung von RFID-Transpondern an Objekten kann aber nicht nur zur Diebstahlsicherung eingesetzt werden. Jedes Jahr entsteht ein großer wirtschaftlicher Schaden für Unternehmen durch Plagiate, und er steigt permanent an. Der weltweite Schaden durch Fälschungen und Nachahmungen beläuft sich auf 200-300 Mrd Euro pro Jahr².

² Quelle: Aktion Plagianus e.V. www.plagianus.de

Dabei geht es nicht nur um Kleidung, sondern auch um Ersatzteile von Maschinen, Elektronikartikeln und Medikamenten. Und nicht nur der wirtschaftliche Schaden ist eine Folge der Markenpiraterie, sondern es treten auch Folgeschäden durch die minderwertige Qualität der gefälschten Ersatzteile auf. Mitunter ist auch die Sicherheit von Personen gefährdet.

RFID bietet hier einen Lösungsansatz. Mit integrierten Lesegeräten in Maschinen würde sich z. B. überprüfen lassen, ob eine Austauschkomponente für eine Maschine ein Original oder eine Fälschung ist. Schlägt eine Verifikation fehl, so verweigert die Maschine den Dienst. Durch entsprechende Codierungsverfahren ließe sich der RFID-Transponder, der sich auf dem Ersatzteil befindet, auch nur unter großem Aufwand oder gar nicht fälschen.

1.2.3.3 RFID in der Automobilindustrie

In großen Produktionsunternehmen, wie z.B. der Automobilbranche, wird die RFID-Technik schon flächendeckend eingesetzt und ist fester Bestandteil des Produktionsprozesses.

Der Automobilhersteller Audi setzt bei der Produktion seines Modells TT seit 2007 auf eine RFID Lösung von Identec Solutions. Die Produktionslinie ist mit der Object Identification System (OIS) Technologie ausgestattet. An etwa 80 Stellen werden im Produktionsprozess Daten ausgelesen, Qualitätsdaten gespeichert und der Materialfluss gesteuert. Die Transponder sind dabei direkt an der Karosserie angebracht. Insgesamt werden im Werk in Ingolstadt mittlerweile 6.000 semi-passive OIS-P Tag eingesetzt. Auch bei der Produktion des neuen Modells des A4 und des R8 setzt Audi auf die RFID-Lösung von Identec Solutions. Die Implementierung von RFID vereinfacht den Informationsfluss in großen Fertigungsprozessen. Durch eine Vielzahl von Ausstattungsvarianten, müssen ebenso viele unterschiedliche Bauteile zur richtigen Zeit am richtigen Ort sein. Durch die RFID-Technologie wird die Produktion sehr flexibel. „If, for example, a defect is discovered on a chassis, necessitating its removal from the line, the production sequence must change. The robots are made aware of the sequence change because each receives specific instructions from the RFID tags.“³

Ein anderes Einsatzszenario gibt es bei der Autostadt der Volkswagen AG in Wolfsburg. Am 1. Juni 2000 wurde die Autostadt neben dem Produktionswerk eröffnet. Die Autos, die dort vom Band rollen, können vom Kunden direkt abgeholt werden.

³ <http://www.rfidjournal.com/article/view/3002>, 30.04.2010

Daher setzt VW auf eine von Identec Solutions entwickelte RFID-Lösung. Bei der ILR (Intelligent Long Range) Technologie handelt es sich um einen aktiven Transponder. Auf ihm können alle Aufgaben des Auslieferungsprozesses temporär gespeichert werden. Jedes Mal, wenn ein Auto eine Station passiert, werden Standort und Status auf dem Transponder vermerkt.

Der Transponder wird am Rückspiegel eines jeden Autos befestigt, das das Produktionsgelände verlässt. Am Anfang wird der Transponder mit der Fahrzeugnummer und den benötigten Vorbereitungsarbeiten beschrieben. Danach wird das Auto auf das Parkgelände gebracht. Wenn das Auto zur Abholung oder Auslieferung vorbereitet werden soll, fährt ein Mitarbeiter, ausgerüstet mit einem ILR-Suchgerät über das Parkgelände und sucht nach dem entsprechenden Fahrzeug. Nähert er sich dem richtigen Auto, gibt der Laptop ein akustisches Signal aus, und eine LED-Leuchte am Transponder beginnt zu blinken. Danach durchläuft das Auto die einzelnen Stationen, und der Status wird automatisch auf dem Transponder vermerkt. Ist das Auto fertig, kommt es in die Parkhalle und von dort in den Glasturm. Ein Lesegerät liest die Information über die Spurbreite des Fahrzeugs aus und die Transportplattform wird automatisch angepasst. Wenn der Kunde das Fahrzeug abholt, wird der Transponder entfernt und wiederverwendet.⁴

1.3 Forschungsvorhaben und Dissertationen von dritter Seite

Im Rahmen des Förderprogramms für „Transnationale Projekte IV2Splus“ wurde von der Technischen Universität Wien das Projekt mit dem Titel „Entwicklung von Logistikmehrwertdiensten zur Identifikation und Verfolgung von Elektronikkomponenten in der Supply Chain“ initiiert und gestartet.

Ziel des Projektes ist die Erstellung eines Konzepts zum Einsatz von RFID zur Produktdatendokumentation. Dieses dient als Basis für die Entwicklung inner- und zwischenbetrieblicher logistischer und produktspezifischer Mehrwertdienste für KMU im Bereich der Produktion von Elektronikkomponenten. Durch die so erhöhte Rückverfolgbarkeit können Fehlproduktionen verringert und resultierende Fehl- und Sondertransporte vermieden werden.

Auf industrieller Seite ist die österreichische Firma DATATRONIC IDentsysteme GmbH beteiligt.

⁴http://www.identecsolutions.com/fileadmin/user_upload/PDFs/case_studies/Case_Study_-_VOLKSWAGEN_Autostadt_Ger.pdf

1.4 Forschungsziel

Das Ziel des Projektes besteht in der Entwicklung eines Konzepts für den Einsatz von RFID-basierten Mehrwertdiensten zur Unterstützung der Produktdatendokumentation und der Logistik bei der Herstellung und Distribution elektronischer Komponenten in KMU. Die hierbei zu erreichenden Unterziele lassen sich gliedern in:

1. die Identifikation geeigneter Mehrwertdienste auf Basis von Prozessanalysen in KMU und des aktuellen Standes der Technik bei Identifikationstechnologien;
2. die Erarbeitung eines Kosten-Nutzen-Vergleichsrechnungskonzepts zur Bewertung der Einführung von RFID-basierten Mehrwertdiensten;
3. die Ausarbeitung und kostenrechnerische Bewertung detaillierter Anforderungskataloge und Vorgehensmodelle zur Ausgestaltung der identifizierten Mehrwertdienste und der Einbindung in Prozesse sowie IT-Systeme der Unternehmen;
4. die Validierung der entwickelten Szenarien für Mehrwertdienste und der Kosten-Nutzen-Modelle durch praktische Anwendungen innerhalb der Unternehmen des Projektbegleitenden Ausschusses;
5. die Ausarbeitung eines Umsetzungsleitfadens für die Realisierung der entwickelten Konzepte unter Berücksichtigung technischer Standards zur universellen Anwendbarkeit.

2 Vorhabensergebnisse

2.1 Definition und Abgrenzung der Begriffe

2.1.1 Mehrwertdienste

Der Begriff des Mehrwertdienstes wird in der Literatur unterschiedlich beschrieben: Der Ursprung des Begriffs ist im Bereich der Telekommunikation. Dort wird ein Mehrwertdienst folgendermaßen definiert: „Ein **Mehrwertdienst** ist in der öffentlichen Telekommunikation ein Dienst, der eine Telekommunikationsdienstleistung um eine weitere Dienstleistung ergänzt und beide Dienste gemeinsam abrechnet“⁵. Mehrwertdienste werden häufig in Zusammenhang mit kostenpflichtigen Zusatzleitungen genannt.

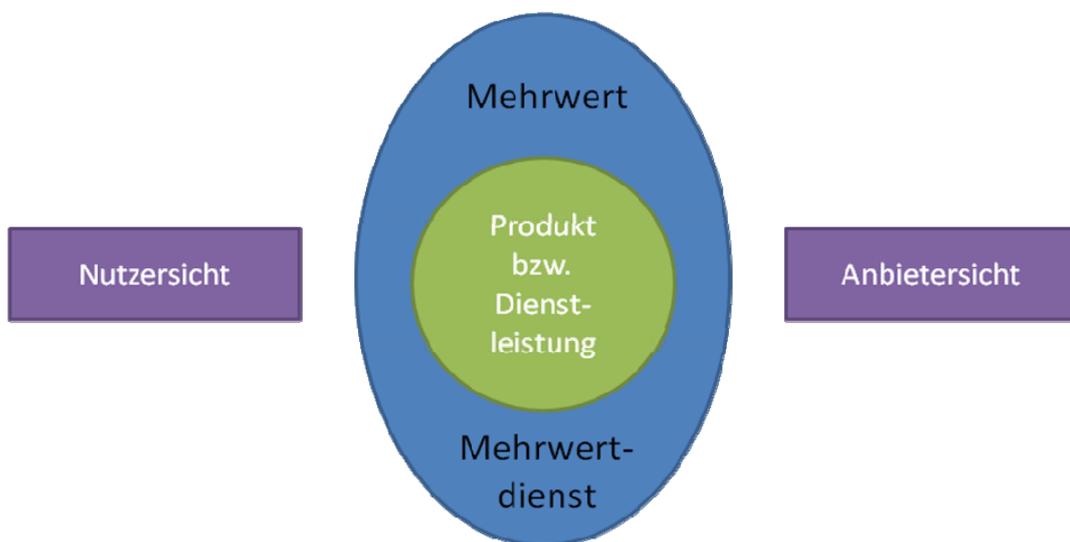


Abbildung 5: Sichtenmodell Mehrwertdienste (Quelle: [Band01])

⁵ Amtsblatt der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post Nr. 16/2004 Verfügung 037/2004 vom 11. August 2004

Im Bereich der Logistik wird der Begriff der Mehrwertdienste folgendermaßen ausgelegt: „Mehrwert ist damit sowohl eine Frage der Auffassung bzw. der Wahrnehmung durch den Nutzer (subjektive Größe) als auch ein relationaler Begriff. Demzufolge kann Mehrwert nur im Verhältnis zu einem Vergleichswert festgestellt werden. Werden diese Überlegungen auf Produkte und Dienstleistungen übertragen, lassen sich Mehrwert, Mehrwerteigenschaft und Mehrwertdienst aus Kundensicht wie folgt definieren:

Ein Mehrwert (engl. added value) ist ein Abnehmerwert, der über den Grundnutzen (als Vergleichswert) eines Produktes oder einer Dienstleistung hinaus dem Kunden einen zusätzlichen Nutzen bietet. Ein Mehrwert wird durch zusätzliche Produkt- und Dienstleistungsattribute (Mehrwerteigenschaften), Informationen oder zusätzliche Leistungen (Mehrwertdienste) des Anbieters geschaffen. Anstelle vom Abnehmerwert wird auch von Kundennutzen gesprochen.

Eine Mehrwerteigenschaft (engl. added value property) ist ein zusätzliches Produkt- oder Dienstleistungsattribut, das den Kundennutzen erhöht.

Ein Mehrwertdienst (engl. value added service) ist eine zusätzliche Dienstleistung, die einen Mehrwert generiert.“ [Band01].

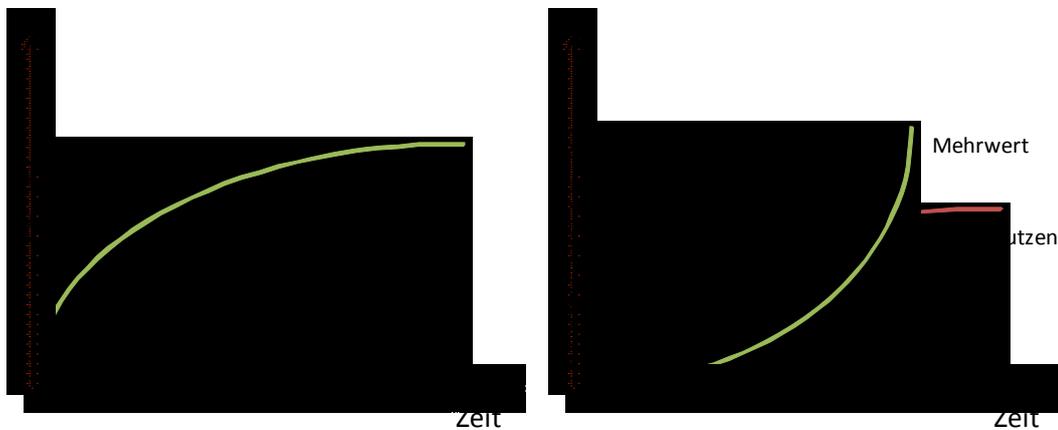


Abbildung 6: Kundennutzen und seine Bedeutung in Abhängigkeit von der Zeit
(Quelle: [Band01])

Für dieses Forschungsprojekt wurde obige Definition nach Bandow als Basis gewählt und um den technischen Aspekt der Nutzung von RFID ergänzt. Daraus ergibt sich die folgende Arbeitsdefinition:

Unter einem Mehrwertdienst versteht man einen Dienst, der auf einem technischen Basisdienst beruht, jedoch zusätzliche Leistungen zur Verfügung stellt und dadurch auch zusätzliche Nutzeneffekte oder Einnahmequellen bieten kann.

Identifikations-Technologie-basierte Mehrwertdienste bezeichnen Dienste zur Steigerung des Nutzens unter Verwendung von Identifikationstechnologien, wie bspw. RFID. Dies kann beispielsweise in Form von Prozessoptimierungen, Transparenzsteigerungen, Sicherheitsgewährleistungen oder Optimierung des Kundenservices erfolgen. Mögliche Einsatzbereiche erstrecken sich grundsätzlich über den gesamten Produktlebenszyklus und lassen sich demnach in die Stufen Entwicklung, Herstellung, Nutzung und Entsorgung gliedern.

2.1.2 RFID-Service

Im kommerziellen Bereich gibt es einige Lösungen, die die Verknüpfung der Datenerfassung in Echtzeit mit Geschäftsprozessen mit Hilfe von RFID zum Inhalt haben. In diesem Kontext wird das Wort „Service“ nicht als Mehrwertdienst benutzt. Mit dem Begriff RFID-Services werden in erster Linie Leistungen beschrieben, die die gesammelten Informationen aufbereiten und visualisieren um in verschiedenen Geschäftsbereichen transparente Informationen zu Ressourcen, Bestand und Enderzeugnissen zu erhalten. Im Verständnis dieses Forschungsprojektes sind RFID-Services primäre Dienstleistungen, die durch den Einsatz von RFID im geschäftlichen Umfeld ermöglicht werden. Mehrwertdienste, die auf Basis bereits erhobener Informationen durch eine neue Interpretation bzw. eine Neukombination einen zusätzlichen Informationsgrad erreichen, sind in diesem Kontext die Warensicherung und eine automatische Inventur bzw. automatische Kontrolle der Bestände, was aufwändiges Zählen von Artikeln überflüssig macht.⁶

Das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik hat in einem Forschungsprojekt eine Plattform für Dienste entwickelt. Diese sogenannte Logistics Mall soll ein virtueller Marktplatz sein, auf dem vernetzte Dienstleistungen und Softwaresysteme

⁶ <https://www-935.ibm.com/services/de/index.wss/offerfamily/its/n1628037>

me zur Verfügung gestellt werden⁷. Verschiedene Logistikservices werden miteinander bedarfsorientiert kombiniert und gebucht. Dabei werden Funktionen unterschiedlicher Anbieter zu einem individuellen Gesamtpaket zusammengestellt. Das Angebot basiert auf dem Software-as-a-Service-Prinzip und zeichnet sich durch eine nutzungsabhängige Abrechnung aus. Informationen und Daten die in den Geschäftsprozessen der Unternehmen über den Einsatz von RFID an logistischen Objekten an definierten Fixpunkten erhoben werden, können an die Services der Logistics Mall übertragen und weiterverarbeitet werden.

2.2 Anforderungsanalyse und Grobkonzeptentwicklung für Mehrwertdienste

Ein wichtiges Ergebnis des geförderten Forschungsvorhabens ist ein Vorgehensmodell für die Auswahl, Konzeption und Einführung von RFID-Mehrwertdienste. In diesem Modell werden die Aufgaben in drei Phasen (Analyse, Konzeption und Vorbereitung) sowie drei Dimensionen (Potenzial, Markt und Prozess) gegliedert (vgl. Abbildung 7).

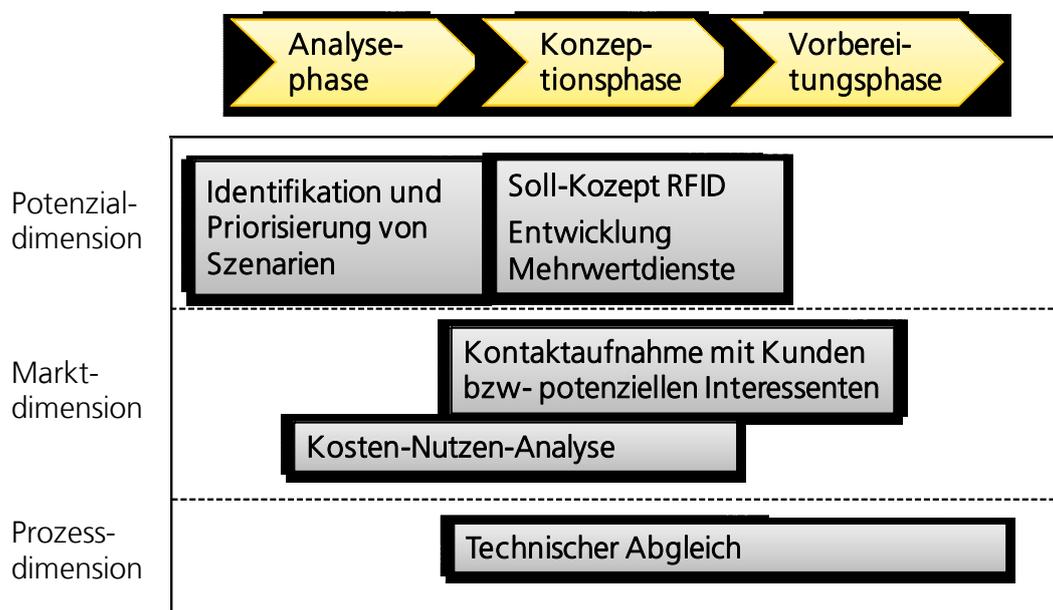


Abbildung 7: Vorgehensmodell Mehrwertdienste

⁷ Vgl. Fraunhofer-Innovationscluster Cloud Computing für die Logistik <http://www.ccl.fraunhofer.de/>

Dieses Vorgehensmodell wurde im Projekt mit Hilfe von mehreren Anwendungsszenarien erarbeitet, welche im Folgenden beschrieben sind.

2.2.1 Szenarien der BLOCK Transformatorelektronik GmbH

Bei der Analyse der Prozesse werden Fertigungsprozesse, Lager/Kommissionierprozesse sowie Planungsprozesse und eingesetzte Systeme betrachtet.

Szenario 1: Chargenverfolgung + Echtzeitfähigkeit in der Fertigung

- Ziel ist es die Status der Fertigungsaufträge vor allem den Fertigstellungstermin im PPS-System zu erkennen. Dafür ist es notwendig, dass die Fertigungsaufträge und Arbeitsfolgen relativ zeitnah (Ideal: „in Echtzeit“) über BDE zurückgemeldet werden.
- Der Mitarbeiter meldet sich an, gibt die Auftragsnummer und die Menge ein. Derzeit wird oft ein Auftrag am Anfang angemeldet und am Ende mit der Menge zurückgemeldet. Da ein Fertigungsauftrag / AFO u.U. mehrere Tage dauern kann, kann keine Aussage getroffen werden, wann ein Auftrag fertig wird.

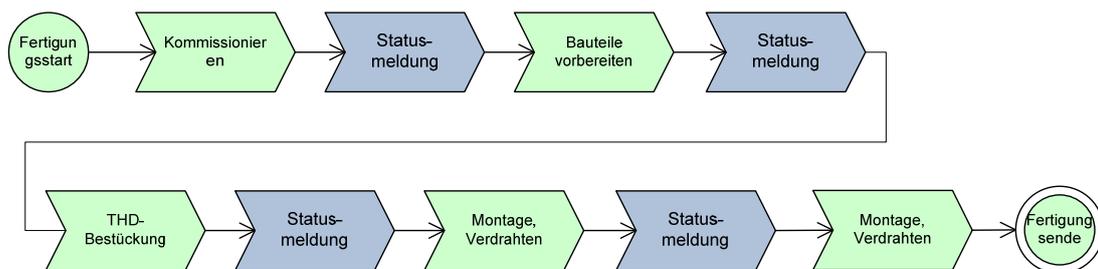


Abbildung 8: Beispiel eines Ist-Prozesses (anonymisiert)

„Chargenverfolgung“

- Teile aus dem Hauptlager (Liftlager) haben 100% Chargenverfolgung. Bei den Artikeln aus dem Hauptlager müssen im Falle einer Rückverfolgung nach den Laufkarten gesucht werden, die laufend archiviert werden.

- Alle stromführenden Teile sind Chargenpflichtig (ca. 95% aller Teile sind Stromführend). Kartons, Aufkleber und Standardschrauben sind nicht chargenpflichtig.
- SMD-Teile kommen aus dem Handlager.
- Verhältnis Handlagerartikel zu Hauptlagerartikel ca. 1:10.
- Jede Baugruppe bekommt eine Laufkarte. Es wird auf Losgrößenebene kommissioniert (d.h. in der Regel wird die gesamte Menge für einen Fertigungsauftrag kommissioniert).
- Beim Kommissionieren wird die Chargennummer handschriftlich in der Liste vermerkt (8-Stellige Zahl). Im Schnitt hat man pro Position 2 Chargennummern.
- Es wird mehrmals im Jahr nach Chargennummern gesucht.

Szenario 2: Lagerplatzidentifikation

- Im Handlagerbereich werden Einkaufsteile gelagert. Im Zentrallager sind die Lagerorte auf Fachebene definiert.
- Produktion meldet mit der letzten AFO auch die Menge an. Anschließend wird der Auftrag fertig gemeldet. Die produzierte Menge wird auf Lager gebucht.
- Ein Lagerplatz hat u.U. mehrere Artikel. Eine Chargennummer hat ggf. mehrere Lagerplätze. Es werden Europaletten, Kartons, Halbpaletten, KLTs („Blaue Kisten“) eingesetzt.
- Bestandsinventur ist relativ aufwändig durchzuführen.
- Artikel werden direkt mit Regalfächer verknüpft, d.h. keine Artikel \leftrightarrow Paletten-Zuordnung.
- FiFo ist nicht zwingend notwendig, jedoch bei einigen Artikeln wünschenswert.
- Bestände werden retrograd gebucht, d.h. erst am Ende des Produktionsvorganges und Fertigmeldung der Aufträge werden die Bestände korrigiert.
- Keine feste, planerische Zuordnung von Artikeln zu Behältern.
- Leere Handlagerfächer werden über Hauptlager befüllt, d.h. in der Regel erfolgt keine Direktbelieferung vom Wareneingang ins Handlager.
- Ein Kommissionierer sucht das Produkt (End- oder Halbfertigprodukte) im Lager. Lagerplatzänderungen werden als Umbuchung dokumentiert. Es fin-

det eine wechselseitige Beziehung zw. der Fertigung und dem Zentrallager (Hauptlager) statt.

- Halbfertigerzeugnisse und Bauteile kommen aus der Fertigung und gehen in das Hauptlager. Artikel vom Hauptlager gehen in das Handlager oder direkt in die Fertigung.
- Die Lagerplätze sind eindeutig mit Barcode gekennzeichnet.
- Im Lager gibt es bereits WLAN und es wird ein MDA für die automatische Umlagerung eingesetzt.

Szenario 3: Prüfprotokolle

Zuerst auf Endgeräteebene, später auf Bauteilebene sollen Prüfprotokolle erstellt und diese später den Kunden über Internet zur Verfügung gestellt werden. Aktuell befindet sich ein Projekt beim Unternehmen BLOCK Transformatorenelektronik GmbH in der Umsetzung, in welchem in einer Datenbank die Prüfwerte jedes einzelnen Geräts gespeichert werden. Im Moment ist diese Lösung noch eine Insellösung. Eine Integration mit der Unternehmens-EDV ist noch nicht realisiert.

Ideal wäre, die Artikelnummer und 3 weitere Stellen für Prüfprotokollnummer auf einen RFID-Tag sowie im System zu speichern.

2.2.2 Szenarien CS Schalmöbel GmbH & Co. KG

Das Unternehmen kann mit seinen über 500 Mitarbeitern und einem Umsatz von über 50 Millionen Euro als ein größeres KMU bezeichnet werden. Mit einem Produktionsvolumen von 24.000 Einheiten pro Tag und einer Gesamtbetriebsfläche von 210.000 qm zählt der Betrieb zu den Marktführern in dessen Produktsegment. Als Spezialist für zerlegte Mitnahmemöbel werden Möbelhäuser und ebenfalls die Endkunden beliefert. Mit einem gegenwärtigen Exportanteil von 33 % (weltweit) soll der Kernmarkt des Unternehmens neben Deutschland und Frankreich auf ganz Europa ausgeweitet werden. Im Rahmen der Aktivitäten bei der Fa. CS Schalmöbel GmbH & Co. KG wurde folgendes Vorgehensmodell angewendet.

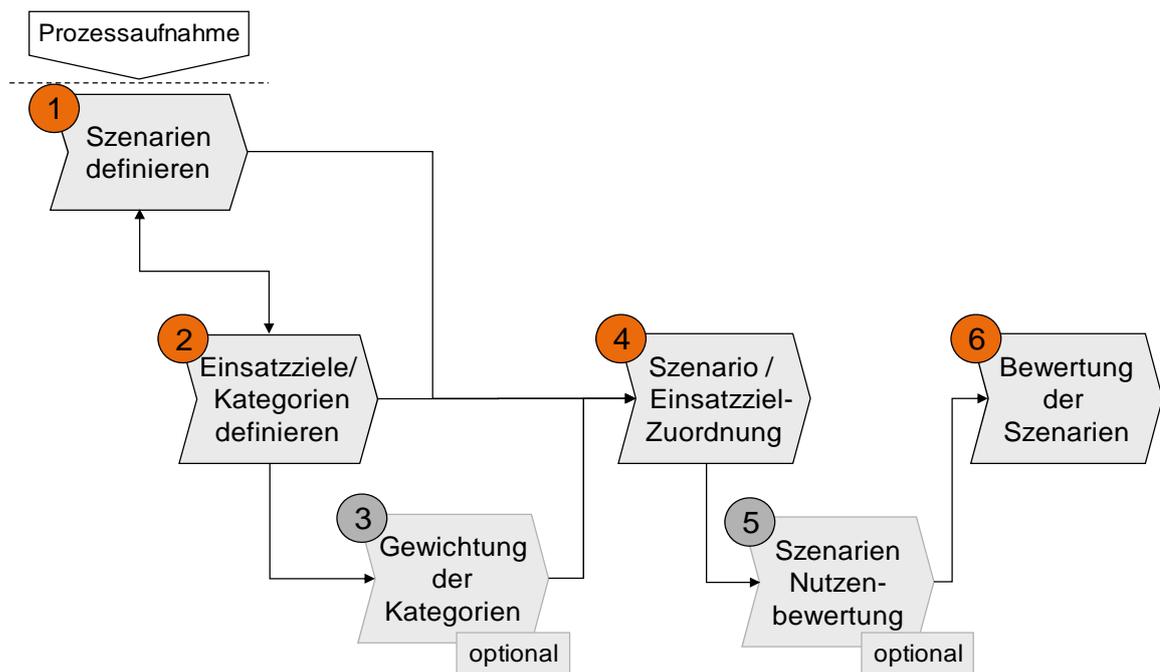


Abbildung 9: Vorgehensmodell für Bewertung der RFID-Szenarien

2.2.2.1 Auswahl und Bewertung der Szenarien

Die Definition geeigneter Szenarien für einen RFID-Einsatz wurde mittels eines Workshops durchgeführt. Wie in der folgenden Abbildung dargestellt, lag die Fokussierung der anwesenden Mitarbeiter auf einer Verbesserung des Kundennutzens und der Optimierung von Kosten/Aufwand, Themen wie Sicherheit oder Störungsmanagement wurden hingegen als weniger relevant eingestuft.

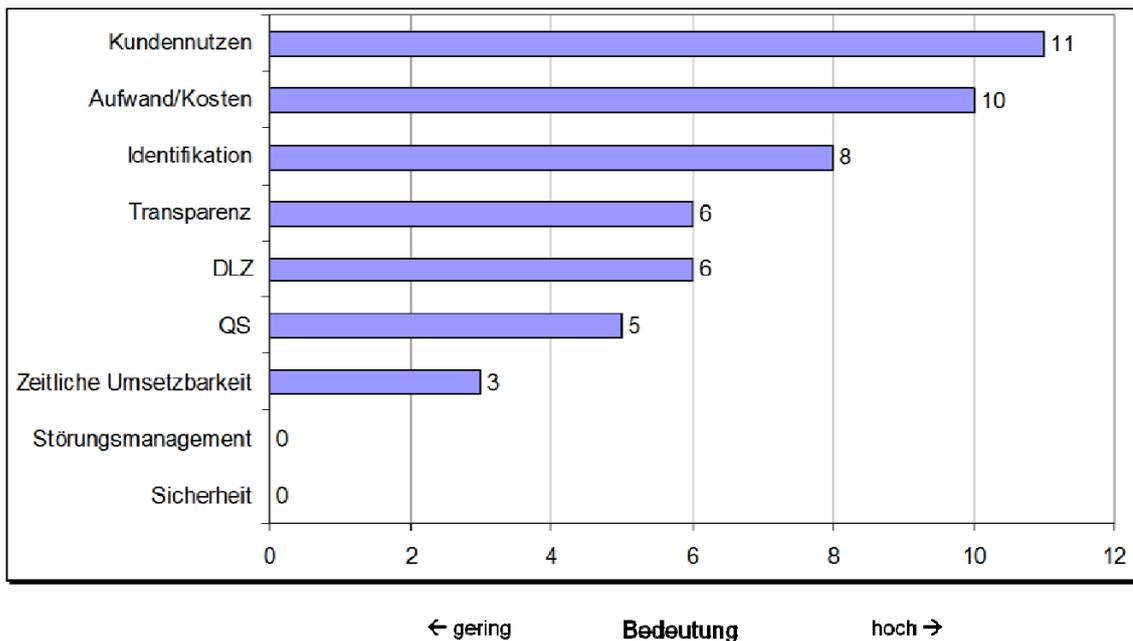


Abbildung 10: Priorisierung der Nutzenkategorien

Im Anschluss daran wurden aus dem Szenarienpool elf Szenarien ausgewählt, welche sich für eine Praxisanwendung im Unternehmen eignen könnten.

Szenario	Beschreibung / Fragestellungen
1-Prozessanalyse	<ul style="list-style-type: none"> • Wie hoch sind die Wartezeiten vor einer Maschine? • Welche Maschinen haben welche Auslastung (innerhalb einer Kapazitätsgruppe), Info für die Instandhaltung (über TE bzw. TR-Zeit)? • Wie lange sind die Durchlaufzeiten (mittlere DLZ sowie pro Auftrag bzw. Variante)? • Lernkurve der Mitarbeiter Nutzen → Reduzierung der Wartezeiten Erkennen von Engpassressourcen
2-Produktionsstatus / Feinplanung der Produktion	Automatische Rückmeldung der Arbeitsfolgen (BDE-Ersatz) und dadurch bessere Planungsbasis für die Feinplanung der Aufträge. Z. B. Chip wird an der Schalttafel (Sperrholzbrett) angebracht; die Auftrags-AFOs werden automatisch zurückgemeldet.
3-Automatisierung der Kontrollvorgänge	Alle Pakete werden mit einem RFID-Chip versehen, so dass der Kontrollvorgang weitestgehend automatisch durchgeführt werden kann.

<p>4-Automatische, Dezentrale Steuerung der Aufträge (RFID-Chip auf dem Produkt oder Transporthilfsmittel)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Ausstattung soll das Endprodukt haben? • In welche Reihenfolge soll das Produkt gefertigt und in welcher Reihenfolge montiert werden? <p>Nutzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Einhaltung der Montagereihenfolge → Fehlervermeidung (Ist- versus Soll-Ausstattung)
<p>5-Kontrollierte Kommissionierung / Sequenzierung</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Permanente oder temporäre Anbringung von RFID-Tags an selektierten Bauteilen • Beschreibung des Tags mit Seriennummer und Typ der Bauteile • Manuelle oder automatisierte Sequenzierung von Teilen • Übertragung der Soll-Sequenz oder Kommissionierliste in Hardwareanwendung <p>Lesen der Ist-Sequenz oder Ist-Kommissionierung und Abgleich mit Soll</p> <ul style="list-style-type: none"> • Warnmeldung bei Fehlern! <p>Nutzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Nur die richtigen Sequenzen und Teilezusammenstellungen werden zur Montage geliefert → Einsparung von manuellen Kontrollvorgängen → Vermeidung von Kosten durch Ausbau falscher Teile → Vermeidung von Zusatzarbeit (Berichtigung von Sequenzen) → Weniger Notfalleinsätze bei Fehlteilen am Band
<p>6-Nachverfolgbarkeit bei After Sales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Prozessdaten werden direkt auf dem Bauteil hinterlegt und können von berechtigten Personen jederzeit ausgelesen werden. <p>Nutzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Es muss nur ein Transponder angebracht werden. (Im Gegensatz zu Barcodes) → Transponder kann auch unter der Lackschicht ausgelesen werden. → Im Haftungsfall kann der Nachweis über den richtigen Prozess erbracht werden. → Keine Eingabe der Daten in System notwendig

7-Speicherung der Kundeninformationen als Mehrwert für den Kunden	Produktinformationen werden für den Kunden auf einem Chip gespeichert, Lieferungen werden mit einer Aufstellung (Liste) sämtlicher Produkte versendet. Eine web-basierte Anwendung dient dazu, um einen Statusbericht über die nächste(n) Lieferungen zu erhalten. Somit könnte sich der Kunde nach Eingabe der Auftragsnummer über Zeit und Art der Belieferung informieren. Nutzen: Verbesserter Kundenservice, Profilierung am Markt.
8-Bestandsführung	Höhere Genauigkeit der Bestandsinformationen durch echtzeitfähige Zu- und Abbuchung der Bestände sowie Lagerorte
9-Übergabe der Änderungen / Nachträge, die nach dem Produktionsstart auftreten	Änderung der Ausstattung / des Arbeitsplans nach der Auftragsfreigabe. Z. B. Erweiterung der Ausstattung, Änderung der Fertigstellungstermine.
10-Verladeliste	Tourenspezifische Verladeliste
11-Be- und Entladen LKW (Tracking)	Be- und Entladevorgänge sollen digital erfasst und zu Tracking-Zwecken verwendet werden (Information für die Kunden).

Im nächsten Schritt wurden diese Szenarien auf deren Erfüllung in den einzelnen Nutzenkategorien von insgesamt zehn Mitarbeitern bewertet.

Unter Berücksichtigung der anfangs bewerteten Nutzenkategorien ergab sich folgende Priorisierung der Szenarien.

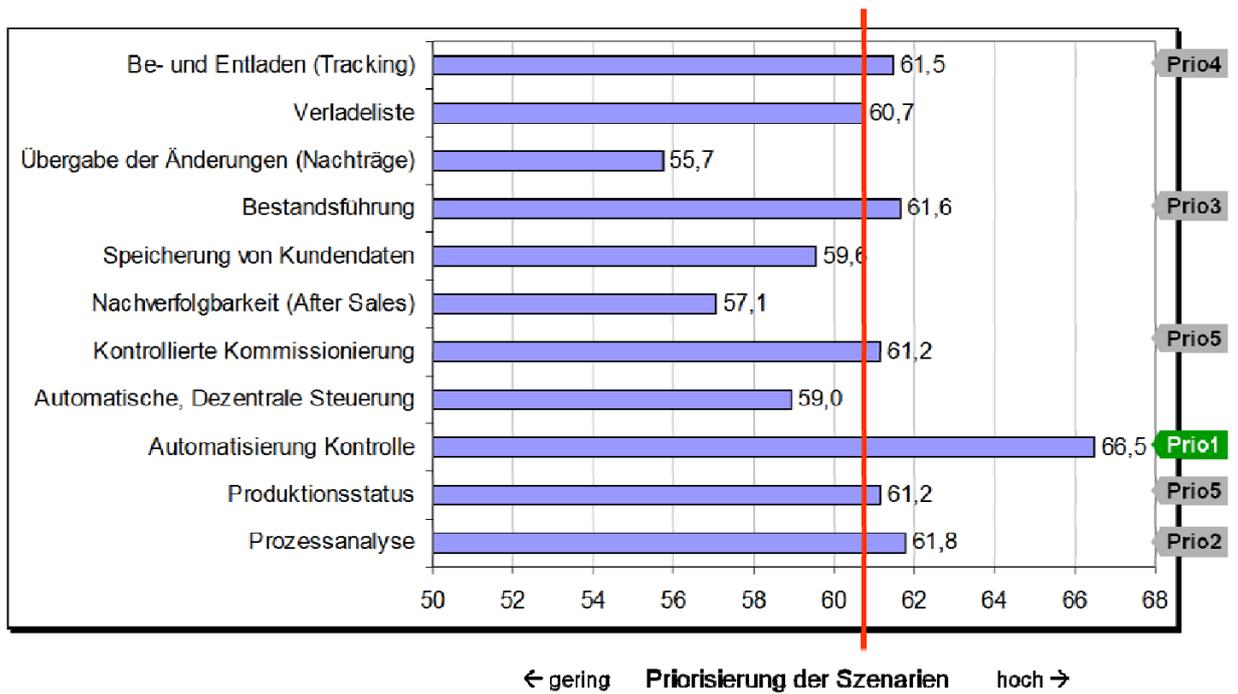


Abbildung 11: Priorisierung der Szenarien

Die Szenarios „Automatisierung der Kontrollvorgänge“ sowie „RFID-Basierte Bestandsführung“ wurden zur Weiterverfolgung ausgewählt.

Die Nutzeneffekte der Top4-Szenarien stellen sich im Einzelnen wie folgt dar:

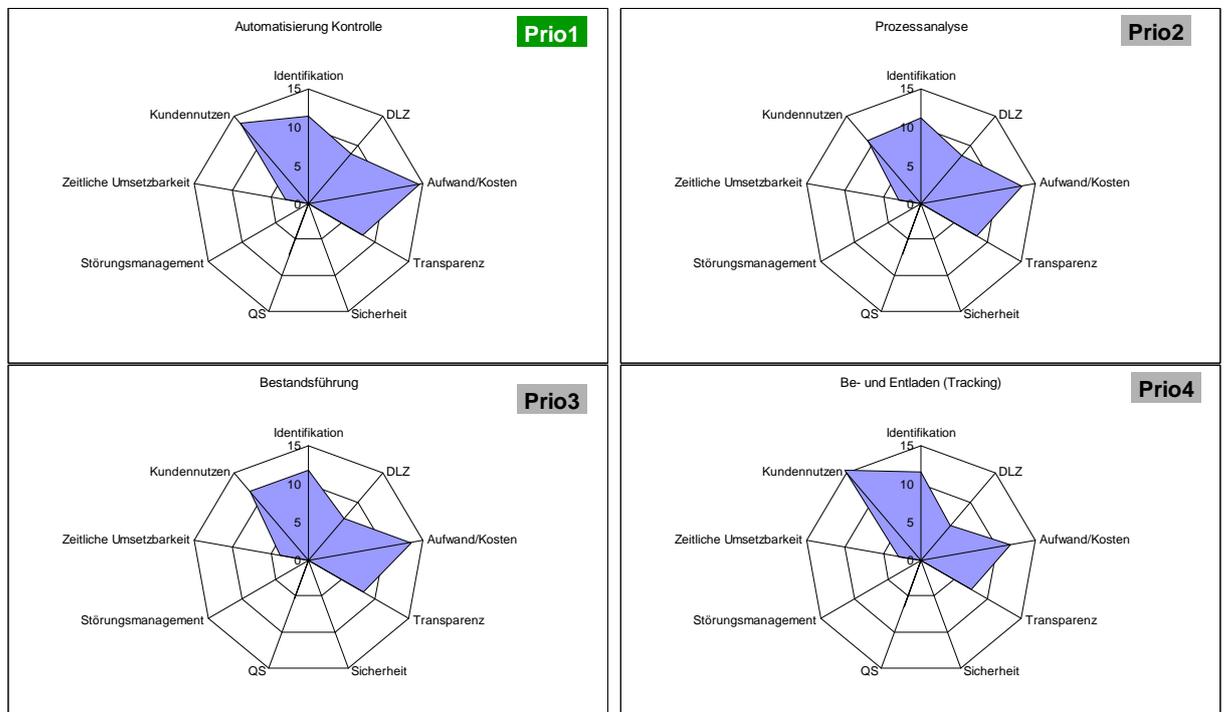


Abbildung 12: Priorisierte Szenarien 1 bis 4 und erwartete Nutzeneffekte

Die Automatisierung von Kontrollvorgängen kann in unterschiedlichen Bereichen der Unternehmen durch einen Einsatz von RFID erreicht werden. Alle Produkte, Komponenten oder deren Ladungsträger können mit RFID-Chips versehen, so dass Kontrollvorgänge weitestgehend automatisch durchgeführt werden können. Durch die Speicherung warenbegleitender Daten und deren Weitergabe kann ein solches Szenario in völlig unterschiedlichen Bereichen eines Unternehmens eingesetzt werden. Durch eine Verknüpfung interner Kontrollvorgänge mittels RFID besteht die Möglichkeit, ein Höchstmaß an Produkt- und Prozesssicherheit zu erlangen. Die Vorteilhaftigkeit der Anwendung liegen vor allem in der Fehlervermeidung, dem Wegfall aufwendiger Kontrollvorgänge, der genaueren Dokumentation, einem erhöhten Grad der Automatisierung sowie der Beschleunigung einzelner Prozessschritte.

Der Einsatz des Szenarios „Bestandsführung“ kann bereichsübergreifend angewendet werden. Eine Fortschreibung der Menge und Art der ein- und ausgelagerten Artikel im Lager erfolgt heutzutage auf Basis von Inventuren und aufgrund gesetzlicher Regelungen durch regelmäßige Bestandskontrollen. Diese werden dabei meist manuell durchgeführt. Ein- und Ausgangsbuchungen der Waren werden durchgeführt, um den Auslastungsgrad der Lager zu ermitteln und somit ein gesteigertes Maß an Bestandstransparenz zu erhalten. Durch den Einsatz von RFID in der Lagerhaltung können Inventuren und Bestandskontrollen effizienter gestaltet werden. Eine Automatisierung der Bestandsführung durch den Einsatz von RFID bietet eine hohe Transparenz aller Daten zu den eingelagerten Waren, Lagermengen und Lagerorten, Leerflächen und belegten Flächen im Lager. Die zur Verfügung stehenden Daten in Echtzeit erhöhen die Genauigkeit der Bestände und bieten ein Höchstmaß an Aktualität hinsichtlich der Warenbestandsinformationen. Beispielsweise können somit Materialengpässe oder aufwendige Suchaktionen vermieden werden.

2.2.2.2 Ist-Analyse und Soll-Konzepte

Auf Basis der ausgewählten Szenarios wurde eine Ist-Analyse der bestehenden Prozesse des Unternehmens durchgeführt.

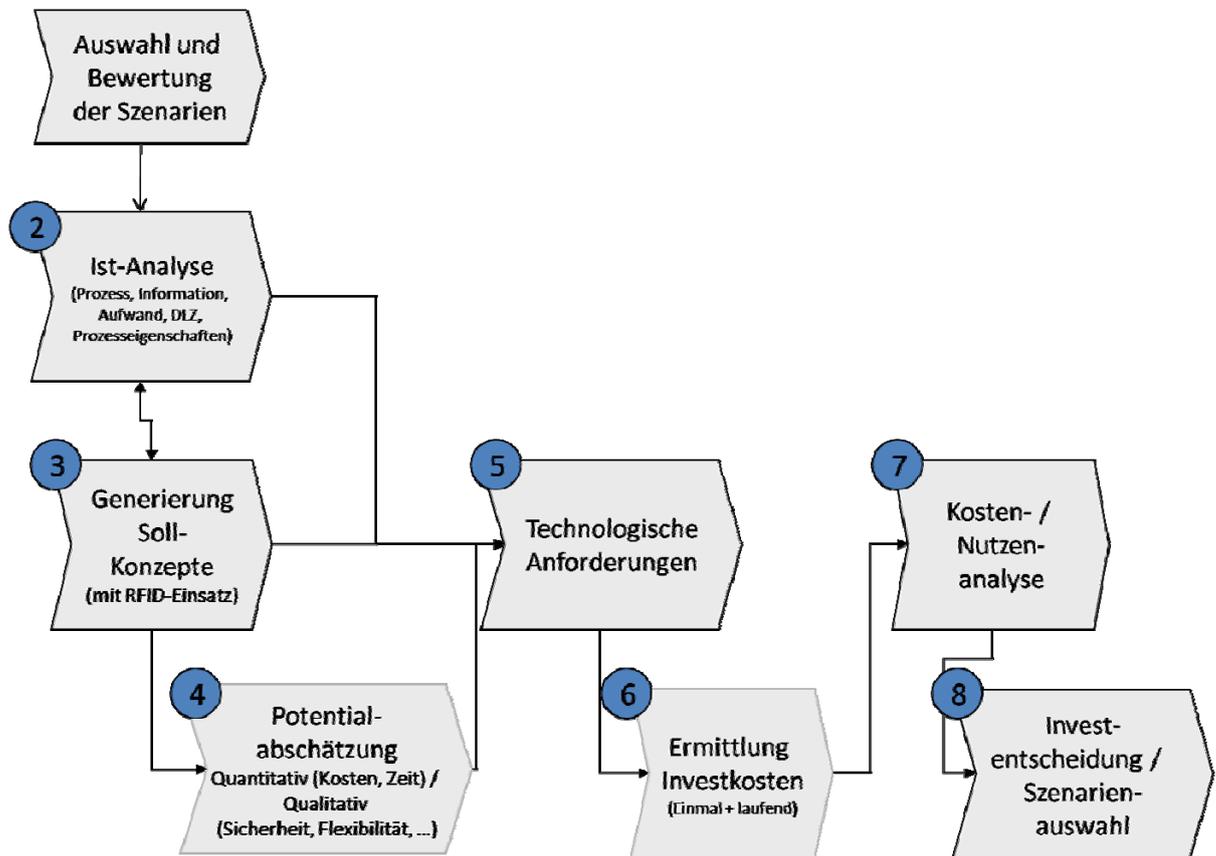


Abbildung 13: Vorgehensmodell – Ist-Analyse und Sollkonzepte

Hierbei wurden alle Haupt- und Teilprozesse vom Wareneingang hin zum Versand der Produkte dokumentiert. Besonderes Augenmerk lag dabei auf den Bereichen, in denen die ausgewählten Szenarien Anwendung finden sollten.

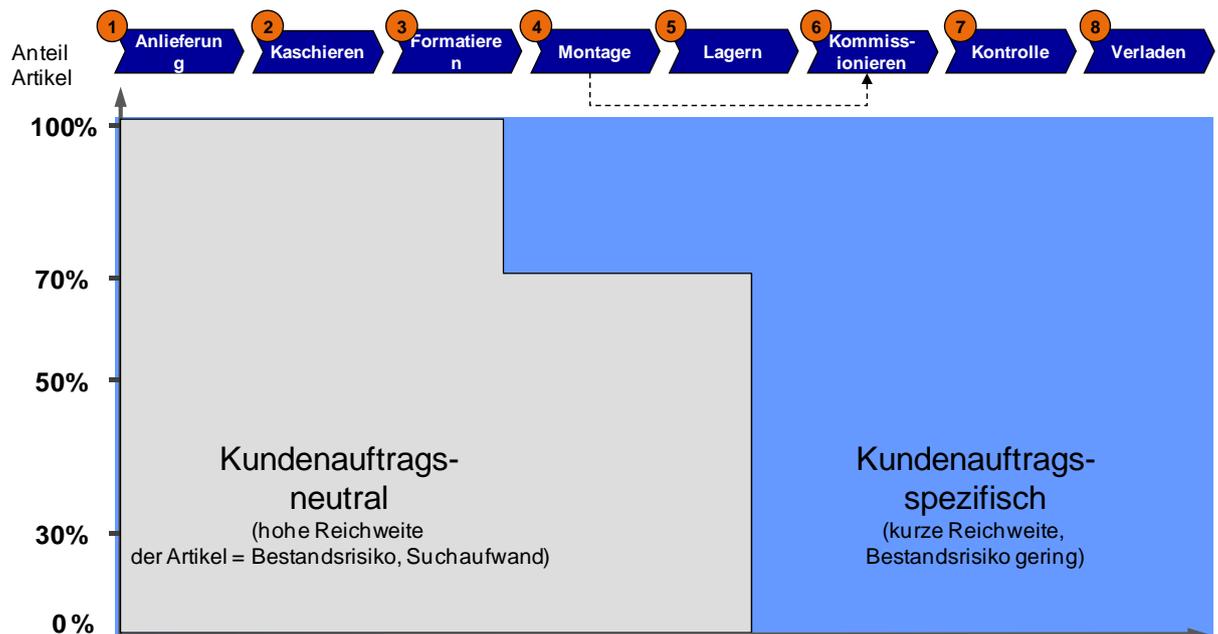


Abbildung 14: Prozesse der Ist-Analyse und Kundenentkopplungsgrenze

Nach Durchführung der Ist-Analyse wurden Potentiale in unterschiedlichen Prozessen identifiziert, aus denen mögliche Maßnahmen / Ideen abgeleitet werden konnten. Folgende Potentialfelder wurden gemeinsam identifiziert

- Kontrollaufwand
- Such- und Stapelungsaufwand im Versandlager
- Kommissionieraufwand
- Suchaufwand für Halbfabrikate
- Bestand

Nach Aufstellung sämtlicher Ratiopotentiale konnte im Anschluss daran eine Grobschätzung über mögliche Einsparungen vorgenommen werden. Die prozentuale Erhebung drückt den Umfang des Rationalisierungsvolumens innerhalb der einzelnen Potentiale aus. Hierbei wurde ermittelt, welche Potentiale durch strukturelle Veränderungen und Technologieeinsatz möglich sind.

Auf Basis der Ist-Analyse und der Potentialabschätzung wurden **Soll-Konzepte** erarbeitet, welche mittels eines der beiden Szenarien umgesetzt werden könnten. Für das Szenario 1 (Automatisierung der Kontrollvorgänge) wurden demnach vier mögliche Soll-Konzepte erstellt, das Szenario 2 beinhaltet zwei Soll-Konzepte. Je nach Wirkungsgrad tangieren die Lösungsmöglichkeiten die eingangs beschriebenen Optimierungspotentiale.

Szenario	Konzept	Auswirkungen auf Optimierungspotentiale
(1) Automatisierung der Kontrollvorgänge	Soll 1	[1-3]
	Soll 2	[1-3]
	Soll 3	[1-3]
	Soll 4	[1-3]
(2) Bestandsführung	Soll 5	[4]
	Soll 6	[1-5]



Abbildung 15: Untersuchte Szenarien und Soll-Konzepte

Die Ausarbeitung der Konzepte zielte nicht nur auf einen ausschließlichen Einsatz der RFID-Technologie ab, es sollten auch die erweiterten Einsatzmöglichkeiten der bereits bestehenden Barcode-Technologie Berücksichtigung finden (siehe Soll-Konzept 1). Zudem wurde Wert darauf gelegt, die potentiellen Nutzenvorteile mittels einer Verknüpfung der Barcode- und RFID-Technologie abschätzen zu können (siehe Soll-Konzept 3). Ziel aller entwickelten Konzepte ist es, neben der Automatisierung der Kontrollvorgänge die Prozesse in den Bereichen Kommissionierung und Verladung ebenfalls zu optimieren.

Szenario	Soll Konzept	Beschreibung	Art des Fördersystems
Szenario 1: Automatisierung der Kontrollvorgänge (im Bereich Kommissionierung und Versand)	Soll 1 (BC)	Automatisierung der Kontrollvorgänge ausschließlich mit Barcode- Einsatz	Rollenbahn (Rollensystem)
	Soll 2 (RFID)	Automatisierung der Kontrollvorgänge in der Kommissionierung ausschließlich mit RFID - Einsatz	
	Soll 3 (BC + RFID)	Automatisierung der Kontrollvorgänge aus einer Kombination von Barcode- und RFID- Technologie	
	Soll 4 (Förderband system und RFID)	Einrichtung eines Förderbandsystems mit einer kombinierten Lösung aus RFID und/ oder Barcode Einsatz. (Diese Lösung beinhaltet den höchsten Grad an Automatisierung)	Rollenbahn + Förderband

Abbildung 16: Szenario 1 und Soll-Konzepte

Die Konzeption möglicher Einsatzvarianten beinhaltet die dabei notwendigen strukturellen und organisatorischen Anforderungen. Neben einer völlig umstrukturierten Organisationsform beinhalten alle Konzepte eine neue Art der Beförderung der Collies in den Bereichen Kommissionierung/Kontrolle und Verladung/ Versand. Hierbei finden Rollenbahnen und/oder automatische Förderbandsysteme Anwendung, abhängig von dem gewünschten Grad der Automatisierung. Grundsätzlich ist die Neustrukturierung der Prozesse im Versandlager auf ein paralleles Kommissionieren ausgerichtet. Hierbei wird systemtechnische Unterstützung als Grundvoraussetzung angenommen.

Die Dokumentation der kommissionierten Artikel auf einer Palette kann, abhängig von dem jeweiligen Konzept, durch den Einsatz von Barcode und/oder RFID auf Produkt- oder Palettenebene erfolgen. Die Reihenfolge der zu kommissionierenden Artikel kann durch ein System vorgegeben werden. Berücksichtigt werden müssen dabei die Tour, die Abladestelle sowie die Artikelnummer. Hierbei kann im System hinterlegt werden, welche Collies bspw. aufgrund ihrer Beschaffenheit zuerst kommissioniert werden müssen.

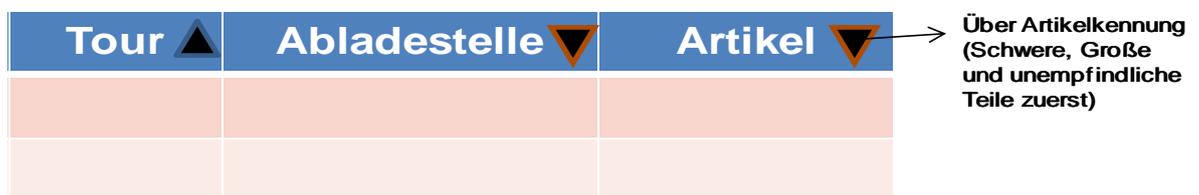


Abbildung 17: Reihenfolge der Kommissionierung

Eine Rollenbahn kann die Vorteile eines preiswerten Förderers für Massentransporte mit Anforderungen an platzsparende Lagerhaltung innerhalb der Flächen verbinden.

Eine Nutzung von speziellen Kommissionierwagen wäre denkbar. Diese Art der Bereitstell- und Kontrolllösung könnte die unhandliche Nutzung von Paletten ersetzen.

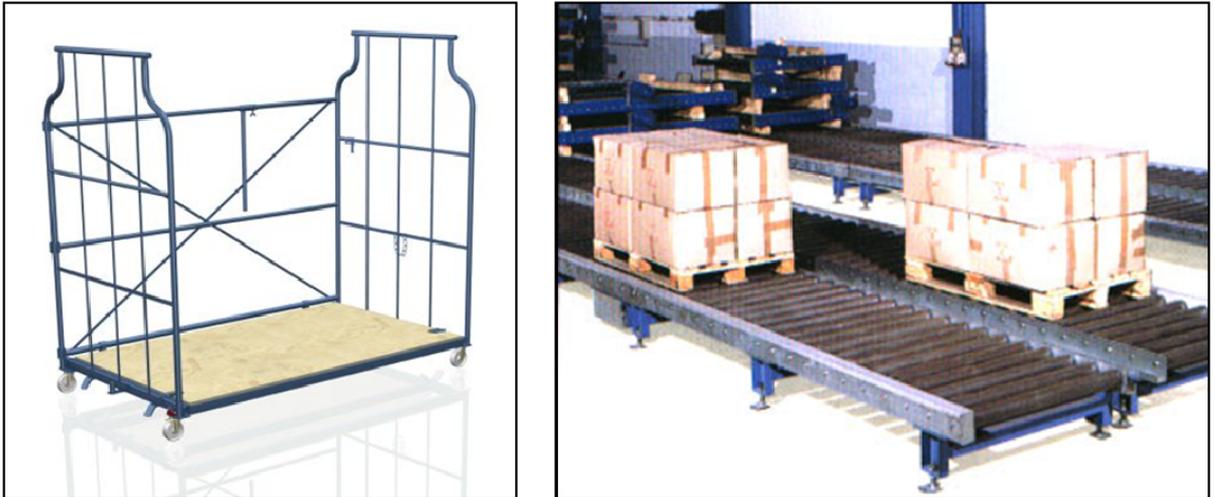


Abbildung 18: Kommissionierwagen als innerbetriebliche Transportmittel

Nach der Aufstellung der Konzepte konnten danach die zukünftigen Ablaufbeschreibungen unter Berücksichtigung der Gegebenheiten innerhalb der Unternehmensprozesse erstellt werden. Die Kurzbeschreibungen über die zukünftigen Abläufe bilden die Grundlage für die weitere Bewertung der einzelnen Soll-Konzepte. Hierfür wurden Prinzipdarstellungen erstellt, welche es erlauben, einen detaillierten visuellen Eindruck über die Restrukturierungen zu erhalten.

Die Nutzung des bereits bestehenden Barcodes auf den Collies zur automatischen Steuerung der Kontrollvorgänge ist die Lösung mit dem niedrigsten Komplexitätsgrad. Eine Verknüpfung zwischen der Palette und den zu kommissionierenden Collies mittels des Barcodes ermöglicht eine systemgestützte Kontrolle aller kommissionierten Artikel am Beginn der Verladezone.

Das Soll-Konzept 2 sieht einen ausschließlichen Einsatz der RFID-Technologie auf Artekelebene vor.

Das Soll-Konzept 3 sieht eine Kombination des bereits existierenden Barcodes (auf Artekelebene) und der RFID-Technologie (auf Ebene des Ladungsträgers) vor.

Mit dem Soll-Konzept 4 erfolgt die Beförderung und anschließende Kontrolle mittels einer Förderstrecke.

Im Übergabebereich werden die kommissionierten Artikel auf die Fördertechnik gelegt und im weiteren Verlauf durch ein RFID-Lesegerät kontrolliert. Daraufhin erfolgt das Ausschleusen der Colliers an das vorgesehene Verladetor.

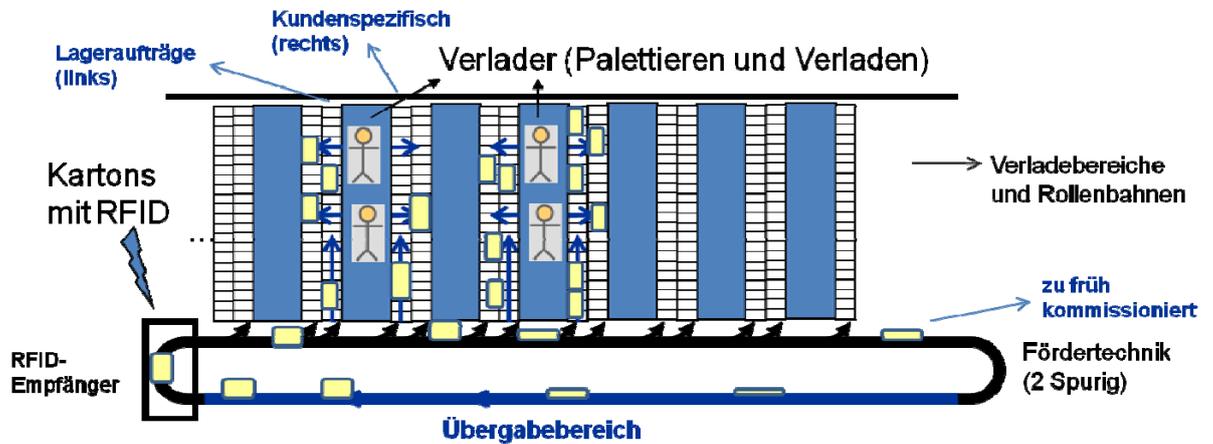


Abbildung 19: Prinzipdarstellung Soll-Konzept 4 (Fördertechnik)

Für alle Soll-Konzepte [1-4] ist die Erarbeitung und Implementierung eines Tourenkontrollsystems eine Grundvoraussetzung. Hierbei wird durch ERP-Systemunterstützung der Status der unterschiedlichen Touren in Echtzeit auf Terminals angezeigt. Mithilfe dieses Systems kann die Kontrolle vollständig automatisiert und dokumentiert werden.

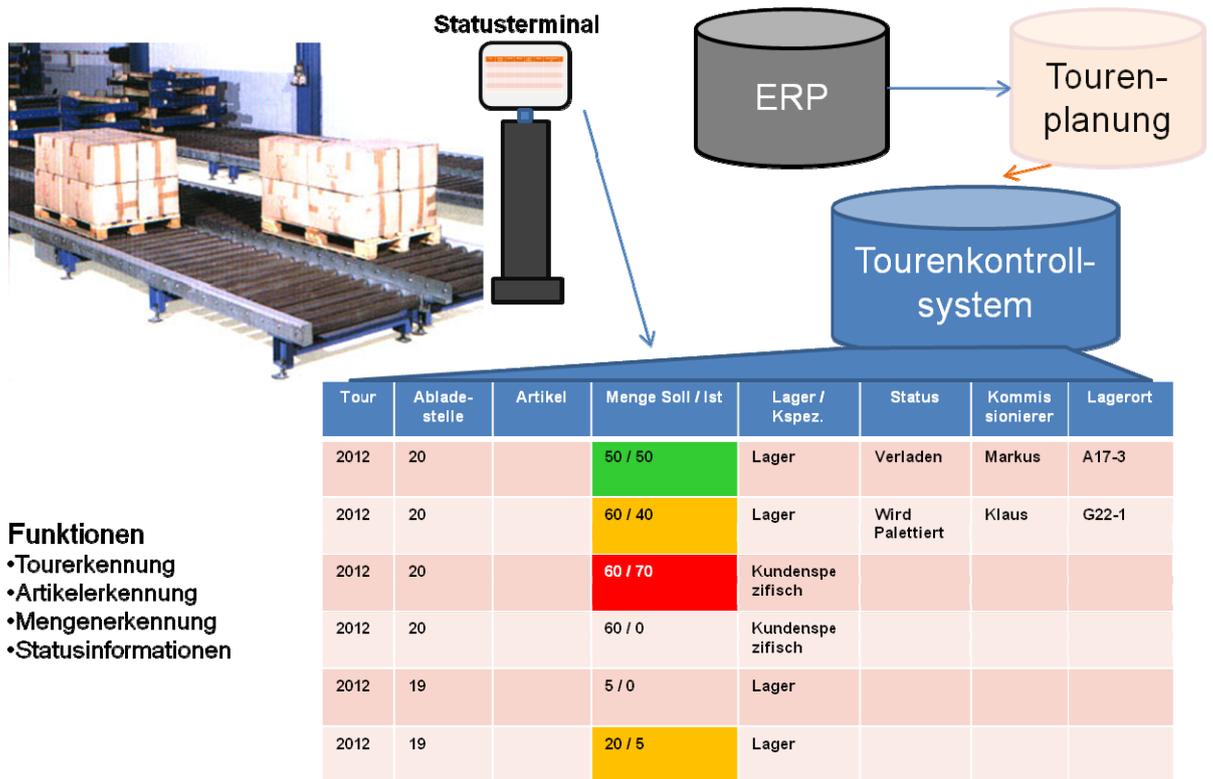


Abbildung 20: Prinzipdarstellung eines Tourenkontrollsystems

Für das Szenario 2 (Bestandsführung / Bestandstransparenz) wurden die Soll-Konzepte 5 und 6 erstellt.

Szenario	Soll Konzept	Beschreibung
Szenario 2: Bestandsführung	Soll 5 (RFID)	Optimierung der Bestandsführung durch den Einsatz von RFID im Zwischenlager (und an der Montage-/Verpackungslinie) mithilfe von drahtlosen Netzwerken (Wlan- Access Points)
	Soll 6 (RFID + Barcode)	Verbesserung der Bestandsführung durch den Einsatz von RFID Transpondern im Lager für Fertigerzeugnisse und Weiterverwendung im Bereich Kommissionierung und Versand

Abbildung 21: Übersicht Soll-Konzepte 5 und 6 (Szenario 2)

Das Soll-Konzept 5 beschreibt die Einsatzmöglichkeiten eines werksinternen Tracking and Tracings der HFE und Zukaufteile im Bereich der Montagelinien. Hierdurch wäre es möglich, den täglich anfallenden Suchaufwand der benötigten Materialien zu reduzieren.

Das Soll-Konzept 6 sieht einen bereichsübergreifenden RFID-Einsatz zur verbesserten Bestandsführung vor.

Hierbei sei angemerkt, dass dieses Konzept das höchste Maß an Umstrukturierung und Organisationsmaßnahmen erfordert.

2.2.3 Bewertung der qualitativen Nutzenkategorien

Nach Aufstellung der Soll-Konzepte wurden diese mit den zuständigen Mitarbeitern des Unternehmens diskutiert und zur weiteren Untersuchung konkretisiert. In diesem Abschnitt des Kapitels sollen die Ergebnisse der Bewertung der qualitativen und wirtschaftlichen Einflussfaktoren aller Soll-Konzepte aufgezeigt werden. Für die Bewertung wurde, wie bereits erwähnt, mit Schätzwerten gearbeitet, welche auf Herstellerangaben (Technologieanbieter) und Best-Practice-Beispielen von vergleichbaren Unternehmen basieren.

Im Zuge der Ist-Analyse wurde in einem ersten Schritt ein umfassender Katalog über sämtliche Probleme- und Potentiale in den betreffenden Hauptprozessen des Unternehmens erstellt. Diese Art der Dokumentation über den Ist-Stand bildete die Grundvoraussetzung für die Bewertung der qualitativen Nutzenkategorien. Wie in der folgenden Abbildung beispielhaft ersichtlich ist, konnten alle Probleme und Potentiale, welche in den Bereichen Kommissionierung, Kontrolle und Versand/Verladung relevant sind, aufgenommen und katalogisiert werden.

Mithilfe der beschriebenen Ist-Analysen konnte im Anschluss daran die Bewertung der einzelnen Soll-Konzepte vorgenommen werden. Die folgende Abbildung veranschaulicht die Auswirkungen des Soll-Konzepts 2 in der Nutzenkategorie Kundennutzen. Hierbei wurden die jeweiligen Probleme nach ihrer Wichtigkeit priorisiert und anschließend der Grad der Erfüllung geschätzt.

Bei der Betrachtung der erzielten Ergebnisse kann, im Vergleich zum Mittelwert der Ist-Situation, bei allen Konzepten ein Zuwachs innerhalb der qualitativen Nutzenkategorien festgestellt werden.

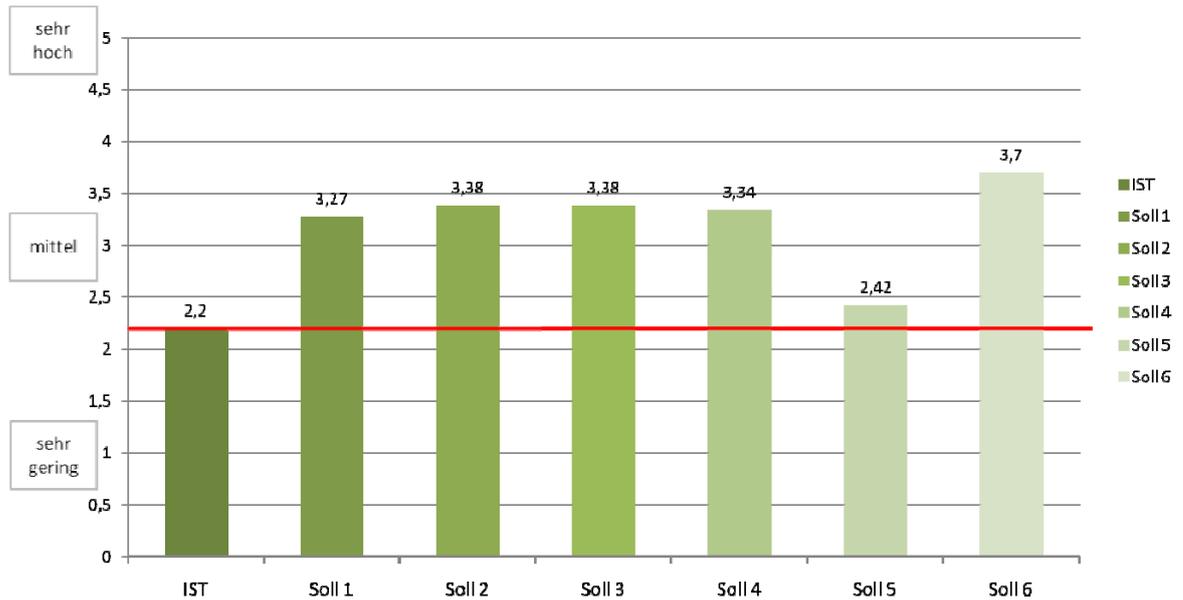


Abbildung 22: Nutzenbewertung der Soll-Konzepte

Parallel zur Bewertung der qualitativen Nutzenkategorien wurde die ökonomische Vorteilhaftigkeit der einzelnen Konzepte untersucht. Die einmaligen Kosten der Soll-Konzepte wurden nach dem Umstellungsaufwand veranschlagt. Die Infrastrukturkosten beinhalten alle wirtschaftlichen Aufwendungen, welche im direkten oder indirekten Zusammenhang mit der Prozessreorganisation stehen. Hierbei werden alle Kosten zusammengefasst, welche bspw. für Fördersysteme, Rollenbahnen bzw. Kommissionierwagen anfallen.

Die einmaligen Investitionskosten konnten wie folgt veranschlagt (grobe Richtwerte) werden:

Kosten (einmalig)	SOLL 1	SOLL 2	SOLL 3	SOLL 4	SOLL 5	SOLL 6
	Barcode-Technologie	RFID-Technologie	RFID und Barcode	RFID und Förderstrecke	RFID Access Points	RFID im Bestandsmanagement
Sachbezogene Investitionskosten						
Infrastruktur (Fördersysteme usw.)	130.000 €	140.000 €	145.000 €	320.000 €	10.000 €	80.000 €
Hardware RFID / BC	25.000 €	35.000 €	40.000 €	70.000 €	15.000 €	100.000 €
Software	25.000 €	25.000 €	30.000 €	45.000 €	10.000 €	55.000 €
Arbeits- bzw. Dienstleistungsaufwand	10.000 €	20.000 €	25.000 €	40.000 €	5.000 €	60.000 €
Sonstige einmalige Kosten (indirekt)	5.000 €	5.000 €	5.000 €	10.000 €	5.000 €	20.000 €
Personenbezogene Investitionskosten						
Personal (usw.)	5.000 €	5.000 €	5.000 €	10.000 €	0 €	25.000 €
Gesamtkosten (einmalig)	200.000 €	230.000 €	250.000 €	495.000 €	45.000 €	340.000 €

Abbildung 23: Einmalige Kosten Soll-Konzepte 1 bis 6

Für alle Soll-Konzepte wurde eine fixe Nutzungsdauer von fünf Jahren angenommen. Dieser festgesetzte Betrachtungszeitraum ermöglicht die Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Handlungsalternativen. Für die laufenden Kosten der Soll-Konzepte wurden mehrere Einstellungsmöglichkeiten vorgenommen, welche es erlauben, den Bedarf der Transponder für die Zukunft variabel festzulegen. Des Weiteren können die oftmals variierenden Tagpreise für die unterschiedlichen Handlungsalternativen beliebig eingegeben werden. Für das Soll-Konzept 1 (Barcode-Technologie) hingegen wurden Label-Kosten in Höhe von einem Cent pro Stück als fix veranschlagt. Das Soll-Konzept 2 (ausschließlicher RFID-Einsatz mittels zweier Arten von RFID-Transpondern) beinhaltet eine angenommene durchschnittliche Preissenkung der passiven Transponder von einem Cent pro Nutzungsjahr, die aktiven Transponder werden mit einer Preisminderung von 20 Cent/Stück veranschlagt. Neben den Einstellungsmöglichkeiten hinsichtlich Preise und Anzahl der für die Zukunft benötigten Tags (Schätzwert), wurden bei allen Soll-Konzepten konstant laufende Kosten über die gesamte Nutzungsdauer angenommen.

Konzept	Bereich	Nutzungsdauer (angenommen)				
		Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5
Soll 1 (Barcode)	Hardware (fix)	5.000 €	5.000 €	5.000 €	5.000 €	5.000 €
	Anzahl der Barcodes / Jahr	218.500	218.500	218.500	218.500	218.500
	Preis / Barcode	0,01 €	0,01 €	0,01 €	0,01 €	0,01 €
	Kosten Barcode (gesamt)	2.185 €	2.185 €	2.185 €	2.185 €	2.185 €
	Applikationen	5.000 €	5.000 €	5.000 €	5.000 €	5.000 €
	Allgemeine Kosten	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €
	Gesamt	14.185 €	14.185 €	14.185 €	14.185 €	14.185 €
Soll 2 (RFID)	Hardware	10.000 €	10.000 €	10.000 €	10.000 €	10.000 €
	Anzahl der Tags / Jahr (Collie + Palette)	2.218.500	2.218.500	2.218.500	2.218.500	2.218.500
	Preis / Tag	0,05 €	0,08 €	0,07 €	0,06 €	0,05 €
	Anzahl der Tags / Jahr (Transportmittel)	200	20	20	20	20
	Preis / Tag	5,00 €	4,80 €	4,60 €	4,40 €	4,00 €
	Kosten Transponder (gesamt)	200.665 €	177.576 €	155.387 €	133.198 €	111.005 €
	Applikationen	8.000 €	8.000 €	8.000 €	8.000 €	8.000 €
	Allgemeine Kosten	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €
Gesamt	220.665 €	197.576 €	175.387 €	153.198 €	131.005 €	

Abbildung 24: Laufende Kosten Soll 1 und 2

Konzept	Bereich	Nutzungsdauer (angenommen)				
		Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5
Soll 3 (Barcode + RFID)	Hardware	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €
	Anzahl der Tags / Jahr (Paletten Versand)	218.500	218.500	218.500	218.500	218.500
	Preis / Tag	0,09 €	0,08 €	0,07 €	0,06 €	0,05 €
	Anzahl der Tags / Jahr (Transportmittel)	200	20	20	20	20
	Kosten Transponder (gesamt)	5,00 €	4,80 €	4,60 €	4,40 €	4,00 €
	Kosten Transponder (gesamt)	20.665 €	17.576 €	15.387 €	13.198 €	11.005 €
	Applikationen	10.000 €	10.000 €	10.000 €	10.000 €	10.000 €
	Allgemeine Kosten	3.000 €	3.000 €	3.000 €	3.000 €	3.000 €
	Gesamt	48.665 €	45.576 €	43.387 €	41.198 €	39.005 €
Soll 4 (RFID + Fördertechnik)	Hardware	30.000 €	30.000 €	30.000 €	30.000 €	30.000 €
	Anzahl der Tags / Jahr (Collie + Paletten Versand)	2.218.500	2.218.500	2.218.500	2.218.500	2.218.500
	Preis / Tag	0,09 €	0,08 €	0,07 €	0,06 €	0,05 €
	Kosten Transponder (gesamt)	199.665 €	177.480 €	155.295 €	133.110 €	110.925 €
	Applikationen	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €	15.000 €
	Allgemeine Kosten	5.000 €	5.000 €	5.000 €	5.000 €	5.000 €
	Gesamt	249.665 €	227.480 €	205.295 €	183.110 €	160.925 €

Abbildung 25: Laufende Kosten Soll 3 und 4

Konzept	Bereich	Nutzungsdauer (angenommen)				
		Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5
Soll 5	Hardware	5.000 €	5.000 €	5.000 €	5.000 €	5.000 €
	Anzahl der Tags / Jahr	500	20	20	20	20
	Preis / Tag	5,00 €	4,80 €	4,60 €	4,40 €	4,00 €
	Kosten Transponder (gesamt)	2.500 €	96 €	92 €	88 €	80 €
	Applikationen	4.000 €	4.000 €	4.000 €	4.000 €	4.000 €
	Allgemeine Kosten	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €
	Gesamt	13.500 €	11.096 €	11.092 €	11.088 €	11.080 €
Soll 6	Hardware	40.000 €	40.000 €	40.000 €	40.000 €	40.000 €
	Anzahl der Tags / Jahr	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000
	Preis / Tag	0,09 €	0,08 €	0,07 €	0,06 €	0,05 €
	Kosten Transponder (gesamt)	180.000 €	160.000 €	140.000 €	120.000 €	100.000 €
	Applikationen	10.000 €	10.000 €	10.000 €	10.000 €	10.000 €
	Allgemeine Kosten	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €	2.000 €
	Gesamt	232.000 €	212.000 €	192.000 €	172.000 €	152.000 €

Abbildung 26: Laufende Kosten Soll 5 und 6

Nach Aufstellung der einmaligen und laufenden Kosten konnte die Höhe des Einsparungsvolumens der einzelnen Soll-Konzepte berechnet werden.

Nach der Berechnung aller Soll-Konzepte auf Basis der Ist-Daten konnten somit laufende Einsparungen und die Amortisationszeiten der Soll-Konzepte ermittelt werden. Bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit wurde die Kapitalwertmethode angewendet.

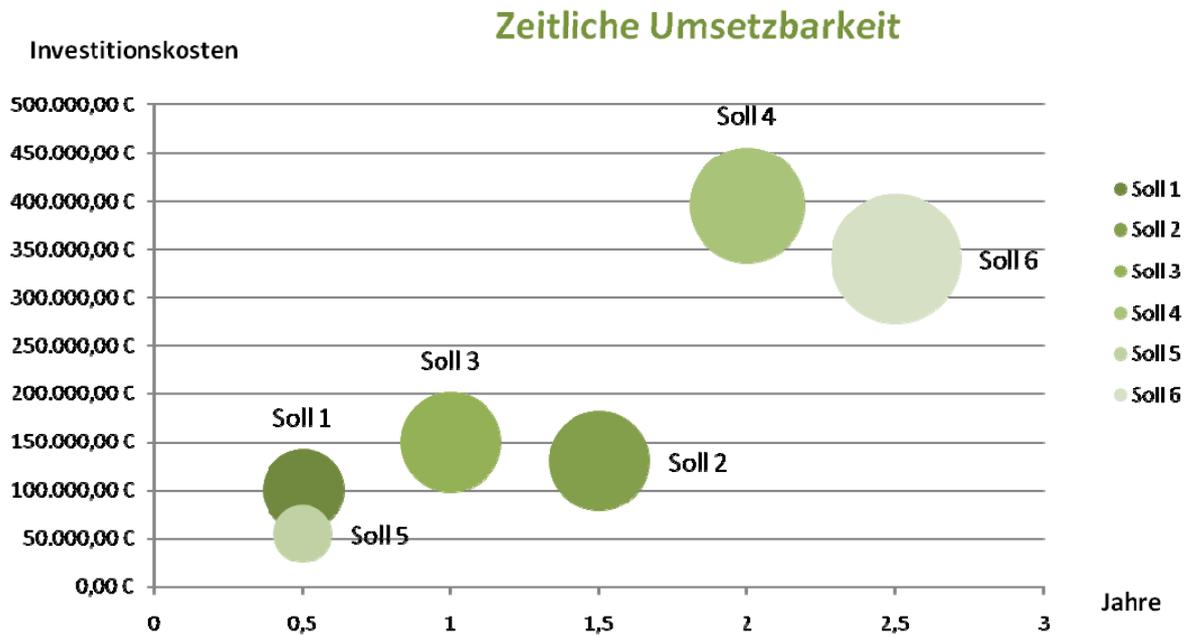


Abbildung 27: Zeitliche Umsetzbarkeit

2.3 Interpretationen der Ergebnisse

Die Gegenüberstellung der qualitativen Nutzenkategorien mit den Ergebnissen aus der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bildet die Grundlage für die Entscheidung, ob sich die Weiterverfolgung eines Soll-Konzeptes lohnt oder nicht.

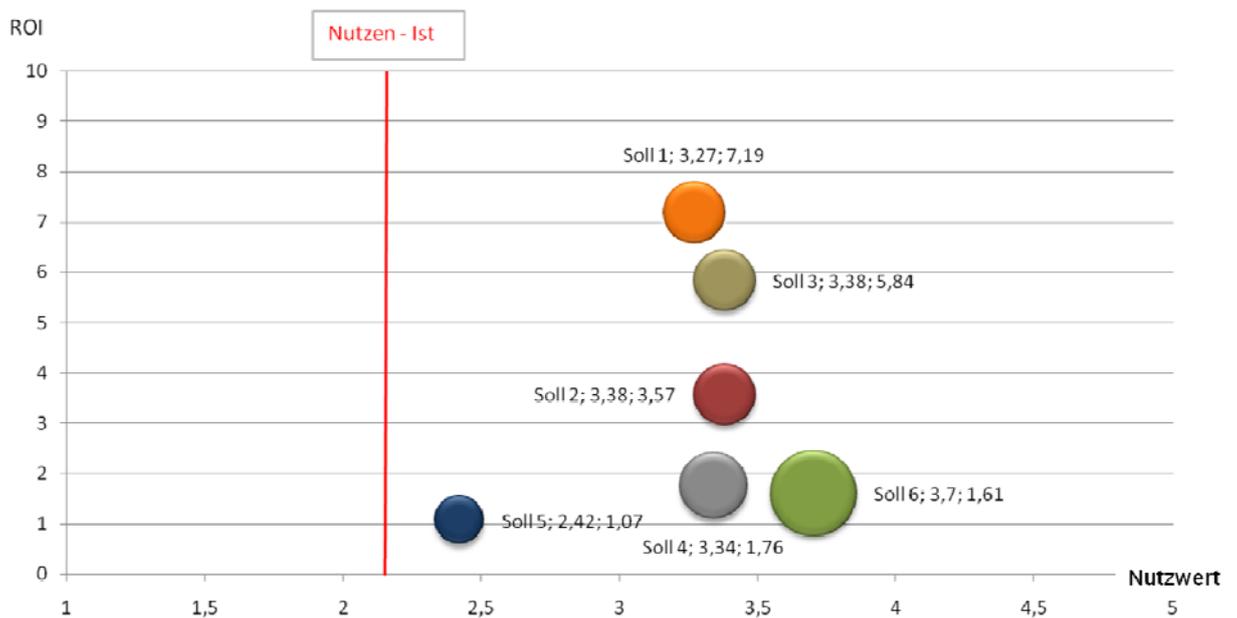


Abbildung 28: ROI und Nutzwert

Betrachtet man die Dauer der Amortisation, gehören die Soll-Konzepte 1 bis 3 ebenfalls zu den Alternativen, bei denen eine Weiterverfolgung, die zu einer endgültigen Investitionsentscheidung führt, von Vorteil sein kann. Eine Umsetzung des Soll-Konzepts 5 erscheint auch unter der Berücksichtigung der langen Amortisationszeit nicht Erfolg versprechend.

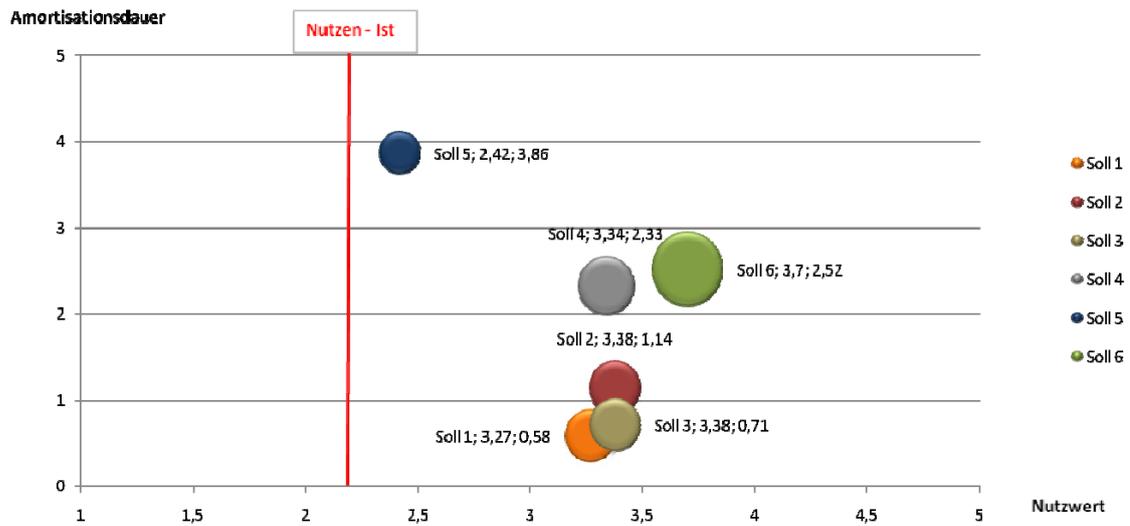


Abbildung 29: Amortisationsdauer und Nutzwert

Mithilfe des Bewertungsmodells konnte für das Unternehmen eine erste Aussage darüber getroffen werden, ob sich eine weitere Prüfung und Ausarbeitung der sechs Soll-Konzepte lohnt oder nicht. Auf der Basis dieser Auswertungen werden die einzelnen Szenarien von dem Industriepartner im Detail untersucht und die Entscheidungen hinsichtlich der Umsetzung der Szenarien getroffen.

2.4 Einsatz von RFID

Folgende Teile sind der Präsentation der TBN GmbH entnommen, die auf dem Konsortialtreffen gezeigt wurde:

- Embedded RFID
- Restriktionen
- RFID in der Erstausrüstung
- Nachrüstung mit RFID
- Anwendungsbeispiele



Abbildung 30: Artikel für den Einsatz von RFID

2.5 Kosten-Nutzen-Bewertung für Mehrwertdienste

Die Bewertung der Mehrwertdienste erfordert einen erweiterten Betrachtungsraum hinsichtlich der möglichen Vorteile der Technologie. Im Rahmen dieses Projektes wurde eine erweiterte und integrierte Bewertungsmethodik entwickelt, die sowohl monetäre und als auch rein qualitative Aspekte in einem Modell berücksichtigt. Neben den qualitativen Nutzeneffekten, welche durch einen Einsatz von RFID generiert werden können, spielt die ökonomische Vorteilhaftigkeit einer geplanten Investition eine entscheidende Rolle. Grundsätzlich gilt, dass der Einsatz dieser Technologie nur dann betriebswirtschaftlich sinnvoll ist, wenn der aus der Flexibili-

tät gewonnene Nutzen die in den unterschiedlichen Zeiträumen anfallenden Kosten übersteigt.

2.5.1 Einmalige und laufende Kosten

Grundsätzlich werden bei der Kostenbewertung die einmaligen und laufenden Kosten berücksichtigt. Die einmaligen Kosten werden zur genaueren Bestimmung in sachbezogene- und personenbezogene Investitionskosten unterteilt. Hierbei sind all die Faktoren detailgenau aufgelistet, welche bei der Einführung einer solchen Technologie berücksichtigt werden müssen.

Sachbezogene Investitionskosten		Personenbezogene Investitionskosten																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Arbeits- bzw. Dienstleistungsaufwand</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Beratung / Consulting</td></tr> <tr><td>Anforderungsanalyse</td></tr> <tr><td>Entwicklung / Programmierung</td></tr> <tr><td>externe Mitarbeiter</td></tr> <tr><td>Soft- und Hardwareanpassung</td></tr> <tr><td>Implementierung / Installation</td></tr> <tr><td>Schulungen technischer Mitarbeiter</td></tr> <tr><td>Schulungen / Einweisung der Anwender</td></tr> </tbody> </table>	Arbeits- bzw. Dienstleistungsaufwand	Beratung / Consulting	Anforderungsanalyse	Entwicklung / Programmierung	externe Mitarbeiter	Soft- und Hardwareanpassung	Implementierung / Installation	Schulungen technischer Mitarbeiter	Schulungen / Einweisung der Anwender	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Software</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Integrationkosten</td></tr> <tr><td>Lizenzen</td></tr> <tr><td>Versicherungen (einmalig)</td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sonstige einmalige Kosten</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Kosten für die vorzeitige Auflösung / Kündigung von :</td></tr> <tr><td>Leasing Verträgen</td></tr> <tr><td>Wartungsverträgen</td></tr> <tr><td>Outsourcing Verträgen</td></tr> </tbody> </table>	Software	Integrationkosten	Lizenzen	Versicherungen (einmalig)	Sonstige einmalige Kosten	Kosten für die vorzeitige Auflösung / Kündigung von :	Leasing Verträgen	Wartungsverträgen	Outsourcing Verträgen	<table border="1"> <tbody> <tr><td>Personalvermittlungskosten bei Anwerbung neuer Mitarbeiter</td></tr> <tr><td>Bonuszahlungen für Projektmitarbeiter</td></tr> <tr><td>Kosten für Früh Pensionierungen / Abfindungen</td></tr> <tr><td>Personalvermittlungskosten für Mitarbeiter, die das Unternehmen verlassen</td></tr> <tr><td>Umzugskosten / Verlegekosten</td></tr> <tr><td>Kosten für die Einarbeitung neuer Mitarbeiter</td></tr> </tbody> </table>	Personalvermittlungskosten bei Anwerbung neuer Mitarbeiter	Bonuszahlungen für Projektmitarbeiter	Kosten für Früh Pensionierungen / Abfindungen	Personalvermittlungskosten für Mitarbeiter, die das Unternehmen verlassen	Umzugskosten / Verlegekosten	Kosten für die Einarbeitung neuer Mitarbeiter
Arbeits- bzw. Dienstleistungsaufwand																										
Beratung / Consulting																										
Anforderungsanalyse																										
Entwicklung / Programmierung																										
externe Mitarbeiter																										
Soft- und Hardwareanpassung																										
Implementierung / Installation																										
Schulungen technischer Mitarbeiter																										
Schulungen / Einweisung der Anwender																										
Software																										
Integrationkosten																										
Lizenzen																										
Versicherungen (einmalig)																										
Sonstige einmalige Kosten																										
Kosten für die vorzeitige Auflösung / Kündigung von :																										
Leasing Verträgen																										
Wartungsverträgen																										
Outsourcing Verträgen																										
Personalvermittlungskosten bei Anwerbung neuer Mitarbeiter																										
Bonuszahlungen für Projektmitarbeiter																										
Kosten für Früh Pensionierungen / Abfindungen																										
Personalvermittlungskosten für Mitarbeiter, die das Unternehmen verlassen																										
Umzugskosten / Verlegekosten																										
Kosten für die Einarbeitung neuer Mitarbeiter																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Hardware</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Reader</td></tr> <tr><td>Reader / Writer</td></tr> <tr><td>Tag / Chips / Label</td></tr> <tr><td>Antennen / Antennenkabel</td></tr> <tr><td>Etikettendrucker</td></tr> <tr><td>Gates</td></tr> </tbody> </table>	Hardware	Reader	Reader / Writer	Tag / Chips / Label	Antennen / Antennenkabel	Etikettendrucker	Gates																			
Hardware																										
Reader																										
Reader / Writer																										
Tag / Chips / Label																										
Antennen / Antennenkabel																										
Etikettendrucker																										
Gates																										

Abbildung 31: Übersicht: Einmalige Kosten

Die laufenden Kosten beschreiben alle Belastungen, die anfallen, um den Betrieb und die Erhaltung des RFID-Systems über die gesamte geplante Nutzungsdauer zu gewährleisten. Hierbei wird wiederum zwischen den Bereichen Hardware-, Applikationen- und Allgemeinen Kosten unterschieden.

Hardware	Applikationen	Allgemeine Kosten
RFID Transponder	Wartung, Unterhalt und Pflege	Kosten für Löhne/ Gehälter neu eingestellter Mitarbeiter
sonstige Hardware	Versicherungen (laufend)	
Nachrüstungen	Kosten für Monitoring	Kosten für Arbeitsplätze, Büroräume und evtl. Gebäudekosten
Kosten für Hardware - Wartungsverträge	Kosten für Anwender Support	Kosten für Outsourcing Vertrag
Kosten für Rechenleistung	Kosten für Enhancement- Support (bei geringfügigen Änderungen)	Kosten für externe Service Provider
Kosten für Datenspeicherung	Kosten für Schulungen von Technikern und Entwicklung	Anteilige Kosten für Datenleitung bzw. den verursachten Datenverkehr
Kosten für Datenarchivierung	Kosten für Updates	
Kosten für Datenschutzmaßnahmen	Kosten für Applikationsschulungen der Anwender	
Re-Investitionen	Lizenzgebühren	
	Kosten für Software- Wartungsverträge bzw. Update Verpflichtungen	
	externe Kosten für Support bzw. Supportverträge	

Abbildung 32: Übersicht: Laufende Kosten

2.5.2 Einsparungen

Den Kostenbelastungen gegenüber stehen die Einsparungen, die wiederum einmalig oder laufend auftreten können. Die laufenden und einmaligen Einsparungen können in folgenden Formen auftreten.

Laufende Einsparungen	Einmalige Einsparungen
Personalaufwand	Desinvestitionen
Höhere Prozesseffizienz	Verkauf von Betriebsmitteln
geringerer Nachbearbeitungsaufwand	
Material- und Betriebsaufwand	
geringere Bestände	
geringerer Lagerflächenbestand	
Abschreibungen / geringere Investitionen	
geringerer Schaden	
geringerer Verschleiß	
Kundenverbindlichkeiten	
geringere Kulanzleistungen	
geringere Vertragsstrafen	
Laufende zusätzliche Erträge	
Preiserhöhung bestehender Leistungen	
gestiegene Kundennachfrage	
Erweiterung Geschäftsmodelle	

Abbildung 33: Übersicht: Laufende und einmalige Einsparungen

Wie bereits erwähnt, werden Nutzensvorteile vor allem durch eine Vereinfachung oder Rationalisierung von Prozessen generiert. Dies hat zur Folge, dass der gesamte Aufwand durch eine Technologieeinführung reduziert werden kann. Unter dem Punkt „Höhere Prozesseffizienz“ werden alle Einsparungspotentiale berechnet, welche im Zusammenhang mit dem Personalaufwand stehen. Durch einen

Ende des betrachteten Zeitraumes anfallen. Deshalb werden bei der Kapitalwertmethode alle Einnahmen und Ausgaben des Nutzungszeitraumes auf den Gegenwartswert abgezinst und so die Vergleichbarkeit der verschiedenen Alternativen erreicht. Voraussetzung für die Aussagekraft der Kapitalwertmethode sind verlässliche Informationen über die Ausgaben und zu erwartenden Einnahmen.

Das Modell sieht eine Kapitalwertberechnung aller zur Diskussion stehenden Szenarien und Konzepte mit dem gleichen Abzinsungsfaktor vor.

	Nutzungsjahr	0	1	2	3	...	n
	Soll	Einsparungen					
...							
...							
Gesamt							
Ausgaben							
...							
...							
Gesamt							
Einsparungen / Ausgaben							
Abzinsungsfaktor		1	0,9434	0,89	0,8396	0,7921	0,7473
Kapitalwert pro Jahr							
Kapitalwert kumuliert							
Kapitalwert							

Abbildung 35: Kapitalwertberechnung

In dem Modell wird neben der Kapitalwertberechnung auch die Bewertung der Investition mithilfe der Amortisationsrechnung und Ermittlung des Return-on-Investment (ROI) vor. Die Grundlage hierfür bilden die Daten aus der Berechnung der Kapitalwerte.

Art	Berechnung
Return-on- Investment (ROI)	Summe der Kapitalwerte aus den Jahren 1 bis n, dividiert durch die anfänglichen Anschaffungskosten (einmalig) aus dem Jahr 0
Amortisationsdauer (Durchschnittsmethode)	Einmaligen Investitionskosten dividiert durch die durchschnittlichen Einsparungen/Kosten über die gesamte Nutzungsdauer hinweg

Abbildung 36: ROI und Amortisationsdauer (Methodik)

2.5.4 Nutzenbewertung

Die Bewertung des Nutzens basiert auf den Nutzenkategorien, die unternehmensindividuell definiert werden. Durch paarweisen Vergleich oder Punktevergabe können die Kategorien untereinander verglichen und gewichtet werden.

Aufwand/ Kosten	DLZ Optimierung	Transparenz	Sicherheit	QS	Störungs- management	Kunden- nutzen
9	5	4	1	5	2	10

Abbildung 37: Definition und Gewichtung der Nutzenkriterien

Für die Bewertung des Nutzens ist eine Einschätzung des Ist-Zustandes hinsichtlich der Kategorien – wie z. B. Sicherheit, Transparenz – durchzuführen. Diese Einschätzung kann durch aktuelle Probleme und Schwachstellen in dem betroffenen Prozess/Betrachtungsbereich bekräftigt werden. Anschließend werden die unterschiedlichen Alternativkonzepte (Soll-Konzepte) hinsichtlich des Einflusses auf die Nutzenkategorien bewertet. Bei der Bewertung wird auch der positive/negative Einfluss auf die vordefinierten Probleme in den Nutzenkategorien berücksichtigt. Können z.B. in der vordefinierten Kategorie Sicherheit durch das Soll-Konzept mehrere bekannte Schwachstellen beseitigt werden, dann erhöht sich die Sicherheitskennzahl ausgehend von einem vordefinierten Ist-Zustand.

Nutzenkategorien (qualitative Faktoren)								
	Transparenz	Sicherheit	QS	Störungsmanagement	Kundennutzen	Gesamt	Mittelwert	
IST Stand								
Priorisierung (Punkte)								
Faktor								
								Rang
Veränderung S1								
SOLL 1								
Veränderung S2								
SOLL 2								
Veränderung S3								
SOLL 3								
Veränderung S4								
SOLL 4								
Veränderung								
SOLL n								

Abbildung 38: Ist-Soll-Bewertung der Nutzenkategorien

Das erarbeitete Vorgehens- und Bewertungsmodell ermöglicht es, die Einsatzmöglichkeiten und den erwarteten Nutzen sowie Kosten systematisch zu ermitteln und die Entscheidungsprozesse auf solider Basis zu unterstützen. Die Kopplung der Nutzenkategorien mit den aktuell bekannten Schwachstellen in dem Prozess erhöht die Qualität der Ergebnisse und die Akzeptanz der Prozessbeteiligten.

2.6 Daten für die RFID-Mehrwertdienste

Für die Nutzung der RFID-Mehrwertdienste sind auf RFID-Datenträger die folgenden Daten vorhanden:

- Herstellerdaten
- Typenbezeichnung oder Bestellnummer
- Produktionsdatum
- Konfigurationsstatus
- Softwareversion

2.7 Vorgehensmodell zur Identifikation, Bewertung und Einführung von RFID-Mehrwertdiensten

Die Identifikation von Mehrwertdiensten entlang des Produktlebenszyklus erfolgt mit Hilfe eines formellen Vorgehensmodells. In der ersten Phase des Modells werden im Rahmen von Workshops zusammen mit dem Industriepartner Szenarien entwickelt und anschließend nach ihren Zielen priorisiert.

Der zweite Schritt ist ein Multi-Kriterien-Filter. Kriterien sind hier die Ziele, die mit der Nutzung eines Mehrwertdienstes erreicht werden sollen: Z. B. Verringerung der Durchlaufzeit (DLZ), Verringerung der Bestände oder Erhöhung der Termintreue. Weiterhin kann die Stufe des Produktlebenszyklus ausgewählt werden, in der der Mehrwertdienst Anwendung finden soll. Aus diesen Kriterien ergeben sich Wirkbeziehungen.

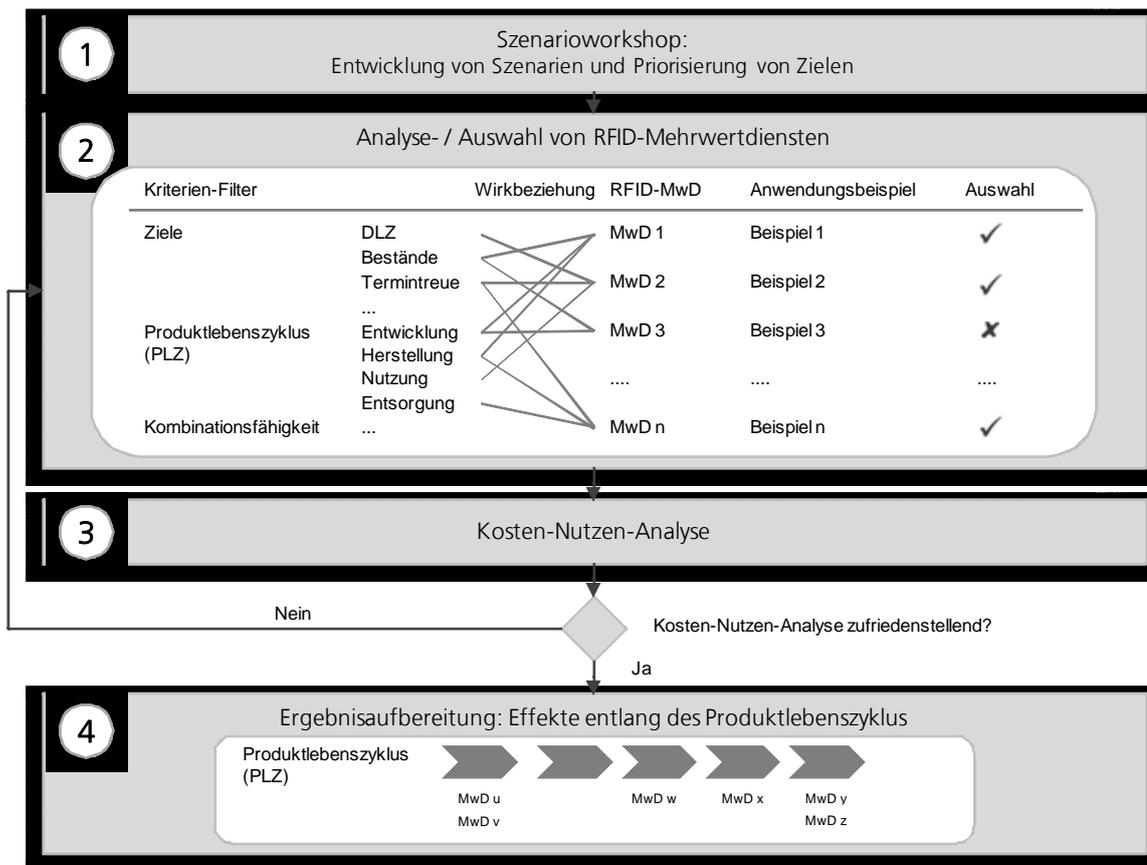


Abbildung 39: Vorgehensmodell für die Identifikation von Mehrwertdiensten

Das Ergebnis ist eine Liste von exemplarischen Mehrwertdiensten und eine Liste von konkreten Anwendungsbeispielen. Die Anwendungsbeispiele sind als Power-Point-Datei hinterlegt.

In dem folgenden Schritt werden die relevanten Mehrwertdienste ausgewählt und in eine Ergebnisliste übertragen. Im nächsten Schritt erfolgt die Bewertung der Dienste mit Hilfe einer Kosten-Nutzen-Analyse.

Ist das Ergebnis der Kosten-Nutzen-Analyse nicht positiv oder nicht ausreichend positiv, so besteht die Möglichkeit, in einem zweiten Auswahlverfahren zusätzliche Mehrwertdienste zu wählen, die basierend auf den bereits ausgewählten Basis-Mehrwertdiensten nur geringere Mehrkosten erzeugen, dafür aber einen wesentlich höheren Nutzen erbringen. Ausgangspunkt für diese Überlegung ist das aus der Investitionsrechnung bekannte Verfahren des Realloptionsansatzes. Der Realloptionsansatz wird zur Ermittlung der Vorteilhaftigkeit von Projekten verwendet. Dabei werden die Investitionsmöglichkeiten als Option (Long Call) auf die Durchführung eines konkreten Projekts interpretiert, wobei die Option sofort, später oder auch gar nicht ausgeübt werden kann. Übertragen auf den Fall der Mehrwertdienste, können zusätzliche Mehrwertdienste optional kombiniert werden, die die

gleiche oder ähnliche technischen Voraussetzungen wie die Basis-Mehrwertdienste haben. Diese Iteration kann beliebig wiederholt werden, bis eine ausgewogene Kombination gefunden wurde.

Im letzten Schritt werden die ausgewählten Mehrwertdienste und Kriterien in Verbindung zu den Effekten im Produktlebenszyklus anschaulich aufbereitet.

Die beschriebenen Kriterien und RFID-Mehrwertdienste sind nur exemplarisch eingefügt. Diese lassen sich beliebig anpassen und erweitern.

2.8 Nutzung der Mehrwertdienste

Im Forschungsprojekt Identifikationsmehrwertdienste wurden Mehrwertdienste entwickelt, die auf der Basis von RFID-gekennzeichneten Produkten agieren. Durch die Merkmale der RFID-Technologie, hohe Datenqualität, hohe Datenaktualität und der Vermeidung von Medienbrüchen, sind die entwickelten Mehrwertdienste überhaupt erst realisierbar. Diese Dienste sind speziell für Kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) entwickelt worden. Exemplarische seien hier die Mehrwertdienste für eine papierlose Fertigung, weltweit geschützte Bereitstellung von Prüfprotokollen für elektronische Bauteilen sowie Dienste für den Transportplanung der Ware und die Unterstützung bei der Anvisierung und der Wareneingangsabwicklung beim Kunden genannt.

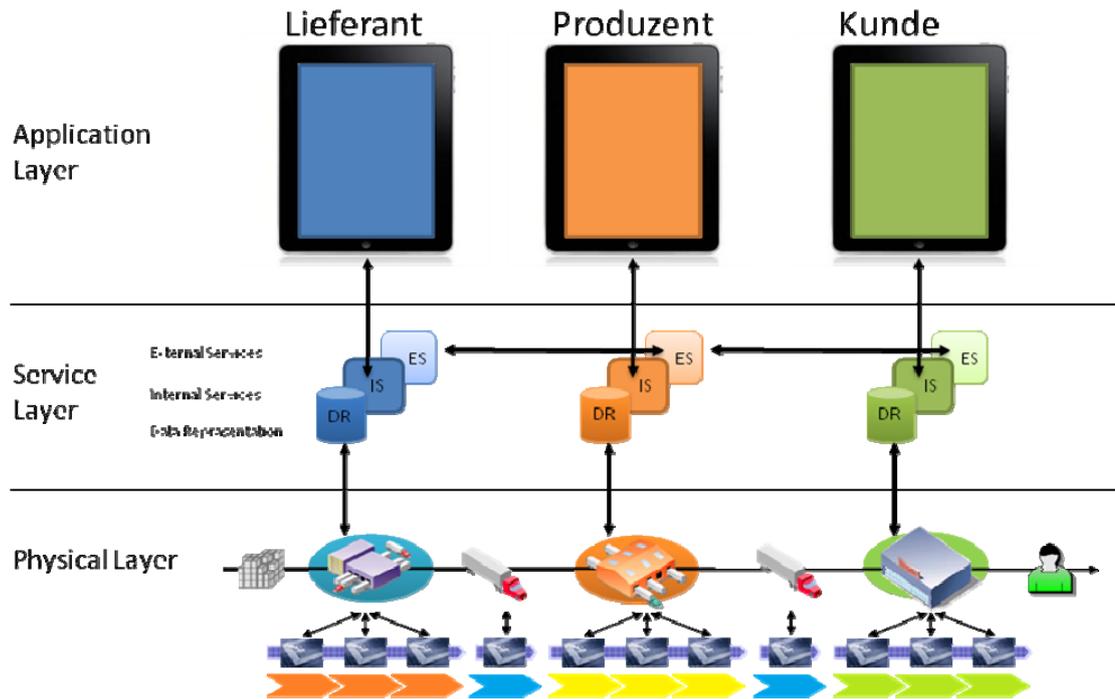


Abbildung 40: Einsatz von Mehrwertdiensten-basierten mobilen Kommunikationsgeräten über die gesamte Supply Chain

In einer Studie des Wissenschaftlichen Instituts für Kommunikationsdienste (WIK), die im Rahmen des BMWi-Technologieprogramms "SimoBIT: Sichere mobile IT-Anwendungen" erarbeitet wurde, wird das hohe Potenzial durch den Einsatz von mobilen Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) in der Wirtschaft auf das Wachstum und den Wettbewerb deutlich. Als ein wesentlicher Punkt für einen Erfolg wird in der Studie die umfassende Integration mobiler IKT in die Geschäftsprozesse genannt.

Durch den Einsatz von mobilen IKT, z.B. iPads, als Demonstrationsmedium wird dieser Integrationsansatz aufgenommen und gleichzeitig der praktische Einsatz und der zusätzliche Nutzen von Mehrwertdiensten über die gesamte Wertschöpfungskette für kleine und mittelständische Unternehmen greifbar. Im Demonstrator repräsentiert jedes iPad eine Rolle (Lieferant, Produzent, Kunde). Über eine Oberfläche kann auf unterschiedliche Informationen und Aktionen, die die Mehrwertdienste darstellen, zugegriffen werden. Die benötigten Daten und Informationen aus den verbundenen Geschäftsprozessen werden für den fachspezifischen Einsatzbereich des Anwenders aufbereitet. Innerhalb des Projektes wurde sowohl für die internen als auch für die übergreifenden Geschäftsprozesse Mehrwertdienste auf Basis der RFID-Technologie entwickelt. Diese werden über eine entsprechende Infrastruktur für ausgewählte Prozesse in einem RFID-Simulator und Mehrwertdiensteschnittstellen abgebildet.

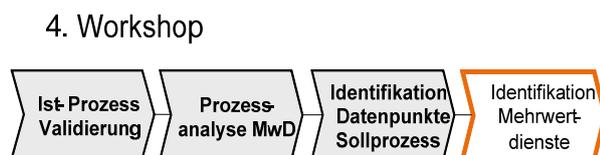
2.9 Erarbeitung eines Einführungsleitfadens

Die Grundidee zur Erarbeitung eines Einführungsleitfadens bestand in der schrittweisen Entwicklung eines Software-Tools, welches in Unternehmen den Nutzen von RFID-Mehrwertdiensten demonstrieren soll. Innerhalb von fünf Workshops (vgl. Abbildung 41) sollen Szenarien definiert und priorisiert werden. Je nach Branche ergeben sich unterschiedliche Gewichtungsfaktoren und Einsatzziele. Nach anschließender Bewertung und Aufnahme der Ist-Prozesse werden mögliche Mehrwertdienste identifiziert und deren Wirtschaftlichkeit durch einen Kosten-Nutzen-Vergleich bewertet.

Szenariendefinition und -priorisierung



Identifizierung von Mehrwertdiensten



Bewerten von Mehrwertdiensten



Abbildung 41: Vorgehensmodell: Identifikations-Mehrwertdienste

Als rechnergestütztes Vorgehensmodell wurde der RFID-Service-Presenter entwickelt, um die Anforderungen aus Abschnitt 2.7 umzusetzen. Dabei handelt es sich um eine Excel-Arbeitsmappe, die mit Hilfe von in Visual Basic for Applications (VBA) programmierten Makros dem Benutzer eine interaktive und beispielhafte Einführung in die Einsatzszenarien von RFID ermöglichen soll.

Um eine erste Einordnung und Kategorisierung von Mehrwertdiensten zu treffen wurde eine Unterteilung von Unternehmen in allgemeine Branchen, wie Elektrohersteller, Handelsunternehmen und Konsumgüterproduzenten usw. getroffen. Somit wird im Hintergrund eine Priorisierung geeigneter Mehrwertdienste getroffen. Neben weiteren Einführungsinformationen und Links zu externen Informationen führen die ersten Schritte durch eine kurze Einleitung über den RFID-Service-Presenter.

Zum besseren Verständnis der unternehmenseigenen Supply Chain, hat der Benutzer des Weiteren die Gelegenheit, das Unternehmensnetzwerk nachzubauen. Die dient zur Visualisierung der möglichen Einsatzszenarien und hilft bei der Identifizierung von Zielkriterien.

Wenn die Zielkriterien definiert sind, kann der Benutzer dieses aus einer vorgefertigten Auswahl treffen und der RFID-Service-Presenter bietet selbständig eine Übersicht über zum Zielkriterium passende Mehrwertdienste, mit den dazugehörigen Realoptionen. Nachdem der Benutzer diese ausgewählt hat, kann eine grobe Kosten-Nutzen- und Potential-Analyse durchgeführt werden. Im nächsten Abschnitt findet eine ausführliche Erklärung der einzelnen Funktionen des RFID-Service-Presenters statt.

2.10 Nutzung des Einführungsleitfadens

Auf der Grundlage der in Abschnitt 2.7 beschriebenen Vorgehensweise (vgl. Abbildung 41) und der Ergebnisse, wurde ein Tool entwickelt, welches zur Präsentationszwecken eine Einführung in die RFID-Mehrwertdienste gibt.

Der RFID-Service Presenter ermöglicht dem Benutzer eine einfache und verständliche Einführung in das Thema der RFID-Mehrwertdienste und zeigt mögliche Potentiale dieser Technologie und deren Anwendungsfälle in einem Unternehmen auf. Dabei war das Ziel, dass der Benutzer selbstständig und ohne Anweisung mit dem Programm arbeiten kann.

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Tabellenblätter und deren Funktionsweise beschrieben. Für eine beispielhafte Erklärung sei auf das Handbuch im Anhang verwiesen.

2.10.1 Basisdaten

Die erste Seite des Dokuments dient zur Eingabe der Basisdaten (vgl. Abbildung 42) und Benutzerinformationen. Der Benutzer gibt den Namen seines Unternehmens ein und wählt eine Branche aus. Darüber hinaus enthält das Dokument Verknüpfungen zu weiteren Einführungsinformationen zu dem Thema RFID. Bei den hinterlegten Dokumenten handelt es sich um Powerpoint-Präsentationen, pdf-Dokumente und Webseiten. Sie können direkt vom Excel-Blatt aus aufgerufen werden.

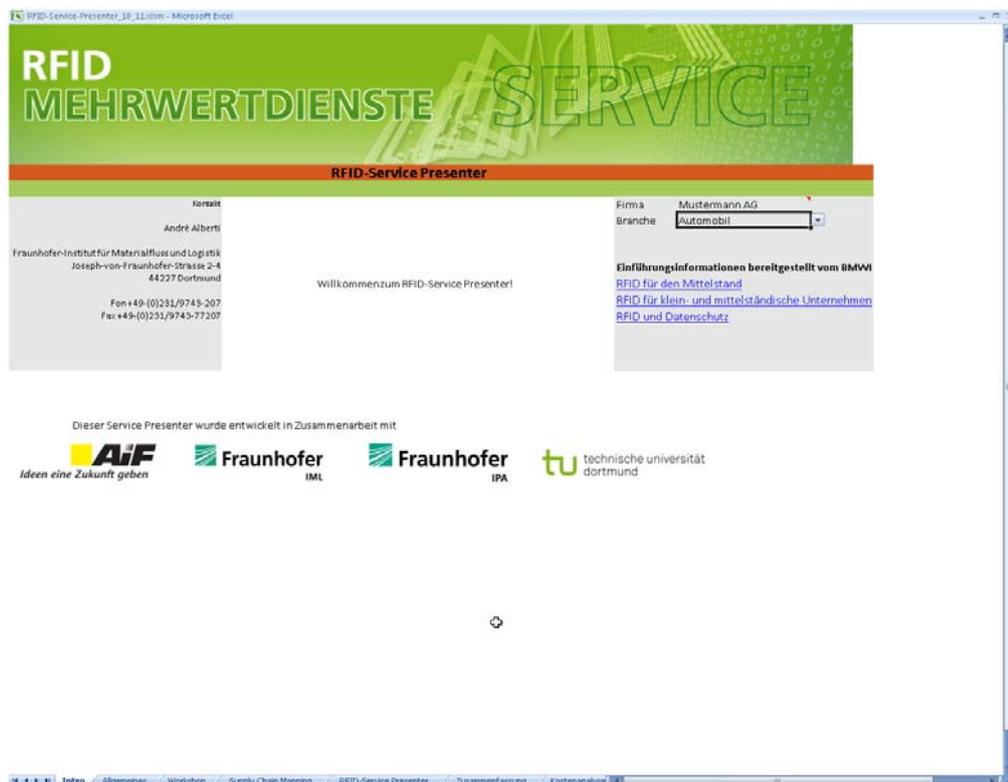


Abbildung 42: Startseite des Service Presenters

Der RFID-Service Presenter unterteilt die Unternehmen in Branchen (vgl. Abbildung 43). Der Benutzer trifft eine Auswahl, in welche Branche sein Unternehmen gehört. Durch die Kategorisierung soll eine Vorauswahl geeigneter RFID-Mehrwertdienste getroffen werden. Die Idee ist, dass nur solche Mehrwertdienste später zur Auswahl stehen, die sich für die betreffende Branche eignen.



Abbildung 43: Auswahl der Branchen

2.10.2 Vorgehensweise

Auf diesem Blatt wird dem Benutzer eine Übersicht über den RFID-Service Presenter und dessen Funktionsumfang gegeben. Es beinhaltet eine Erklärung der nachfolgenden Tabellenblätter und den Prozessen, welche der Benutzer durchlaufen kann, bzw. die ihm präsentiert werden.

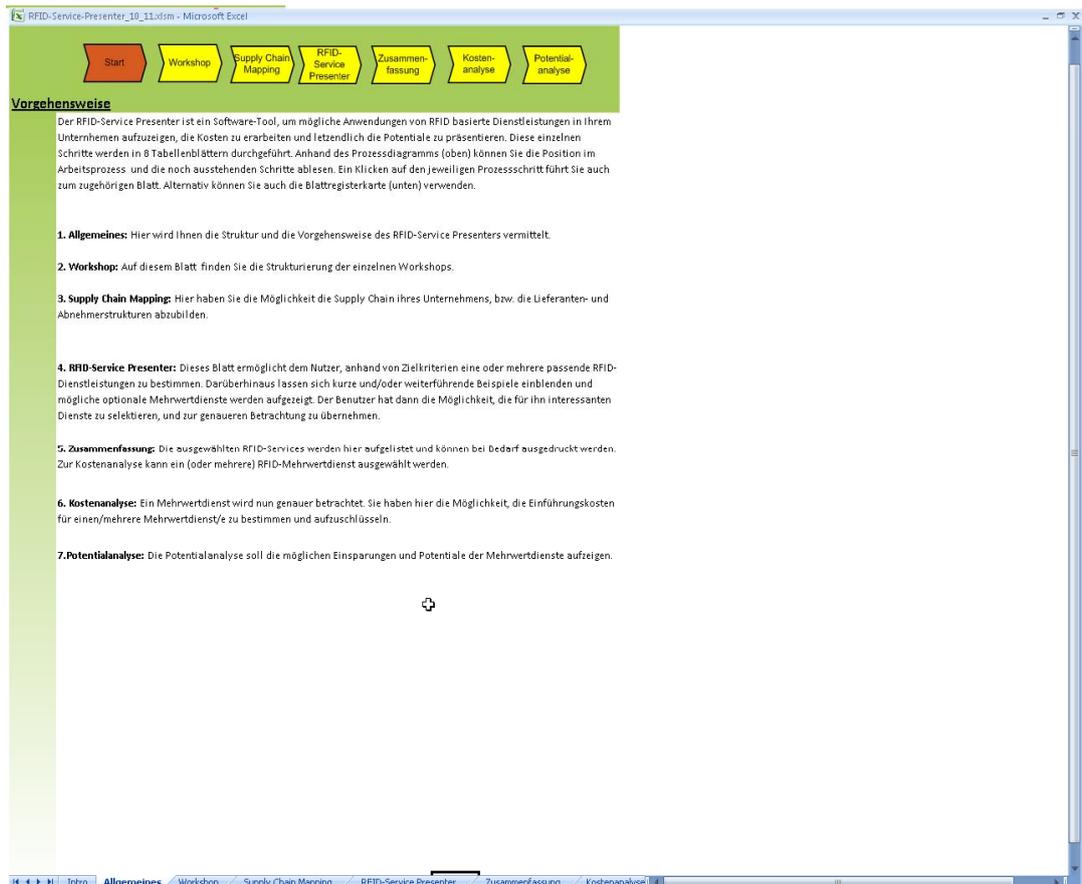


Abbildung 44: Allgemeine Informationen

Desweiteren werden hier das grafische Interface und die einzelnen Elemente erklärt und die Bedienmöglichkeiten erläutert.

2.10.3 Abfolge der Workshops

In Abbildung 45 ist eine Übersicht über die durchzuführenden bzw. bereits durchgeführten Workshops dargestellt.

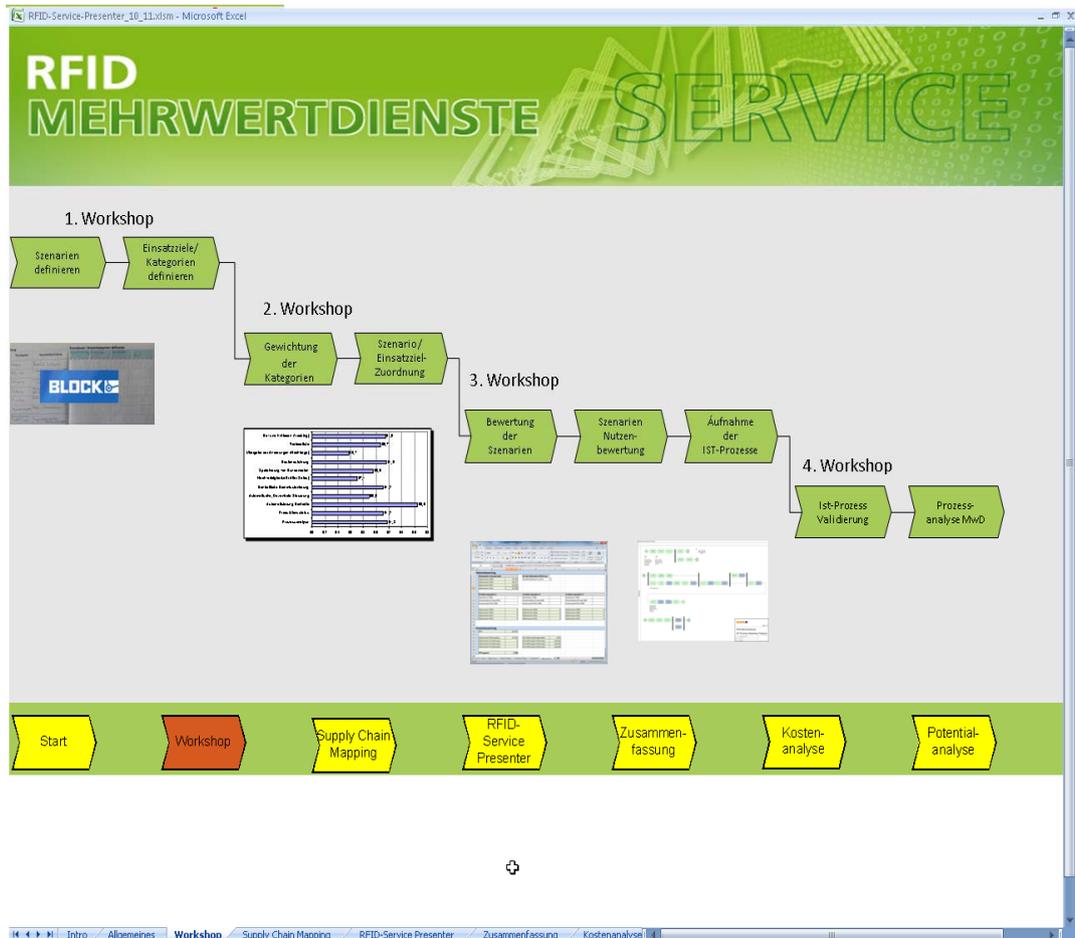


Abbildung 45: Workshop Übersicht

Anhand dieses Blattes werden dem Benutzer die Vorgehensweise des Projekts und die einzelnen Prozessschritte erläutert. Es dient zur Einordnung der aktuellen Projektphase und Verdeutlichung des gesamten Projekts. Es enthält die in Abschnitt 2.9 erläuterten Phasen.

2.10.4 Übersicht der Supply Chain Prozesse

In Abbildung 46 ist das „Supply Chain Mapping“-Tool dargestellt. Der Benutzer hat hier die Gelegenheit, das Unternehmensnetzwerk, mit den zugehörigen Transport-, Umschlags- und Lagerprozessen abzubilden.

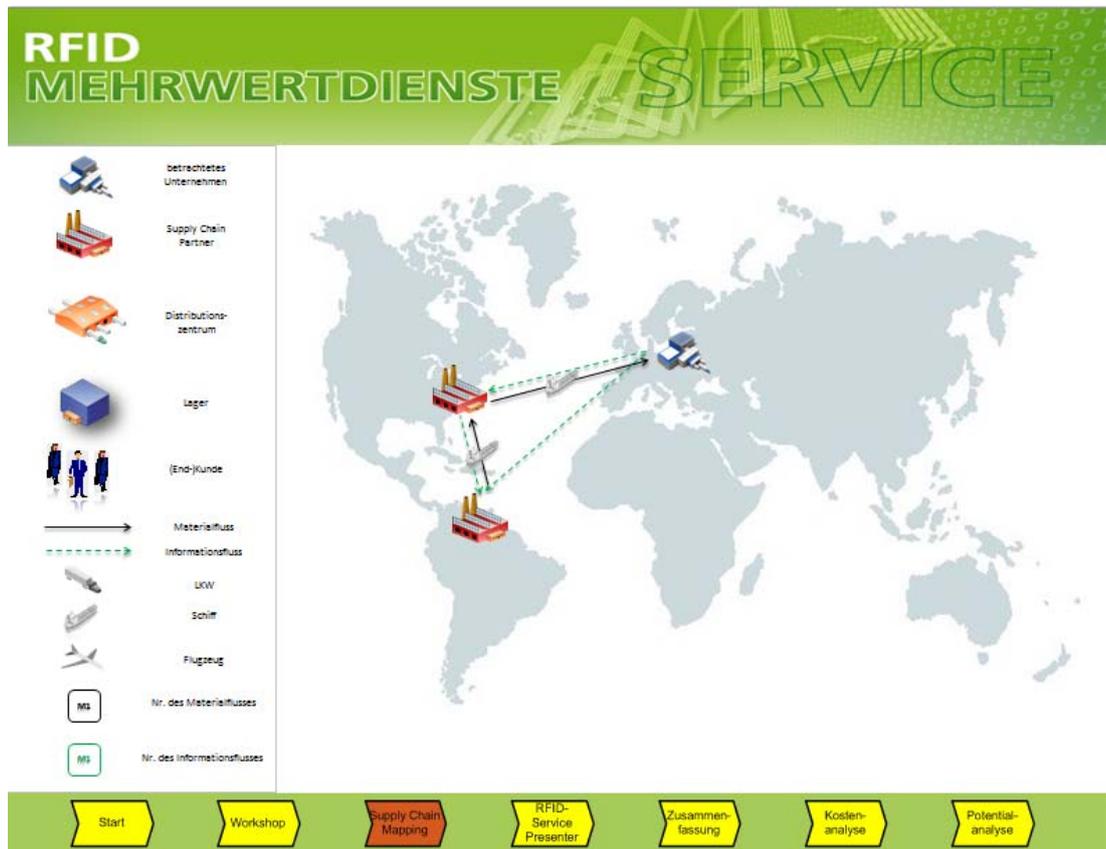


Abbildung 46: Das Supply Chain Mapping

Die erstellte Supply Chain Map hat keinen Einfluss auf die folgenden Prozesse. Die Eingabe dient lediglich zur Visualisierung der existierenden Supply Chain. Die Karte dient dazu, Probleme und Anforderungen der Unternehmensprozesse herauszuarbeiten und mögliche Bereiche für den RFID-Einsatz zu entdecken.

2.10.5 Auswahl der Anforderungen

Das Tabellenblatt „RFID Service Presenter“ (Abbildung 47) erlaubt dem Benutzer die Auswahl verschiedener RFID-Mehrwertdienste. Anhand der in den vorangegangenen Workshops identifizierten Zielkriterien, werden nun mögliche Lösungen gegeben⁸. Der Benutzer hat die Möglichkeit verschiedene Kriterien, unterteilt nach Zielen wie Durchlaufzeitreduzierung, Termintreue und Bestandsreduzierung, oder nach der Position im Produktlebenszyklus, wie Herstellung, Nutzung oder Entsorgung, auszuwählen. Anhand der ausgewählten Kriterien werden RFID-Mehrwertdienste bzw. Lösungen angezeigt, die angewendet werden können.

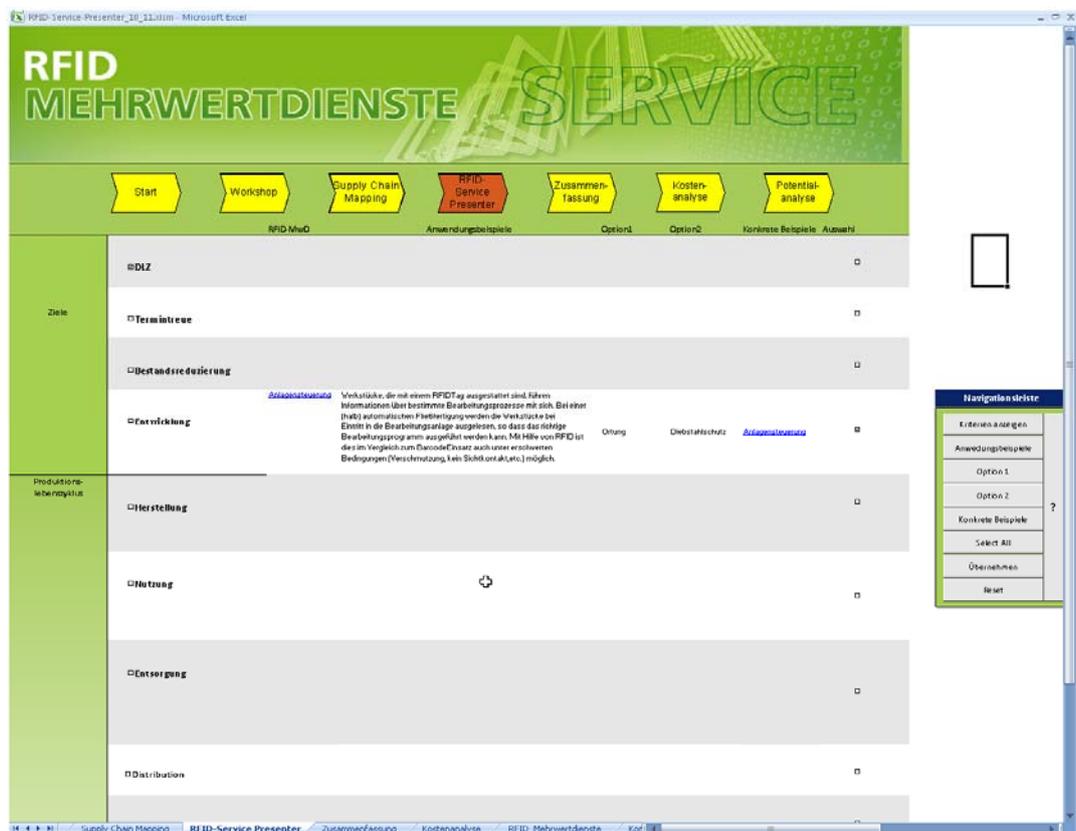


Abbildung 47: Der RFID-Service Presenter

⁸ Dieses Tool kann selbstverständlich auch zur allgemeinen Information und Aufzeigen von RFID-Lösungen dienen, ohne bereits durchgeführte Workshops.

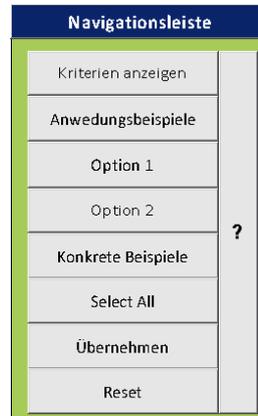


Abbildung 48: Navigationsmenü

Durch das vorhandene Navigationsmenü (Abbildung 48) lassen sich weitere Aktionen durchführen. Um für die angezeigten Mehrwertdienste ein Anwendungsbeispiele anzuzeigen, dient die Schaltfläche „Anwendungsbeispiele“. Die Button Option1 und Option2 blenden die angesprochenen Realoptionen zu den jeweiligen Mehrwertdiensten an. Durch „Konkrete Beispiele“ werden Links zu genaueren Informationen eingeblendet, die zu Powerpoint Präsentationen, PDF-Dokumenten oder Webseiten führen können. Für eine genauere Betrachtung kann der Benutzer Mehrwertdienste auswählen.

Die ausgewählten Dienste werden durch den „Übernehmen“-Button auf das nächste Tabellenblatt übernommen. Desweiteren bietet der „Reset“-Button die Möglichkeit, das Tabellenblatt wieder in seinen Ursprungszustand zu versetzen.

2.10.6 Übersicht der gewählten Services

Das Tabellenblatt „Zusammenfassung“ in Abbildung 49 dient zur Übersicht der ausgewählten RFID-Mehrwertdienste. Der Benutzer bekommt die Möglichkeit diese Übersicht zu drucken und zu überprüfen. Desweiteren kann er mit der Schaltfläche „Kompatibilitätscheck“ überprüfen, ob die von ihm ausgewählten Mehrwertdienste untereinander kombinierbar sind.

Zielkriterien	RFID_MwD	Anwendungsbeispiel	Option 1	Option 2	Links
DLZ	Anlagensteuerung	Werkzeuge, die mit einem RFIDtag ausgestattet sind, führen Informationen über bestimmte Bearbeitungsprozesse mit sich. Bei einer (halb) automatischen Fließfertigung werden die Werkstücke bei Eintritt in die Bearbeitungsanlage ausgelesen, so dass das richtige Bearbeitungsprogramm ausgeführt werden kann. Mit Hilfe von RFID ist dies im Vergleich zum BarcodeEinsatz auch unter erschwerten	Ortung	Diebstahnschutz	Anlagensteuerung

Abbildung 49: Die Zusammenfassung

Diebstahlschutz Anlagensteuerung	Mit Hilfe von RFIDTags an hochpreisigen, elektronischen Komponenten und entsprechend ausgerichteten Readern an zentralen Stellen kann der Diebstahlschutz erhöht werden.	Add 1.1	Add 2.1
Dokumentation	Maschinen und Anlagen, die einer aufwändigen Dokumentationspflicht unterliegen (z.B. medizinische Anlagen für den US-amerikanischen Markt) können durch RFIDTags an verbauten Teilen und Komponenten die notwendigen Dokumente, Zertifikate, Prüfprotokolle, etc. stets mit sich führen. Die Dokumentation auf herkömmlichen Papierdokumenten die bei größeren Anlagen ganze Container füllen kann würde entfallen.	Add 1.5	Add 2.5

Abbildung 50: Kompatibilitätsprobleme

Anhand der roten Markierung in Abbildung 50 wird der Benutzer darauf hingewiesen, dass die Zusatzoptionen vom Diebstahlschutz und dem RFID-Mehrwertdienst zur Dokumentation nicht miteinander kompatibel sind. Kompatibilitätsprobleme können bspw. anhand unterschiedlicher Bauformen und verwendeter Frequenzen von RFID-Transpondern auftreten.

Für das weitere Vorgehen wählt der Benutzer einen Mehrwertdienst aus. Für diesen Dienst wird bei den folgenden Schritten eine Kosten- und Potentialanalyse durchgeführt.

2.10.7 Kostenanalyse

Der vom Benutzer gewählte Mehrwertdienst wird einer Kostenanalyse (Abbildung 51) unterzogen. Aufgrund von Erfahrungswerten und den in Abschnitt 2.5ff verwendeten Verfahren, werden die einmaligen und laufenden Kosten für den Mehrwertdienst errechnet. Zu den Kostenfaktoren zählen:

- Projektkosten
- Hardwarekosten
- Kosten für die Entwicklung und Implementierung der Software
- Laufende Betriebskosten

Kosten		Anlagensteuerung	Nutzen		Periode 1
Projekt			Direkte Effekte		
IT Analyse			Personalkosteneinsparung		42.055
Soll Konzeption			Betriebsmittelkosteneinsparung		
Projektmanagement	5.000		Ressourceneinsparung		
externe Beratung			Fehlervermeidung		
Testen der Komponenten/Systemauswahl			Desinvestitionen		
Schulung der Mitarbeiter	1.000		Indirekte Effekte		
Betriebsunterbrechung			Reduzierte Kranken-/Unfallkosten		
Dokumentation	1.000		Reduzierte Inkonsistenzen		
Hardware			Reduzierte Lagerhaltungskosten		
Antennen (Gehäuse, Halterung, Parametrisierung)	6.160		Erhöhte Lieferfähigkeit und -zeit		
Lesestationen (Handhelds, fixe)	33.540		Erhöhte Lieferqualität		
Schnittstellen (Ports, Rechner)			Reduzierte Wartungskosten		
Middleware			Verbessertes Notfallmanagement		
Netzwerk Anpassung (VLAN, Verkabelung)			Identitätsgarantie		
Bildschirme (Monitore, Staplterminale)	2.500		Sonstiges		
zusätzliche Rechenkapazitäten	18.000				
Transponder geschlossenes System	850		Gesamtnutzen		42.055
Installation	5.000				
Software			Auswertung		Periode 1
Implementation/Konfiguration/Integration	5.000		Investitionskosten		78.050
Verschlüsselungssystem (Übertragungssicherheit)			Einzahlungsüberschüsse		-94.346
Lizenzen	12.500		Auf Periode 1 abdiskontierte Einzahl		-94.946
Betrieb			NPV des Projektes		
Wartung/Reparaturen	9.000				
Ersatzteile					
Systempflege/-Betriebsung					
Versicherung					
Energiekosten	30				
Ausfallkosten	421				
Datensicherung	4.000				
Wagen	2.400				
Ampeln	30.000				
Bereitstellungskanäle					
Gesamtkosten		136.401			

Abbildung 51: Kostenanalyse

Zeitgleich werden in einer Nutzen-Analyse die Einsparungspotentiale des Mehrwertdienstes angezeigt. Durch RFID können Kosten in mehreren Bereichen eingespart. Dabei kann zwischen direkten und indirekten Effekten unterschieden werden.

Direkte Effekte	Indirekte Effekte
Personalkosteneinsparung	Reduzierte Kranken-/Unfallkosten
Betriebsmittelkosten	Reduzierte Inkonsistenzen
Ressourceneinsparung	Reduzierte Lagerhaltungskosten
Fehlervermeidung	Erhöhte Lieferflexibilität und –zeit
Desinvestitionen	Erhöhte Lieferqualität
	Reduzierte Wartungskosten
	Verbessertes Notfallmanagement
	Identitätsgarantie

Durch die Kosten-Nutzen Analyse bekommt der Benutzer eine erste Information über Wirtschaftlichkeit des von Ihm ausgewählten Mehrwertdienstes.

2.10.8 Potentialanalyse

Im letzten Tabellenblatt findet in der Potentialanalyse eine genauere Betrachtung der einzelnen Prozesse statt. Hierzu dienen Vergangenheitswerte, wie bspw. aus den Szenarien der Firmen BLOCK Transformatorelektronik GmbH und CS Schalmöbel GmbH & Co. KG (Chargenverfolgung in Echtzeit und Lageridentifikation, siehe Abschnitt 2.2.1 und 2.2.2).

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet with the following data table:

Szenarien	Hauptprozesse	Teilprozesse	Aufwand	Einheit	Bezugsgröße	Jahresaufwand Ist (M)	Ratio 1 Barcode (Geschätzt)	Ratio2 RFID (Geschätzt)	Jahr
S21: Echtzeitfähigkeit in der Fertigung und Chargenverfolgung	Rückmeldung der Fertigungsaufträge Wegezeit (hin- und zurück)		30 Sek.	pro Rückmeldevorgang		9,81	0,7	0,95	
		Rückmeldung am Terminal (incl. An- und Abmeldung)	30 Sek.	pro Rückmeldevorgang		9,81	0,6	0,5	
		Kommissionieren aus dem Handlager: Eintragen der Chargennummer in der Kommissionierliste (bzw. Regelkarte) pro Artikel	10 Sek.	pro Eintrag		0,30	0,0	0,0	
		Archivierung der Auftragspapiere mit Größensortierung incl. Wegezeit in Chargennummer: Sekunden	15 Sek.	pro Archivierungsvorgang		6,95	0,3	0,3	
		Rückverfolgung der Chargennummer: Suchen der Chargennummer	40 Std.	pro Suchvorgang		20,00	0,2	0,0	
		Summe				46,93			
S22: Lagerplatzidentifikation	Suchen: Suchaufwand im Lagerbereich (Produktionslager, Puffer) pro Tag in Stunden		2 Std.	Einrichtungsumfang (nur PVBE - SA oder alle Artikel) pro Arbeitstag		44,00	0,0	0,0	
		Bestandskontrolle: Inventur		Jahresaufwand Jahresaufwand		176,00	0,0	0,0	
		Laufende Bestandskontrolle		Jahresaufwand		128,00	0,0	0,0	
		Summe				348,00			
Gesamtsumme						386,93			

Below the table is a process flow diagram with the following steps: Start, Workshop, Supply Chain Mapping, RFID-Service-Präsentier, Zusammenfassung, Kostenanalyse, Potentialanalyse. The Potentialanalyse step is highlighted in red and has three sub-steps: Identifizierung, Vorgehensaktion, and Präsentation.

Abbildung 52: Potentialanalyse

Hier wird der gemessene Aufwand für Prozesse aufgezeigt, die ohne RFID durchgeführt werden (z-B. suchen von Waren im Lager). Die Einsparpotentiale entstehen dann anhand der gemessenen Prozesszeiten mit RFID. Die Potentialanalyse bildet auch die Basis für die Kosteneinsparung.

2.10.9 Datenbasis und zusätzliche Tabellen

Alle relevanten Daten, auf denen der Service Presenter beruht, befinden sich in der Excel Datei selbst. Die entsprechenden Tabellenblätter sind in der Standard-einstellung ausgeblendet. Im folgendem ist eine Übersicht über die Datenblätter und die Informationen, die sie beinhalten:

RFID_Mehrwertdienste

Hier sind alle relevanten Daten der Mehrwertdienste mit ihren Kurzbeschreibungen, möglichen Optionen und die Links zu externen Informationen gespeichert. Die Daten, die im „RFID Service Presenter“-Blatt angezeigt werden stammen von hier. Neue Einträge können einfach angefügt werden.

Datenbasis

Das Tabellenblatt Datenbasis enthält alle Hilfstexte zu den Navigationsmenüs.

Kombinationen

Welche Mehrwertdienste bei der Auswahl des jeweiligen Zielkriteriums angezeigt werden, ist in dieser Matrix festgelegt. Durch den Eintrag einer „1“ wird der entsprechende Mehrwertdienst bei der Auswahl des Zielkriteriums angezeigt.

Branche

Die Branchen, die am Anfang ausgewählt werden können, sind hier gespeichert. Neue Branchen können einfach in der Liste eingetragen werden.

3 Gegenüberstellung der Ziele und Ergebnisse

Folgende Tabelle beschreibt, wie die Forschungsergebnisse zu den in 1.4 genannten Zielen korrespondieren.

Ziel	Ergebnis
Identifikation geeigneter Mehrwertdienste auf Basis von Prozessanalysen in KMU und des aktuellen Standes der Technik bei Identifikationstechnologien	Die Mehrwertdienste Chargenverfolgung und Lagerplatzidentifikation durch RFID wurden durch die Prozessanalyse bei den Firmen BLOCK Transformatorenelektronik GmbH und CS Schalmöbel GmbH & Co. KG identifiziert
Erarbeitung eines Kosten-Nutzen-Vergleichsrechnungskonzepts zur Bewertung der Einführung von RFID-basierten Mehrwertdiensten	Ein Kosten-Nutzen-Vergleichsrechnungskonzept auf Basis der Soll-Konzepte 1-6 wurde erarbeitet.
Ausarbeitung und kostenrechnerische Bewertung detaillierter Anforderungskataloge und Vorgehensmodelle zur Ausgestaltung der identifizierten Mehrwertdienste und der Einbindung in Prozesse sowie IT-Systeme der Unternehmen	Die Anforderungskataloge sind durch einen Szenarienpool für potentielle Prozessverbesserungen definiert.
Validierung der entwickelten Szenarien für Mehrwertdienste und der Kosten-Nutzen-Modelle durch praktische Anwendungen innerhalb der Unternehmen des Projektbegleitenden Ausschusses.	Die Szenarien, Mehrwertdienste und das Kosten-Nutzen-Vergleichsrechnungskonzept wurden bei der BLOCK Transformatorenelektronik GmbH und CS Schalmöbel GmbH & Co. KG in mehreren Workshops validiert.
Ausarbeitung eines Umsetzungsleitfadens für die Realisierung der entwickelten Konzepte unter Berücksichtigung technischer Standards zur universellen Anwendbarkeit.	Entwicklung des RFID-Service-Presenters zur Informationsgewinnung und beispielhaften Anwendung bei der Einführung von RFID-Mehrwertdiensten

4 Nutzendarstellung und Schutzrechte

4.1 Nutzendarstellung

Die durch das Forschungsvorhaben erzielten Ergebnisse bieten folgenden wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Nutzen:

- Der **Mehrwertdienst Chargenverfolgung** ermöglicht Unternehmen jederzeit, mit geringem Aufwand und schnellen Antwortzeiten die Rückverfolgung von Chargen über sämtliche Materialflussprozesse in Supply Chains.
- Der **Mehrwertdienst Lagerplatzidentifikation** ermöglicht Lagerbetreibern die Suchaufwände von Produkten in Lägern erheblich zu reduzieren; dies gilt im Besonderen für Lager ohne aufwändige Lagertechnik. Ebenso kann der Anteil an Artikeln, die im Bestand sind, aber nicht am gebuchten Lagerplatz liegen, auf nahezu Null reduziert werden.
- Das **Kosten-Nutzen-Vergleichsrechnungskonzept** ermöglicht für konkrete Anwendungsfälle eine rasche Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der vorgestellten RFID-Mehrwertdienste.
- Der **Szenarienpool für potentielle Prozessverbesserungen** dient zur schnellen Identifikation von durch Einsatz von RFID-Mehrwertdiensten möglichen Verbesserung der Unternehmensabläufe.
- Der **RFID-Service-Presenters** dient zur Informationsgewinnung und beispielhaften Anwendung bei der Einführung von RFID-Mehrwertdiensten

4.2 Schutzrechte

Im Vorhaben wurden keine Schutzrechte angemeldet.

5 Nutzen für KmU, Innovationsgehalt und industrielle Anwendungsmöglichkeiten

Wie in den Beispielen im Abschnitt 1.2.3 erwähnt wurde, befindet sich die RFID-Technologie in keinem Anfangsstadium mehr. Im Handelsbereich als Diebstahlschutz oder in den Produktionsprozessen von Automobilindustrien als Dokumentationshilfe, RFID ist bereits in vielen Bereichen implementiert. Für Großunternehmen stellt die Einführung von RFID aufgrund der höhere verfügbaren finanziellen Mitteln eine kleinere Hürde dar, als für klein- und mittelständische Unternehmen.

Aber die Ergebnisse dieses Forschungsprojekt zeigen, dass RFID auch für kmU einen signifikanten Vorteil bietet. Durch die Verwendung einfacher Identifizierungstechniken wie günstigen RFID-Tags lassen sich die Kosten und der Aufwand in der Produktion senken.

Die Zwischen- und Endergebnisse dieses Projekts sind auf weitere kmU übertragbar. Es ist eine Einführungsleitfaden für die RFID-Technologie entstanden. Das programmierte Excel-Tool gibt einem Benutzer die Möglichkeit, verschiedene Lösungen beispielhaft zu analysieren und daraus Entscheidungen für sein eigenes Unternehmen und Prozesse abzuleiten.

Aus dem Szenario CS Schalmöbel GmbH & Co. KG kann ein Katalog von potentiellen Anwendungsfeldern abgeleitet werden (vgl. Abschnitt 2.2.2), wo der Einsatz von RFID sinnvoll ist. Aus den Anwendungsfeldern hat sich eine Reihe von Potentialfeldern ergeben, wo RFID den Aufwand reduzieren kann und damit Kosten für das Unternehmen eingespart werden können. Für die Erstellung einer ersten Projektkostenaufstellung kann auf die ermittelten Kosten (S. 46ff) zurückgegriffen werden. Die daraus folgende Nutzenanalyse und die damit verbunden Wirtschaftlichkeitsanalyse ist ebenfalls als ein allgemeines Konzept übertragbar.

Als Fazit lässt sich folgendes festhalten: Der entwickelte Einführungsleitfaden lässt sich auf ein Unternehmen ohne Einschränkungen übertragen. Zur Unterstützung dient das Excel-Tool „RFID-Service-Presenter“. Die verwendeten Methoden zur Kosten-, Nutzen- und Wirtschaftlichkeitsanalyse lassen sich für andere Prozesse übertragen.

6 Projektbegleitender Ausschuss / Beteiligte Industrieunternehmen und Rollenverteilung

In Abbildung 53 sind die im projektbegleitenden Ausschuss tätigen Unternehmen aufgeführt.

Firma	Ansprechpartner	Kontaktdaten
BLOCK Transformatorenelektronik GmbH	Udo Thiel	Max-Planck-Straße 36-46 27283 Verden
CS Schalmöbel GmbH & Co. KG	Marion Negele	Industriestraße 27 66914 Waldmohr
TBN GmbH	Peter Kern	Niedenstraße 63 40721 Hilden

Abbildung 53: Beteiligte Unternehmen im Forschungsprojekt „RFID-Mehrwertdienste“ und Ansprechpartner

Der Projektbegleitende Ausschuss hat sich während der Bearbeitung des Forschungsprojektes getroffen und einen regen Gedankenaustausch durchgeführt.

6.1 BLOCK Transformatorenelektronik GmbH

Die BLOCK Transformatorenelektronik GmbH wurde 1939 von Alfred Block in Verden an der Aller gegründet. Die Firma Block ist ein Mittelständisches Unternehmen mit einem Jahresumsatz von 60 Mio. Euro in 2008.

BLOCK ist seit Jahrzehnten im Bereich Wickelgüter weltweit ein starker Partner von Industrie und Handwerk. BLOCK versammelt Entwicklung, Forschung und Produktion unter einem Dach. Block hat eine hohe Eigenfertigungstiefe. Am Standort Verden werden Kunststoffteile gespritzt, Bleche gestanzt und genippelt, Platinen bestückt, Großtransformatoren gewickelt, getestet, geprüft und im Bereich EMV zertifiziert.

Die Firma Block hat neben den nationalen Vertretungen in jedem Bundesland auch internationale Vertretungen in vielen europäischen Ländern und in Amerika und Taiwan.

In diesem Forschungsprojekt hat Block die Rolle eines Anwendungspartners.

6.2 CS Schalmöbel GmbH & Co. KG

CS Schalmöbel wurde im Jahr 1896 in Landsweiler gegründet. Im Jahr 1971 wurde der Firmensitz nach Waldmohr verlegt. Seit 1995 eigenständige Tochter der NOLTE-Gruppe mit einer Mitarbeiterzahl von 500.

CS Schalmöbel ist ein Hersteller von zerlegbaren Mitnahmemöbeln und hat dort einen hohen Standard erreicht. Viele dieser Produkte werden seit mehr als 20 Jahren produziert und werden durch einen stetigen Verbesserungsprozess weiter optimiert. Im Werk in Waldmohr werden am Tag bis zu 24.000 Einheiten pro Tag produziert auf einer Gesamtfläche von 210.000 qm.

In diesem Forschungsprojekt hat CS Schalmöbel die Rolle eines Anwendungspartners.

6.3 TBN GmbH

Die TBN GmbH wurde 1999 gegründet und ist ein Anbieter von automatischer Identifikation.

Die drei Buchstaben des Namens repräsentieren die wichtigsten Unternehmensbereiche Transponder/RFID, Barcode und Netzwerke. Für die Realisierung von Lösungen nutzt TBN neben der selbstentwickelten Hardware auch Lösungen und Komponenten von Motorola Enterprise Mobility und anderen Anbietern. Neben der Hardware wird auch die korrespondierende Software für die Datenerfassung und Verwaltung angeboten und zu einer individuellen Kundenlösung kombiniert. Der Schwerpunkt der Entwicklungsarbeit der TBN GmbH liegt auf den Frequenzen 13,56 MHz (HF) und 868–956 MHz (UHF) passiv.

Von 2005 bis 2008 arbeitete TBN zusammen mit Volkswagen, DaimlerChrysler, IBS, Keiper und der Universität Bochum an dem Forschungsprojekt „LAENDmarKS“. In dem Projekt entwickelten die Partner gemeinsam Konzepte und Produkte für alle Aufgaben, die unter dem Begriff „Tracability“ zusammengefasst werden können. Im Rahmen dieser Gemeinschaftsarbeit hat TBN bereits mehrere innovative Produkte entwickelt und diese auch zum Patent angemeldet.

Seit Oktober 2009 läuft ein vom BMWi gefördertes Forschungsprojekt an dem die TBN GmbH mit den bisherigen Partner aus LAENDmarkS sowie weiteren OEMs und Zulieferern wie BMW und FORD, Bosch und Rehau zusammenarbeitet, mit dem Ziel, RFID als Enabler für die Unterstützung der Prozesssteuerung bis hin zu selbststeuernden Prozessen zu erarbeiten und neue Organisationskonzepte in Prinzip- bzw. Testinstallationen für die spätere Integration in den Produktions- und Logistikprozessen zu empfehlen.

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes hat die TBN GmbH die Rolle des Systemlieferanten und Systemintegrators.

6.4 Liste der Workshops

Datum	Zeitraum	Stunden	Ort
10.12.2009	12:00-17:00	5	CS Schmal
29.10.2009	12:00-17:00	5	CS Schmal
10.02.2010	11:00-15:00	4	Block
11.02.2010	12:00-16:00	4	CS Schmal
25.03.2010	12:00-17:00	5	CS Schmal
10.03.2010	11:00-16:00	5	Block
14.04.2010	11:00-16:00	5	Block
04.05.2010	11:00-16:00	5	Block
06.05.2010	11:00-16:00	5	Konsortialtreffen (Fraunhofer IML)
09.06.2010	11:00-15:00	5	Block
27.08.2010	12:00-16:00	4	CS Schmal

7 Ergebnistransfer in die Wirtschaft

Folgende Maßnahmen wurden während der Projektlaufzeit für den Ergebnistransfer ergriffen:

Zeitraum	Maßnahme	Ziel/Bemerkung
März 2010	Messeauftritt auf der LogiMAT 2010 in Stuttgart	Vorstellung des Forschungsprojekts. Die LogiMAT als größte jährlich stattfindende Intralogistikmesse in Europa bietet eine optimale Plattform für die Diskussion und der Präsentation des Projektes vor Fachexperten sowie auf Industriebetriebe.
Mai 2010	Konsortialtreffen	Direkter Austausch zwischen den Partnern über die Ergebnisse im Konsortialtreffen (Forschung, Industrie und Technologiepartner).
halbjährlich	Studien- und Diplomarbeiten zur Problematik des Forschungsvorhabens	Kennenlernen und Vermitteln von wissenschaftlichen Erkenntnissen und Methoden, Heranführen von Studierenden an selbständiges wissenschaftliches Arbeiten
Juni 2010	Internetseite	Eigenständiger Web-Auftritt für RFID-basierte Mehrwertdienste, in dem die Ziele sowie Ergebnisse des Projektes öffentlich dargestellt werden.
Oktober 2010	Messeauftritt	Transfer der Ergebnisse auf dem BVL-Kongress 2010 in Berlin

Folgende Maßnahmen sind für den Ergebnistransfer nach Projekteende geplant:

November 2010	Szenariendatenbank wird auf der Projektwebseite zur Verfügung gestellt	Eine unternehmensübergreifende Szenariendatenbank mit lebenszyklusorientierten Einsatzmöglichkeiten der Mehrwertdienste.
Dezember 2010	Veröffentlichung in Fachzeitschrift	Vorstellung der Ergebnisse in einem Fachbeitrag in der Verbandszeitschrift der ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.)
Januar 2011	Veröffentlichung in einer Fachzeitschrift	Fachbeitrag in dem Magazin „Logistik heute“ geplant.
März 2011	Messeauftritt	Transfer der Ergebnisse auf der LogiMAT 2011 in Stuttgart
Fortlaufend	Vorlesungen	Verwendung der Forschungsergebnisse als innovative Anwendungsbeispiele in Vorlesungen des LFO
Fortlaufend	Demonstrationszentrum	Demonstration der Ergebnisse im LAS-Labs (vom Fraunhofer IML und dem LFO betriebenes mobiles Demonstrationszentrum). Das LAS-Lab demonstriert ausgewählte Anwendungen von Logistischen Assistenzsystemen durchgängig von der Zustandserfassung im physischen Materialfluss bis zur Verwendung dieser Informationen in Assistenzsystemen zur Planung und Steuerung logistischer Prozesse. Die Integration verschiedenster Technologieinnovationen zeigt die Entwicklungsmöglichkeiten logistischer IT auf (vgl. Abbildung



Abbildung 54: Physische Ausgestaltung des LAS-Labs

8 Literaturverzeichnis

- [Band01] Bandow, G.: Mehrwert und Mehrwertdienste – Identifizierung, Systematisierung, Realisierung am Beispiel logistischer Arbeitsmittel, Praxiswissen, Dortmund, 2001.
- [BuSc02] Bullinger, Hans-Jörg; Scheer, August-Wilhelm: Service Engineering, 2002.
- [Ditt06] Dittmann, Lars: Der angemessene Grad an Visibilität in Logistik-Netzwerken, Dissertation 2006
- [Faup09] Faupel, Tutis: Einsatz von RFID zur Optimierung dezentraler Materialfluss-Steuerung, Dissertation, Freiburg 2009.
- [FrDa06] Franke, Werner; Dangelmaier, Wilhelm: RFID – Leitfaden für die Logistik, 2006.
- [Hein09] Heinisch, Marc: Analyse und Bewertung des Endkundennutzens der RFID-Technologie in Produktion, Handel und Kundenbetreuung unter Berücksichtigung technischer Einflussfaktoren, Dissertation, Dresden 2009.
- [Ivan08] Ivantysynova, Lenka: RFID in Manufacturing: Mapping the Shop Floor to IT-Enabled Business Processes, Dissertation, Berlin 2008.
- [Koyu09] Koyuncu, Faith: Konzeption und Realisierung einer unternehmensübergreifenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von RFID-gestützten Prozessen im automotive Umfeld, Dissertation, Siegen 2009.
- [LeWe08] Vilkov, Lev; Weiß, Burkhard: Prozessorientierte Wirtschaftlichkeitsanalyse von RFID Systemen anhand eines Referenz-Wirkungsmodells, 2008.
- [Möls07] Möhrle, Martin G.; Isenmann, Ralf: Technologie-Roadmapping – Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen, Bremen 2007
- [Pole07] Polenz, Sven: RFID-Techniken und Datenschutzrecht - Perspektive und Regulierung, Dissertation 2007
- [Stra05] Strassner, Martin: RFID im Supply Chain Management, Dissertation, Wiesbaden 2005.
- [Trib09] Tribowski, Christoph: RFID-Enabled Cooperation in the Supply Chain, Dissertation, Berlin 2009.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht Showcases LAS-Lab	4
Abbildung 2: RFID-Datenträger auf einer Leiterplatine (Quelle: Smart-TEC)	5
Abbildung 3: Lesegeräte im ÖPNV in Seoul, Korea	7
Abbildung 4: RFID als Diebstahlschutz	8
Abbildung 5: Sichtenmodell Mehrwertdienste (Quelle: [Band01])	12
Abbildung 6: Kundennutzen und seine Bedeutung in Abhängigkeit von der Zeit (Quelle: [Band01])	13
Abbildung 7: Vorgehensmodell Mehrwertdienste	15
Abbildung 8: Beispiel eines Ist-Prozesses (anonymisiert)	16
Abbildung 9: Vorgehensmodell für Bewertung der RFID-Szenarien	19
Abbildung 10: Priorisierung der Nutzenkategorien	20
Abbildung 11: Priorisierung der Szenarien	23
Abbildung 12: Priorisierte Szenarien1 bis 4 und erwartete Nutzeneffekte	24
Abbildung 13: Vorgehensmodell – Ist-Analyse und Sollkonzepte	26
Abbildung 14: Prozesse der Ist-Analyse und Kundenentkopplungsgrenze	27
Abbildung 15: Untersuchte Szenarien und Soll-Konzepte	28
Abbildung 16: Szenario 1 und Soll-Konzepte	29
Abbildung 17: Reihenfolge der Kommissionierung	29
Abbildung 18: Kommissionierwagen als innerbetriebliche Transportmittel	30
Abbildung 19: Prinzipdarstellung Soll-Konzept 4 (Fördertechnik)	31
Abbildung 20: Prinzipdarstellung eines Tourenkontrollsystems	32
Abbildung 21: Übersicht Soll-Konzepte 5 und 6 (Szenario 2)	32
Abbildung 22: Nutzenbewertung der Soll-Konzepte	34
Abbildung 23: Einmalige Kosten Soll-Konzepte 1 bis 6	35
Abbildung 24: Laufende Kosten Soll 1 und 2	36
Abbildung 25: Laufende Kosten Soll 3 und 4	36
Abbildung 26: Laufende Kosten Soll 5 und 6	37

Abbildung 27: Zeitliche Umsetzbarkeit	38
Abbildung 28: ROI und Nutzwert.....	39
Abbildung 29: Amortisationsdauer und Nutzwert	40
Abbildung 30: Artikel für den Einsatz von RFID	41
Abbildung 31: Übersicht: Einmalige Kosten	42
Abbildung 32: Übersicht: Laufende Kosten	43
Abbildung 33: Übersicht: Laufende und einmalige Einsparungen	44
Abbildung 34: Einsparungen (laufend): Prozesskostenrechnung.....	45
Abbildung 35: Kapitalwertberechnung.....	46
Abbildung 36: ROI und Amortisationsdauer (Methodik)	47
Abbildung 37: Definition und Gewichtung der Nutzenkriterien	47
Abbildung 38: Ist-Soll-Bewertung der Nutzenkategorien.....	48
Abbildung 39: Vorgehensmodell für die Identifikation von Mehrwertdiensten	50
Abbildung 40: Einsatz von Mehrwertdiensten-basierten mobilen Kommunikationsgeräten über die gesamte Supply Chain.....	52
Abbildung 41: Vorgehensmodell: Identifikations-Mehrwertdienste	53
Abbildung 42: Startseite des Service Presenters	56
Abbildung 43: Auswahl der Branchen	56
Abbildung 44: Allgemeine Informationen.....	57
Abbildung 45: Workshop Übersicht	58
Abbildung 46: Das Supply Chain Mapping.....	59
Abbildung 47: Der RFID-Service Presenter.....	60
Abbildung 48: Navigationsmenü.....	61
Abbildung 49: Die Zusammenfassung	62
Abbildung 50: Kompatibilitätsprobleme	63
Abbildung 51: Kostenanalyse.....	64
Abbildung 52: Potentialanalyse	66
Abbildung 53: Beteiligte Unternehmen im Forschungsprojekt „RFID- Mehrwertdienste“ und Ansprechpartner	71
Abbildung 54: Physische Ausgestaltung des LAS-Labs	76

10 Durchführende Forschungsstellen

<u>1. Forschungsstelle:</u>	Lehrstuhl für Fabrikorganisation Universität Dortmund Leonard-Euler-Str.5 44221 Dortmund
<u>Leiter der Forschungsstelle:</u>	Prof. Dr.-Ing. Axel Kuhn
<u>Projektleiter:</u>	Dipl.-Wirt.-Ing. Jan-Christoph Maaß
<u>Projektmitarbeiter:</u>	Dipl.-Kfm. André Alberti
<u>2. Forschungsstelle:</u>	Institut für industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb Universität Stuttgart Nobelstraße 12 70569 Stuttgart
<u>Leiter der Forschungsstelle:</u>	Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Dr.-Ing. e. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper
<u>Projektleiter:</u>	Dipl.-Ing. Jörg Mandel
<u>Projektmitarbeiter:</u>	Dipl.-Kfm. -techn. Eftal Okhan

Das IGF-Vorhaben 16167/N1 der Forschungsvereinigung Bundesvereinigung Logistik (BVL) e.V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Anhang 1: Checkliste zur RFID-Einführung



Checkliste

Nr	Frage	Antwort
1	Besteht Klarheit über die Anwendungsfelder von RFID?	<input type="checkbox"/>
2	Wissen Sie welche eigenen Anwendungsprobleme mit RFID gelöst werden können und welche konkreten Ziele mit der Einführung eines RFID-Systems verfolgt werden?	<input type="checkbox"/>
3	Kennen Sie alle notwendige und technische Voraussetzungen für den Einsatz von RFID?	<input type="checkbox"/>
4	Haben Sie einen Überblick über alle Standards, welche für den Einsatz von RFID relevant sind?	<input type="checkbox"/>
5	Kennen Sie alle wichtigen Einflussfaktoren, welche bei der Integration einer RFID-Lösung im Hinblick auf die Kosten entstehen können?	<input type="checkbox"/>
6	Kennen Sie die Vorteile von RFID zu anderen AutoID-Technologien?	<input type="checkbox"/>
7	Besteht Klarheit über die Funktionalität der RFID-Technologie?	<input type="checkbox"/>

Anhang 2: Handbuch zum RFID-Service Presenter

Der RFID-Service Presenter soll Ihnen eine einfache und verständliche Einführung in das Thema der RFID-Mehrwertdienste geben und Ihnen die möglichen Potentiale dieser Technologie und deren Anwendungsfälle in Ihrem Unternehmen aufzeigen. In diesem Handbuch werden wir die einzelnen Schritte anhand eines Beispiels durchlaufen.

Der Start

Sobald Sie das Dokument/Programm öffnen, finden Sie sich auf der Willkommenseite wieder.⁹ Hier müssen Sie den Namen Ihrer Firma eingeben und ihre Branche auswählen. Desweiteren bieten wir Ihnen hier erste externe Einführungsinformationen zum Thema RFID an.

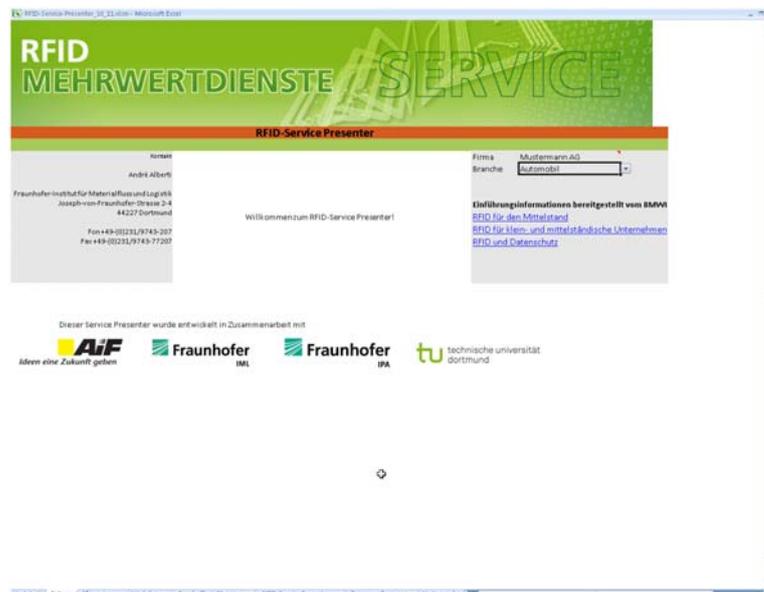


Abbildung A2.1: Der Start des Service Presenters

⁹ Technischer Hinweis: Beim RFID-Service Presenter handelt es sich um EXCEL-Arbeitsmappe mit Makros. Um diese zu verwenden, muss die Verwendung von Makro erlaubt sein. Desweiteren startet der RFID-Service Presenter im Vollbildmodus. Sollten Sie die anderen Excelfunktionen benötigen, verlassen Sie den Vollbild Modus mit der Esc-Taste.

Die bereitgestellten Links führen sie zu Powerpoint-Präsentationen, PDF-Dokumenten oder Webseiten, wo Sie zusätzliche Informationen zum Thema RFID erhalten. Sollten Sie bspw. Informationen über RFID und Datenschutz benötigen, klicken Sie auf den entsprechenden Link.

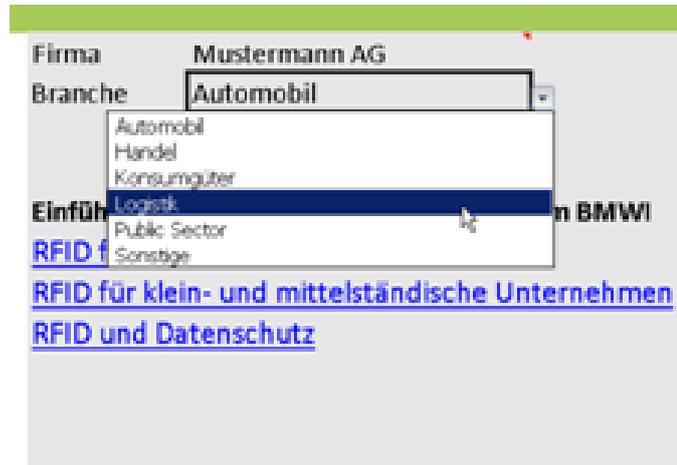


Abbildung A2.2: Auswahl der Branche

Unsere Beispielfirma, die Mustermann AG, kommt aus der Automobilbranche¹⁰. Nachdem Sie diese Eingaben getätigt haben, klicken auf das Blatt „Allgemeines“ im Blattregister.

¹⁰ Wenn Sie keinen Firmennamen eingeben, ist es nicht möglich auf das nächste Tabellenblatt zu wechseln. Ein Fenster weist Sie auf den fehlenden Namen hin.

Vorgehensweise

Auf diesem Blatt wird Ihnen eine Übersicht über den RFID-Service Presenter gegeben. Neben einer allgemeinen Vorgehensweise finden Sie eine detaillierte Übersicht über die einzelnen Tabellenblätter. Hier wird Ihnen mitgeteilt welche einzelnen Prozesse Sie durchlaufen und was Sie sonst noch auf den Tabellenblättern erwartet.

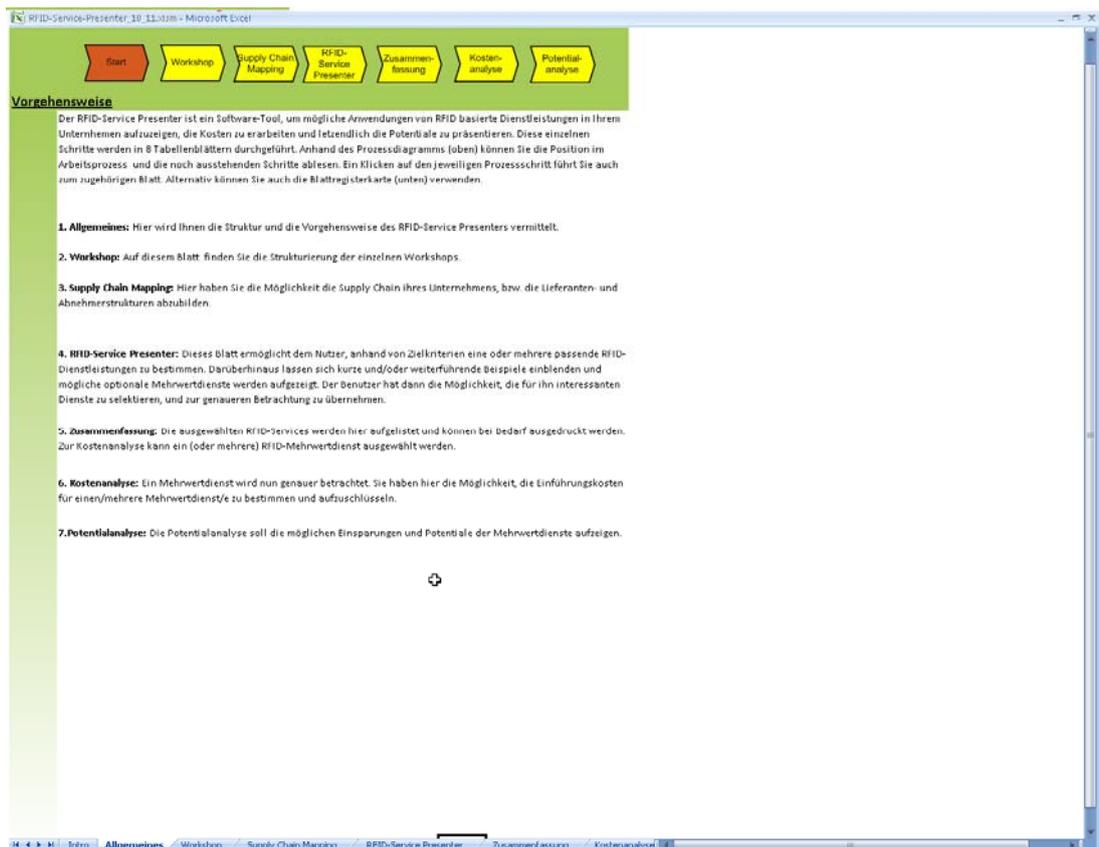


Abbildung A2.3: Allgemeine Informationen

Ab hier können Sie neben der Blattregisterkarte auch über die oben angezeigte „Prozesskette“ navigieren (vgl. Abbildung A2.4). Ein Klick auf den jeweiligen Pfeil bringt Sie zum entsprechenden Blatt.

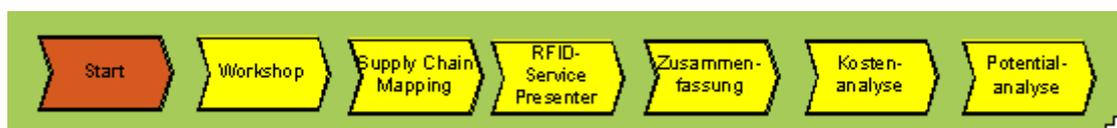


Abbildung A2.4: alternative Navigationsleiste

Darüber hinaus wird hier der aktuelle Prozessschritt hervorgehoben, so dass Sie sich immer orientieren können, wo Sie sich befinden.

Abfolge der Workshops

Eine generelle Übersicht über die geplanten Workshops mit den geplanten Abläufen finden Sie hier. Sie befinden sich wahrscheinlich schon in Mitten einer dieser Workshops oder Sie stehen in Ihrem Unternehmen noch an.

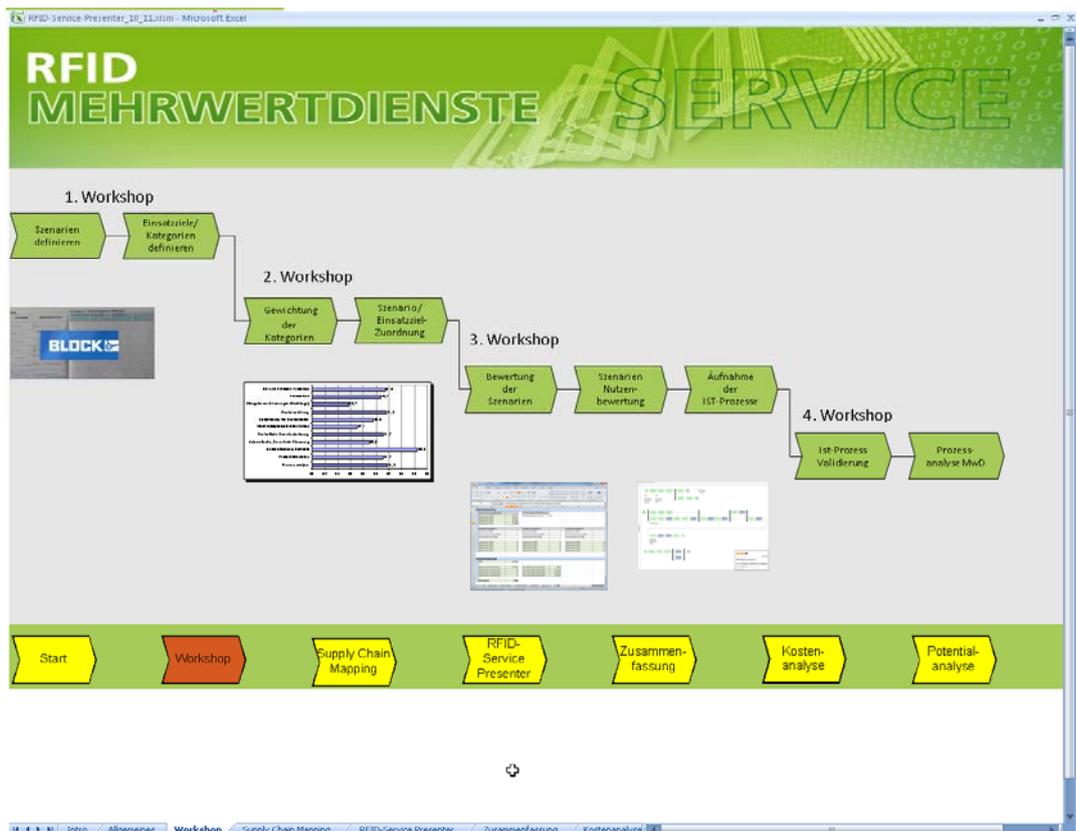


Abbildung A2.5: Workshop Übersicht

In den geplanten Workshops soll folgendes geschehen;

- 1. Workshop:** Durch einen ersten Workshop mit den Mitarbeitern sollen potentielle Szenarien für den Einsatz von RFID gefunden werden. Die Mitarbeiter werden zu den einzelnen Prozessen und Verbesserungsvorschlägen befragt, mit einer Fokussierung auf den Kundennutzen und einer Optimierung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses.
- 2. Workshop:** Die gefunden potentiellen Anwendungsszenarien müssen anhand entsprechender Kategorien gewichtet und Einsatzzielen zugeordnet werden.

3. **Workshop:** Nach Bewertung der Szenarien und der Feststellung ihres Nutzens, kann mit der Aufnahme der Ist-Prozesse zum entsprechenden Szenario begonnen werden.
4. **Workshop:** Im letzten Workshop findet die Validierung der Ist-Prozesse statt und es beginnt die Prozessanalyse unter Verwendung von RFID-Techniken.

Übersicht der Supply Chain Prozesse

Auf diesem Blatt bieten wir Ihnen die Möglichkeit, Ihre Supply Chain zu visualisieren. Die linksseitigen Elemente können durch „Copy & Paste“ oder per Drag&Drop(Strg bzw. Ctrl. Gedrückt halten) auf der Weltkarte abgelegt werden. Somit besteht eine Übersicht über das Netzwerk, in dem sich Ihr Unternehmen befindet.

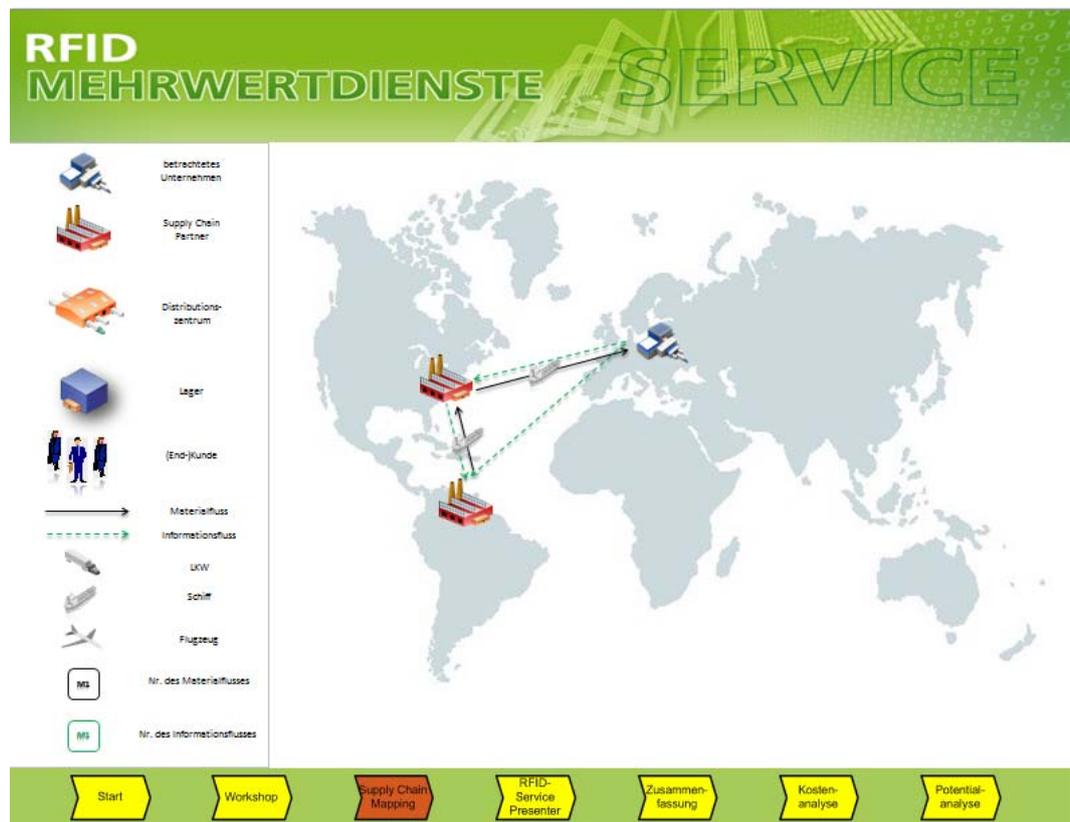


Abbildung A2.6: Das Supply Chain Mapping

Die erstellte Supply Chain Map hat keinen Einfluss auf die folgenden Prozesse. Die Eingabe dient jedoch zur Visualisierung der existierenden Supply Chain. Wir

erhoffen uns durch die abgebildete Supply Chain, Probleme und damit potentielle Einsatzfelder für den RFID-Einsatz zu entdecken. Darüber hinaus sehen wir welche Anforderungen die RFID-Technik gerecht werden muss.

Auswahl der Anforderungen

Hier finden Sie das eigentliche Herzstück des RFID-Service Presenters. Auf der linken Seite befinden sich die Zielkriterien zur Auswahl, auf der rechten Seite befindet sich das Navigationsmenü.

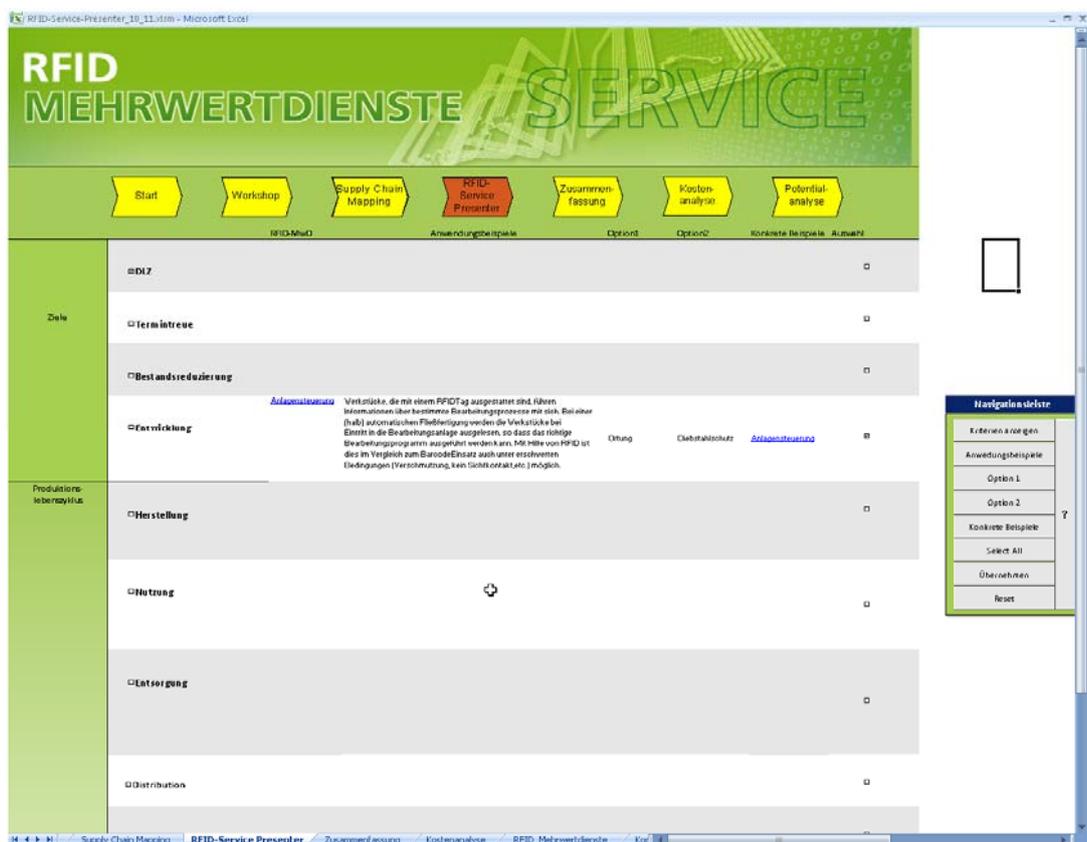


Abbildung A2.7: Der RFID-Service Presenter

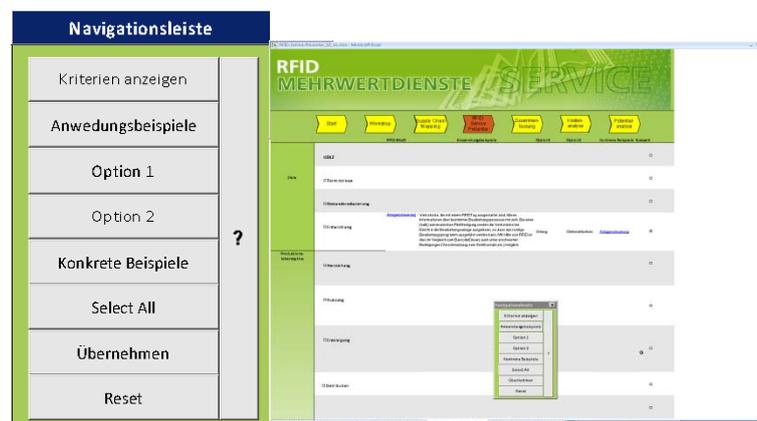


Abbildung A2.8: Das statische (links) und dynamische (rechts) Navigationsmenü

Das Navigationsmenü verfügt über eine eingebaute Hilfe, die Ihnen die einzelnen Funktionen der Buttons erklärt. Bewegen Sie den Mauszeiger über eine der Schaltflächen, so wird auf der rechten Seite der Hilfstext eingeblendet. Alternativ dazu können Sie mit einem Klick auf das Fragezeichen die Hilfsbox auch permanent einblenden. Das Navigationsmenü ist statisch und kann beim Zoomen eventuell aus Ihrer Bildschirmansicht verschwinden. Damit sie das Menü unter diesen Umständen bedienen können, verwandelt ein Klick auf die blaue „Navigationsleiste“ das Menü in eine verschiebbare Leiste. Wenn Sie auf die Schaltfläche „Kriterien anzeigen“ klicken, werden die auswählbaren Zielkriterien kurz rot aufblinken. Eine Erklärung der anderen Schaltflächen finden Sie im nachfolgenden Beispiel.

Die Mustermann AG möchte ihre Durchlaufzeit verbessern. Durch das Markieren des entsprechenden Zielkriteriums wird ein entsprechender Vorschlag gemacht. In unserem Beispiel schlägt der Service Presenter hier die Anlagensteuerung als potentiell Anwendungsfeld vor. Möchten wir nun nähere Informationen erhalten, klicken wir auf die Schaltfläche Anwendungsbeispiele und erhalten eine Kurzbeschreibung über den möglichen Anwendungsfall. Die Schaltflächen Option 1 und Option 2, liefern uns mögliche Optionen, die zusätzlich zum eigentlichen Anwendungsfall mit der Technik realisierbar sind. Statten wir unsere Werkstücke bspw. mit RFID-Tags zur Anlagensteuerung aus, so könnten diese gleichzeitig geortet und gegen Diebstahl gesichert werden. Wenn wir ausführliche Informationen zum jeweiligen Mehrwertdienst haben möchten, klicken wir auf „Konkrete Beispiele“. Nun wird uns ein Link eingeblendet der zu weiteren externen Informationen führt. Haben wir uns für einen oder mehrere Dienste entschieden, so können diese mit dem entsprechenden Kästchen auf der linken Seite zur weiteren Betrachtung ausgewählt werden. Ein Klick auf „Select All“ markiert alle ausgewählten Mehrwertdienste. Die ausgewählten Dienste werden durch den „Übernehmen“-Button auf

das nächste Tabellenblatt übernommen. Sollten Sie alle Eingaben löschen wollen, klicken Sie auf den „Reset“- Button.

Übersicht der gewählten Services

Die vorher ausgewählten Mehrwertdienste werden hier aufgelistet. Das vorhandene Navigationsmenü funktioniert nach dem gleichen Prinzip wie auf dem vorherigen Tabellenblatt. Sie haben die Möglichkeit das Blatt zu drucken oder zu Löschen. Sollten Sie mehrere Mehrwertdienste ausgewählt haben, so zeigt Ihnen ein Klick auf „Kompatibilitätscheck“ mögliche Probleme, die bei der Verwendung mehrere RFID-Technologien entstehen können.

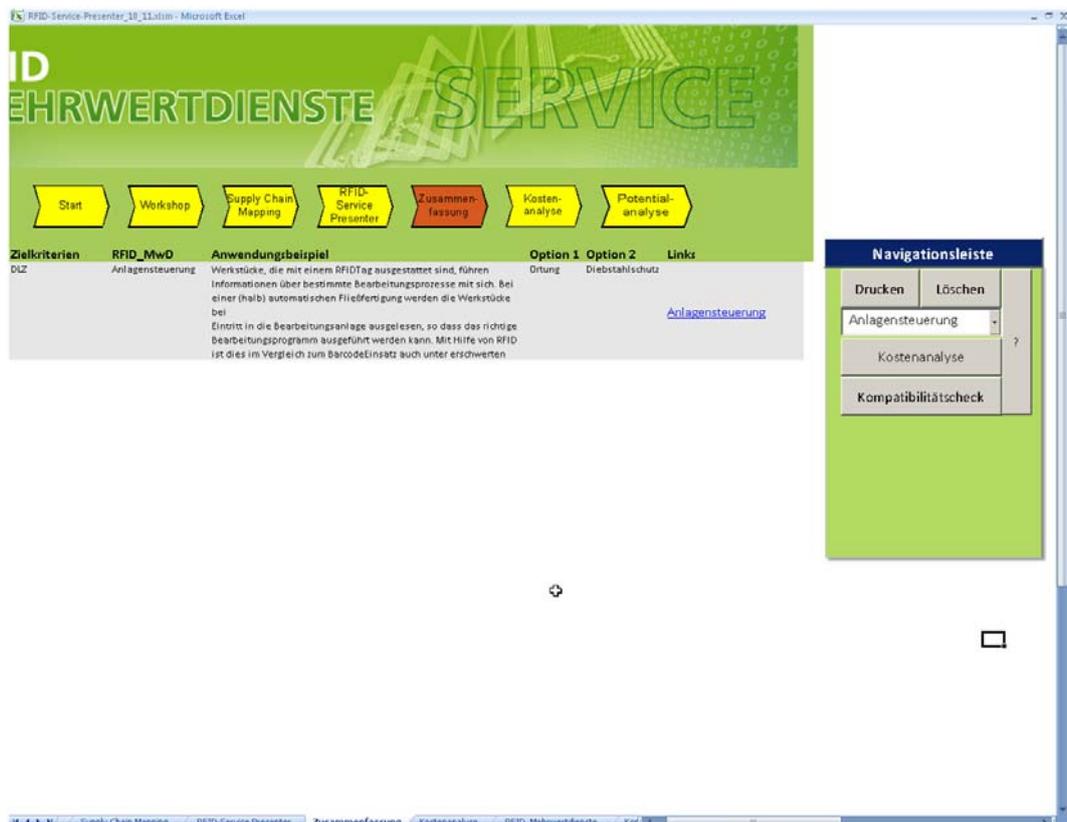


Abbildung A2.9: Die Zusammenfassung

Diebstahlschutz Anlagensteuerung	Mit Hilfe von RFID Tags an hochpreisigen, elektronischen Komponenten und entsprechend ausgerichteten Readern an zentralen Stellen kann der Diebstahlschutz erhöht werden.	Add 1.1	Add 2.1
Dokumentation	Maschinen und Anlagen, die einer aufwändigen Dokumentationspflicht unterliegen (z.B. medizinische Anlagen für den US amerikanischen Markt) können durch RFID Tags an verbauten Teilen und Komponenten die notwendigen Dokumente, Zertifikate, Prüfprotokolle, etc. stets mit sich führen. Die Dokumentation auf herkömmlichen Papierdokumenten die bei größeren Anlagen ganze Container füllen kann würde entfallen.	Add 1.5	Add 2.5

Abbildung A2.10: Kompatibilitätsprobleme

In Abbildung A2.10 haben wir bspw. mehrere Mehrwertdienste ausgewählt. Nach einem Klick auf den „Kompatibilitätscheck“-Button wird uns angezeigt, dass der Diebstahlschutz und die Dokumentation zusammen nicht realisiert werden kann, aufgrund technischer Probleme.

Für die genauere Betrachtung eines Mehrwertdienstes können Sie in dem Auswahlfeld diesen auswählen. In unserem Fall ist nur die Anlagensteuerung vorhanden, die auch gleich automatisch ausgewählt wird. Ein Klick auf Kostenanalyse führt zum nächsten Abschnitt.

Kostenanalyse

Unsere Anlagensteuerung wird nun einer Kosten-Nutzen-Analyse unterzogen. Dieses Tabellenblatt bietet Ihnen eine Auflistung der entstehenden Kosten und den Einsparpotentialen.

Kosten		Anlagensteuerung	Nutzen	
Projekt			Direkte Effekte	Periode 1
IT-Analyse			Personalkosteneinsparung	42.055
Soll-Konzeption			Betriebsmittelkosteneinsparung	
Projektmanagement	5.000		Ressourceneinsparung	
externe Beratung			Fehlervermeidung	
Testen der Komponenten/Systemauswahl			Desinvestitionen	
Schulung der Mitarbeiter	1.000		Indirekte Effekte	
Betriebsunterbrechung			Reduzierte Kranken-/Unfallkosten	
Dokumentation	1.000		Reduzierte Inkonsistenzen	
Hardware			Reduzierte Lagerhaltungskosten	
Antennen (Gehäuse, Halterung, Parametrisierung)	6.160		Erhöhte Lieferfähigkeit und -zeit	
Lesestationen (Handhelds, fixe)	33.540		Erhöhte Lieferqualität	
Schnittstellen (Ports, Rechner)			Reduzierte Wartungskosten	
Middleware			Verbessertes Notfallmanagement	
Netzwerkumrüstung (WAN, Verkabelung)			Identitätsgarantie	
Bildschirme (Monitore, Staplerterminals)	2.500		Sonstiges	
zusätzliche Rechenkapazität	18.000			
Transponder geschlossenes System	890		Gesamtnutzen	42.055
Installation	5.000			
Software			Auswertung	Periode 1
Implementierung/Konfiguration/Integration	5.000		Investitionskosten	78.050
Verschlüsselungssystem (Übertragungssicherheit)			Einzahlungsüberschüsse	-94.546
Lizenzen	12.500		Auf Periode 1 abdiskontierte Einzahl	-94.346
Betrieb			NPV des Projektes	
Wartung/Reparaturen	9.000			
Ersatzteile				
Systempflege/-betreuung				
Versicherung				
Energiekosten	30			
Ausfallkosten	421			
Datensicherung				
Wagen	4.000			
Ampeln	2.400			
Bereitstellungskanäle	30.000			
Gesamtkosten	136.401			

Abbildung A2.11: Kostenanalyse

Die Kosteneffekte, die in jedem Unternehmen auftreten, lassen sich in zwei Kategorien unterteilen:

Direkte Effekte	Indirekte Effekte
Personalkosteneinsparung	Reduzierte Kranken-/Unfallkosten
Betriebsmittelkosten	Reduzierte Inkonsistenzen
Ressourceneinsparung	Reduzierte Lagerhaltungskosten
Fehlervermeidung	Erhöhte Lieferflexibilität und –zeit
Desinvestitionen	Erhöhte Lieferqualität
	Reduzierte Wartungskosten
	Verbessertes Notfallmanagement
	Identitätsgarantie

Potenzialanalyse

Als abschließendes Tabellenblatt bietet Ihnen die Potentialanalyse eine detaillierte Auflistung woher die Einsparpotentiale aus der Kostenanalyse resultieren. Die aufgenommen Ist-Prozesse werden mit geschätzten Werten abgeglichen und so ergibt sich das Kosteneinsparungspotenzials.

Szenarien	Hauptprozesse	Teilprozesse	Aufwand	Einheit	Bezugsgröße	Jahresaufwand Ist (MI)	Ratio 1 Barcode (Geschätzt)	Ratio2 RFID (Geschätzt)	Jahr
S21: Echtzeitfähigkeit in der Fertigung und Chargenverfolgung		Rückmeldung der Fertigungsaufträge. Wiegezeit (hin- und zurück)	30	Sek.	pro Rückmeldevorgang	9,81	0,7	0,95	
		Rückmeldung am Terminal (incl. An- und Abmeldung)	30	Sek.	pro Rückmeldevorgang	9,81	0,5	0,5	
		Kommissionieren aus dem Handlager. Eintragen der Chargennummer in der Kommissionierliste (bzw. Begleitkarte) pro Artikel	10	Sek.	pro Eintrag	0,26	0,5	0,5	
		Archivierung der Auftragspapiere mit Grobsortierung incl. Wiegezeit in Chargennummer. Sekunden	15	Sek.	pro Archivierungsvorgang	5,96	0,3	0,3	
		Rückverfolgung der Chargennummer. Suchen der Chargennummer	10	Std.	pro Suchvorgang	20,00	0,2	0,2	
		Summe			46,93				
S22: Lagerplatzidentifikation					Eintrachtungsumfang (nur P/IBB - SA oder alle Artikel)	00%			
		Suchen. Suchaufwand im Lagerbereich (Produktionslager, Puffer) pro Tag in Stunden	2	Std.	pro Arbeitstag	44,00	0,5	0,5	
		Bestandskontrolle. Inventur			Jahresaufwand	175,00	0,5	0,5	
		Laufzeit Bestandskontrolle			Jahresaufwand	129,00	0,5	0,5	
		Summe			348,00				
Gesamtsumme						386,93			


```

graph LR
    Start --> Workshop
    Workshop --> SCM[Supply Chain Mapping]
    SCM --> RFID[RFID-Service Presenter]
    RFID --> Zusammenfassung
    Zusammenfassung --> Kostenanalyse
    Kostenanalyse --> Potentialanalyse
    Potentialanalyse --> Identifizierung
    Potentialanalyse --> Vorgehensplan
    Potentialanalyse --> Präsentation
    
```

Abbildung A2.12: Kostenanalyse

Datenbasis und zusätzliche Tabellen

Alle relevanten Daten, auf denen der Service Presenter beruht, befinden sich in der Excel Datei selbst. Die entsprechenden Tabellenblätter sind in der Standard-einstellung ausgeblendet. Im folgendem ist eine Übersicht über die Datenblätter und die Informationen, die sie beinhalten:

RFID_Mehrwertdienste

Hier sind alle relevanten Daten der Mehrwertdienste mit ihren Kurzbeschreibungen, möglichen Optionen und die Links zu externen Informationen gespeichert. Die Daten, die im „RFID Service Presenter“-Blatt angezeigt werden stammen von hier. Neue Einträge können einfach angefügt werden.

Datenbasis

Das Tabellenblatt Datenbasis enthält alle Hilfstexte zu den Navigationsmenüs.

Kombinationen

Welche Mehrwertdienste bei der Auswahl des jeweiligen Zielkriteriums angezeigt werden, ist in dieser Matrix festgelegt. Durch den Eintrag einer „1“ wird der entsprechende Mehrwertdienst bei der Auswahl des Zielkriteriums angezeigt.

Branche

Die Branchen, die am Anfang ausgewählt werden können, sind hier gespeichert. Neue Branchen können einfach in der Liste eingetragen werden.

Anhang 3: RIFD Technik

Die Folgenden Abschnitte bieten einen Überblick über die Grundlagen der RFID-Technik. Neben der Definition für RFID wird auf den grundlegenden Aufbau eines RFID-Chips eingegangen und die Funktionsweise der Datenübertragung eingegangen.

Definition

RFID steht für „Radio Frequency Identification“, was im deutschen mit „Identifizierung mit elektromagnetischen Wellen“ übersetzt wird. Die ersten Vorläufer der RFID-Technologie gab es bereits gegen Ende des 2. Weltkriegs, wo die Technologie erstmals zur Freund-Feind-Erkennung von Flugzeugen und Fahrzeugen genutzt wurde. Auch heute noch verwenden die Streitkräfte Systeme, die auf die damaligen zurückzuführen sind. Seitdem hat sich die Technologie ständig weiterentwickelt. In den 60er Jahren gab es mehrere verschiedene Entwicklungen, die erstmalig auch in der zivilen Wirtschaft eingesetzt wurden, z.B. bei der Produktion von Fahrzeuge und Eisenbahnwagen. Seitdem wurde die Technologie ständig weiterentwickelt und so gibt es heute viele Anwendungsgebiete, auf die näher in Abschnitt 2.4 eingegangen wird.

Aufbau und Funktionsweise von 1-bit Transpondern

Es gibt eine Vielzahl von verschiedenen RFID-Systemen. Je nach Verwendungszweck kommen unterschiedlicher Ausführungsarten zum Einsatz. In Abbildung ist eine Skizze eines Systems dargestellt. Grundsätzlich besteht ein RFID-System immer aus zwei Komponenten:

- Dem Transponder, der an den zu identifizierenden Objekten angebracht wird;
- Dem Erfassungs- oder Lesegerät, das je nach Ausführung und eingesetzter Technologie als Lese- oder Schreib/Lese-Einheit erhältlich ist.

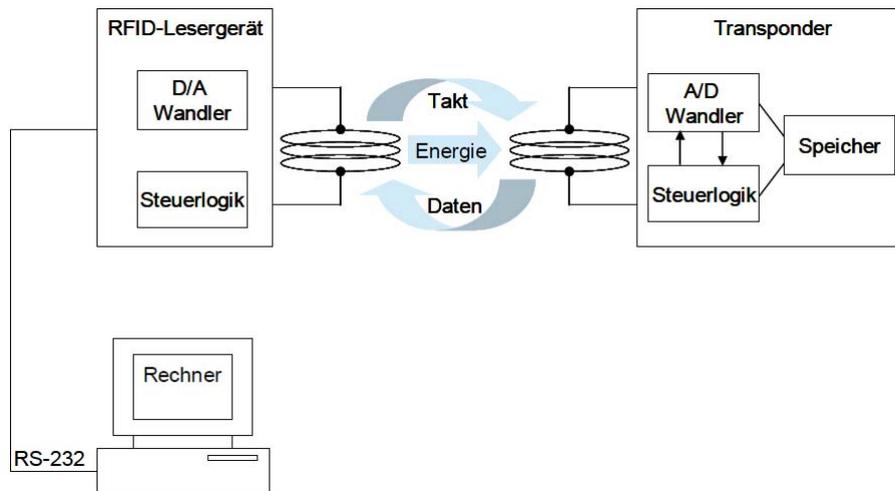


Abbildung A3.1: Lesegerät und Transponder, nach /FINK/, S.7

Ein RFID-Lesegerät beinhaltet normalerweise ein Hochfrequenzmodul (Sender und Empfänger), eine Kontrolleinheit sowie ein Koppellement zum Transponder. Darüber hinaus besteht normalerweise eine Anbindung über verschiedene Schnittstellen an ein anderes System, wie einen PC oder eine Automatensteuerung, um Informationen weiterzuleiten.

Der Transponder ist der eigentliche Datenträger des Systems. Er verfügt ebenfalls über ein Koppelungselement sowie einen elektronischen Mikrochip. Ein Transponder verhält sich ohne ein Lesegerät völlig passiv, sofern er keine eigene Spannungsquelle besitzt, was in der Regel der Fall ist. Erst wenn er in das Reaktionsfeld des Lesegeräts kommt, wird er aktiviert, indem das Lesegerät über das Koppelungselement eine Spannung im Transponder induziert.

Im Folgenden soll nun die grundsätzliche Funktionsweise eines RFID-Systems dargestellt werden. Die einfachste Ausführungsform eines RFID-Systems ist die Verwendung von einem 1-bit Transponder. Dieser Transponder kennt nur zwei Zustände, nämlich „1“ oder „0“. Das bedeutet, dass nur zwei Systemzustände möglich sind. Entweder befindet sich der Transponder im Ansprechbereich des Lesegeräts oder nicht. „Trotz dieser Einschränkungen sind 1-bit Transponder sehr weit verbreitet – ihr Haupteinsatzgebiet sind elektronische Diebstahlsicherungen im Warenhaus (EAS – electronic article surveillance)“ (/FINK/, S.32). Es gibt auch 1-bit Transponder, die über einen Chip verfügen und so in der Lage sind, Daten und Informationen zu speichern. Der folgende Abschnitt beschränkt sich auf Transponder ohne integrierten Chip.

Bei den 1-Bit Transpondern gibt es unterschiedliche Frequenzbereiche und -arten.

Je nachdem, wie das Lesegerät mit dem Transponder kommuniziert, unterscheidet man zwischen

- Radiofrequenzen,
- Mikrowellen,
- dem Frequenzteiler
- dem elektromagnetischen
- dem akustomagnetischen Verfahren.

Das Radiofrequenzverfahren eignet sich besonders zur Diebstahlsicherung. In Abbildung ist der Aufbau eines Systems das mit Radiofrequenzen arbeitet dargestellt. Das Verfahren arbeitet mit einem L-C-Schwingkreis (L= Spule, C=Kondensator). Den Schwingkreis bildet in diesen Fall das EAS-Label bzw. der Tag. Das „Lesegerät“, hier ein Transmitter, erzeugt ein magnetisches Feld im Radiofrequenzbereich. Wird nun der Tag in das erzeugte magnetische Feld eingebracht, so entsteht durch die Spule im Schwingkreis eine Spannung (Induktivgesetz). Ist die Frequenz im Transmitter und im EAS-Label gleich, so wird der Schwingkreis zu einer Resonanzschwingung angeregt. Der hierbei entstehende Strom wirkt seiner Ursache entgegen und so kommt es zu einem kleinen Spannungsabfall über der Generatorspule und sofern ein Receiver vorhanden ist, kommt es auch in der Sensorspule zu einem messbaren Spannungsabfall.

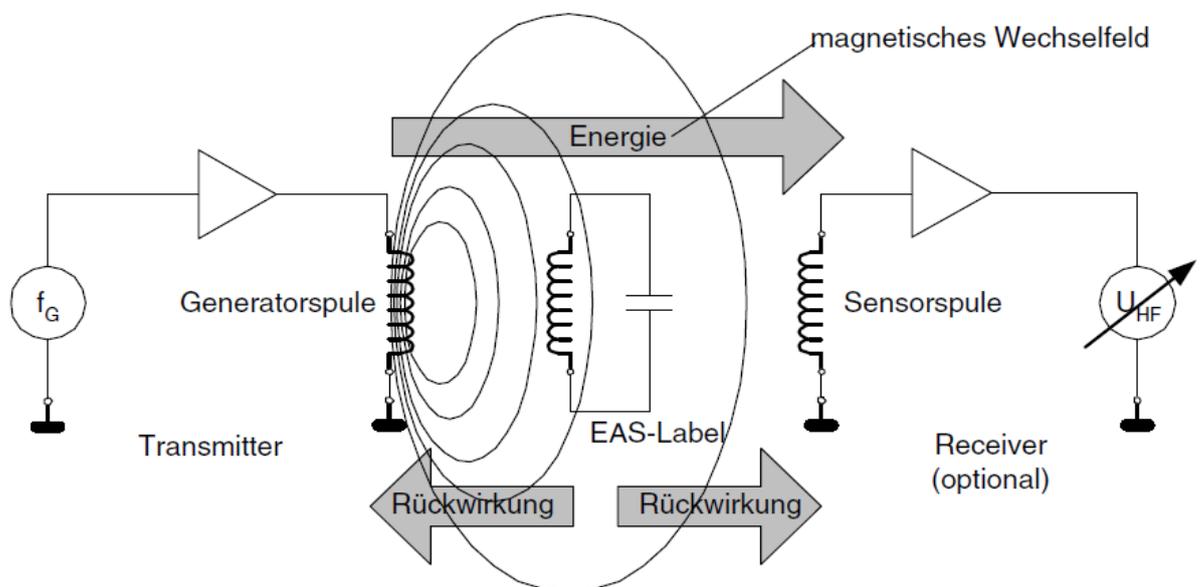


Abbildung A3.2: Funktionsprinzip des EAS-Radiofrequenzverfahrens, nach /FINK/, S.33

Da der Spannungsabfall in der Regel sehr gering ist, bedient man sich des „Wobbelns“, um die Spannungsänderung wirksam zu erfassen. Das bedeutet, dass das erzeugte Magnetfeld in der Generatorspule nicht konstant ist, sondern immer zwischen zwei Eckfrequenzen hin und her pendelt. Wird nun gerade auf einer Frequenz gesendet, die der des Transponders entspricht, schwingt sich dieser „ein“ und erzeugt so einen Spannungsdip, der einen stärkeren Spannungsabfall erzeugt, der leichter zu erfassen ist.

Eine weitere Möglichkeit für die Ausführung von 1-bit Transpondern sind solche, die im Mikrowellenbereich funktionieren. Deren Aufbau ist sehr einfach und sie werden daher oft ebenfalls zur Diebstahlsicherung in Kaufhäusern eingesetzt. Sie beruhen auf dem Prinzip der „Harmonischen“. „Unter der Harmonischen einer sinusförmigen Spannung A mit definierter Frequenz f_A versteht man eine sinusförmige Spannung B, deren Frequenz f_B ein ganzzahliges Vielfaches der Frequenz f_A darstellt.“ (/FINK/, S.35) Der Transponder wird bei den Systemen im Mikrowellenbereich also nur dazu genutzt, die Harmonischen zu erzeugen.

Der Aufbau des Transponders ist daher auch sehr einfach. Man benötigt einen Zweipol, also eine Schaltung mit zwei Anschlüssen sowie eine Kapazitätsdiode, ein elektronisches Halbleiterbauteil, was für die Erzeugung der Harmonischen verantwortlich ist. Der Zweipol wird auf die Grundwelle abgeglichen, also auf die Frequenz, die der Sender erzeugt. Die typischen Frequenzen, die dabei zum Einsatz kommen sind 915 MHz, 2,45 GHz oder 5,6GHz.

In Abbildung A3.3 ist der Aufbau einer Diebstahlsicherung dargestellt. Der 1-bit Transponder befindet sich z.B. in oder an einem Kleidungsstück. Der Sender erzeugt mit Hilfe eines 1kHz Generators und einer Amplitudenumtastung (ASK von Amplitude Shift Keying) die Grundwelle, auf die der Transponder abgeglichen wurde. In diesem Fall eine Frequenz von 2,45 GHz. Wird der Transponder nun in den Ansprehbereich des Senders gebracht, so erzeugt er eine zweite Harmonische mit einer Frequenz von 4,90 GHz. Diese zweite Harmonische trifft auf den Detektor, der auf diese Frequenz abgeglichen worden ist. Das eintreffende Signal kann so z.B. einen Alarm auslösen.

Wird die Grundwelle mit einer Amplitudenumtastung oder einer Frequenzumtastung moduliert, so hat dies den Vorteil, dass die zweite Harmonische über dieselbe Modulation verfügt. So kann besser zwischen „Stör“- und „Nutz“-Signalen unterschieden werden. Denn der Empfänger demoduliert das Signal und führt es dem Detektor zu. Ein Störsignal, das zufällig die gleiche Frequenz aufweist wie die zweite Harmonische, wird somit den Alarm nicht auslösen.



Abbildung A3.3: Mikrowellen-Etikett im Ansprechbereich eines Detektors, nach /FINK/, S.37

Das Verfahren der Frequenzteilung bei RFID-Systemen ähnelt im Aufbau dem RF-Verfahren und arbeitet im Langwellenbereich bei 100 bis 135,5 KHz. Der Unterschied zum RF-Verfahren besteht in der Ausführung des Transponders. Der Transponder verfügt über eine Kupferspule zur Energieaufnahme und für die Sendung des Signals hinaus noch über eine Halbleiterschaltung (Mikrochip). Der Mikrochip wird über die Spule mit Energie versorgt. Seine Aufgabe ist es, die eingehende Frequenz durch 2 zu teilen und wieder an das Lesegerät zurück zu senden. Da das Verfahren wieder mit ASK-moduliert wird, verfügt es über eine eigene Signatur. So können „Stör“- und „Nutzsignale“ besser auseinander gehalten werden.

Als letztes Verfahren wird hier das elektromagnetische Verfahren erwähnt. Wie der Name schon sagt, werden hier starke elektromagnetische Wellen im Niederfrequenzbereich, also von etwa 10 Hz bis etwa 20kHz verwendet. Das Verfahren ist sehr einfach und der Transponder ist hier nichts anderes als ein weichmagnetischer amorpher Metallstreifen, der leicht magnetisierbar ist. Hierbei kann wieder lediglich entschieden werden, ob sich ein Transponder im Ansprechbereich des Lesegeräts befindet oder nicht. Technisch basiert das Prinzip auf der magnetischen Sättigung. Das bedeutet, dass das Lesegerät ein starkes magnetisches Wechselfeld erzeugt. Dabei wird der Metallstreifen periodisch ummagnetisiert. Das erzeugt wiederum Harmonische (s.o.), die vom Lesegerät wahrgenommen werden können. Damit das Verfahren reibungslos funktioniert, müssen die Feldlinien des erzeugten Magnetfelds den amorphen Metallstreifen senkrecht durchlaufen. Der Vorteil von elektromagnetischen Systemen besteht darin, dass sie sich auch für metallhaltige Ware eignen, was an der niedrigen Arbeitsfrequenz liegt.

Die akustomagnetischen Systeme werden an dieser Stelle nicht näher betrachtet.

Transponder mit Mikrochip

Die im vorherigen Abschnitt behandelten 1-bit Transponder basierten auf einfachen physikalischen Effekten, wie Anschlagvorgänge, Anregung von harmonischen Verfahren, etc. Dadurch haben sie eine einfache Bauform und benötigen keine komplizierten Lesegeräte, um erfasst zu werden. Der Nachteil ist, wie oben schon erwähnt, dass sie nur zwei Informationen übermitteln können. Entweder sind sie im Ansprechbereich des Lesegeräts oder nicht.

Die in den folgenden Abschnitten behandelten RFID-Transponder verfügen über einen Mikrochip, auf dem Daten in einer Größe von wenigen Bytes bis zu mehr als 100 kByte gespeichert werden können. Es kommen nun zwei weitere Vorgänge hinzu. Zum einen müssen nun Daten vom Datenträger gelesen und zum anderen Daten auf den Datenträger geschrieben werden. Es müssen also Daten zwischen dem Lesegerät und dem Transponder ausgetauscht werden.

Unterscheidungsmerkmal

Die RFID-Systeme lassen sich wieder nach unterschiedlichen Kriterien unterscheiden. Bei Transpondern die über einen Datenspeicher verfügen besteht ebenfalls die Möglichkeit, sie aktiv oder passiv mit der benötigten Energie zu versorgen. Im folgenden Abschnitt wird die Energieversorgung passiver Transponder nicht mehr behandelt. Es sei dazu auf den Abschnitt des 1-Bit Transponders verwiesen. Von größerer Bedeutung ist die Art der Datenübertragung. Grundsätzlich gibt es neben der Unterscheidung anhand der Energieversorgung zwei weitere Verfahren zur Datenübertragung.

Wenn der Austausch von Informationen vom Transponder zum Lesegerät (Uplink) zeitgleich mit der Übertragung in die andere Richtung (Downlink) stattfindet, so spricht man von einem Vollduplexverfahren (FDX). Findet der Datenaustausch zwischen den beiden Komponenten zeitversetzt statt, so bezeichnet man dies als Halbduplexverfahren (HDX). Die beiden Verfahren haben aber gemeinsam, dass die Energieversorgung während des Datenaustausch kontinuierlich vorhanden ist, also unabhängig von der Richtung der Datenübertragung. Wenn die Energieübertragung immer nur für eine bestimmte Zeitspanne vorhanden ist, dann spricht man von einem Sequentiellen Verfahren (SEQ). Dabei findet die Datenübertragung vom Transponder zum Lesegerät in den Pausen der Energieversorgung des Transponders statt (nur bei passiven Transpondern). Sequentielle Verfahren sollen an dieser Stelle nicht weiter erwähnt werden, da der Schwerpunkt hier auf der Datenübertragung liegt.

Im Folgenden soll nun, anhand von verschiedenen Systemen, die Datenübertragung erklärt werden. Die beiden Systeme unterscheiden sich durch ihre Energieversorgung und damit direkt verbunden auch aufgrund ihrer Reichweite. Während das Verfahren der elektromagnetischen Backscatter-Kopplung eine Reichweite

von bis zu 15 m ermöglicht, beträgt die Reichweite beim Close Coupling nur 0,1 cm bis maximal 1 cm.

Backscatter-Kopplung

RFID-Systeme, die über eine Reichweite von mehr als 1 m verfügen, bezeichnet man als Long-Range-Systeme. Solche Systeme werden entweder im UHF-Bereich bei 868 MHz (in Europa) bzw. 915 MHz (in den USA) betrieben oder auf Mikrowellenfrequenzen bei 2,5 GHz oder 5,8 GHz. „Die kurzen Wellenlängen dieser Frequenzbereiche ermöglichen die Konstruktion von Antennen mit weitaus kleineren Abmessungen und besserem Wirkungsgrad, als dies auf Frequenzbereichen unter 30 MHz möglich wäre.“ (/FINK/, S.51)

Energieversorgung

Die Energieversorgung bei der Backscatter-Kopplung erfolgt durch elektromagnetische Wellen. Handelt es sich um einen passiven Transponder, wird die Energie für die Datenübertragung sowie die Energie, die benötigt wird um den Mikrochip bzw. den Datenträger zu benutzen, vom Lesegerät geliefert. Entscheidend neben dem Frequenzbereich, in dem das Lesegerät sendet, ist bei der Versorgung durch elektromagnetische Wellen der Abstand zwischen der Antenne des Lesegeräts und der Antenne des Transponders. Die benötigte Leistung für den Betrieb des Transponderchips variiert je nach Bauform und verwendetem Material. Verwendet man aktuelle Low-power-Halbleitertechnologie, kann von einer Leistungsaufnahme von nicht mehr als 5 μ W ausgegangen werden (vgl. /LIES/). So lassen sich passive Transponder realisieren, die über einen Mikrochip verfügen und ohne eine eigene Spannungsversorgung auskommen. Bei einer solchen Konstruktion ist immer noch eine Reichweite von 3 m zu realisieren.

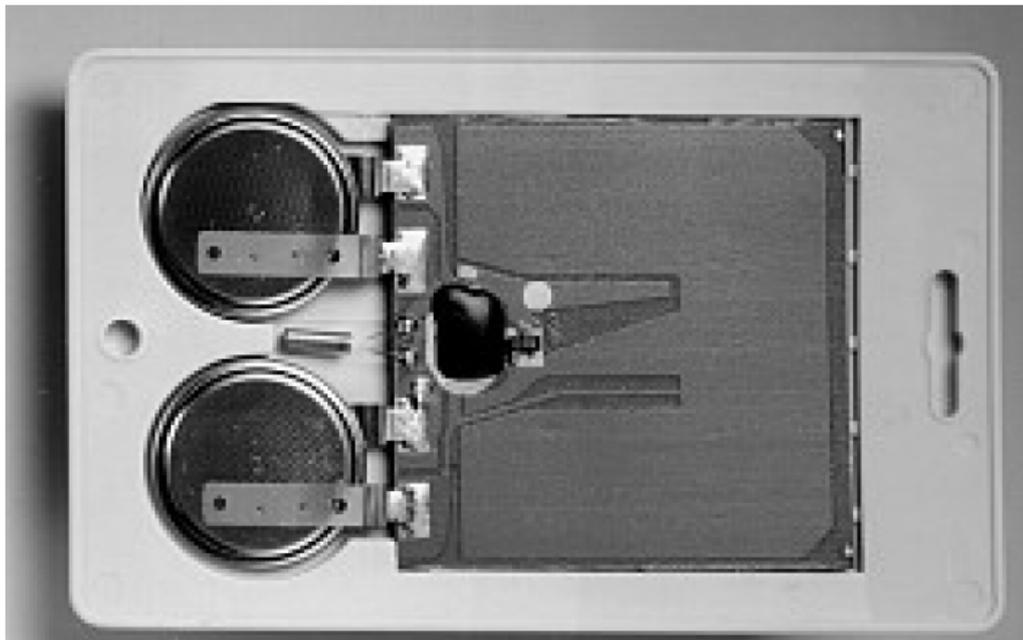


Abbildung A3.4: Aktiver Transponder für 2,45 GHz, nach /FINK/, S.52

Um Reichweiten jenseits von 3 m zu realisieren, muss dem Transponder mehr Energie zur Verfügung gestellt werden. In Abbildung A3.4 ist ein aktiver Transponder dargestellt. Er verfügt über zwei Knopfzellen, die den Mikrochip mit Energie versorgen. Die Antenne ist als U-förmige Fläche zu erkennen. Um die Lebensdauer von den Batterien zu verlängern, verfügt der Transponder über eine Art „Standby“-Modus. Wenn der Tag sich nicht im Ansprechbereich eines Lesegeräts befindet, schaltet sich der Chip automatisch in einen stromsparenden Modus. Wenn er in den Ansprechbereich kommt, wird er durch ein Signal wieder aktiviert. Trotzdem ist die Lebensdauer von aktiven Transpondern in der Regel immer noch kürzer als die von passiven.

Datenübertragung

Backscatter bedeutet im Deutschen Rückstreuung. Das Funktionsprinzip der Backscatter-Kopplung beruht auf Rückstrahlung von elektromagnetischen Wellen. Wie bei der Radartechnik macht man es sich zu Nutze, dass elektromagnetische Wellen mit der richtigen Wellenlänge von Materie reflektiert werden. Um die Rückstrahlung zu verbessern, müssen die Objekte mit den eintreffenden Wellen in Resonanz sein. Daher ist die Antenne des Transponders auf die Frequenz des Lesegeräts abgestimmt.

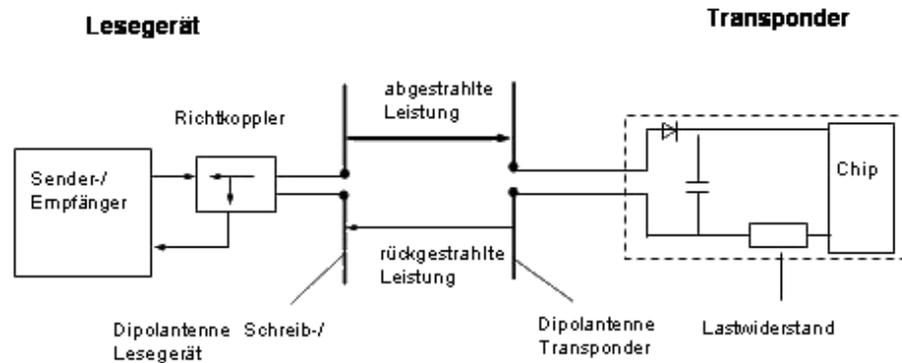


Abbildung A3.5: Backscatter-Kopplung, nach /TUCH/

In Abbildung A3.5 ist der schematische Aufbau einer Backscatter-Kopplung dargestellt. Vom Lesegerät (Sender/Empfänger) wird eine bestimmte Leistung abgestrahlt. Diese nimmt auf dem Weg zum Transponder ab, so dass nur ein geringer Teil wirklich ankommt. Die Leistung wird in eine Spannung umgewandelt und bewirkt nun im Transponder zunächst das Aktivieren (bzw. das Deaktivieren) des Standby-Modus. Die Batterien des aktiven Transponders ermöglichen dann den Betrieb des Mikrochips. Der andere Teil der ankommenden Leistung wird an der Dipolantenne des Transponders reflektiert und als Leistung zurückgestrahlt. Um die Datenübertragung zu ermöglichen, ist im Schaltkreis des Transponders ein Lastwiderstand eingebaut. Dieser wird im Takt des zu übertragenden Datenstroms ein- und ausgeschaltet. Die zurückgestrahlte Leistung wird somit in ihrer Amplitude moduliert und in den freien Raum abgestrahlt. Entgegen der Skizze darf man sich nicht vorstellen, dass sich Lesegerät und Transponder direkt gegenüber befinden. Wird eine Reichweite von bis zu 15 m realisiert, kommt nur ein geringer Teil an der Antenne des Lesegeräts an. Der Richtkoppler im Lesegerät ist zum einen dafür zuständig, das eingehende Signal von dem ausgehenden zu trennen und das Signal zu verstärken. Somit können die Informationen zuverlässig vom Lesegerät erfasst werden.

Close Coupling

Close Coupling-Systeme sind RFID-Systeme, die nur eine geringe Reichweite haben. Der Abstand zwischen Transponder und Lesegerät kann nur 0,1 cm bis maximal 1 cm betragen. Daher werden die Transponder meistens in das Lesegerät eingesteckt oder darauf gelegt, wie bei sogenannten „touch and go“- Systemen.

Energieversorgung

Close Coupling Systeme verwenden keine aktiven Transponder, was aufgrund der geringen Entfernung auch nicht nötig ist. Der prinzipielle Aufbau eines Close coupling –Systems ist in Abbildung A3.6 dargestellt und erinnert an den Aufbau eines Transformators. Der Aufbau des Systems ist sehr einfach. Der Transponder besteht in der Regel aus einem Mikrochip sowie zwei Spulen. In der Abbildung nicht dargestellt ist der Gleichrichter. Der Transponder wird in den Luftspalt eines Ringkerns oder eines U-Kerns vom Lesegerät eingeführt. Durch einen hochfrequenten Wechselstrom wird ein hochfrequentes magnetisches Feld im Luftspalt und Kern erzeugt, welches den Transponder durchströmt. Dadurch wird eine Wechselspannung im Transponder erzeugt, die durch den Gleichrichter in eine Gleichspannung umgewandelt wird und den Mikrochip mit Energie versorgt. Close coupling-Systeme lassen sich auch mit Mikrowellen oder induktiven Systemen realisieren. Die magnetische Koppelung hat aber den Vorteil, dass aufgrund des sehr guten Wirkungsgrads Mikrochips, die einen hohen Energiebedarf haben, versorgt werden können.

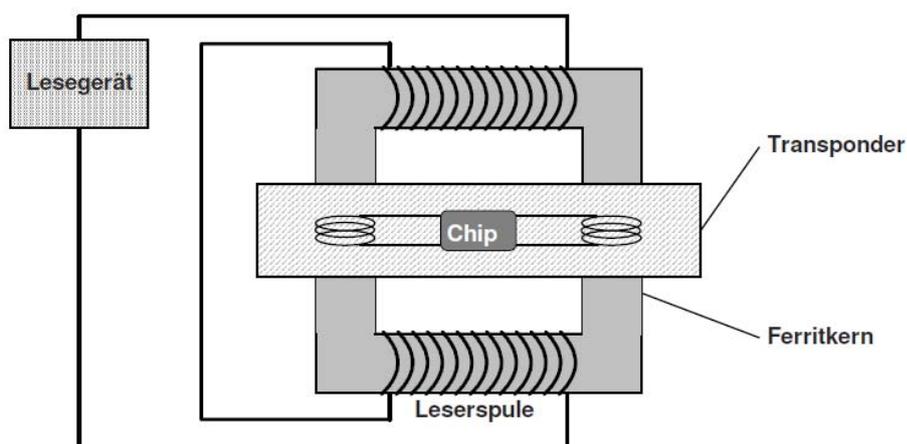


Abbildung A3.6: Close Coupling Transponder in einem Lesegerät, nach /FINK/, S.54

Datenübertragung

Bei der Datenübertragung muss man unterscheiden, ob Daten vom Transponder zum Lesegerät oder Daten in die andere Richtung übertragen werden. Werden Daten vom Transponder gelesen, d.h. der Transponder „sendet“, so geschieht das mit Hilfe der Lastmodulation. Dabei wird durch einen absichtlich erzeugten „Kurzschluss“ dem Wechselfeld Energie entzogen. Das führt zu einer Spannungsänderung, welche von der Antenne des Lesegeräts detektiert werden kann. Kurzschluss ist hierbei nicht wörtlich zu nehmen. Die Energie wird dem Magnetfeld durch das Ein- und Ausschalten eines Lastwiderstandes am Transponder entzogen. Wenn man die Ein- und Ausschaltvorgänge durch Daten steuert, können so die Informationen vom Mikrochip an das Lesegerät übertragen werden.

Die Daten in umgekehrter Richtung, also wenn man Daten auf den Mikrochip schreiben möchte, werden mit Hilfe der digitalen Modulation übertragen. Bei der digitalen Modulation wird das Nutzsignal in ein Trägersignal umgewandelt. Das Signal enthält eine Impulskette verschiedener Signale, die die Nachrichtensymbole enthalten und den verwendeten informationstragenden Puls. (vgl. /KLOS/ S.1) Durch einen Demodulator wird das Nutzsignal wieder vom Trägersignal getrennt und die Informationen auf dem Chip gespeichert. Da die digitale Modulation ein sehr umfassendes Thema ist, wird auf weitere Details an dieser Stelle verzichtet.

Literatur zum Thema RFID-Technik

- /FINK/ Finkenzeller, Klaus; RFID Handbuch Grundlagen und Praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarte und NFC, 5.Auflage Carl Hanser Verlag München 2008
- /KLOS/ Klostermeyer, Rüdiger; Digitale Modulation 1. Auflage Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 2001
- /LIES/ Ließmann, Michael; Richter, Klaus: Kombiniertes Einsatz von RFID zur Lebenszyklusverfolgung mobiler Betriebsmittel, Springer Heidelberg Berlin 2009
- /TUCH/ http://www.tu-chemnitz.de/mb/InstBF/ITELOP/data/bilder/124_01.gif
10.04.2010

Anhang 4: Studienarbeiten und Bachelor-Thesis

Folgende Studien- und Diplomarbeiten wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens an den beiden Forschungsstellen durchgeführt:

Name	Jahr	Art	Betreuer	Titel
Marc Engelhard	2010	Bachelor-Thesis	Dipl.-Ing., M. Eng. Christian Zippel und Dipl.-Kfm. techn. Eftal Okhan	Entwicklung eines Referenzmodells zur Einführung von RFID-Technologie in kleine und mittelständische Unternehmen
Behnam Hezavei	2010	Studienarbeit	Dipl.-Kfm. techn. Eftal Okhan und Dipl.-Ing. Jörg Mandel	Vorgehensmodelle für die Aufnahme und Dokumentation von Prozessen für technologiebasierte Mehrwertdienste
Lennart Roller	2010	Bachelor-Thesis	Dipl.-Kfm. techn. Eftal Okhan und Dipl.-Ing. Jörg Mandel	„Entwicklung eines KMU-tauglichen Bewertungsmodells für den Einsatz von RFID-basierten Mehrwertdiensten in der Möbel- und Elektronikindustrie“
Daniel Dreßler	2010	Studienarbeit	Dipl.-Kfm. André Alberti und Prof. Dr.-Ing. A. Kuhn	Untersuchung von RFID-basierten Dienstleistungen