

RFID Inventarisierungs-Management System im medizinischen Umfeld

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

im Rahmen des Studiums

Software Engineering & Internet Computing

eingereicht von

Asdren Kuci, BSc.

Matrikelnummer 0327835

an der
Fakultät für Informatik der Technischen Universität Wien

Betreuung
Betreuer: O. Univ.-Prof. Dipl.Ing. Dr.techn. A Min Tjoa

Wien, 14.03.2016

Asdren Kuci

A Min Tjoa

“True knowledge exists in knowing that you know nothing. And in knowing that you know nothing, that makes you the smartest of all.”

Socrates (469 v. Chr. – 399 v. Chr.)

Erklärung zur Verfassung der Arbeit

Asdren Kuci, BSc.
Inzersdorfer Straße 81/1/6,
1100 Wien,
Österreich

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst habe, dass ich die verwendeten Quellen und Hilfsmittel vollständig angegeben habe und dass ich die Stellen der Arbeit – einschließlich Tabellen, Karten und Abbildungen –, die anderen Werken oder dem Internet im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, auf jeden Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe.

Wien, 14.03.2016

Asdren Kuci

Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich bei O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. A Min Tjoa für die freundliche Betreuung bei der Ausarbeitung dieser Diplomarbeit bedanken.

Mein größter und herzlichster Dank gilt Dipl.-Ing. Georg Schwondra für die umfassende Betreuung und Unterstützung bei der Durchführung dieser Diplomarbeit. Danke für die Geduld und für die Zeit, die Du Dir immer wieder genommen hast.

Bedanken möchte ich mich auch bei Dipl.-Ing. Rainer Masopust für seinen Input und für die Informationen, welche er mir zur Verfügung gestellt hat. Ebenso bedanke ich mich bei meinem Vorgesetzten Ing. Ronald Mahacek für das Korrekturlesen dieser Arbeit.

Des Weiteren möchte ich allen Personen danken, welche mich in der einen oder anderen Weise unterstützt haben, besonderes bedanken möchte ich mich bei Michael Vodep für das wertvolle Feedback und die Motivation.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie, besonders meinen Eltern, die mir in jeglicher Hinsicht dieses Studium ermöglicht haben. Danke für all die Möglichkeiten, die ihr mir dadurch eröffnet habt!

Kurzfassung

Die Anzahl der Proben, welche in Folge der verbesserten Diagnostik in medizinischen Labors sowie in Krankenhäusern untersucht werden, steigt ständig. Das hat zur Folge, dass immer mehr Präparate und Reagenzien benötigt werden.

Der Warenfluss-Prozess (z.B. Wareneingang, Inventarisierung, Zuordnung, Verbrauch und Nachbestellung) in medizinischen Labors wird derzeit noch weitestgehend manuell durchgeführt. Dies ist sowohl mit einem hohen personellem Aufwand, als auch mit potenziellen Fehlerquellen verbunden, da beispielsweise benötigte Produkte nicht mehr lagernd bzw. abgelaufen sein können. Des Weiteren sind unter Umständen unnötige Rekalibrierungen erforderlich. Es besteht daher ein dringender Bedarf nach Prozessautomatisierung.

Unter Einsatz von RFID-Technologie kann das Inventarisierungs-Management System die Komplexität des Prozesses deutlich vereinfachen und gleichzeitig personelle Ressourcen eingespart werden. Durch die RFID-Lösung werden für das Bestandsmanagement und die Inventarisierung Optimierungspotenziale bezüglich Waren-Verfügbarkeit, sowie Warenbestellung maximiert.

Einen wesentlichen Bestandteil stellt zu Beginn die Recherche der einschlägigen Fachliteratur über RFID-Technologie dar, welche den Grundstein der Arbeit bildet. Im zweiten Teil wurden die Anforderungen für das Inventarisierungs-System erfasst. Anschließend wurde, im Zuge der Erstellung des Business Case, eine Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt, in der die Wirtschaftlichkeitsaspekte einer Untersuchung zugeführt wurden. Eine Evaluierung der Hardware wurde durchgeführt, um die richtige Hardwareauswahl treffen zu können.

Das Ergebnis der Arbeit gliedert sich in einen theoretischen und einen praktischen Teil. Der theoretische Teil der Diplomarbeit beschäftigt sich mit dem „Business Case“ einer RFID-Inventarisierungs-Management Lösung im Bereich Life-Science. Im Rahmen des praktischen Teils der Diplomarbeit wurde an der „RFID Lab Inventory Management System“ Projektentwicklung an verschiedenen Use Case Implementierungen mitgearbeitet, die der SCRUM-Methodologie folgen.

Abstract

The number of samples to be examined as a result of improved diagnostics in medical laboratories as well as in hospitals is constantly increasing. As a consequence, more reagents for the process are needed.

The goods flow process (e.g. goods receipt, inventory, allocation, consumption and reordering) in medical laboratories is currently done manually. This results to both, a high need of staff working hours as well as potential sources of error. Products may get out of stock or expired products may be still on stock. This may lead to further unnecessary recalibrations. As a consequence we have an urgent need for process automation in this field.

Using RFID technology, an Inventory Management System can significantly simplify the complexity of the processes and at the same time human resources can be saved (or used more efficiently). Through the use of RFID-Solutions, a high potential for optimization with regards to goods' availability, inventory management and merchandise, will be fully utilized.

In this thesis, the requirements for the Inventory System are defined in detail. Furthermore, the underlying Business Case, a cost-benefit analysis was accomplished, where the economic feasibility of the project was investigated. On the basis of this investigation, a hardware evaluation was carried out, in order to select the proper equipment.

The result of the study is divided into a theoretical and a practical part. The theoretical part of the thesis deals with the "business case" of an RFID inventory management solution in the field of life science. The practical part of the thesis is focused on implementing the various use-cases of "RFID Lab Inventory Management System"-Projects using SCRUM-approach.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	ix
Abstract	xi
Inhaltsverzeichnis.....	xiii
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Fragestellung der Diplomarbeit	2
1.3 Methodisches Vorgehen	3
1.4 Erwartetes Resultat	4
1.5 Aufbau der Arbeit.....	4
2 State of the Art	7
2.1 RFID-Technologie.....	7
2.2 RFID und Healthcare.....	19
3 Business Case für RFID.....	27
3.1 Entscheidungsmethoden und Wirtschaftlichkeit	27
3.2 Der Business Case in der Praxis für RLIMS	32
4 Hardware-Evaluierung.....	43
4.1 Material und Methoden	44
4.2 Auswertungen, Ergebnisse und Auswahl	61
4.3 Machbarkeitsstudie über die Nutzung der UHF RFID-Tags auf Flüssigkeiten	70
5 Software Anforderungsanalyse mit SCRUM.....	75
5.1 Software-Prozessmodell	75
5.2 Anforderungsanalyse	77
6 RLIMS Software-Design	85
6.1 RLIMS Server-Anwendung Architektur	86
6.2 RLIMS Controller Architektur	101
6.3 RLIMS Handheld	106

7	Zusammenfassung und Ausblick	107
7.1	Ausblick (Future Work).....	108
	Abbildungsverzeichnis	111
	Tabellenverzeichnis.....	113
	Glossar.....	115
	Literaturverzeichnis.....	117

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Die Anzahl der Proben, welche in Folge der verbesserten Diagnostik in medizinischen Labors sowie in Krankenhäusern untersucht werden, steigt ständig. Deshalb werden ständig mehr Präparate und Reagenzien für den Prozess benötigt.

Der Warenfluss-Prozess (z.B. Wareneingang, Inventarisierung, Zuordnung, Verbrauch und Nachbestellung) in medizinischen Labors wird momentan vornehmlich manuell durchgeführt. Der Vorgang ist sowohl mit hohem personellem Aufwand, als auch mit potenziellen Fehlerquellen verbunden, da Produkte nicht mehr lagernd bzw. abgelaufen sein können. Des Weiteren sind unter Umständen unnötige Rekalibrierungen erforderlich, falls sich Chargen ändern. Es besteht daher dringender Bedarf nach Prozessautomatisierung.

Durch den Einsatz von RFID-Technologien kann das Inventarisierung-Management System die Komplexität des Prozesses deutlich vereinfachen und gleichzeitig personelle Ressourcen eingespart werden.

Durch die RFID-Lösung werden für das Bestandsmanagement und die Inventarisierung Optimierungspotenziale bezüglich Waren-Verfügbarkeit, sowie Warenbestellung ausgereizt. Da es sich um medizinische Labors handelt, ist eine hohe Bestandsgenauigkeit erforderlich, da diese die Basis für eine zuverlässige und effiziente Warenbestellung und Lieferung darstellt. Dies kann durch Einsatz der RFID-Technologie weitestgehend automatisiert werden. Durch die Verwendung von mit RFID-Tags markierten Produkten können automatische Nachlieferungen und Prognosen über verbrauchte Waren durchgeführt und menschliche Fehler auf ein Minimum reduziert werden.

Die Vielfältigkeit der Aspekte und möglichen Technologien, die für eine optimale Lösung der Problemstellung benötigt werden, verdient nähere Aufmerksamkeit, und soll hier vertiefend betrachtet und beschrieben werden. Da viele verschiedene Faktoren in Betracht gezogen werden müssen, wie z.B. der Zusammenhang zwischen Hardware und Software sowie die Integration der RFID-Lösung mit bestehenden Informationssystemen, wird im Rahmen der Diplomarbeit eine detaillierte Analyse zu diesem Thema durchgeführt.

Um das Ziel der Diplomarbeit zu erreichen, muss die Problemstellung aus verschiedenen Perspektiven (z.B. Labormanager/Kunde, System-Analyst, Software-Architekt, Software-Entwickler) betrachtet werden. Die Aspekte, die hier untersucht werden, umfassen die mannigfaltigen Vorteile der RFID-Technologien und deren Verwendung in einer leistungsfähigen Inventarisierungs-Lösung, sowie die Anforderung an die neue RFID-Lösung, sich mit anderen Informationssystemen integrieren zu lassen. In dieser Arbeit wird eine detaillierte Analyse durchgeführt und ein möglicher Lösungsvorschlag geliefert.

1.2 Fragestellung der Diplomarbeit

Trotz der vielversprechenden Ansichten von RFID-Anwendungen im Bereich des Supply Chain Management (SCM), hat eine Reihe von Herausforderungen die Umsetzung von RFID im Healthcare-Bereich verhindert [1]. Technische als auch finanzielle Aspekte zählen zu den wichtigsten Themen, die man für eine positive Entscheidung zur Verwendung von RFID klären muss.

Kostenüberlegungen bzw. Kostenfaktoren (wie z.B. Erstinvestition in Hardware, Software, Schulung des Personals etc.), die Return on Investment (ROI) Überlegungen beeinflussen, spielen eine wichtige Rolle bei der Einführung der RFID-Technologie [1] [2] [3]. Deshalb ist eine Wirtschaftlichkeitsstudie unbedingt notwendig.

Eine weitere Herausforderung, die den Einsatz von RFID erschwert, ist das Funktionieren der Technologie im Echteininsatz. Die bestgeeignete RFID Technologie ist auszuwählen und für den jeweils aktuellen Fall ist eine Machbarkeitsstudie durchzuführen.

Die Arbeit untersucht die wichtigsten Herausforderungen, die sich in den folgenden Fragen zusammenfassen lassen:

- Rentiert es sich wirtschaftlich, RFID-Technologie im medizinischen Bereich einzusetzen?
- Ist es technisch möglich, RFID in der medizinischen Inventarisierung zu nutzen bzw. welche RFID-Hardware soll genutzt werden?

1.3 Methodisches Vorgehen

Einen wesentlichen Bestandteil stellt zu Beginn die Recherche von einschlägiger Fachliteratur dar, welche den Grundstein der Arbeit bildet. Hiermit soll hauptsächlich erkannt werden, welche Vorteile die RFID-Technologien gegenüber anderen Technologien haben, und welche Einsatzmöglichkeiten sich ergeben würden. Um zu erforschen, wie RFID bei der Inventarisierung in Krankenhäuser und Laboratorien helfen kann, ist es zunächst notwendig, die bestehenden Probleme – welche die Adaption in dieser Branche verhindern könnten - zu erkennen. Als Ergebnis der Literaturanalyse werden die verschiedenen Aspekte der RFID-Anwendung erarbeitet und im Weiteren die Vorteile und Barrieren des Einsatzes von RFID im Gesundheitswesen identifiziert.

Im zweiten Teil werden die Anforderungen für das geplante Inventarisierungs-System erarbeitet und eingehend beschrieben. Anschließend wird im Zuge der Erstellung des Business Case eine Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt.

Die Ergebnisse der Hardware-Evaluierung, die hauptsächlich während der Pilot-Phase des RFID Lab Inventory Management System (RLIMS) - Projektes durchgeführt worden ist, werden näher betrachtet und analysiert. Anhand dieser Ergebnisse wurde die passende Hardware ausgewählt.

Auf Basis der Anforderungen, die als User Stories und/oder als Use-Cases definiert werden können, wird eine Lösung vorgestellt. In dieser Recherche wird auf Aspekte der Software-Architektur, des Entwicklungsprozess und „best-practices“ besonders geachtet.

Diese Anforderungen stellen die Grundlagen für den praktischen Teil dieser Arbeit dar. Es wurden verschiedene Use-Cases im Rahmen des RLIMS Projektes erarbeitet und implementiert.

Der Entwicklungsprozess bei RLIMS basiert auf SCRUM. Nach der Initial-Phase, in der die Projektinfrastruktur etabliert wurde, wurden Iterationen, die als „Sprints“ bekannt sind, in einer vier-wöchentlichen Zeitperiode wiederholt. Die Hauptaktivität am Anfang jedes Sprints ist die Sprint Planung. Während der Planung definiert das Team eine Liste der Funktionen (auch als „sprint backlog“ bekannt), die im nächsten Sprint implementiert werden sollen. Jedes Teammitglied ist beim „Daily-Scrum“ Treffen, welches ca. 15 Minuten dauert, anwesend. Beim „Daily-Scrum“ wird folgendes berichtet: 1) wer hat am Vortag was gemacht; 2) welche Hindernisse gab es; und 3) was wird bis zum nächsten Tag gemacht.

Am Ende jedes Sprints werden ein „Sprint-Review“ und eine „Sprint-Retrospektive“ ausgeführt.

1.4 Erwartetes Resultat

Der theoretische Teil der Diplomarbeit beschäftigt sich mit dem "Business Case" einer RFID-Inventarisierung-Management Lösung im Bereich Life-Science.

Es soll untersucht werden, welche Anforderungen (funktionale, und nichtfunktionale) das Inventarisierungs-Management System für das medizinische Umfeld aufweisen muss. Eine genaue Analyse und Spezifikation der Anforderungen wurde erarbeitet und der notwendige Entwicklungsprozess für Produkte in dem speziellen Healthcare Umfeld dargestellt.

Geprüft wird, inwieweit ein Einsatz aktuell verfügbarer RFID-Technologie sowohl bezüglich Effizienzsteigerungen in Bezug auf Funktionalität, als auch bezüglich des Kostenaufwands sinnvoll ist.

Eine Hardware- Evaluierung wird durchgeführt, um passende Hardware zu finden, die den vorgesehenen Richtlinien des medizinischen Umfelds entsprechen. Das RFID-Tag Layout wird unter Berücksichtigung der spezifischen Verpackungsanforderungen, die zur Produktidentifikation angewendet werden, spezifiziert.

Die Software-Architektur des Lösungsansatzes und Architektur Entscheidungen werden dem Umfang der Arbeit entsprechend skizziert.

Im Rahmen der Diplomarbeit konnte ich an der RLIMS-Projektentwicklung an verschiedenen Use-Case Implementierungen mitarbeiten was wesentlich den praktischen Teil dieser Arbeit prägt. Beispielsweise wurden Treiber für RFID-Drucker verschiedener Hersteller, das Setup-Projekt, das für Verpacken, Updaten, Entfernen unserer Client-Anwendung dient, sowie Test-Tools und Simulatoren für diverse Hardware ausprogrammiert.

1.5 Aufbau der Arbeit

Diese Arbeit ist wie folgt strukturiert:

Im Kapitel zwei wird die RFID-Technologie allgemein vorgestellt. Damit werden die Grundkenntnisse geschaffen, die für das Verständnis der weiteren Kapitel dieser Arbeit notwendig sind.

Im Kapitel drei wird allgemein der Business-Case erklärt, und Fragen beantwortet, wie es zu dem Thema gekommen ist, welche Recherchen im Vorfeld gemacht wurden und wie die Wirtschaftlichkeit des Projektes begründet wurde.

Im Kapitel „Hardware-Evaluierung“ wird auf das Vorgehen der Hardware-Auswahl genauer eingegangen. Gleich danach wird im Kapitel fünf und sechs über den Softwareentwicklungsprozess während des Projektes, die Anforderungen an das System sowie die allgemeine Software-Lösung des Inventarisierungs-Management Systems und dessen Architektur beschrieben.

In der Zusammenfassung wird der Zusammenhang zwischen der Problemstellung und der Lösung für das Inventarisierung-System im Healthcare-Bereich nochmals verdeutlicht.

2 State of the Art

Dieses Kapitel bietet einen Überblick über die RFID-Technologie sowie eine Zusammenfassung der bestehenden Arbeiten über den RFID Einsatz im medizinischen Umfeld.

2.1 RFID-Technologie

RFID steht für kontaktlose Identifikation (*engl. Radio Frequency Identification*) und ist wie Barcode-Systeme, Chip-Karten, Biometrische Verfahren, etc. dem Gebiet der Auto-ID (Automatische Identifikation und Datenerfassung)-Verfahren zuzuordnen (*Abbildung 2-1*). Die primäre Aufgabe der RFID-Technologie ist es, Informationen zu Objekten bereitzustellen [4]. Sie bietet einen kostengünstigen und effizienten Weg, den zu identifizierenden Objekten automatisch bearbeitbare Daten hinzuzufügen, ohne physikalischen oder optischen Kontakt zu erfordern.

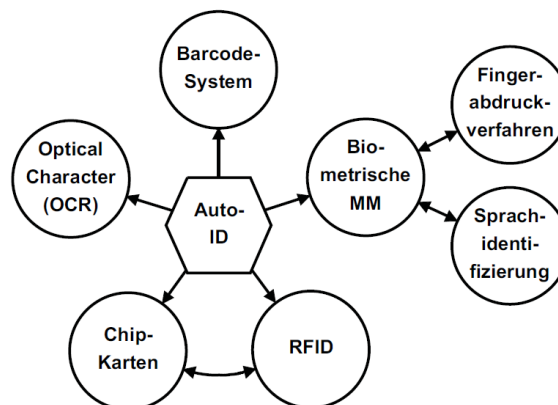


Abbildung 2-1: Überblick über Auto-ID Verfahren [4].

Obwohl RFID-Systeme in zahlreichen Varianten existieren und viele technische Spezifitäten aufweisen, haben RFID-Implementierungen zumeist drei Merkmale gemeinsam [5]:

- elektronische Identifikation
- kontaktlose Datenübertragung
- senden auf Abruf (*engl. on call*)

2.1.1 Geschichte der RFID-Technologie

Obwohl RFID als relativ neue Technologie betrachtet werden kann, können die Wurzeln dieser Technologie auf den Zweiten Weltkrieg zurückgeführt werden [6].

In der Arbeit von J. Landt [7] wird die Entstehung der RFID-Technologie genauer beschrieben. Mitte des 19. Jahrhunderts haben James Clerk Maxwell und Heinrich Rudolf Hertz den Grundstein für RFID durch das Verständnis der Natur des Elektromagnetismus und die Erforschung der Übertragung elektromagnetischer Wellen gelegt. In 1896 hatte Guglielmo Marconi das Radio erfunden. Im Jahr 1901 ist es ihm gelungen, die ersten transatlantischen Funktelegramme zu übertragen. Die Forschung in der 1920er und 1930er Jahren führte schließlich zu der Entwicklung des Radars (*engl. Radio Detection and Ranging*). Diese zwei Technologien (Funkwellen und Radar), sind von grundlegender Bedeutung für die Entwicklung des RFID. Verkürzt kann man RFID als eine Kombination dieser zwei oben genannten Technologien darstellen.

Als erste bekannte Anwendung von RFID, wird in vielen Quellen [8] [9] das Freund-Feind-Erkennungs System (*engl. Identification, friend or foe (IFF)*) erwähnt. Es wurde in Großbritannien entwickelt und von den Alliierten im Zweiten Weltkrieg verwendet. Das britische Militär konnte anhand des IFF-Systems zwischen freundlichen und feindlichen Kampfflugzeugen unterscheiden. Mittels der Radartechnik wurde ein Signal von einer britischen Militärbasis übertragen. Dieses Signal aktivierte den Transponder der in alliierten Luftfahrzeugen installiert wurde. Im Falle eines freundlichen Luftfahrzeugs, antwortete der Transponder mit einem aktiven Signal. Wenn ein Flugzeug mit einem falschen Code oder überhaupt nicht reagierte, wurde es vom britischen Militär als mögliche Bedrohung betrachtet [10].

So wie J. Landt in [7] ist auch der Autor von [8] der Meinung, dass die Publikation von Harry Stockman "Communication by Means of Reflected Power" [11] die früheste - wenn nicht die erste - wissenschaftliche Arbeit über RFID ist.

Die Entwicklung der konkreten RFID-Anwendungen wurde von vielen Barrieren aufgehalten. Bevor das RFID-Tag, das wir heute kennen, in der heutigen Form und Größe gebaut wurde, waren manche Entdeckungen in der Elektronik, wie der Transistor und danach der integrierter Schaltkreis (*engl. IC-Integrated Circuit*), notwendig [12].

Während der späten 1960er und frühen 1970er haben Firmen, wie Sensormatic und Checkpoint, erste kommerzielle RFID-Anwendungen entwickelt [7]. Die elektronische Diebstahlsicherung oder das elektronische Artikelsicherungssystem (*engl. EAS- Electronical Article Surveillance*), das auch als 1-bit Tag System bekannt ist, ist eine der grundlegendsten Anwendungen von RFID, die zur Sicherung von Waren eingesetzt wird. Das EAS RFID-Tag hat nur 1-Bit Speichergröße und merkt nur, ob ein Produkt präsent ist oder nicht, es ermöglicht jedoch keine eindeutige Objektidentifikation [7]. EAS Systeme waren preisgünstig zu bauen, zu implementieren und zu erhalten. Die Tags benötigten keine externe Energieversorgung (passiv) und wurden einfach an Artikeln angebracht. Wenn das Tag nahe genug an der HF-Energiequelle ist, wird ein einfaches „Ich bin da“ Signal übertragen. Falls der Kunde für Ware nicht bezahlt hat, wird ein Alarm ausgelöst.

In den 70er Jahren gewährten die Vereinigten Staaten die ersten Patente für einen aktiven RFID-Transponder mit wiederbeschreibbarem Speicherbereich und für einen passiven RFID-Transponder, der in einer Karte eingebettet wurde und dafür verwendet werden konnte, um eine Tür ohne Schlüssel zu öffnen [6].

In den 80er und 90er Jahren schritt die Forschung und Entwicklung der RFID-Technologie weiter voran. Die Zahl der Unternehmen und Institutionen, die sich mit RFID beschäftigten, vermehrte sich stark. Das Interesse an kommerziellen RFID basierenden Lösungen war zu dieser Zeit in verschiedenen Teilen der Welt sehr unterschiedlich [7]. Nach erfolgreichem Einsatz für Mautsysteme im Straßenverkehr wurde das breite Potenzial der Anwendungsmöglichkeiten sichtbar. Später folgten viele verschiedene Anwendungen wie beispielweise Tiererkennung, Wegfahrsperrung für Autos, Zugangskontrolle, Skipässe, Tankkarten, etc.

Im Jahr 1999 wurde ein wichtiger Meilenstein in der Geschichte der RFID erreicht. European Article Number (EAN), Uniform Code Council (UCC), Gillette und Procter & Gamble gründeten das Auto-ID Center, und konzentrierten sich auf die Weiterentwicklung und Weiterverbreitung der RFID-Technologie [13]. Ein zentrales Ergebnis des Auto-ID Centers war die Entwicklung einer Nummerierung (des Electronic Product Codes - EPC), um die Verwendung einer eindeutigen Nummer auf jedem Tag zu ermöglichen.

Das Auto-ID Center übergab in weiterer Folge seine Arbeit an der RFID-Technologie an EPCglobal, eine gemeinnützige Organisation, welche von UCC und EAN (heute GS1) gegründet wurde.

Im 21sten Jahrhundert haben die Arbeiten des Department of Defense (DoD), der Handelsketten WalMart und Metro (Future-Store Initiative) als RFID Pioniere zur Verbreitung der RFID-Technologie beigetragen.

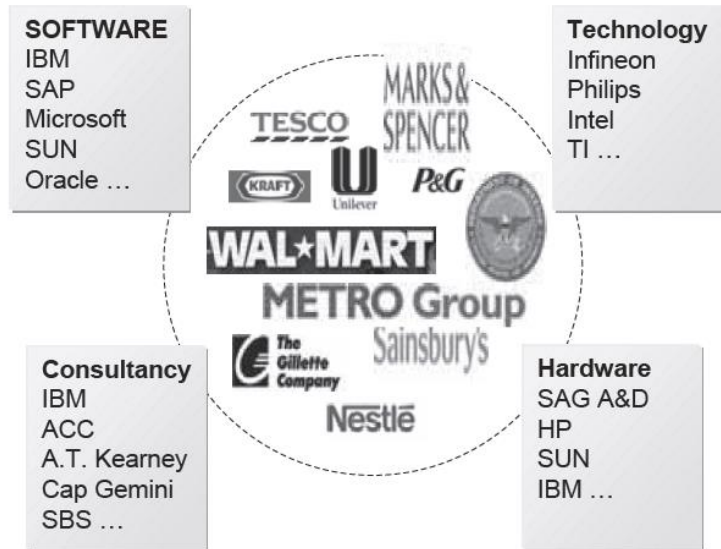


Abbildung 2-2: Unternehmen, die an der RFID-Konzeptionierung von EPCglobal und des Auto-ID Centers teilgenommen haben [13].

Tabelle 2-1: RFID Jahrzehnte [4].

Decade	Event
1940 - 1950	Radar refined and used, major World War II development effort. RFID invented in 1948.
1950 - 1960	Early explorations of RFID technology, laboratory experiments.
1960 - 1970	Development of the theory of RFID. Start of applications field trials.
1970 - 1980	Explosion of RFID development. Tests of RFID accelerate. Very early adopter implementations of RFID.
1980 - 1990	Commercial applications of RFID enter mainstream.
1990 - 2000	Emergence of standards. RFID widely deployed. RFID becomes a part of everyday life.

2.1.2 Komponenten eines RFID-Systems und dessen Funktionsweise

Aus technischer Sicht, besteht ein typisches RFID-System immer aus mindestens zwei Komponenten (*Abbildung 2-3*):

- einem Transponder, der auch als "RFID-Tag" bezeichnet wird. Dieser wird an dem Objekt, das identifiziert werden soll, angebracht. (Die beiden oben genannten Begriffe werden in dieser Arbeit sowie auch in der Praxis synonym verwendet.)
- einem Erfassungs- oder Lesegerät oder RFID-Reader mit Kopplungseinheit (Spule oder Antenne). Auch wenn der Begriff Reader allein „lesen“ andeutet, können die Lesegeräte in der Praxis die Tag-Daten auch schreiben. Der Begriff Lesegerät stammt aus den Barcode Auto-ID Systemen, die nur lesen können.

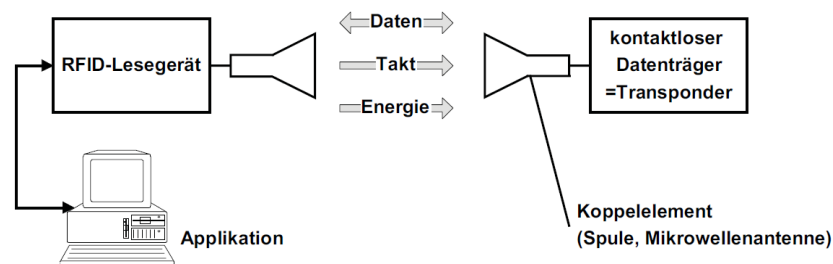


Abbildung 2-3: Komponenten eines RFID-Systems [4].

Wenn sich ein RFID-Transponder in der Reichweite des Sendefeldes eines RFID-Readers befindet, wird der Transponder aktiviert, indem ihm die für den Betrieb benötigte Energie, Daten, und Takt übermittelt werden. Anschließend sendet das RFID-Tag die Identifikationsdaten (die es beinhaltet) an das Lesegerät zurück.

RFID-Systeme bzw. Transponder und Reader lassen sich durch folgende Merkmale unterscheiden: Energieversorgung, Datenübertragung, Frequenzbereich und Speichertechnologie.

Im folgenden Teil wird auf diese Aspekte genauer eingegangen; für eine umfassende Darstellung sei der Leser jedoch auf das RFID Handbuch von Klaus Finkenzeller [4] verwiesen.

2.1.3 RFID-Transponder

Der RFID-Transponder stellt den Datenträger eines RFID-Systems dar [4]. Die Objekte, die identifiziert und verfolgt werden, sind mit einem RFID-Transponder markiert.

Jeder Transponder besteht aus einem Mikrochip und einem Koppellement [4]. Abhängig von der Technologie unterscheidet man RFID-Transponder, die als Koppellement entweder eine Spule (Abbildung 2.4 a) oder eine Antenne haben (Abbildung 2.4, b und c). Der Mikrochip ist ein Integrierter Schaltkreis (IC), der zum einen für die Erzeugung und für das Übertragen des Signals an den Reader, und zum anderen für die Verarbeitung des vom Reader ankommenden Signals, verwendet wird.

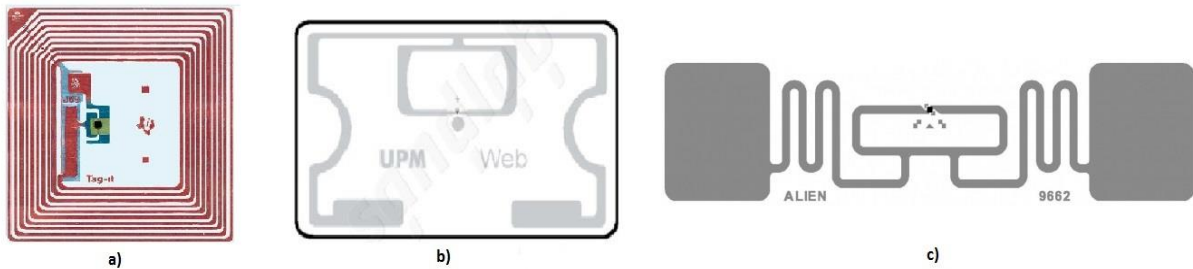


Abbildung 2-4: RFID-Transponder mit verschiedenen Koppellementen – a) Spule; b) und c) Antenne (Quellen: Texas Instruments, UPM und Alien).

Das Koppellement eines RFID-Transponders (kann eine Spule oder eine Antenne sein) wird zum Senden und Empfangen von Funkwellen zum Zweck der Kommunikation verwendet.

Es gibt eine Vielzahl von Bauformen und Größen von RFID-Transpondern wie z.B. Disks und Münzen, Glasgehäuse, Plastikgehäuse, Schlüssel, etc. (siehe *Abbildung 2.5*). Diese sind sowohl vom Einsatzgebiet als auch von der verwendeten Technologie abhängig. Sehr stark verbreitet sind die so genannten „Smart Labels“ (*Abbildung 2-6*).



Abbildung 2-5: RFID-Transponder in verschiedene Bauformen.(Quelle: Intermecc, alpha-crucis, web).



Abbildung 2-6: Smart Label, auch Smart Tag genannt.

2.1.4 Energieversorgung

RFID-Transponder brauchen Energie sowohl für das Betreiben des Mikrochips als auch zum Senden von Daten zum Lesegerät. Basierend auf der Art der Energieversorgung des Tags, unterscheidet man drei verschiedene Transponder-Typen:

- Aktive-Transponder
- Passive-Transponder
- Und Semi-aktive (auch semi-passive) Transponder

2.1.4.1 Passive Transponder

Meistens wenn über RFID-Transponder gesprochen wird, meint man dabei einen passiven Tag. Passive RFID-Transponder verfügen selbst über keine eigene Energieversorgung [4]. Die benötigte Energie für die Anwendung passiver Transponder wird deshalb durch seine Antenne aus dem magnetischen oder elektrischen Feld des Lesegerätes bezogen. Diese Tatsache begrenzt aber die Reichweite, über die passive Tags gelesen werden können.

Wenn sich der Transponder außerhalb der Reichweite eines Readers befindet, verfügt er über keine elektrische Energie. Somit ist er nicht in der Lage, irgendein Signal auszusenden [1].

Normalerweise sind passive Transponder kleiner und deutlich billiger als aktive Transponder und so sind sie bestgeeignet für absatzstarke Lieferketten-Lösungen, bei denen Tausende bis Millionen von Objekten mit Tags markiert werden. Da keine Batterie getauscht werden muss, haben passive Transponder eine lange Lebensdauer.

2.1.4.2 Aktive Transponder

Aktive RFID-Transponder haben eigene Energiequelle (z.B. Batterie), die sowohl für die Spannungsversorgung des Mikrochips, als auch für das Erzeugen des Radiosignals eingesetzt wird.

Die integrierte Stromquelle ermöglicht aktiven Tags hinsichtlich extrem flexible Einsatzmöglichkeiten.

Ein sehr wichtiges Merkmal von aktiven Transpondern ist, dass sie die Kommunikation mit dem Lesegerät initiieren können [14]. Der aktive Transponder braucht kein Aktivierungssignal vom Lesegerät, um Daten zu übertragen.

2.1.4.3 Semi-aktive Transponder

Semi-aktive Transponder haben eine interne Energieversorgung (z.B. Batterie), die zum Betreiben des Mikrochips und anderer Peripherien-Funktionalität verwendet wird. Zum Senden des Signals wird nach wie vor die Energie aus dem Feld des Lesegerätes benutzt [4]. Der Transponder profitiert von der integrierten Stromversorgung, weil die gesamte Energie, die aus dem Feld des Lesegeräts gesammelt wird, zur Datenübermittlung verwendet wird. Dies führt zu einer höheren Lesereichweite des Tags.

2.1.5 Speichertechnologie

Die Kapazität für die Daten-Speicherung und -Verarbeitung ist ein weiteres wichtiges Merkmal für die Kategorisierung von Transpondern. Basierend auf der Speichergröße des Transponders bzw. wie man dessen Speicher beschreiben kann, lassen sich die Transponder in folgende drei Gruppen unterteilen:

- 1-bit Transponder: der einfachste RFID-Transponder, der nur ein Bit Speicher hat. Er wird bei der EAS Systemen zur Diebstahlsicherung verwendet.
- Read-Only (RO) Transponder: die Daten des Transponders werden bei der Herstellung fest geschrieben und können nur mehr gelesen werden.
- Write-Once-Read-Many (WORM) Transponder: Der Transponder kann nur einmal in seinem Life-Cycle geschrieben werden. Das wird entweder vom Benutzer oder vom Hersteller gemacht. Das Lesen ist unlimitiert.
- Read-Write (RW) Transponder: Transponder, die wiederbeschreibbaren Speicher beinhalten. Diese können mehrmals beschrieben und unlimitiert ausgelesen werden.

2.1.6 Frequenzbereich, Kopplung und Reichweite

RFID-Systeme lassen sich durch die physikalische Kopplungsverfahren - die in unmittelbarer Beziehung mit den erzielbaren Reichweiten und Betriebsfrequenzen stehen - in drei Gruppen kategorisieren:

- „*Close-coupling-System*“: die Lesereichweite der RFID-Systeme dieser Klasse ist bis zu 1 cm. Zu dieser Kategorie gehören LF- und HF-RFID Systeme. Hier werden sowohl elektrische (kapazitive) als auch magnetische (induktive) Felder zur Kopplung verwendet [4].

- „*Remote-coupling-System*“: RFID-Systeme, die zu dieser Klasse gehören, haben eine Lesereichweite von bis zu 1m. Wiederum enthält diese Kategorie LF- und HF-RFID-Systemen. Hier wird fast immer induktive (magnetische) Kopplung verwendet [4].
- „*Long-range-System*“: RFID-Systeme, die eine Reichweite von über 1 m erreichen. Diese Systeme arbeiten mit elektromagnetischen Wellen und arbeiten im UHF- und Mikrowellen-Frequenzbereich [4].

2.1.7 Klassifizierung der Tags nach EPC

EPCglobal hat die Transponder je nach Leistungsumfang, Lesereichweite, Speicherfunktionen, und Kommunikationsprotokoll in fünf verschiedene Klassen (0-4) eingeteilt [15]:

- Klasse 1 – Tags zur Identifikation: Passive Backscatter Tags, mehrmals beschreibbar mit 64 Bit oder 96 Bit EPC Identifikation, für den Frequenzbereich 860-960 MHz [15].
- Klasse 2 – Tags mit höherer Funktionalität: Passive Transponder, die die Eigenschaften von denen der Klasse 1 mit zusätzlichen Funktionalität, wie z.B. authentifizierte Zugriffskontrolle, erweitern.
- Klasse 3 – Batterie-unterstützte passive Tags (auch Semi-Passive Tags in UHF Gen2): Passive Transponder mit eigener Energiequelle (z.B. Batterie), mit erweiterten Eigenschaften, wie z.B. Sensoren, die über jene der Klasse 2 hinausgehen.
- Klasse 4 – Aktive Tags: Aktive Transponder, die auch untereinander kommunizieren können. Diese können die Kommunikation mit einem Lesegerät oder einem anderen Transponder beginnen bzw. initiieren.

2.1.8 RFID-Lesegerät

Das RFID-Lesegerät ist dafür verantwortlich, die Kommunikation mit allen Transpondern in seiner Lesereichweite zu orchestrieren/organisieren, die von den RFID-Transpondern gelesenen Daten an das angeschlossene Informationssystem zu übertragen, sowie die empfangenen Steuerbefehle auszuführen. Das Lesegerät ist in der Lage, Daten auf den Transponder zu schreiben. In diesem Fall handelt es sich um ein Read-Write RFID-Lesegerät.

Für das RFID-Lesegerät gibt es mehrere synonyme Begriffe wie Lese-Schreibe-Gerät, Scanner, Leser, und Interrogator [16] – abhängig davon, ob das Gerät allein zum Lesen oder auch zum Beschreiben von RFID-Transpondern verwendet wird.

Das RFID-Lesegerät besteht aus folgenden Komponenten (*Abbildung 2-7*):

- Steuereinheit (Digitalteil): Microcontroller, Arbeitsspeicher
- RF-Modul (Analogteil): Sender, Empfänger
- Schnittstellen: Ethernet, RS-232, Digitale Ein/Ausgänge

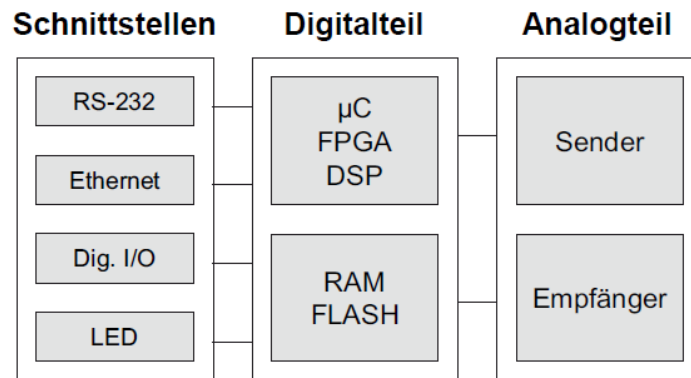


Abbildung 2-7: RFID-Lesegerät Komponenten [16].

Bei RFID-Lesegeräten macht meistens die Größe und Form der Antenne die Bauform aus [17]. Man unterscheidet folgende Reader-Antennen-Systeme [14]:

- *Fest montierte Reader:* sind Reader, die fest an bestimmten Stellen montiert sind, an welchen die mit RFID-Transpondern markierten Waren vorbei bewegt werden. Diese Reader können mehr als eine Antenne treiben, somit wird eine größere Fläche vom Reader überdeckt.
- *Fahrzeug-gebundene Reader:* mobile Reader, die an Fahrzeugen wie z.B. an Gabelstaplern, angebracht sind.
- *Mobile Reader (Handheld Reader):* Reader und Antenne sind in einem mobilen Gerät kombiniert.

2.1.9 Mehrfachzugriffsverfahren bzw. Antikollisionsverfahren

Ein entscheidender Vorteil von RFID-Systemen im Vergleich zu anderen Auto-ID-Systemen besteht in der Pulkerfassung - die Möglichkeit mehrere Objekte gleichzeitig zu identifizieren. Um mit mehreren RFID-Transpondern kommunizieren zu können, müssen bei den Lesegeräten geeignete Mehrfachzugriffsverfahren bzw. Antikollisionsverfahren (z.B. Aloha, fdma, tdma, cdma, etc.) implementiert werden.

2.1.10 RFID vs. Barcode

In diesem Teil wird ein kurzer, überschaubarer Vergleich zwischen den zwei AutoID-Technologien RFID und Barcode gegeben.

Barcodes sind schon seit Jahrzehnten sehr erfolgreich in Verwendung und haben sich immer wieder gegenüber anderen AutoID- Systemen durchsetzen können [4]. Auf der anderen Seite weisen Barcodes einige Einschränkungen auf, wie z.B. eine notwendige Sichtlinie zwischen dem Datenträger und dem Lesegerät, die den Bedarf nach neuen verbesserten Technologien aufrechterhalten [16].

Der Vergleich verschiedener Merkmale der beiden Technologien stellt deren Vor- und Nachteile gegenüber (*Tabelle 2-2*).

Tabelle 2-2: Vergleich zwischen RFID und Barcode.

Eigenschaft	RFID	Barcode
Lesegeschwindigkeit	~0,5 s	~ 4 s
Anzahl gelesener Items gleichzeitig	40 - 60	1
Die Sichtbarkeit	über Funk	Sichtlinie notwendig
Reichweite	0 – 5 m, Mikrowelle	0 – 50 cm
Anschaffungskosten	mittel bis hoch	gering bis mittel

2.1.11 RFID Standardisierung und Normung

Standards und Normen sind nicht nur für RFID-Technologien, sondern allgemein in vielen Bereichen unseres Lebens wichtig. Durch die Standards werden auch Produkteigenschaften wie Qualität, Zuverlässigkeit und Sicherheit für den Verbraucher geregelt. Standards sind ein wesentlicher Bestandteil der heutigen modernen Fertigungsmethoden und Teil der wichtigsten treibenden Kräfte für technologischen Fortschritt. Sie bieten Interoperabilität unter den gleichen Arten von Produkten verschiedener Hersteller und ermöglichen Wettbewerb durch einen größeren Marktanteil mit höherer Qualität und besseren preisgünstigen Produkten. In [16] wurde der Weg der Standardisierung von RFID als schwierig beschrieben:

„Gerade bei RFID war der Weg zur Standardisierung schwierig. Da es bereits viele unterschiedliche Technologien in unterschiedlichen Frequenzbändern gab, war es sehr wichtig, existierende RFID-Verfahren in ein einziges Regelwerk einzubinden

und darin zu vereinen. So entstand die ISO/IEC 18000 als Definition eines Standards für die Luftschnittstelle (Air Interface) zwischen Lesegerät und Transponder zum Zweck der Warenidentifikation.“

Die Bereiche, in denen RFID-Standardisierung von Bedeutung ist, lassen sich laut einer Studie der Europäischen Union gliedern/einteilen [18] in:

- RFID-Frequenzen und Funk-Normungen,
- RFID-Kommunikationsstandards,
- RFID-Datenstandards,
- RFID-Netzwerkstandards,
- RFID-Sicherheitsstandards,
- RFID-Anwendungsstandards.

Die Verbreitung der RFID-Technologie in der Industrie und geplante RFID-Anwendungen hat das Interesse an Standardisierung erhöht.

Die zwei wichtigsten Organisationen, die sich mit RFID Standards und Normen beschäftigen, sind die „*International Organisation for Standardisation*“ (ISO) und *EPCglobal*.

ISO definiert Standardisierungen und Normen in verschiedenen Domänen. Für Inventur-Management ist die ISO 18000-Serie relevant (*Tabelle 2-3*). Die ISO 18000-Serie umfasst Management-Standards und sieben „Luftschnittstellen“ (ISO 18001 – 18007) für die Verwendung von RFID zur Artikelverfolgung.

Das Industriekonsortium EPCglobal ist der Nachfolger des Auto-ID Center. EPCglobal bietet eine Plattform für Lieferketten (Supply-Chain), das EPCglobal Network, das als Grundstein für das Internet der Dinge (*engl. Internet of Things*) gilt, und auf offenen Standards basiert. Außerdem hat EPCglobal die weitere Entwicklung von Standards übernommen und unter anderem das Luftschnittstellenprotokoll „EPC UHF Generation 2“ veröffentlicht. Dieser Standard ermöglicht globale Kompatibilität und fördert die Interoperabilität der Produkte für den international wachsenden RFID-Markt.

Tabelle 2-3: ISO 18000 Standards. [Quelle: <http://www.iso.org>].

ISO 18000 Standards	
<i>Informationstechnik – RFID für das Item-Management</i>	
Standard	Titel und Beschreibung
18000-1	„Architektur und Definition der zu standardisierenden Parameter“ Generische Luftschnittstellenstandard, der für alle weltweit anerkannten Frequenzen gilt.
18000-2	„Parameter für die Kommunikation auf Frequenzen unterhalb 135 kHz“ Luftschnittstelle für die Kommunikation unterhalb 135 kHz, einschließlich der Spezifikationen für aktive und passive Tags, RFID-Protokolle und Antikollisionsalgorithmen.
18000-3	„Parameter für die Kommunikation auf der Frequenz von 13,56 MHz“ Luftschnittstelle für die Kommunikation bei 13,56 MHz.
18000-4	„Parameter für die Kommunikation auf der Frequenz von 2,45 GHz“ Luftschnittstelle für die Kommunikation bei 2,45 GHz, einschließlich Standards für drahtlose RFID-Informationssysteme.
18000-5	Wird nicht mehr benutzt.
18000-6	„Parameter für die Kommunikation im Frequenzbereich von 860 bis 930 MHz“ Luftschnittstelle für die Kommunikation auf der Frequenz von 860 MHz bis 930 MHz, stellt Spezifikationen für die Kommunikation zwischen RFID Tags und Lesegeräte bereit.
18000-7	“Parameter für die Kommunikation mit aktiven Tags auf der Frequenz von 433 MHz”

2.2 RFID und Healthcare

Healthcare ist die weltweit größte Industrie mit stetigem Wachstum und kontinuierlicher Weiterentwicklung [19] [20].

Um den Zuwachs zu bewältigen, hat die Healthcare-Industrie große Veränderungen in ihrer IT-Landschaft vor sich. Es wird notwendig sein, nach neuen Wegen zu suchen, um IT-Potenziale besser zu nutzen und um in der Folge eine bessere Qualität der Versorgung zu bieten [20].

Derzeit steht diese Branche vor weiteren gewaltigen Herausforderungen, einschließlich einer Erhöhung der Betriebskosten, der hohen Zahl möglicher medizinischer Fehlerquellen und der Bevölkerungsalterung [21] [22] [2].

Das Institute of Medicine (IOM) schätzt, dass sich zwischen 44.000 und 98.000 Todesfälle pro Jahr im Zusammenhang mit medizinischen Fehlern ereignen. Dadurch entsteht die dringende Notwendigkeit, die Sicherheit der Patienten in US-amerikanischen Krankenhäusern zu verbessern [23].

Des Weiteren ist das Erreichen einer hohen Betriebseffizienz im Gesundheitssektor ein wesentliches Ziel für die Bewertung der organisatorischen Leistungsfähigkeit [24].

In [2] wurden fünf Probleme als häufige Ereignisse identifiziert, die zu Betriebsstörungen im Healthcare Umfeld führen:

- medizinische Fehler
- gestiegenen Kosten
- Diebstahl bzw. Verluste
- Arzneimittelfälschungen
- ineffiziente Arbeitsabläufe. (*engl. Workflow*)

2.2.1 RFID Anwendungen im Healthcare-Bereich

Es gibt unterschiedliche Anwendungsmöglichkeiten für die RFID-Technologie in der Gesundheitsversorgung. RFID wird oft als eine neue „Killer“ Technologie [24] bezeichnet (welche als die nächste Welle in der IT-Revolution betrachtet wurde [22]) die in eleganter Weise ein flexibles und breites Spektrum an Einsatzmöglichkeiten einschließlich im Gesundheitswesen bietet. Sie hat bereits eine Reihe von Industrien wie die Fertigungsindustrie, die Logistik, den Verkehr und das Management der Lebensmittelsicherheit positiv beeinflusst und durchdrungen [22] [25].

RFID wird als eine der vielversprechendsten Informationssystem-Technologien im Gesundheitswesen gehandelt [26].

Viele RFID-Experten sehen in dieser Technologie eine mögliche Lösung zur Überwindung der vorhandenen technologischen und Workflow-Einschränkungen im Healthcare [27].

Es gab viele Versuche, RFID im medizinischen Umfeld einzusetzen. Vor allem kam es zu intensiver Anwendung an folgenden Bereichen [28] [2] [21] [29]:

- Identifizierung und Management von Patienten, Personal und Geräten [24] [30]
- Inventar und Prozessoptimierungen [27]
- Positionierung und Tracking: Verfolgen von Patienten, Personal, Anlagen und Medizingeräten ist die weit verbreitete Anwendung in Krankenhäusern [2] [27] [3] [24].

Die Einsatz-Bereiche von RFID Technologie wurden von Autoren in [31] [24] - wie in *Abbildung 2-8* abgebildet - gruppiert.

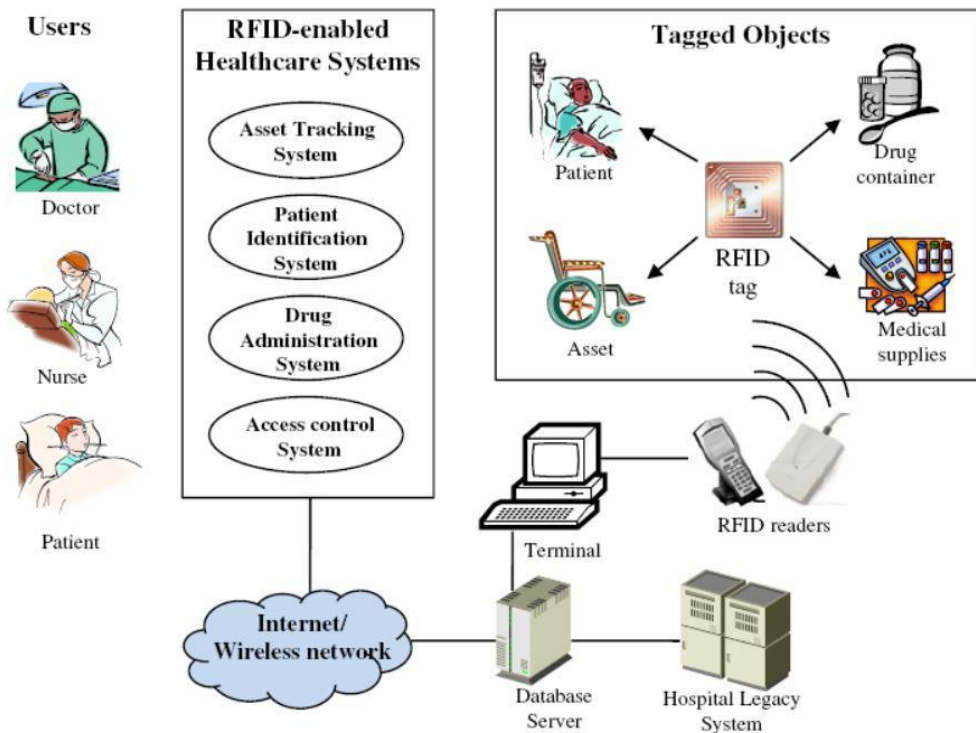


Abbildung 2-8: RFID Integration im Healthcare [31].

Es gibt viele konkrete Beispiele wo RFID eingesetzt wird. Einige davon sind:

Patienten Tracking System: In einem der namhaften Krankenhäuser in Taiwan, wurde RFID zur Ortung und Verfolgung von mit SARS (Severe Acute Respiratory Syndrome) infizierten Patienten verwendet. Das System LBMS (Location-based Medicare-Service) löst einen Alarm aus, wenn eine neue SARS-Infektion auftritt. In dieser Studie wurde festgestellt, dass die RFID-Technologie das Potenzial hätte, zu einem effizienteren Markt und zu guter medizinische Versorgung und Patientensicherheit beizutragen [32].

Inventarisierung (Prozessoptimierung): In Hartford Krankenhaus in Connecticut, USA wurde mit passive RFID-Technologie ein Asset-Tracking Management System (ATMS) entwickelt.

Insbesondere ist die Technik interessant, für die Überwachung Telemetriesender (TT) zu verwenden, um den Verlust von Geräten zu verhindern [33].

Die Möglichkeiten der passiven RFID-Technologie werden dafür genutzt, um die Position von TT's zu bestimmen, wenn sie einen bestimmten Ort im Krankenhaus durchqueren. Eine Alarm-Funktion wurde entwickelt, um die verantwortlichen Mitarbeiter zu warnen, wenn ein Objekt durch von TT's gekennzeichneten Orten geht. Als Schlussfolgerung ist das passive RFID ATMS eine machbare Lösung für das Vermeiden von Geräteverlusten. Der ROI zeigt eine Rendite in weniger als einem Jahr, was sich als vorteilhafte Investitionen für das Krankenhaus erweist.

Medikamenten Verwaltung: Für die Inventur und Überwachung von Kontrastmittel-Fläschchen in der Radiologie, wurde im Artikel „*Using RFID for the management of pharmaceutical inventory — system optimization and shrinkage control*“ [34] ein System mit RFID implementiert.

Vor der Einführung von RFID, verwendete die radiologische Praxis Barcode-Technologie für die Überwachung ihres Bestandes an Kontrastmittel Fläschchen. Der Großteil des Prozesses wurde von einem Techniker erledigt. Er hat die medizinischen Unterlagen überprüft, Barcodes von Fläschchen vor der Einlagerung eingescannt, manuell die Anzahl der gelagerten Fläschchen gezählt, und wöchentliche neue Bestellungen ausgelöst. Manuelle Prozesse sind mit Problemen während des Betriebs behaftet:

- 1) falsche Untersuchungen: d.h. die Ausführung einer Untersuchung an dem falschen Patienten
- 2) unerwünschte Arzneimittelwirkungen: z.B. falsche Dosierung
- 3) Probleme beim Inventurstand und mit der Rechnungsstellung
- 4) Verluste durch Nichtgebrauch: z.B. ein Fläschchen wird geöffnet, aber nicht verwendet. Der Inhalt (z.B. Kontrastmittel) läuft ab.

In dieser Arbeit wurde gezeigt, dass RFID-Technologie die manuellen Bestandsprozesse ablösen kann und infolgedessen die Betriebsprobleme, die in der Barcode-Technologie existieren lösen kann. Konkret wurde gezeigt, dass der RFID Inventar-Manager durch automatische Zählung und kontinuierliche Überprüfung zu einer Reduktion des Schadens führt.

2.2.2 Vorteile und Barrieren der RFID-Anwendung im medizinischen Bereich

In den letzten 10 Jahren ist ein Trend zu RFID festzustellen - jedoch haben sich Produktivanwendungen nur sehr langsam durchgesetzt [27].

Über die Herausforderungen für die globale RFID-Einführung sind mehrere Studien in der Literatur bekannt, welche die Problematik bzw. Hindernisse für eine breite RFID-Einführung identifiziert haben [2] [31] [1] [21].

Die Einführung von RFID im medizinischen Umfeld bringt viele Vorteile, die über die Kostenreduktion hinausgehen. Unter anderem kann man mit dem RFID-Einsatz die bereits erwähnten Probleme im Gesundheitswesen signifikant mindern (z.B. Steigerung der Qualität, Reduktion von Fehlern).

RFID-Einführung im Gesundheitswesen kann auch wesentlich dazu beitragen, medizinische Fehler zu verringern, damit die Sicherheit der Patienten verbessern und Leben zu retten [31] (Abbildung 2-9). Tabelle 2-4 fasst die potenziellen Vorteile, die RFID-Einführung leisten können, zusammen.

Zusammengefasst kann man die Vorteile wie folgt gliedern:

- Verbesserte Patientensicherheit und reduzierte medizinische Fehler
- Zeit- und Kostenersparnis
- Bessere medizinische Prozesse durch Workflow-Optimierung mit der RFID-Einführung
- Andere Vorteile (z.B. Arzneimittelversorgung, Verbesserung der Ressourcenauslastung)

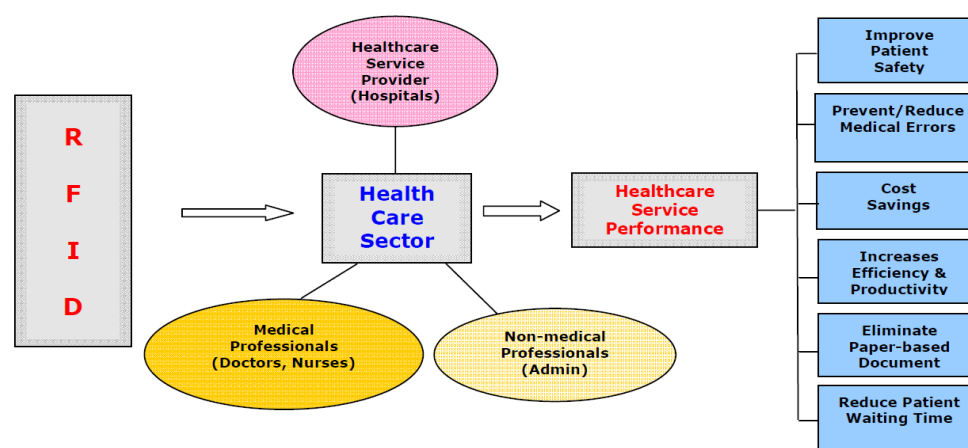


Abbildung 2-9: Die Vorteile der RFID-Verwendung im Gesundheitssektor [24].

Tabelle 2-4: Vorteile der Verwendung von RFID im Gesundheitssektor [31].

Benefits	Findings
Increased safety or reduced medical errors	Reduce misidentification of patients, medical articles, patient chart and images. Improve patient drug compliance by monitoring dosage taking process. Affection control during disease fashion.
Real-time data access	Provide real-time data access for health professionals via handheld wireless PDA, e.g., contact history of patients, online laboratory data and radiology report.
Time saving	Identify empty beds >20 minutes earlier 67% of time. Identify a time reduction of more than 50% in the daily activities of hospital staff.
Cost saving	A 500 bed hospital could save \$1 million annually. Reduce theft loss and unnecessary waste. Bon Secours Richmond Health System finds RFID saves \$2 million annually by real-time location system.
Improved medical process	Streamline patient admission to ICU. Process can be improved so patients can have less waiting time and enhanced care experience.
Other benefits	Improve drug supply, improve resource utilization and improve patient satisfaction.

2.2.3 Barrieren/Hindernisse und Herausforderungen für die RFID-Einführung

Trotz der Aussichten und dem Potenzial von RFID sind bei weitem nicht so viele Applikationen umgesetzt worden, wie prognostiziert.

Das Bereitstellen von RFID-Technologie in der Gesundheitsbranche zur Förderung der Patientensicherheit, der Prozessoptimierung und der Verbesserung der Geräteauslastung ist ein komplexes Thema, da es technologische, ökonomische, soziale und Managementfaktoren beinhaltet [yao2012adoption]. Die häufigsten Hindernisse bzw. Herausforderungen, welche die RFID-Einführung im Healthcare-Umfeld allgemein behindert haben, sind [31] [1] [21]:

- **Technische Fragestellung:** technologische Beschränkungen von RFID können die Akzeptanz (vor allem im Gesundheitswesen) hemmen. Unter anderem stellt die mögliche Interferenz zwischen RFID-Technologie und in Krankenhäuser eingesetzten medizintechnischen Geräten ein wesentliches Hindernis dar.

- **Kosten Fragestellung:** Das am häufigsten genannte Hindernis für den Einsatz von RFID im Bereich Healthcare sind die Kosten. Für die RFID Implementierung fallen nicht nur (RFID) Hardware-Kosten an, sondern auch Implementierungs- und Wartungskosten, die nicht vernachlässigt werden können. Deswegen ist es notwendig, eine profunde Kosten-Nutzen Analyse durchzuführen.
- **Standardisierung:** Der Mangel an allgemein akzeptierten, global vereinheitlichten RFID-Industriestandards hemmt die Weiterverbreitung dieser Technologie in großem Maßstab.
- **Datenschutz Bedenken:** Die RFID-Tags können private Daten von Patienten oder Mitarbeitern beinhalten. Da es hier um sehr sensible Daten geht, muss gewährleistet werden, dass weder persönliche noch vertrauliche Informationen über RFID missbräuchlich übertragen werden können.

3 Business Case für RFID

In diesem Kapitel wird allgemein über die Kosten – Nutzenanalyse bzw. den Business Case für das RFID Lab Inventory Management System – RLIMS diskutiert.

Hinweis: In diesem Kapitel wird kein Business Case in seiner vollständigen Form vorgestellt, sondern eine gekürzte Form einer Kosten- Nutzenanalyse für den Fall des RFID Einsatzes im Life-Science Bereich beschrieben.

3.1 Entscheidungsmethoden und Wirtschaftlichkeit

RFID? Zahlt es sich die Einführung für unsere Firma überhaupt aus? Das ist die Frage von vielen Entscheidern hinsichtlich RFID-Einführung in verschiedenen Anwendungsgebieten bzw. Unternehmen, weil die Management-Ebene generell Zweifel am wirtschaftlichen Erfolg von RFID-Anwendungen hat. Die hohen Kosten werden – neben anderen Faktoren - als Hauptargument angeführt [16].

Es lässt sich nicht pauschal beantworten, ob sich eine Umstellung auf RFID lohnt. Jedoch muss jedes Unternehmen individuell im Rahmen einer Kosten-Nutzenrechnung über den Einsatz der RFID-Technologie entscheiden, da den möglichen hohen Einsparungen hohe Anschaffungskosten gegenüber stehen [35]. Genauso wie das methodische Vorgehen beim Entwickeln der IT-Projekte, sollte auch hier die Einführungsentscheidung methodisch begründet getroffen werden.

Seit der industriellen Revolution haben sich Unternehmen auf wirtschaftliche Instrumente und Methoden verlassen, um kurz-, mittel-, und langfristige Entscheidungen zu treffen. Eine dieser Methoden ist der Business Case, der Gebrauch von Analysetools wie Return on Investment (ROI) und Internal Rate of Return (IRR) macht [36]. Das Hauptziel des Business Case ist prinzipiell aufzuzeigen, ob die Umsetzung eines Projektes für das Unternehmen wirtschaftlich nutzbringend ist [19].

„Ein Business Case ist ein Szenario zur betriebswirtschaftlichen Beurteilung einer Investition. [37]“

Wenn man alle Anforderungen, die in einem RFID-Projekt umgesetzt werden müssen, wie zum Beispiel Hardware, Software, Business Process Reengineering, und Informations-Management

berücksichtigt, ist es leicht zu sehen, dass diese Projekte nicht-geringe Mengen an Kapital, Personal und Zeit erfordern [36]. Deshalb benötigt man eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung – wie dies durch das Erstellen des Business Case erfolgen kann – die dem Unternehmer zur Entscheidungsfindung und Investitionsplanung dient [16].

Für das Unternehmen, das über eine Investition entscheidet, ist es wichtig, als erstes seine Ziele und Probleme zu analysieren, mögliche Alternativen zu suchen, und diese Ergebnisse zur Entscheidungsfindung zu nutzen [16].

„Ein Business Case fasst alle entscheidungsrelevanten Aspekte eines geplanten Vorhabens mit dem Ziel zusammen, die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit und strategische Konformität des Gesamtprojekts aufzuzeigen und eine abschließende Management-Entscheidung über dessen Ausführung zu ermöglichen. [37]“

Es gibt keinen Standard für die Beschreibung eines Business Case. Hauptkapitel, die laut [37] in einem Business-Case-Dokument enthalten sein sollen, sind:

- Management Summary
- Projektübersicht
- Wirtschaftlichkeitsnachweis
- Projektdetails

Beim Erstellen des Business Case werden immer Abschätzungen sowohl über Kosten als auch über den Nutzen gemacht [16]. Das Quantifizieren des Nutzens ist nicht immer einfach, auch wenn sich Hilfsmittel wie der ROI auf Konjunkturdaten stützen. Es gibt Fälle, bei denen nicht quantifizierbare Faktoren berücksichtigt werden müssen, wenn die Wirtschaftlichkeit von Projekten analysiert wird. Beispiele dieser Faktoren sind [36]:

- Kundenzufriedenheit
- Verbesserungen in der Qualität
- Qualität der Arbeitsumgebung
- Image des Unternehmens
- Marktposition
- Marktanteil

Diese Faktoren haben einen indirekten Einfluss auf das Unternehmen, sind aber sehr schwer zu quantifizieren. Deshalb ist eine Business-Case-Analyse breiter als eine ROI-Analyse

aufgesetzt. Es sind sowohl quantitative als auch qualitative Daten in die Analyse zu integrieren. In der Tat wird ein Business Case häufig eine ROI-Analyse oder eine andere Methode der Wirtschaftlichkeitsberechnung als Teil der Studie enthalten.

Die Erstellung eines Business Case lässt sich in drei Hauptphasen gliedern: Herleitung von Kosten (synonym mit der Bezeichnung Kostenanalyse), Herleitung des Nutzens (synonym Nutzenanalyse), Durchführung der Wirtschaftlichkeitsberechnung (synonym mit dem Begriff Wirtschaftlichkeitsanalyse) [13].

In diesem Kapitel stelle ich einige Hintergrundinformationen über diese drei Phasen vor, um zu zeigen, wie und warum sie für die Ermittlung von Nutzen und Kosten von RFID-Projekten verwendet werden.

3.1.1 Kostenanalyse

Eine der ersten Fragen bei der Erstellung eines Business Case ist die Kostenfrage. Bei RFID-Projekten kommen neben den üblichen Entwicklungskosten naturgemäß zusätzliche Ausgaben für RFID-spezifische Hardware (Transponder, Lesegeräte, RFID-Drucker) dazu. In *Tabelle 3-1* wird eine Liste vorgegebener Kostenkategorien angegeben, die je nach Projektgröße in weitere Unterkategorien noch weiter detailliert werden kann.

Tabelle 3-1: Kostenkategorien (In Anlehnung an [13] und [37]).

	Investitionskosten (Projektphase)	Betriebskosten (Betriebsphase)
Externe Kosten (für externe Partner)	<ul style="list-style-type: none"> • RFID-Middleware • RFID-Hardware (Transponder, Reader, Drucker) • Server (AppServer, DB) • Beratungs-/Projektkosten • Einsetzung 	<ul style="list-style-type: none"> • Software, Updates • Ersatzinvestitionen(RFID-HW, IT) • Service • Maintenance • sonstige
<ul style="list-style-type: none"> • Software Kosten • Hardware-Kosten • Dienstleistungskosten 		
Interne Kosten (innerhalb des Unternehmens)	<ul style="list-style-type: none"> • Kosten von Projektmitarbeitern • Reisekosten • Hardware und Software 	<ul style="list-style-type: none"> • Schulungen • Applikationsbetreuung • sonstige

Die hergeleiteten Zahlen aus der Kostenanalyse dienen hauptsächlich als Basis für die Wirtschaftlichkeitsrechnung, später jedoch auch für die weitere Projekt- und Budgetplanung [16].

3.1.2 Nutzenanalyse

Eine spezielle Herausforderung bei der finanziellen Bewertung von RFID-Anwendungen liegt in der Tatsache begründet, dass einige Nutzenarten nur schwer monetär zu bewerten sind [17], insbesondere wenn es sich um eine strategische Investition handelt.

Zu den strategischen Hauptvorteilen der Anwendung von RFID-Technologie zählen unter anderem die Produktivitätssteigerung, Kostenreduktion durch Prozessoptimierung, sowie Qualitätssteigerung durch Fehlerreduktion.

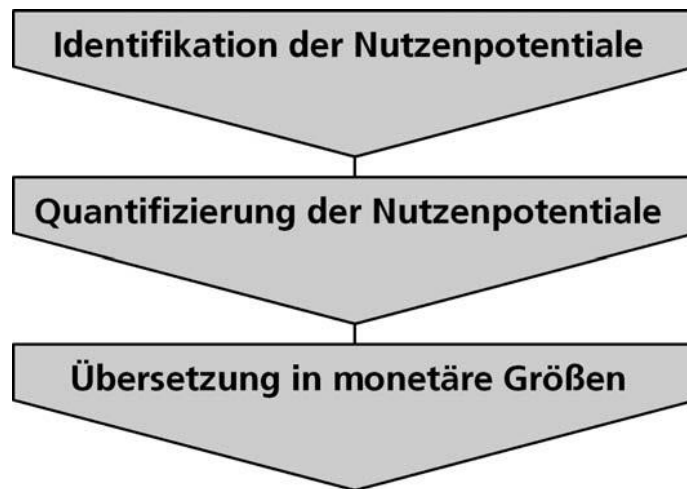


Abbildung 3-1: Dreistufiges Prozess zur Festlegung des Nutzens [37].

Der schwierigste Teil der Erstellung eines Business Case ist die Nutzenanalyse, da hier alle Einsparpotentiale und wirtschaftlichen Auswirkungen identifiziert werden müssen. Zum Erheben des Nutzens einer Investition und deren Darstellung in monetäre Größen wird ein Vorgehen vorgestellt, das als ein dreistufiger Prozess angesehen werden kann (*Abbildung 3-1*).

Zur Erleichterung der Nutzenerhebung und Nutzenquantifizierung einer Investition werden die Nutzensvorteile in entsprechende Nutzen-Kategorien gegliedert (*Tabelle 3-2*). Das Endergebnis der Nutzenanalyse wird dann bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung als zweite Eingangsgröße neben Kostenschätzungen verwendet. Mittels Nutzenanalyse wird eine erste Einschätzung hinsichtlich der Nutzenpotenziale und der wirtschaftlichen Vorteile der Investition durchgeführt.

Tabelle 3-2: Nutzenkategorien und Qualifizierung von Nutzenarten (In Anlehnung an [37]).

Nutzen-Kategorien		Qualifizierung von Nutzenarten	
Nutzen	höherer Umsatz	Erhöhung vorhandener Umsatzquellen neue Umsatzquellen	
	Produktivitätssteigerung	Einheitliche Prozesse Höhere Automation Verfolgbarkeit durch die Serialisierung	
	Geringere Betriebskosten	Kosteneinsparung Kostenvermeidung	
	Geringeres Umlaufvermögen	Reduktion der Lager Reduktion der Forderungen	
	Neue Geschäftsmodelle	z.B. Cost per Report/Result anstatt die einzelnen Reagenzien zu verrechnen	
	quantifizierbar (tangible)	nicht quantifizierbar (intangible)	
	direkt	indirekt	

3.1.3 Wirtschaftlichkeitsberechnung

In dieser Phase werden die Ergebnisse der Kosten- und Nutzenanalyse verglichen und durch die Anwendung von Investitionsrechenverfahren wird die Wirtschaftlichkeit kalkuliert. Praktisch werden statische (z.B. Return on Investment (ROI)) und dynamische (z.B. Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR)) Methoden für die Investitionsrechnungen angewandt. Die statischen Verfahren sind in der Praxis einfach anwendbar, und beziehen sich auf Kosten- und Nutzengrößen als zeitunabhängige Einzelwerte [37]. Sie sind jedoch weniger aussagekräftig im Vergleich zum dynamischen Verfahren. Die dynamischen Verfahren sind deutlich flexibler und vorteilhafter, da sie die Wirtschaftlichkeit einer Investition über eine längere Zeitperiode betrachten. Wegen der Berücksichtigung der abgezinsten Zahlungsströme

der Investition werden mit Hilfe der dynamischen Verfahren auch präzisere Ergebnisse ermittelt [37].

Um einen schnellen wirtschaftlichen Überblick über den Einsatz von RFID zu ermöglichen, stehen bereits Bewertungsmethoden mit integriertem RFID-Expertenwissen als Tools zur Verfügung (z.B. ein MS-EXCEL-basierter RFID-Kalkulator von GS1 Germany (jetzt EPCglobal)) [38].

3.2 Der Business Case in der Praxis für RLIMS

Es gibt eine Vielzahl von wissenschaftlichen Artikeln über den Nutzen von RFID im medizinischen Umfeld [2] [33] [39].

Zum Nachweis der Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von RFID bei der Inventarisierung in Laboratorien, Diagnosezentren und Krankenhäuser wurde ein Business Case im Auftrag eines sehr namhaften Unternehmens im Life-Science Bereich und in der Labordiagnostik durchgeführt.

3.2.1 Use Case

Die im Folgenden (in dieser Diplomarbeit) „Smart Diagnostics - SD“ genannte Firma möchte ein RFID basiertes Inventarisierungs-Management System für ihre Produkte bei den Kunden besonders in der EU und in den USA anbieten. Das „RFID Lab Inventory Management System“ - RLIMS soll einerseits das Verwalten der Kunden-Materialversorgung automatisieren, und andererseits in der Lieferkette Kosten reduzieren.

Anliegen (engl. business drivers): Die Markttreiber wurden in erster Linie aus Interviews mit mehr als 100 Managern der Laboratorien sowohl in der EU als auch in den USA identifiziert. Weitere Informationsquellen über Markttreiber für das Inventarisierungs-Management im Life Science und klinische Laborgeräte wurden aus Zeitschriften und Artikeln [40] [41] [42] gezogen. Die wichtigsten Markttreiber und damit verbundene Kundenvorteile werden tabellarisch dargestellt (*Tabelle 3-3*).

Projektziel des Use Case: Das Ziel des Projektes ist die Vereinfachung und auch Schaffung von Transparenz für den gesamten Prozess-Zyklus von der Bestellung der Reagenzien, dem Einchecken von eingetroffenen Lieferungen bis hin zur Inventarisierung und dem Auschecken der konsumierten Waren.

Tabelle 3-3: Die wichtigsten Markttreiber für Inventarisierungs-Management System.

Markttreiber	Details	Geschätzte Kundenvorteile
Reduzierung der Lagerhaltungskosten	<ul style="list-style-type: none"> • Verringerung der Zahl der Bestände an abgelaufenen Reagenzien durch Verfolgen von Chargennummern und Meldung des Ablaufdatums • Optimierung der Lagerbestände durch die Verbesserung des Supply Chain Management • Optimierung der Bestellabwicklung (weniger Aufträge, mehr Konsistenz) 	<ul style="list-style-type: none"> • 8% Reduktion der Menge an Hand (QOH) (von € 550,000 auf € 506,000 [41]) • vermiedene Verschwendung: € 6,500 [41]) • € 150,000 Versorgung Budgeteinsparungen in einem Jahr [42])
Reduzierung der benötigten Zeit zur Inventarverwaltung (Effizienzsteigerung)	<ul style="list-style-type: none"> • Beschleunigen und automatisieren der manuellen Bestandsinventur • Rasches und korrektes Erzeugen von Bestellungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Anzahl der für Inventarisierungsaufgaben verbrachten Arbeitsstunden werden von 5-6 Stunden auf weniger als eine Stunde pro Woche reduziert, und ermöglicht die Zeit der Mitarbeitern besser zu nutzen [40]). <i>“We have gained approximately five hours per week of staff time that may be used for other purposes in the laboratory” [41]</i>
Senkung der Laborkosten	<ul style="list-style-type: none"> • Raum für bestehende Lager • Manuelle Bestandsverwaltung derzeit arbeitsintensiv • Übertragen von Inventarmanagement Pflichten von hoch qualifizierten Labor-Wissenschaftlern (LW) zu geringer qualifizierten Arbeitnehmern durch Vereinfachung des Prozesses • hoch qualifizierte Labor-Wissenschaftlern sind in der Lage ihren eigentlichen Aufgaben verstärkt nachzugehen 	
Verbesserung der Bestandskontrolle	<ul style="list-style-type: none"> • Automatische Generierung von Berichten • Verfolgen von Chargennummern und Ablaufdatum beim Empfang einer Sendung 	Einsparungen der Arbeitsbelastung für Controlling und Reporting.

Ausgangslage (Ist-Situation): Nach einer Untersuchung des Inventarisierungs-Management System (IMS) Marktes, wurden folgende Schlüsse gezogen:

- Der Bedarf der Kunden an einer Inventar-Management-Lösung ist in allen Ländern hoch
- Hauptakteure auf dem Markt sind vor allem die lokalen Unternehmen mit zu eingeschränkten Kapazitäten, um als internationale Anbieter agieren zu können
- Haupt SD Konkurrenten auf Diagnostika-Markt mit schnell auftauchenden international verfügbaren Lösungen

Die Labor-Manager haben die folgenden Nachteile der aktuellen Situation identifiziert:

- Mangel an Sichtbarkeit und Steuerung
"...find out we're on credit hold. I don't know where information goes to... we don't know until our order doesn't come in." - US Lab Managers
- Die Zeit der Mitarbeiter wird verschwendet
„Put away time took four people 1.5 hours" - US Lab Manager
- Mangel an Lagerraum
"Space is (an issue), you don't want to carry massive amount of stock, you want that just in time thing" - UK Lab Manager
- Produkt-Verschwendung wegen Ablauf
"... we need to keep track so the oldest is used first. What's happening now is they use the new lot while the old lot is sitting" - UK Lab Manager

Aus den Äußerungen der meisten Führungskräfte der Laboratorien und Krankenhäuser wurde eindeutig klar, dass es ein großes Verbesserungspotenzial gibt und dringenden Bedarf für eine Lösung besteht, die die zuvor erläuterten Nachteile beseitigen kann. Für eine derartige Inventarisierungs-Management-Lösung sind die Kunden auch bereit zu bezahlen. Die Zahl der internationalen Konkurrenten (für SD) auf dem Markt für Diagnostika ist zurzeit noch eher gering, wächst jedoch rasant.

Zu den aktuellen Kunden der Firma SD zählen Krankenhäuser, Universitäten, private Laboratorien etc. Abhängig vom jährlichen Umsatz lässt sich der Markt, wie in der *Tabelle 3-4* beschrieben, segmentieren.

Aus den segmentierten Kunden in der *Tabelle 3-4*, sind die ersten zwei Kategorien (Hoher Umsatz und obere Mittelklasse) Haupt-Zielkunden des RLIMS. Die Mittelklasse wird als sekundärer Zielkunde betrachtet, die kleinen Praxen werden nicht adressiert.

Business Requirements: Aufgrund der Ausgangslage und der identifizierten Ziele lassen sich folgende konkrete Business-Anforderungen für den angestrebten Featureset des RLIMS ableiten:

1. Bestellungsabwicklung (Order Processing)
2. Verfolgung der Bestellungen (Order Tracking) -> Order Workflow
3. Bestand/Inventur
4. Verfolgung des Bestandsverbrauches (*engl. Inventory Consumption Tracking*)
5. Berichte, Bewertungen

Tabelle 3-4: RLIMS Mark-und Kundensegmentierung.

	Hoher Umsatz (über 600.000 € pro Jahr)	Obere Mittelklasse (zwischen 600.000 € und 100.000 € pro Jahr)	Untere Mittelklasse (100.000 € -50.000 € pro Jahr)	Kleine Praxen (< 50.000 € pro Jahr)
Typ	<ul style="list-style-type: none"> • Große Krankenhäuser • Blutbanken • Universitäten • Große private Laboratorien 	<ul style="list-style-type: none"> • Mittlere und kleine Krankenhäuser • Mittlere und kleine private Laboratorien 	<ul style="list-style-type: none"> • Kleine, mittelgroße Krankenhäuser • Kleine private Laboratorien 	<ul style="list-style-type: none"> • Kleine Praxen
Anzahl der Mitarbeiter, involviert im Inventarisierungsprozess	> 20	10-20	< 10	1-2
Kunden, die bereits IMS Verwenden	DE: 40% UK: 10% US: max. 10%	DE: 10% UK: 3% US: max. 10%	DE: 10% UK: 2% US: max. 5 %	IMS nicht relevant für dieses Segment
Bestellverhalten	Direkte Bestellung	Direkte Bestellung	Direkte Bestellung	hauptsächlich über Verteiler

Jede der oben erwähnten Feature-Anforderungen besteht aus mehreren Teilanforderungen, die in den kommenden Kapiteln genauer erklärt werden. Als Beispiel nehmen wir den Punkt 3 - „Inventur“. Für den tatsächlichen Bestand soll vor allem die individuelle Grenze auf Lieferanten- und Artikel-Ebene einstellbar sein. Automatische Benachrichtigungen sollen im Falle, dass einige Artikel vor dem Ablauf sind oder schon abgelaufen sind, an bestimmte Personen oder Verteilerlisten verschickt werden.

3.2.2 Wirtschaftlichkeitsnachweis

Der Wirtschaftlichkeitsnachweis enthält – wie oben dargestellt - drei Phasen: Nutzenanalyse, Kostenanalyse und Wirtschaftlichkeitsrechnung. In diesem Kapitel werden diese drei Phasen dargestellt.

Für die Berechnungen im Zuge der Nutzenanalyse werden folgende Annahmen getroffen:

- Durchschnittliche all-in Kosten für „Full Time Equivalente“ - FTE / Stunde (US): \$32,61
- Kosten für Nachtkurier Versand: \$ 150,-
- Verringerung von Eil (Kurier) Aufträgen mit RLIMS: 80%
- Zeit für die Behebung der Bestellungenfehler: 0,5 Stunden/Fehlerkorrektur
- Der durchschnittliche Jahresbestellwert für die Kunden aus dem Segment Hoher Umsatz (HU) und aus dem Segment obere Mittelklasse (OM) (siehe *Tabelle 3-4*) liegt bei € 100.000.

3.2.2.1 Nutzen

Für die Nutzenanalyse wurde nach dem bereits vorgestellten dreistufigen Prozess (*Abbildung 3-1*) vorgegangen.

Der Einsatz von RFID im RLIMS-System bringt, neben vielen Vorteilen für die einzelnen Laboratorien, selbstverständlich, auch Vorteile für die Firma Smart-Diagnostics (SD).

Das RLIMS-System wird den Kunden als fertiges Produkt gegen eine einmalige Einrichtungsgebühr und eine monatliche Gebühr von ca. € 600,- angeboten. Neben höherem Umsatz wird RLIMS für eine Steigerung der Produktivität des Unternehmens (von Produktion, Lieferung bis zum Reporting) sorgen. Durch das RLIMS-System werden Bestellungen von Kunden vollelektronisch und ohne Medienbrüche durchgeführt.

Durch die Entwicklung und das Betreiben von RLIMS wurden folgende Nutzen seitens Smart-Diagnostics identifiziert:

- Neue Umsatzquelle
 - Umsatzsteigerung weltweit
 - Einmalig € 20 000,- und danach € 600 monatlich pro Kunde
- Optimierung des SD Supply Chain Management
 - Lieferkettenkosten werden durch Verbesserung der Effizienz des Kunden in der Produktnutzung reduziert
 - Reduktion manueller Tasks durch Anbindung eines Webshops oder einer standardisierten EDI Schnittstelle
 - 10-15% Verringerung der Bestell- und Versandkosten durch Bündelung von Bestellungen
- Reduktion der SD interne Ressourcen durch Automatisierung des Bestellprozesses
 - Genauere Verbrauchsprognosen, Reduzierung der Lagermengen bei SD

Die identifizierten potenziellen Nutzen werden nun quantifiziert und anschließend in einen finanziellen Wert umgerechnet. Die Umrechnung basiert auf Kostenschätzungen, die anhand interner Kunden-Daten von SD erfolgten.

Tabelle 3-5: Nutzenabschätzungen für RLIMS.

#	Nutzen	Wert	Beschreibung
1	Jahresumsatz pro Kunde	€ 27.200	Der einmalige Betrag von € 20.000 für die RFID-HW und RLIMS Installation, sowie die monatliche Gebühr von € 600.
2	SCM Optimierung pro 100 Kunden pro Jahr	€ 10.000	10-15% Verringerung der Bestell- und Versandkosten. Dies ist von der RLIMS-Kundenzahl abhängig. Der Wert ist für das 1. Jahr mit 100 Kunden geschätzt.
3	Reduktion der SD internen Ressourcen pro 100 Kunden pro Jahr	€ 6.000	10% der Verbesserung der Planung von SD Inventar. Der Wert ist für das 1. Jahr mit 100 Kunden geschätzt.

Es wurden weltweit ca. 2.000 potenzielle RLIMS-Kunden identifiziert. Im ersten Jahr wird mit 100 Kunden gerechnet, danach im zweiten und dritten Jahr mit 200 bzw. 300 Kunden. Die Ergebnisse der Nutzenanalyse sind in die *Tabelle 3-5* erklärt.

3.2.2.2 Kosten

Wie bereits im Unterkapitel 3.1.2 erwähnt, lassen sich die anfallenden Kosten eines Projektes in einige Kostenkategorien unterteilen. Im Falle des RLIMS-Projektes fallen Hardwarekosten, Softwarekosten, Wartungs- und Anwendersupport-Kosten an:

- Einmalige Investitionskosten
 - HW Kosten
 - Software Implementierungskosten (Pilot- und Implementierungs-Phase), sowohl firmeninterne als auch externe Kosten
- Laufende Betriebskosten
 - Dienstleistungskosten bzw. Wartungskosten (Service Vertrag)
 - Kosten für Rechenleistung (Applikation-, Web-, und Datenbank-Server)
 - Anwender-Support Kosten

Die Kosten werden tabellarisch (*Tabelle 3-6*, *Tabelle 3-7*, und *Tabelle 3-8*) für jede Unterkategorie mit passenden Beschreibungen und Zahlen dargestellt.

Tabelle 3-6: RFID Hardware Einkaufskosten pro RLIMS-Kit (RLIMS-Kit: RFID-Lesegerät mit einer Antenne, RFID-Handheld, RFID-Drucker).

#	RFID Gerät	Hersteller	Typ (sachlich)	Typ (zeitlich)	Kosten
1	RFID-Lesegerät	Motorola	extern	Einmalig pro Kunde/Installation	€ 1000,-
2	Handheld	Motorola	extern	Einmalig pro Kunde/Installation	€ 1 850,-
3	RFID Drucker	Sato	extern	Einmalig pro Kunde/Installation	€ 1 500,-
4	RFID-Tags	UPM	extern	Ab 50 000 Stück pro Kunde/Jahr	ca. 12-15 Cent
<i>Zwischensumme</i>					€ 4 350,-

Tabelle 3-7: RLIMS Projektkosten.

#	Beschreibung	Typ (sachlich)	Typ (zeitlich)	Kosten
1	Software Implementierung (Pilot- und Implementierungs- Phase)	extern	einmalig	€ 2.000.000
		intern	einmalig	€ 1.000.000
<i>Zwischensumme</i>				€ 3.000.000

Tabelle 3-8: RLIMS laufende Betriebs- und Wartungskosten pro Jahr und pro 100 Kunden.

#	Beschreibung	Typ (sachlich)	Typ (zeitlich)	Kosten
2	Wartungs- und User-Support Kosten	extern	laufend	€ 450.000/Jahr
3	Applikation- und Datenbank- Server	extern	laufend	€ 35.000/Jahr /100 Kunden
<i>Zwischensumme (pro Jahr und pro 100 Kunden)</i>				€ 485.000

3.2.2.3 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Für das Berechnen der Wirtschaftlichkeit wurde die statische Return-On-Investment (ROI) Methode verwendet. Die einfachste Variante, die in unserem Fall verwendet wurde, ist wie folgt dargestellt:

$$ROI = \frac{\text{Gesamtnutzen} - \text{Kapitaleinsatz}}{\text{Kapitaleinsatz}}$$

wobei Kapitaleinsatz = Projektkosten + Betriebskosten ist.

Die Zahlen aus Nutzen- und Kostenanalyse werden gegenübergestellt um die Wirtschaftlichkeit der Investition zu überprüfen.

Die Werte für den ROI bekommen wir aus der *Tabelle 3-9*, und ergibt für die obige Formel:

$$ROI = \frac{10.416.000 - 5.865.000}{5.865.000} = \frac{4.551.000}{5.865.000} = 0,77 = 77\%$$

Aus den Business-Case Berechnungen (siehe *Tabelle 3-9, Abbildung 3-2*) hat sich gezeigt, dass sich die Projektinvestition nach knapp anderthalb Jahren amortisiert hat.

Tabelle 3-9: RLIMS Wirtschaftlichkeitsberechnungen.

Jahr	0	1	2	3	Total
Kundenzahl	0	100	200	300	
Projektkosten	3.000.000	0	0	0	3.000.000
Wartungskosten	0	450.000	450.000	450.000	1.350.000
Betriebskosten pro 100 Kunden	0	35.000	70.000	105.000	210.000
RFID HW-Kosten für 100 Neukunden pro Jahr	0	435.000	435.000	435.000	1.305.000
Kosten	3.000.000	920.000	955.000	990.000	5.865.000
Direkter Nutzen*	0	2.720.000	3.440.000	4.160.000	10.320.000
Indirekter Nutzen **	0	16.000	32.000	48.000	96.000
Nutzen	0	2.736.000	3.472.000	4.208.000	10.416.000
Delta (Nutzen -Kosten)	-3.000.000	1.816.000	2.517.000	3.218.000	4.551.000

* Der direkte Nutzen in der *Tabelle 3-9* wurde wie folgend ausgerechnet:

Für das 1. Jahr und für 100 Kunden:

Direkter Nutzen

$$= \text{Kundenzahl} \times (\text{einmaliger RLIMS Betrag} + \text{monatlicher Betrag})$$

$$\text{Direkter Nutzen} = \text{Kundenzahl} \times (20.000 + 12 \times 600) = \text{Kundenzahl} \times 27.000$$

$$\text{Direkter Nutzen} = 100 \times 27.000 = 2.720.000$$

Für das 2. Jahr und für 200 Kunden (100 davon sind neue Kunden):

$$\text{Direkter Nutzen (2. Jahr)} = (100 \times 20.000) + (200 \times 7.200) = 3.440.000$$

Für das 3. Jahr und für 300 Kunden (100 davon sind neue Kunden):

$$\text{Direkter Nutzen (3. Jahr)} = (100 \times 20.000) + (300 \times 7.200) = 4.160.000$$

** Der indirekte Nutzen wurde laut folgender Formel ausgerechnet, wobei die Werte aus den Nutzenabschätzungen (*Tabelle 3-5*) eingesetzt werden:

Indirekter Nutzen

$$= \frac{\text{Kundenzahl}}{100}$$

$$\times (\text{SCM Optimierung} + \text{Reduktion der SD internen Ressourcen})$$

$$\text{Indirekter Nutzen} = \frac{\text{Kundenzahl}}{100} \times (10.000 + 6.000)$$

$$\text{Indirekter Nutzen} = \frac{\text{Kundenzahl}}{100} \times 16.000$$

Im 1. Jahr beträgt der indirekte Nutzen:

$$\text{Indirekter Nutzen} = 16.000$$

Für die Berechnung des indirekten Nutzens für das 2. und 3. Jahr wird der Wert des indirekten Nutzens aus dem 1. Jahr mit 2 bzw. 3 multipliziert.

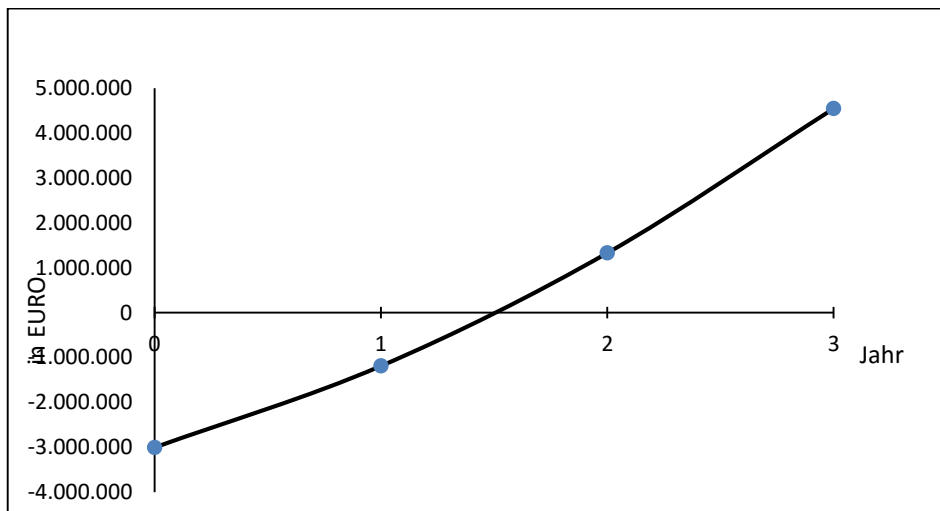


Abbildung 3-2: Die Investition in RLIMS hat sich nach knapp eineinhalb Jahren amortisiert.

4 Hardware-Evaluierung

Wie schon im vorherigen Kapitel beschrieben, geht es hier darum die einzelnen Objekte (Reagenzien und andere Verbrauchsmaterialien in medizinischen Laboren) mit RFID-Tags zu markieren und damit eindeutig zu identifizieren.

Aufgrund der Vielfältigkeit von RFID-Systemen (wie im Kapitel 2 „RFID-Technologie“ beschrieben), ist die Auswahl des optimalen RFID-Systems eine herausfordernde Aufgabe.

Die RFID-Spezialisten haben bei unserem Use Case basierend auf den Anforderungen für die gesamte Lösung ein passives UHF System vorgeschlagen. Die Gründe dafür waren u.a. die globale frei zur Verfügung stehende Arbeitsfrequenz, die Lesereichweite von 1m bis 5m und mögliche Speicherkapazitäten (User Memory). Der Preis der Transponder war ebenfalls ein Kriterium, das für diese Entscheidung sprach.

Für den Frequenzbereich 860-960 MHz gibt es einen globalen Luftschnittstellen-Standard (z.B. EPCglobal).

Folgende grundlegende Anforderungen wurden gemeinsam mit dem Anwender spezifiziert:

- Die Geräte müssen industrietauglich sein (*eng. Industrial-Edition*)
- Der UHF Module des Gerätes muss weltweite Standards unterstützen (z.B. EPCglobal Class 1 Gen2 /ISO 1800-6C) US/Europa.
- Für Drucker: LAN Verbindung muss vorhanden sein
- Für Handhelds: WLAN Modul, muss mit .NET programmierbar sein und eine Software API für das RFID/UHF-Modul bereitstellen
- Für Reader: LAN Verbindung, einfache Möglichkeit der Integration (z.B. XML Schnittstelle), Betrieb mit einer einzigen Antenne und Erweiterbarkeit auf eine Gate Lösung (zukunftsorientiert) muss möglich sein.

Für das Projekt werden außer RFID-Transpondern folgende RFID-Geräte benötigt, die gemeinsam als Hardware-Kit (HW-Kit) gebündelt werden:

- RFID-Handheld: mobiles Gerät mit integriertem RFID-Reader.
- RFID-Reader : stationärer Reader mit einer externen Antenne.
- RFID-Drucker: für das Bedrucken von RFID-Etiketten sowie das Schreiben von RFID-Daten (EPC - und User Data - Speicherbereich).

Für jeden Gerätetyp wurde eine Marktanalyse durchgeführt und eine Liste mit Geräten, die für das Projekt in Frage gekommen sind erstellt. Eine wichtige Grundlage war hierzu die vorhandene Erfahrung des Teams mit RFID Hardware.

Die Auswahlkriterien wurden bei der HW-Evaluation für jeden Gerätetyp in Form einer Tabelle erarbeitet.

In diesem Kapitel werden die Evaluierungskriterien für jede Gerät-Typ kurz beschrieben, und die Ergebnisse der Hardware-Evaluierung erläutert.

4.1 Material und Methoden

Im Folgenden werden die zu evaluierenden Geräte kurz beschrieben und anschließend die Testmethodik bzw. Teststrategie für die jeweiligen Gerät-Typen mit Daten und Zahlen sowie deren Ergebnisse dargestellt.

4.1.1 Getestete Geräte und Material

4.1.1.1 Transponder

Zwei UHF RFID-Transponder wurden getestet. Die Transponder wurden sowohl mit Lesegeräten als auch mit dem RFID-Drucker getestet.

- UPM Raflatac Web, NXP U-Code G2XM, Größe: 34 mm x 54 mm) – mit kleinem Abstand zwischen den Tags
- Smartrac Web, NXP U-Code G2iM , Größe 34 mm x 54 mm

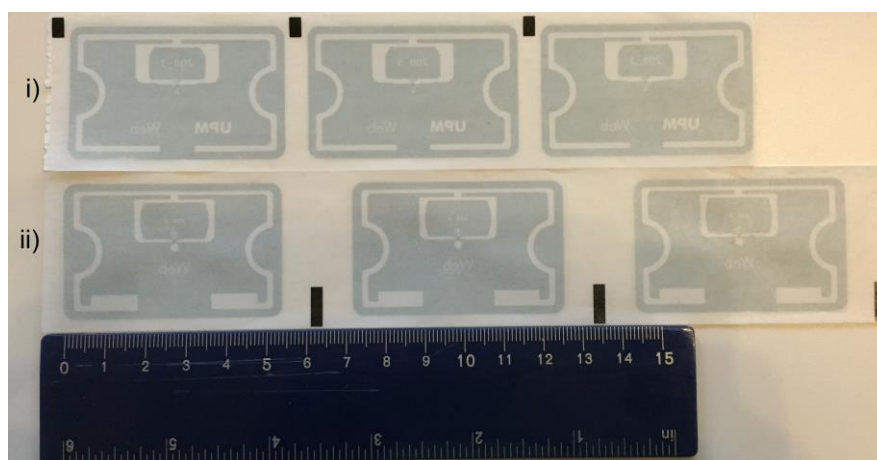


Abbildung 4-1: Getestete Transponder: a) UPM Raflatac Web; b) Smartrac Web.

UPM Raflatac Web

Der RFID-Transponder ist eine Selbstklebende-Papieretikette mit UPM Web Inlay und NXP UCODE G2XM Chip [43]. Der Transponder ist UHF EPCglobal Class1 Gen2-konform, mit globaler Betriebsfrequenz von 860 bis 960 MHz.

Er ist kompatibel zu den verschiedenen rechtlichen Vorschriften (z.B. ETSI, FCC, ...) für RFID-Systeme in den Märkten in welchen das System in Zukunft eingesetzt werden soll.

Der Transponder ist 34 mm breit und 54 mm lang, wobei der Abstand zwischen zwei Tags 6 mm beträgt (*Abbildung 4-1-i*). Die Speichergröße bei dem Transponder beträgt 96 Bit für die EPC-Identifikation, und 512 Bit User Memory.

Smartrac Web

Der Smartrac Web ist ähnlich wie der UPM Raflatac Web. Er hat einen NXP U-Code G2iM Chip, und ist ebenfalls EPCglobal Class1 Gen2-konform [44]. Die Speichergröße sowie die Dimension entsprechen dem oben beschriebenen Tag, nur der Abstand zwischen den Tags ist beim Smartrac-Tag mit 18 mm größer (*Abbildung 4-1-ii*).

Die untenstehende Tabelle 4-1 fasst die Merkmale von beiden RFID-Labels zusammen.

Tabelle 4-1: Angaben über RFID-Labels.

Tag	Maß (B x L)	RFID IC	EPC Memory	User Memory
UPM Raflatac Web	3,4 cm x 5,4 cm	G2XM	96 bit	512 bit
Smartrac Web	3,4 cm x 5,4 cm	NXP U-Code G2iM	96 bit	512 bit

4.1.1.2 Lesegerät mit Antenne

Folgende Lesegeräte wurden ausgewählt und getestet. Jeder RFID-Reader wurde im Zusammenhang mit einer zugehörigen Antenne und sofern verfügbar auch mit einer „Stromversorgung über Ethernet“ - Adapter getestet.

- Motorola FX7400 mit Motorola AN480 Antenne
- Siemens RF 670R mit SIMATIC RF660A Antenne
- Intermec IF2 mit Intermec IA39C Antenne

Motorola FX7400 (mit Motorola AN480 Antenne)

Der Motorola-Reader FX7400 ist ein stationäres, industrietaugliches, UHF RFID-Lesegerät [45]. Das Gerät ist ISO-1800-6C bzw. EPCglobal Class 1 Gen2 konform. Es unterstützt bis zu vier Antennen in einem Abstand von maximal 6 Metern. Das Lesegerät entspricht den relevanten Rechtsvorschriften für die EU und den USA (ETSI, FCC). Daher wird es in zwei Versionen angeboten, für jede Region jeweils eine. Als Betriebssystem wird Microsoft Windows CE 5.0 eingesetzt, womit eine einfache Integration von Drittanbieter-Anwendungen möglich ist. Eine Vielzahl von Schnittstellen wie Ethernet, General Purpose Input/Output (GPIO), und USB stehen zur Verfügung. Es gibt eine umfassende API-Unterstützung für Programmiersprachen bzw. Plattformen wie .NET, C und Java [45]. Dies erleichtert die Entwicklung spezifischer Anwendungen.

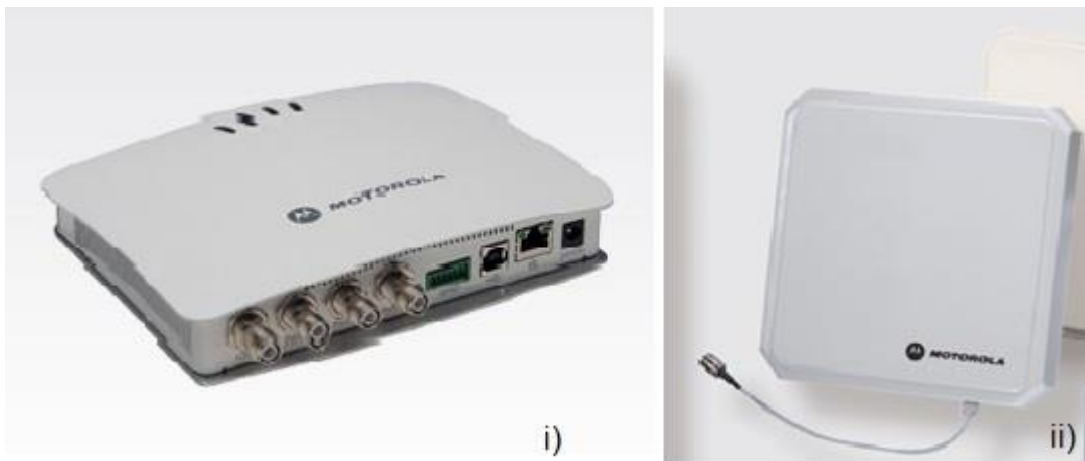


Abbildung 4-2: i) Motorola FX7400, ii) Motorola AN480 (Quelle: Motorola).

Die dazugehörige Motorola AN480 RFID-Antenne ist eine Breitband UHF-Antenne, die gemeinsam mit dem stationären Motorola FX7400 RFID-Lesegerät verwendet wird, um die RFID-Etiketten der verbrauchten Waren und Materialien stationär im Labor zu scannen (Abbildung 4-2). Sie muss in einem maximalen Abstand von 6 Metern zu dem RFID-Lesegerät angebracht werden. Durch die unterstützten Frequenzbereiche 865-956 MHz, ist die Antenne in praktisch allen globalen Märkten zugelassen und kann überall im Unternehmen in Fertigungs- und Lagerumgebungen eingesetzt werden. Sie hat eine zirkulare Polarisation und einen Gewinn von 6 dBi [46].

Der Motorola FX7400 unterstützt Stromversorgung über Ethernet (*eng. Power-over-Ethernet, PoE*), um kostspielige Stromanschlüsse zu vermeiden. Als PoE Adapter wurde das Gerät Motorola AP-PSBIAS-2P2-AFR verwendet. Beim diesem Strominjektor handelt es sich um

einen 1-Port IEEE 802.3af-kompatiblen Hub, der Strom mit Ethernet-Daten über ein einzelnes Kabel transportiert.

Der Strominjektor ist ein kleines, leichtes Gerät mit einem RJ-45-Ethernet-Kabel-Eingang vom Ethernet-Hub auf der einen Seite des Gerätes und ein RJ-45-Daten- und Stromausgangsstecker auf der anderen Seite der Einheit. Auf der Rückseite des Gerätes ist eine 110 bis 220V Stromaufnahme. Für jedes Gerät, das Teil des Netzwerks ist, wird ein separater Strominjektor benötigt.

Siemens RF 670R mit SIMATIC RF660A Antenne

Der SIMATIC RF670R von der Firma Siemens ist ein aktiver stationärer RFID-Reader im UHF Frequenzbereich, der EPCglobal Class1 Gen2 bzw. ISO 18000-6C konform ist [47]. Er unterstützt bis zu vier Antennen und eine Kabellänge bis zu 20 m. Bei Verwendung entsprechender Antennen und Antennenkabel wird eine Strahlungsleistung bis zu 2000 mW ERP erzielt [47]. Der Reader wird für die Regionen EU, USA und China separat angeboten, welche den Rechtsvorschriften (ETSI, FCC, CMIIT) der jeweiligen Region entsprechen. Für die Integration in Systemumgebungen bzw. zur Anbindung mit eigenen entwickelten Applikationen steht eine Ethernet-Schnittstelle zur Verfügung. Über die Ethernet-Schnittstelle und eine direkte Anbindung an den PC kann der Reader RF670R auf zwei Arten bedient werden [47]:

- über den RF-MANAGER Basic V2
- über XML-Befehl



Abbildung 4-3: i) Siemens RFID-Reader RF670R, ii) Siemens Antenne SIMATIC RF660A (Quelle: Siemens).

Die dazugehörige Antenne SIMATIC RF660A ist eine universelle UHF-Antenne mit mittlerer Reichweite in industrietauglicher, kompakter Bauform [47]. Sie ist eine Breitbandantenne und kann daher für die zwei verschiedenen Frequenzbereiche eingesetzt werden, die jeweils für die Regionen Europa, USA und China bestimmt sind [47]. Für Europa arbeitet die Antenne im Frequenzbereich von 865 bis 868 MHz und für USA und China im Frequenzbereich von 902 bis 928 MHz. Diese Antenne wird gemeinsam mit dem Lese-Gerät RF670R zum Senden und Empfangen der RFID-Signale an die Transponder im UHF-Bereich verwendet. Sie kann mit einem maximalen Abstand von 20 Metern zum RFID-Lesegerät angebracht werden. Die Antenne ist RH-zirkular polarisiert, und für UHF EPC Class1 Gen2 Transponder geeignet, die parallel zur Antenne in beliebiger Orientierung vorbeigeführt werden können.

Intermec IF2 mit Intermec IA39C Antenne

Beim Intermec IF2 handelt es sich um ein kompaktes, industrietaugliches, stationäres RFID-Lesegerät, das verschiedene passive UHF-Anwendungen unterstützt [48]. Der Reader ist werksseitig für den Betrieb in Regionen mit FCC- oder ETSI-Frequenzband konfigurierbar. Der Intermec IF2 unterstützt folgende Protokolle für passive UHF-Tags: ISO-18000-6B, ISO-18000-6C und EPCglobal Class 1 Gen 2. Das Gerät kann bis zu vier Antennen betreiben. Außerdem werden weitere Schnittstellen wie Ethernet, GPIO, COM1 (RS-232), und USB bereitgestellt. Die Option für die Stromversorgung über Ethernet (PoE) senkt die Installationskosten, da aber kein geeigneter IEEE 802.3at konformer PoE Adapter zur Verfügung gestanden ist, wurde diese Option in unserem Fall weder verwendet noch getestet.

Mit dem IF2 Reader wurde die Intermec IA39C Antenne verwendet. Sie unterstützt auch die Frequenzbereiche von 865 bis 956 MHz, die Antenne ist daher in praktisch allen globalen Märkten einsetzbar und primär für Fertigungs- und Lagerumgebungen geeignet. Sie hat eine zirkulare Polarisierung mit einem Antennengewinn von 8 dBiC.



Abbildung 4-4: Intermec IF2 (Quelle: Intermec).


Tabelle 4-2: Bewertungskriterien für RFID-Lesegeräte. Detailangaben zu Motorola FX7400, Siemens RF 670R und Intermec IF2.


Gewichtung in %		Motorola FX7400			Siemens RF 670R			Intermec IF2		
Dimensionen	0%									
Größe (H x B x T)		195,6 x 149,9 x 43,2 mm	0	2	260 x 193 x 52 mm	0	4	199 x 163,1 x 43,2 mm	0	2
Gewicht		0,82 kg	0	1	1,8 kg	0	2	1 kg	0	1
Betriebstemperatur		-20°C bis +55°C	0	2	-25°C bis +55°C	0	1	-20°C bis +55°C	0	2
			0	5			7		0	5
Handling	40%									
Installation und Einrichtung		geringer Aufwand im Webbrowser	0,8	2	nur über Siemens SW	1,2	3	Hilfe von Experten für die richtige Konfiguration notwendig!	1,6	4
			0,8	2		1,2	3		1,6	4
Technische Eigenschaften	10%									
LAN Verbindung	n.r.	Ja	0	1	Ja	0	1	Ja	0	1
Einzel Antenne unterstützt	n.r.	Ja	0	1	Ja	0	1	Ja	0	1
Max. Anzahl von Antennen unterstützt	n.r.	4	0	1	4	0	1	4	0	1
Diverse Antennen verfügbar (EU/US)	n.r.	Ja	0	1	Ja	0	1	Ja	0	1
General purpose IO	n.r.	2 ein, 2 aus	0	2	4 ein, 4 aus	0	1	4 ein, 4 aus	0	1
Max. Leseabstand	n.r.	485* cm	0	1	320* cm	0	3	290* cm	0	4
Leserate		ca. 140* Tags/s	0,1	1	59,7* Tags/s	0,3	3	50,5* / 455,5** Tags/s	0,1	1
Webserver zur Konfiguration	n.r.	verfügbar	0	2	nicht verfügbar	0	4	verfügbar	0	2
Strom über Ethernet (PoE)	n.r.	verfügbar	0	1	nicht verfügbar	0	2	verfügbar	0	1
			0,1	11		0,3	17		0,1	13
Maintenance	20%									
Robustheit		hauptsächlich Aluminium und Metall, Kunststoff	0,6	3	IP65, Aluminium-Basis, Kunststoffabdeckung	0,2	1	IP53, Magnesium-Basis, Kunststoffabdeckung	0,6	3
			0,6	3		0,2	1		0,6	3
Preis	30%									
		950	0,3	1	2550	1,2	4	1500	0,9	3
Gesamtwertung (je weniger desto besser)			1,8			2,9			3,2	

* Getestet mit Standardsoftware vom Hersteller und mit Standard-Einstellungen (siehe Unterkapitel 4.1.2 Evaluierungskriterien)

** Zweites Ergebnis mit optimierten Einstellungen speziell für den Testfall von Intermec

n.r. = nicht relevant

 Bewertung 1 (beste) – 5 (schlechte)

 gewichtete Bewertung

4.1.1.3 Handheld

Als Handhelds (mit Docking-Station) wurden folgende Geräte ausgesucht und evaluiert:

- Motorola MC3190-Z
- Intermec CN3 mit IP30 RFID-Griff
- Psion Teklogix Workaround Pro 3 (inkl. CAEN UHF Module)

Motorola MC3190-Z

Das Motorola MC 319Z RFID-Handheld-Gerät [49] ist ein mobiler Handheld-Computer mit integriertem UHF-RFID-Modul und 2D-Barcode-Imager. Im gegenständlichen Projekt wird er dazu verwendet, um eine Inventur der Waren und Materialien am Ort ihrer Lagerung durchzuführen. Das RFID-Handheld-Gerät muss naturgemäß allen relevanten regionalen (europäischen, amerikanischen) Rechtsvorschriften (z.B. ETSI, FCC) für RFID-Systeme entsprechen. Das batteriebetriebene RFID-Handheld-Gerät wird in einer Docking-Station geladen. Die Docking-Station (Handheld-Ladestation) hat eine Eingangsspannung von 100-240VAC mit 50/60Hz, und ist für Europa und die USA geeignet. Der Handheld ist mit einem WLAN-Modul ausgestattet. Neben WLAN stehen mittels Docking-Station auch Ethernet- und USB- Schnittstellen zur Verfügung. Über USB wird die Verbindung zwischen dem Handheld-Gerät und dem lokalen PC aufgebaut. Das Gerät kann über WLAN bzw. LAN kommunizieren.



Abbildung 4-5: Motorola MC3190-Z (Quelle: Motorola).

Intermec CN3 mit IP30 RFID-Griff

Der Intermec CN3 ist ein mobiler Computer (Handheld) mit einem schmalen, robusten Gehäuse, der speziell für unternehmenskritische Anwendungen in den Bereichen Transport, Logistik und Außen- bzw. Kundendienst entwickelt wurde [50]. Das Gerät bietet vielfältige Kommunikationstechnologien wie WLAN, Bluetooth und Mobilfunk (darunter GSM/EDGE oder 3G CDMA). Das Gerät kann auch noch optional mit einem Barcodescanner ergänzt werden.

Für die RFID-Datenerfassung wird der CN3 Handheld in Kombination mit dem IP30 UHF RFID-Griff von Intermec verwendet (Abb. 4.2). Beim IP30 handelt es sich um ein modulares Gerät, das mit einem Intermec Handheld sofort zu einem RFID-Lesegerät kombiniert werden kann [50]. Für die Verbindung bzw. Synchronisation mit dem PC, sowie für das Aufladen der Batterie wird die Dockingstation AD10 von Intermec benutzt.



Abbildung 4-6: Intermec CN3 mit IP30 RFID Griff. (Quelle: Intermec).


Die *Tabelle 4-3* zeigt weitere Informationen über dieses Gerät.

Tabelle 4-3: Bewertungskriterien RFID-Handheld. Detailangaben zu Motorola MC3190-Z, Intermec CN3 und Psion Teklogix WAP 3.

Gewichtung in %		Motorola MC3190-Z			Intermec CN3 + IP30			Psion Teklogix WAP 3		
Dimensionen 0%										
Größe (H x B x T)		193 x 119 x 162 mm	0	1	220 x 102 x 205 mm	0	3	200 x 100 x 42 mm	0	2
Gewicht		ca. 0,65 kg	0	1	ca. 0,86 kg	0	2	ca. 0,5 kg	0	1
Betriebstemperatur		-10 °C to +50 °C	0	2	-15 °C to +50 °C	0	2	-20 °C bis +50 °C	0	2
			0	4		0	7		0	5
Handling 40%										
Display		3", 320 x 320 pixel	0,8	2	3,5", 320 x 320 pixel	0,4	1	3,6", 480 x 640 pixel	0,4	1
Touchscreen		Ja	0,8	2	Ja	0,8	2	Ja	0,8	2
Pistolen-Griff		Ja	0,8	2	Ja (als Zusatz)	1,6	4	nein	1,6	4
Dockingstation		Ja	0,8	2	braucht zwei	1,6	4	Ja	0,8	2
			3,2	8		4,4	11		3,6	9
Technische Eigenschaften 10%										
Microprocessor	n.r.	Marvell PXA320 624 MHz	0	0	Intel Xscale PX A270 520 Mhz	0	0	PXA270 624 MHz	0	0
Speicher	n.r.	1GB Flash 256MB RAM	0	1	256MB Flash 128MB RAM	0	1	1GB Flash 256MB RAM	0	1
Speicher erweiterbar	n.r.	nein	0	3	miniSD bis zu 2GB	0	3	SD/MMC, CF Slot	0	3
Batterie	n.r.	4400mAh/-	0	2	2200mAh / 4000mAh	0	2	3300mAh / 4400mAh	0	2
RFID Lesen										
Leserate*		60,3 Tags/s	0,1	1	19,2 Tags/s	0,3	3	43 Tags/s	0,2	2
Max. Lesedistanz*	n.r.	315 cm	0	1	210 cm	0	1	315 cm	0	1
RFID für EU/US	n.r.	Ja	0	3	Ja	0	3	Ja	0	3
WLAN-Modul	n.r.	Ja	0	2	Ja	0	2	Ja	0	2
			0,1	13		0,3	15		0,2	14
Maintenance 20%										
Robustheit		≥ MIL-STD 810F	0,2	1	IP64	0,2	1	IP65, IEC60529	0,2	1
			0,2	1		0,2	1		0,2	1
Preis 30%										
		1300,- €	0,3	1	1900,- €	1,2	4	1650,- €	0,9	3
Gesamtwertung (je weniger desto besser)			3,8	27		6,1	35		3,8	

* Getestet mit Standardsoftware vom Hersteller (Siehe Unterkapitel 4.1.2 Evaluierungskriterien);

n.r. = nicht relevant

 Bewertung 1 (beste) – 5 (sehr schlecht)

 gewichtete Bewertung

Psion Teklogix WAP 3 (inkl. CAEN UHF Module)

Beim Psion Teklogix Workabout Pro 3 handelt es sich um ein mobiles, robustes, industrietaugliches Handheld-Gerät [51]. Die RFID-Funktionalität wird über ein optionales UHF RFID-Modul gewährleistet. Wie die beiden zuvor beschriebenen Handheld-Geräte, ist das Psion WAP 3 EPCglobal-konform und entspricht allen betrachteten Regionen den relevanten spezifischen Rechtsvorschriften. Geladen wird das Gerät über eine Desktop Ladestation, mit der gleichzeitig auch die Verbindung zwischen dem und dem PC über eine USB Schnittstelle ermöglicht wird.



Abbildung 4-7: PSION Teklogix WAP 3.

In der *Tabelle 4-3* werden detaillierte Angaben zum PSION Teklogix WAP 3 angeführt.

4.1.1.4 Printer

Für die Auswahl des RFID-Druckers sind folgende potenzielle Kandidaten mit oben genannten Transpondern getestet worden:

- Sato GL408e
- Intermec PM4i
- Zebra RZ400



Abbildung 4-8: i) Sato GL408e ii); Intermec PM4i; iii) Zebra RZ400. (Quelle: Sato, Intermec, Zebra).

Während des Projektes wurden noch drei weitere am Markt verfügbare Drucker getestet und näher betrachtet. Dies wurde aufgrund von neuen Anforderungen während des Entwicklungsprojektes notwendig:

- Intermec 43t
- Intermec PM43 als Nachfolger von PM4i
- Toshiba B-EX4T1

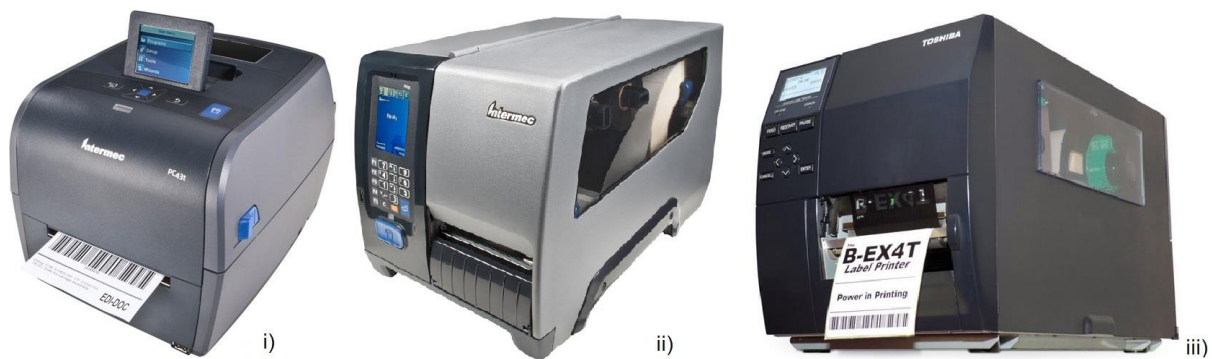


Abbildung 4-9: i) Intermec 43t; ii) Intermec PM43; iii) Toshiba B-EX4T1 (Quelle: Intermec, Toshiba)

Sato GL408e

Der Sato GL408e RFID-Drucker ist ein solid gebauter Desktop-Etikettendrucker, der verwendet wird, um optische Informationen (Text und Barcodes) auf Papier-Etiketten zu drucken, den RFID-Transponder zu initialisieren und RFID-Daten zu schreiben. Das verbaute UHF-RFID-Modul gibt es in zwei Versionen (EU- und US-Version) und entspricht allen relevanten regionalen Rechtsvorschriften (z.B. ETSI, FCC) für RFID-Systeme. Der Drucker kann über Ethernet oder WLAN (optional) vernetzt werden. Zum Programmieren von Labels (optisch als auch elektronisch) wird eine eigene Programmiersprache von Sato verwendet. Weitere Details dieses Gerätes werden in der folgenden *Tabelle 4-4* angezeigt.

Zebra RZ400

Beim Zebra RZ400 handelt es sich auch um ein industrielles Druckgerät mit integriertem UHF RFID Modul, das für mittlere- bis Hohe-Volumen Anwendungen geeignet ist. Der Zebra RZ400 bietet eine Vielzahl an Schnittstellen wie RS-232C Serielle-Schnittstelle, IEEE 124 Parallele-Schnittstelle, USB 2.0 und Ethernet. Für das Programmieren von Labels wird die von Zebra entworfene Programmiersprache ZPL (*engl. Zebra Programming Language*) verwendet.

Der Drucker unterstützt auch XML-fähigen Druck. Genauere Angaben bezüglich der technischen Daten werden in der *Tabelle 4-4* dargestellt.


Intermec PM4i


Der Midrange-Drucker PM4i gehört zur Palette der intelligenten, robusten und sicheren Industriedrucker von Intermec. Die Metallkonstruktion zeichnet das Gerät als zuverlässige Lösung aus. Der Intermec PM4i ist flexibel und bietet umfassende Anbindungsoptionen wie Ethernet, USB sowie serielle- und parallele-Schnittstellen. Die RFID-Option unterstützt den ISO18000-6B 6C/EPC Gen2 Standard. Für die Druckerbefehle wird nicht nur die Intermec Sprache „Fingerprint/Direct Protokoll“ sondern auch IPL, ZSim (ZPL), DSim (DPL) und XML unterstützt. Weitere Details sind *Tabelle 4-4* zu entnehmen.

Tabelle 4-4: Bewertungskriterien RFID-Drucker. Detailsangaben zu SATO GL408e, Zebra RZ400 und Intermec PM4i.

Gewichtung in %		Sato GL408e		Zebra RZ400		Intermec PM4i	
Dimensionen	0%						
Größe (H x B x T)		305 x 271 x 455 mm	0 2	338 x 278 x 475 mm	0 3	261 x 298 x 543 mm	0 2
Gewicht		15 kg	0 4	15 kg	0 4	13,5 kg	0 3
			0 6		0 7		0 5
Handling	40%						
Tags und Farbband einspannen		einfache Handhabung, auch im Drucker dokumentiert	0,4 1	nur im Manual dokumentiert.	1,2 3	einfache Handhabung, auch im Drucker dokumentiert	0,4 1
Ersteinrichtung		nur am Drucker	1,6 4	über Browser, teilweise programmatisch	1,2 3	über Browser, teilweise programmatisch	0,8 2
Automatische Erkennung von Tag-Größe und -Positionierung nach dem Laden neuer Etiketten		für kleine Labels (diese müssen in der FW implementiert sein)	0,8 2	nicht zuverlässig, einige Versuche nötig bis es funktioniert	1,6 4	funktionierte immer	0,4 1
Konfigurierbarkeit via Browser / LAN	n.r.	nur Netzwerkeinstellungen	0 4		0 4	übersichtliche Webseite	0 1
			3,2 12		5,2 17		2 6
Technische Eigenschaften	10%						
Speicher	n.r.	8MB Flash, 32MB DRAM	0 2	8MB Flash, 32MB DRAM	0 2	16MB Flash, 32MB DRAM	0 1
Druckauflösung	n.r.	203 dpi	0 3	203 dpi	0 3	203 dpi	0 3
Druckmedium							
min. / max. Label-Breite	n.r.	22 mm / 128 mm	0 2	25,4 mm / 114,3 mm	0 3	25,4 mm / 114,3 mm	0 3
max. Durchmesser der Etikettenrolle		264 mm	0,2 2	203 mm	0,3 3	213 mm	0,3 3
Etikettenrollenkern	n.r.	38,1 - 76,2 mm	0 2	76 mm	0 3	38 - 76 mm	0 2
Farbband-Breite / Farbband-Länge	n.r.	39,5 - 128 mm / 450 m	0 3	51-110 mm / 300 m, 450 m	0 3	? - 110 mm / ca. 450 m	0 3
Druckgeschwindigkeit		254 mm/s	0,2 2	254 mm/s	0,2 2	100-200 mm/s	0,3 3
Druckqualität		ausreichend	0,2 2	ausreichend	0,2 2	ausreichend	0,2 2
			0,7 28		1 31		1,1 30
Maintenance	20%						
Remote Maintainance		SATO netConnect	0,4 2	teilweise über Web, wenn Zugriff vorhanden	0,6 3	teilweise über Web, wenn Zugriff vorhanden	0,6 3
Konfigurierbarkeit via Browser / LAN		nur teilweise	0,8 4	-- --	0,6 3	übersichtliche Webseite	0,2 1
Robustheit		Metallabdeckung, Kunststoff- Front	0,4 2	Metallabdeckung, Kunststoff- Front	0,4 2	voll Metall	0,2 1
			1,6 8		1,6 6		1 4
Preis	30%						
		1250,- €	0,6 2	1450,- €	1,2 4	1000,- €	0,3 1
Gesamtwertung (je weniger desto besser)			6,1		9		4,4

n.r. = nicht relevant

 Bewertung 1 (beste) – 5 (sehr schlecht)

 gewichtete Bewertung

Intermec PM43

Der Intermec PM43 Drucker ist der Nachfolger des zuvor genannten Intermec PM4i. Als Industriedrucker der dritten Generation von Intermec verfügt der PM43 über einen modernen Farb-Touchscreen, welcher das Konfigurieren des Gerätes vereinfacht. Er verfügt über eine integrierte mehrsprachige Webschnittstelle, die eine einfache Einrichtung, Überwachung und Konfiguration durch Geräte wie Handheld-Computer, Tablets oder Smartphones ermöglicht. Ebenso wie sein Vorgänger verfügt er über eine großzügige Auswahl von Anschlussmöglichkeiten (Ethernet, USB, Wi-Fi, RS-232, etc.).

Intermec 43t

Der Drucker Intermec 43t ist für kleinere Anwendungen gedacht. Bei dem Gerät handelt es um keinen Industrietauglichen Drucker, sondern um kompaktes, platzsparendes Gerät, das sich hervorragend für Umgebungen mit geringem Platzangebot eignet. Als modular gebauter Etiketten-Drucker, lässt er sich mit LAN, RFID, und weiteren Optionen erweitern.

Toshiba B-EX4T1

Der Toshiba B-EX4T1 ist ein innovatives High-end-Produkt, das zu den Premium-Industriedruckern im mittleren Preissegment gehört. Das Gerät wird mittels RFID-Modul B-EX700-RFID-U4 mit RFID Funktionalität ausgestattet. Das RFID-Kit ist für verschiedene Länder und Regionen verfügbar.

Die innovativen neuen Besonderheiten von Toshiba B-EX4T1 sind:

- Gray Area detection (Toshiba Patent) – Lage-Erkennung des RFID-Chips
- Offset printing – Zeitgleiches Drucken (optisch) und Programmieren (elektronisch)
- Speed of light- ermöglicht Performance Steigerung

Die Head-up-Funktion (die Schäden am Chip während/nach Druckvorgang reduziert), die Farbband-Spar-Funktion, das Eco-Backfeed, die individuelle Etikettenpositionierung durch Front/Backfeed zur Antennenausrichtung sind einige Merkmale dieses Gerätes, welche die Produktivität steigern und Betriebskosten optimieren können.

Um eine Konformität mit der TEC Printer Command Language (TPCL) zu ermöglichen, sind die RFID Funktionen zur vorhandenen TPCL Steuersprache hinzugefügt worden.

Kapitel 4: Hardware-Evaluierung

Tabelle 4-5: Bewertungskriterien RFID-Drucker. Detaileingaben für Intermec PM43, Intermec 43t, Toshiba B-EX4T1.

Gewichtung in %		Intermec PM4i	Intermec PM43	Intermec 43t	Toshiba B-EX4T1
Dimensionen	0%				
Größe (H x B x T)		261 x 298 x 543 mm	294 x 284 x 483 mm	167 x 180 x 215 mm	310 x 278 x 460 mm
Gewicht		13,5 kg	15,82 kg	2,7 kg	15 kg
		0 5	0 6	0 2	0 6
Handling	40%				
Tags und Farbband einspannen		einfache Handhabung, auch im Drucker dokumentiert	einfache Handhabung, auch im Drucker dokumentiert	einfache Handhabung, auch im Drucker dokumentiert	einfache Handhabung, auch im Drucker dokumentiert
Ersteinrichtung		über Browser, teilweise programmatisch	über Browser, teilweise programmatisch	über Browser, teilweise programmatisch	teilweise am Drucker und über BEXSetupTool von Toshiba
Automatische Erkennung von Tag-Größe und Positionierung nach dem Laden neuen Etiketten		funktionierte immer	funktionierte nicht immer	problematisch, Autokalibrierung funktioniert nicht	wird im Druckbefehl mitgegeben. Hat mit den benutzten Tags immer funktioniert
Konfigurierbarkeit via Browser / LAN	n.r.	übersichtliche Webseite	übersichtliche Webseite	übersichtliche Webseite	ja über BEXSetupTool
		2 5	2 8	4.0 10	2 5
Technische Eigenschaften	10%				
Speicher	n.r.	16MB Flash, 32MB DRAM	128MB Flash, 128MB SDRAM	128 MB Flash, 128 MB SDRAM	16MB Flash, 32MB SDRAM
Druckauflösung	n.r.	203 dpi	203 dpi	203 dpi	203 dpi
Druckmedium					
min / max. Label-Breite	n.r.	25,4 mm / 114,3 mm	19,05 mm / 114,3 mm	19 mm / 118 mm	? / 120 mm
max. Durchmesser der Etikettenrolle		213 mm	212,75 mm	127 mm	200 mm
Etikettenrollenkern	n.r.	38 - 76 mm	38 - 76 mm	25,4 - 38,1 mm	?
Farbband-Breite / Farbband-Länge		? - 110 mm / ca.450 m	39,5 - 128 mm / 450 m	26 - 110 mm / ?	39,5 - 128 mm / 600 m
Druckgeschwindigkeit		100 - 200 mm/s	100 - 300 mm/s	bis zu 203,2 mm/s	355 mm/s
Druckqualität		ausreichend	ausreichend	ausreichend	ausreichend
		1 20	1 18	2 24	1 16
Maintenance	20%				
Remote Maintainance		teilweise über Web, wenn Zugriff vorhanden	teilweise über Web, wenn Zugriff vorhanden	teilweise über Web, wenn Zugriff vorhanden	über SNMP Tool
Konfigurierbarkeit via Browser / LAN		übersichtliche Webseite	übersichtliche Webseite	übersichtliche Webseite	über EBXSetupool
Robustheit		voll Metall	Metallabdeckung, Kunststoff- Front	Kunststoff	Metallabdeckung, Kunststoff-Front
		1 4	1 6	2 8	1 4
Preis	30%	1000,- €	950,- €	500,- €	1300,- €
Gesamtwertung (je weniger desto besser)		4	5	8	5

* Getestet mit Standardsoftware vom Hersteller (Siehe Unterkapitel 4.1.2 Methoden);

n.r. nicht relevant

Bewertung 1 (beste) – 5 (sehr schlecht)

gewichtete Bewertung

4.1.2 Evaluierungskriterien

Für die Auswahl der Hardware wurden vier Hauptkriterien (technische Features, Handhabung, Maintenance/Wartung, Preis) mit detaillierten Unterkriterien definiert und jedes betrachtete Gerät nach einer Notenskala 1 (beste) bis 5 (schlechteste) bewertet.

Mit den ausgewählten Transpondern wurden sowohl Lesetests für Handheld- und stationären Reader als auch Drucktests mit den RFID-Druckern durchgeführt.

Bei den Readern (Handheld und fix-montierte) wurde der Evaluierungsschwerpunkt hauptsächlich an deren Leserate/Lesegeschwindigkeit bzw. Lesereichweite gelegt. Für die Drucker wurde primär die Handhabung, die Druckgeschwindigkeit, sowie die Zuverlässigkeit des Druckvorganges bewertet. Getestet wurde auch, ob der Drucker beim Schreiben von verschiedenen Speicherbereichen (EPC und User-Data) des Transponders scheitert.

4.1.2.1 Handheld und stationäre Lesegeräte

Alle drei ausgewählten Reader verfügen über LAN-Schnittstelle und unterstützen das DHCP-Protokoll. Über die Web-Oberfläche lassen sich die Reader unter anderem konfigurieren und ein Firmware Update durchführen.

Für den Test von Lesereichweite bzw. Leserate (Lesegeschwindigkeit) der Lesegeräte wurden 16 RFID-Papieretiketten vor der Antenne des Lesegerätes platziert. Zum Lesen von RFID-Tags wurden die vorinstallierten Demo-Programme benutzt. Hier wird nur die ID der Etiketten gelesen. Am Lesegerät wird die höchste einstellbare Leistung verwendet, und das Gerät (sofern vorhanden) auf den kontinuierlichen Lese-Modus eingestellt.

Beim Testen der Handheld-Reader, wurde der Handheld während der Lese-Operation nicht bewegt.

Um die Leserate zu messen, wurden die 16 RFID-Tags in einer Distanz von ca. 30 cm vor dem Lesegerät platziert, und der Reader für genau 30 Sekunden im kontinuierlichen Lese-Modus gestartet. Es wurde die Leseanzahl für jeden Tag aufsummiert, um die Gesamtanzahl der gelesenen Transponder zu ermitteln. Die Gesamtanzahl der gelesenen Tags wurde dann durch 30 geteilt, womit die Leserate des Lesegerätes pro Sekunde ermittelt wurde. Ein zweiter Test wurde mit 35 Tags durchgeführt, um zu herausfinden, ob die Lesegeschwindigkeit mit zunehmender Menge an Transpondern sinkt. Jeder Test wurde zweimal wiederholt.

4.1.2.2 Drucker

Da jeder Druckerhersteller eine eigene Programmiersprache für die Druckbefehle hat, muss für jeden Drucker eines spezifischen Herstellers ein eigenes Testprogramm ausprogrammiert werden. In der Regel benötigt man einige Versuche bis das Label-Layout korrekt gedruckt wird.

Der Druckbefehl umfasst sowohl das Drucklayout des Labels als auch die Befehle für das Schreiben von Daten auf den RFID-Chip (EPC Speicherbereich und User-Data Speicherbereich).

4.2 Auswertungen, Ergebnisse und Auswahl

Für die Geräteauswahl wurden vier Hauptkriterien definiert und mit einem Wert in Prozent (%) gewichtet, wie es bereits in den Tabellen mit den Detailangaben der Geräte zu sehen:

- Handhabung (Handling) (40 %)
- Technische Eigenschaften (10 %)
- Maintenance (20 %)
- sowie der Preis (30%)

Die Geräte wurden entsprechend der Testergebnisse von RFID-Experten der Firma ATOS mit einer Punkteskala von 1 bis 5 bewertet, wobei 1 für „sehr gut“ und 5 für „sehr schlecht“ steht. Anschließend wurden diese Wertungen gewichtet, um die endgültigen Bewertungen zu erhalten, die in *Tabelle 4-2* bis *Tabelle 4-5* zu sehen sind.

4.2.1 Stationäre Lesegeräte

Leseabstand: Beim Testen des Leseabstandes hat sich gezeigt, dass der Motorola FX7400 deutlich besser als die anderen zwei getesteten Lesegeräte ist. In der folgenden Tabelle werden die Ergebnisse eines durchgeführten Lese-Tests gezeigt.

Tabelle 4-6: Lesetests mit den stationären UHF-Lesegeräten.

	Reader Motorola FX7400	Reader Siemens RF 670	Reader Intermec IF2
Antenne	Symbol (Motorola) AN480	Siemens Simatic RF660A	Intermec IA39C
Antennengröße	259 x 259 x 50 mm	313 x 313 x 80 mm	261 x 154 x 48 mm
Abstand (cm)	# gelesene Transponder (x von 16)	# gelesene Transponder (x von 16)	# gelesene Transponder (x von 16)
10			
30	16	14	16
50	16	14	16
70	16	13	16
90	15	16	16
110	15	16	16
130	15	16	15
150	14	16	12
170	13	14	12
190	12	11	8
210	13	9	8
230	11	9	5
250	11	8	5
270	10	7	3
290	7	5	1
310	2	1	0
330	3	0	
350	3		
370	6		
390	6		
410	3		
430	2		
450	2		
470	1		
490	0		
500			
maximaler Leseabstand	485 cm	320 cm	290 cm

Die Ergebnisse der obigen Tabelle werden im Folgenden auch graphisch in *Abbildung 4-10* dargestellt.

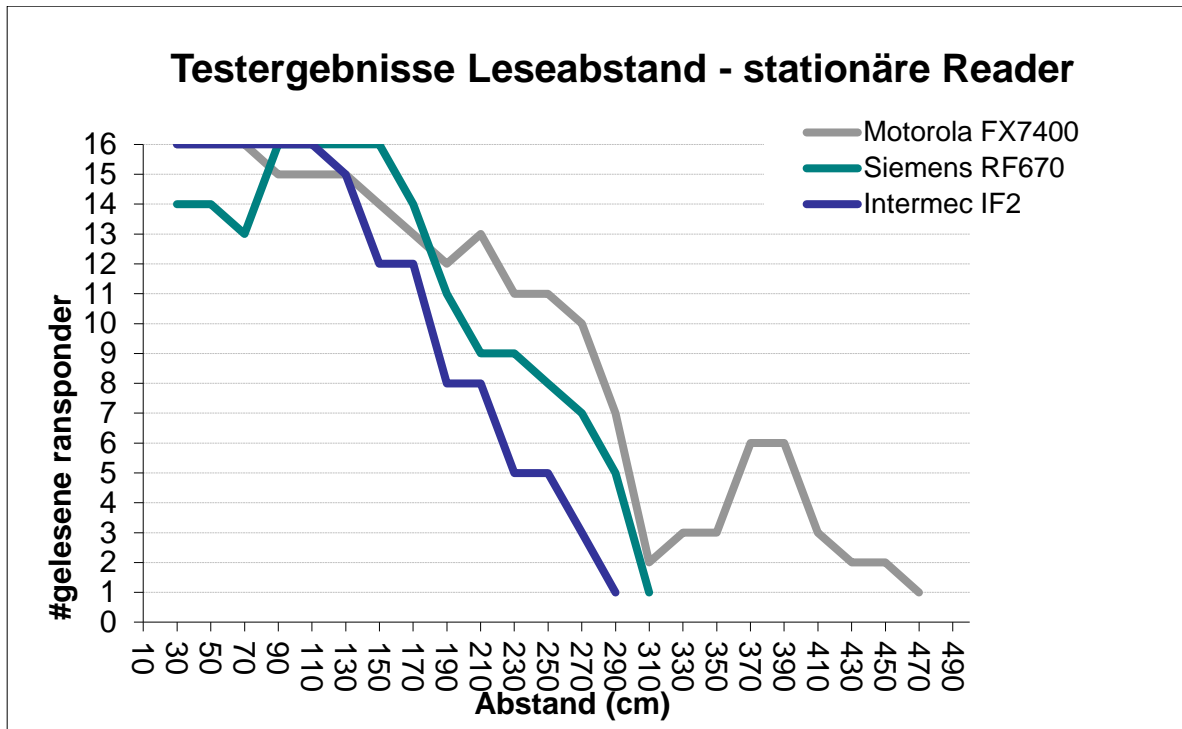


Abbildung 4-10: Testergebnisse der Leseabstandsmessung mit stationären Lesegeräten.

Leserate (Lesegeschwindigkeit): Die Lesegeschwindigkeit – d.h. die Anzahl der gelesenen Transponder innerhalb einer Sekunde der RFID-Reader - war zu messen. Hier hatte Intermec IF2 einen großen Vorsprung gegenüber dem Motorola- und dem Siemens-Reader.

Tabelle 4-7: Lesetests mit den stationären UHF-Lesegeräten.

	Reader Motorola FX7400	Reader Siemens RF 670	Reader Intermec IF2
# Transponder	Leseanzahl in 30s	Leseanzahl in 30s	Leseanzahl in 30s
16	4618	1850	12901
16	4595	1807	14426
Durchschnitt pro 30s	4606,5	1828,5	13663,5
durchschnittliche Leserate/s	153,5	60,9	455,5
35	5384	1758	1496
35	5392	1745	1533
Durchschnitt pro 30s	5388,0	1751,5	1514,5
durchschnittliche Leserate/s	179,6	58,4	50,5

Die Daten der obigen Tabelle werden im Folgenden auch graphisch dargestellt (Abbildung 4-11).

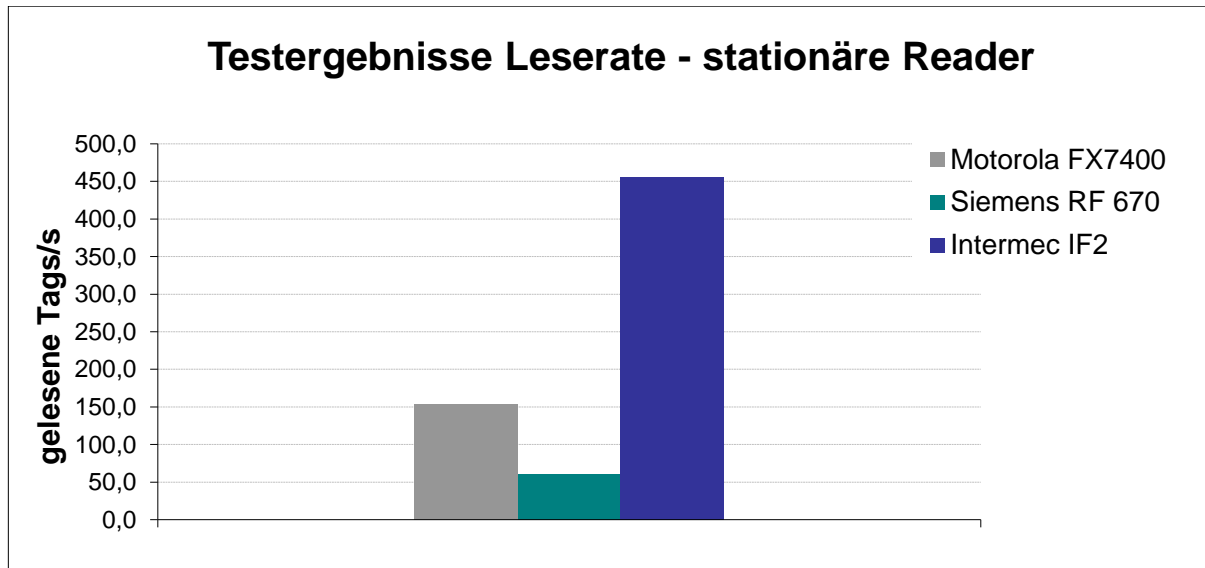


Abbildung 4-11: Testergebnisse der Leseratenmessung mit stationären Lesegeräten.

Die endgültige Bewertung für die stationären RFID-Lesegeräte ist in der *Tabelle 4-8* dargestellt. Die Daten aus *Tabelle 4-2* wurden hier zusammengefasst und in einer überschaubaren Form dargestellt.

Tabelle 4-8: Entscheidung zwischen Motorola, Siemens und Intermec UHF-Reader.

		Tech.	Handling	Maintenance	Preis	Summe
<i>Wert</i>		<i>1</i>	<i>4</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	
Siemens RF 670R	Punkte	17	3	1	wurde technisch beurteilt, jedoch wegen fehlender Unterstützung ausgeschieden	21
	Bewertete Punkte	0,3	1,2	0,2		2,9
						Nr. 3
Intermec IF 2A	Punkte	13	4	3	€ 1.200,00 3	23
	Bewertete Punkte	0,1	1,6	0,6	0,9	3,2
						Nr. 2
Motorola FX7400	Punkte	11	2	3	€ 880,00 1	17
	Bewertete Punkte	0,1	0,8	0,6	0,3	1,8
						Nr. 1

Die Entscheidung zwischen Motorola, Intermec, und Siemens ist wie folgt getroffen worden. Siemens RF 670R wurde zwar technisch beurteilt, jedoch wegen fehlendem weltweitem

Support ausgeschieden. Die Entscheidung zwischen Intermec und Motorola war ziemlich knapp, da die beiden Reader in unterschiedlichen Bereichen sehr unterschiedliche Performance gezeigt haben (z.B. war der Motorola beim Leseabstand deutlich besser als der Intermec Reader, aber bei der Lesegeschwindigkeit war das Gegenteil der Fall). Entscheidend war schlussendlich der Preis des Reader-Sets (d.h. Reader und Antenne).

Die finale Produktentscheidung erfolgte für den Motorola FX7400.

4.2.2 Handheld Reader

Während des Lesetests wurde der Handheld nicht bewegt, sondern in einer fixen Position gehalten.

Leseabstand: Hier schnitt das Gerät von Motorola besser ab als die anderen zwei Handheld-Reader (Tabelle 4-9).

Tabelle 4-9: Die Berechnung der Lesegeschwindigkeit für die Handheld Reader.

	Motorola MC3190-Z	Psion WAP 3	Intermec CN3 + IP30
Abstand (cm)	# gelesene Transponder (x von 16)	# gelesene Transponder (x von 16)	# gelesene Transponder (x von 16)
10	16	16	16
30	16	16	14
50	16	16	12
70	13	14	10
90	11	9	7
110	10	9	5
130	11	7	3
150	7	8	2
170	7	8	2
190	8	7	2
210	7	6	1
230	5	5	0
250	5	6	
270	3	3	
290	3	2	
310	3	2	
330	0	0	
350			
maximaler Leseabstand	485 cm	320 cm	290 cm

Die Ergebnisse der obigen Tabelle werden im Folgenden auch noch graphisch dargestellt.

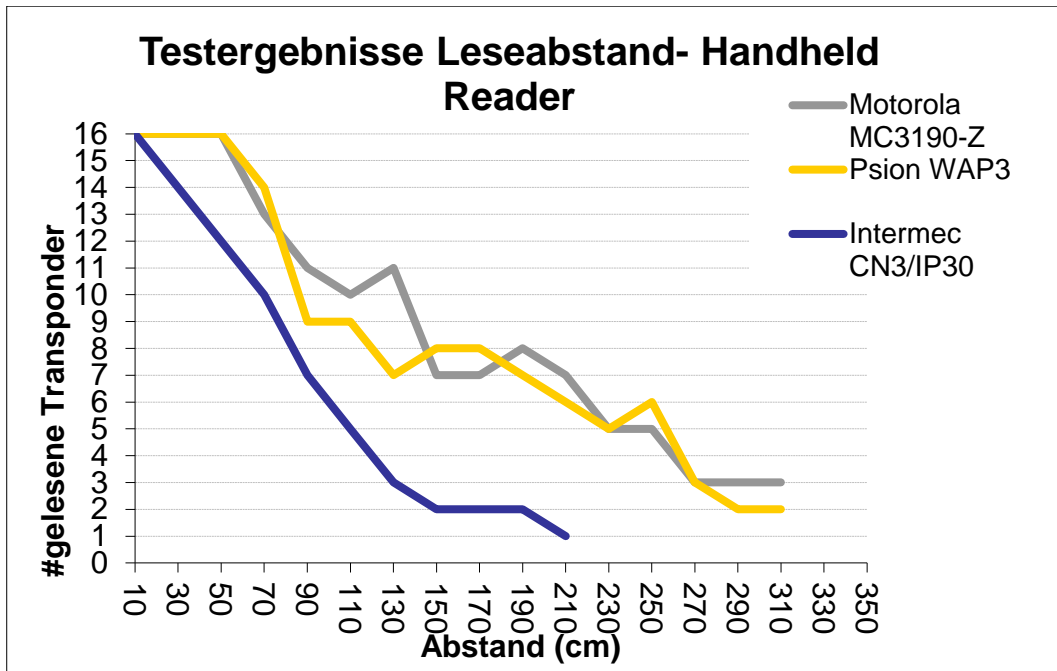


Abbildung 4-12: Testergebnisse der Leseabstandsmessung mit Handheld-Readern.

Leserate/Lesegeschwindigkeit: Die durchschnittliche Leserate wird genauso wie jener für die stationären Reader berechnet (Tabelle 4-10).

Tabelle 4-10: Die Berechnung der Lesegeschwindigkeit für die Handheld Reader.

	Psion WAP 3, incl. CAEN Reader	Intermec CN3 + IP30 Reader	Motorola MC3190-Z
# Transponder	Leseanzahl in 30s	Leseanzahl in 30s	Leseanzahl in 30s
16	1317	550	1774
16	1260	600	1844
Durchschnitt pro 30s	1288,5	575	1809
durchschnittliche Leserate/s	43,0	19,2	60,3

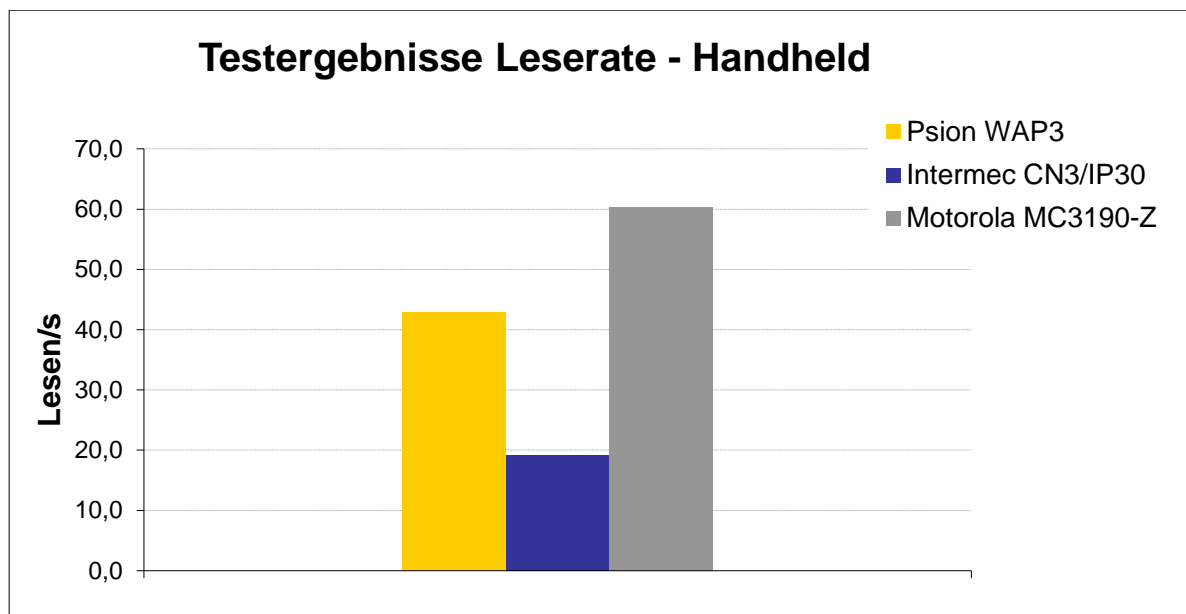


Abbildung 4-13: Testergebnisse der Leseratenmessung mit Handheld Readern.

Wie in der *Tabelle 4-10* bzw. der *Abbildung 4-13* zu erkennen ist, hat das Motorola-Gerät eine bessere Leseleistung als die beiden anderen Handhelds. Daher war die Entscheidung zwischen Motorola und PSION zu treffen. Entscheidend war beim Motorola - neben dem Preis - der Pistolengriff, welcher die tägliche Arbeit erleichtert. Die Entscheidung zwischen den beiden Handhelds war ganz knapp, aber schlussendlich doch eindeutig für Motorola.

Tabelle 4-11: Entscheidung zwischen Psion, Intermec und Motorola Handhelds.

		Tech.	Handling	Maintenance	Preis	Summe
<i>Wert</i>		<i>1</i>	<i>4</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	
Psion Teklogix WAP 3	Punkte	14	9	1	1650,-	
	gewertete Punkte	0,2	3,6	0,2	3	4,9
Intermec CN3 + IP30 RFID- Griff	Punkte	15	11	1	1900,-	
	gewertete Punkte	0,3	4,4	0,2	4	6,1
Motorola MC3190-Z	Punkte	13	8	1	1300	
	gewertete Punkte	0,1	3,2	0,2	1	3,8

4.2.3 Drucker

Sato GL408e: Dieser Drucker hat von Anfang an einen guten Eindruck gemacht. Einspannen von Farbband und Labels ist problemlos. Die Ersteinrichtung ist nur am Drucker möglich. Bevor man einen bestimmten Label-Typ bedrucken kann, muss dieser in der Firmware konfiguriert werden. Der Sato GL408e entspricht auch den geforderten Performance-Anforderungen, er schafft es in weniger als drei Sekunden ein RFID-Label mit Text und Daten zu drucken. Dieser Drucker wurde final als RLIMS Standard-Drucker ausgewählt und wird als Teil des RLIMS-Kits verwendet.

Zebra RZ400: Mit dem Zebra RZ400 sind wir im Zuge der Evaluierung kaum zum Drucken gekommen, schon das Einrichten des Druckkopfes birgt Schwierigkeiten. Die Konfiguration des Druckers erfolgt direkt am Drucker. Die automatische Erkennung der Etiketten-Größe und die Positionierung nach erneutem Laden von Tags brauchten jeweils einige Versuche bis sie einigermaßen funktionierten. Oftmals meldete der Drucker einen „Out of Paper“ Error, obwohl Transponder vorhanden waren, daher hinterließ dieses Gerät einen unzuverlässigen Eindruck. Schlussendlich wurde der Drucker einstimmig von allen Kollegen des Teams aus dem Test ausgeschlossen.

Intermec PM4i: Der PM4i war ein viel versprechender Kandidat. Durch vorherige Erfahrungen mit dem Drucker (allerdings mit anderen Transpondern) wurden gute Ergebnisse erwartet. Das Gerät ist von Werk aus für die final ausgewählten Tags nicht geeignet, da deren RFID-Antenne so positioniert ist, dass die im PM4i verbaute Antenne diese nicht erreicht - die Tags konnten beim Druckvorgang nicht gelesen/geschrieben werden. Trotzdem wurde von den Atos RFID Consultants mechanisch in den Drucker eingegriffen und die Antenne an eine Position gebracht an der das Schreiben der gewählten Transponder doch möglich war. Nach Rücksprache mit Intermec wurde uns versichert, dass ein neues Model (PM43, der direkte Nachfolger dieses Gerätes) sehr bald auf den Markt kommen wird und dieser auch unsere Transponder bedrucken können sollte. Deshalb wurde das Gerät schlussendlich aus dem Test ausgeschieden.

Intermec PM43: Hier konnte man dieselben Druckkommandos wie bei der Implementierung des PM4i-Druckertreibers verwenden. Der PM43 hat allerdings die Kundenanforderung, dass der Druckvorgang für ein einzelnes Tag nicht länger als 3 Sekunden dauern soll nicht erfüllt. Somit wurde auch der PM43 ausgeschieden.

Intermec 43t: Dieses Vorserien-Gerät war nach der Hardware-Evaluierungsphase auf den Markt gekommen, und wurde parallel zur Software-Entwicklung getestet. Darüber hinaus ist dieser Drucker kein Industriedrucker, sondern ein Consumer-Gerät mit Gehäuse aus Plastik. Daher wurde entschieden, diesen Intermec Drucker nicht für die V1.0 von RLIMS heranzuziehen. Der Drucker ist aber ein Kandidat für die Version 2.0, weil damit auch kleinere Diagnosezentren ausgerüstet werden könnten.

Während der Arbeit mit dem Intermec 43t sind viele Probleme aufgetreten. Das Gerät scheint noch nicht serienreif und wirkt sehr fehlerhaft. Unter anderem sind folgende Probleme aufgetaucht:

- das Schreiben von vollen 512bit User-Data schlägt fehl. Es können nur bis 126 Bit, 16 Byte geschrieben.
- Fehlerbehandlung: aus manchen Fehlerzuständen kann das Gerät nur mehr durch einen Neustart in den Normalbetrieb zurückgeführt werden. Dies ist unakzeptabel, und konnte von Intermec auch nicht gelöst werden.

Ein großes Manko ist auch die Unterstützung seitens Intermec, dort ist man anscheinend nicht zur Kooperation bzw. zu kurzfristigen Problemlösungen bereit. Es hat zum Teil wochenlang gedauert bis man Antworten bekam.

Toshiba B-EX4T1: Der Toshiba hat beim Test sehr gute Leistungen gezeigt. Das Ersteinrichten des Gerätes sowie das Drucken von Labels erfolgt ohne große Schwierigkeiten. Fragen wurden sehr rasch beantwortet und es wurde hilfreiche Unterstützung geboten. Schlussendlich wurde der Drucker bzw. der Druckertreiber in RLIMS integriert und mitgeliefert. Er ist dadurch jederzeit einsatzbereit und wird auch als zweiter Standard-Drucker für RLIMS angeboten.

Tabelle 4-12: Entscheidungsmatrix für RFID-Drucker.

		Tech.	Handling	Maintenance	Preis	Summe
Wert(%)		10	40	20	30	
Intermec PM4i	Punkte	30	6	4	für die ausgewählten Tags nicht Geeignet	40
	gewertete Punkte	1,1	2	1		4,4
Zebra RZ400	Punkte	31	17	8	€ 1450,-	60
	gewertete Punkte	1	5,2	1,6	4 1,2	9
Intermec PM43	Punkte	27	7	6	€950,-	41
	gewertete Punkte	1,0	2,8	1,2	1 0,3	5,1
Intermec 43t	Punkte	29	11	8	€ 500,-	49
	gewertete Punkte	2,0	4,0	1,6	1 0,3	7,9
Toshiba B-EX4T1	Punkte	20	5	4	€1300,-	32
	gewertete Punkte	0,9	2,0	0,8	3 0,9	4,6 Nr.2
Sato GL408e	Punkte	28	12	8	€ 1250,-	50
	gewertete Punkte	0,4	3,2	1,6	2 0,6	5,8 Nr. 1

4.3 Machbarkeitsstudie über die Nutzung der UHF RFID-Tags auf Flüssigkeiten

Im Anwendungsfall von SD geht es um Reagenzien und damit meist um Flüssigkeiten. Die Absicht der Machbarkeitsstudie war es, dem Kunden ein allgemeines Verständnis davon zu geben, was mit UHF RFID-Technologie möglich ist, aber auch die Grenzen bezüglich der Kennzeichnung von Flüssigkeiten zu zeigen.

4.3.1 Definition der Testabläufe

Die Tests wurden mit den für das Produkt ausgewählten Transpondern durchgeführt (siehe Abschnitt 4.1.1.1 Transponder). Zum Lesen wurden zwei der getesteten Handhelds (ein PSION

Teklogix WAP mit CAEN UHF-Reader-Modul und ein Motorola MC 3190-Z RFID-Handheld) verwendet.

Alle Tests wurden ebenso wie bei der Hardware-Evaluierung mit der vom Handheld-Hersteller ausgelieferten RFID-Demo-Software („RFID CAEN Demo Version 2.04“ und „Motorola CS_RFID3Sample6“) und der maximalen RFID-Leistung von 500 mW durchgeführt. Die Tests erfolgten mit verschiedenen Behältern und Flaschen. Die Flüssigkeit war in allen Testfällen Wasser.

4.3.2 Testergebnisse

Test 1: Zwei Schachteln wurden mit 40 Stück Ampullen, eine Schachtel mit 10 Stück Ampullen mit 5 ml befüllt. Die Platzierung der Etiketten ist in *Abbildung 4-14* zu sehen.

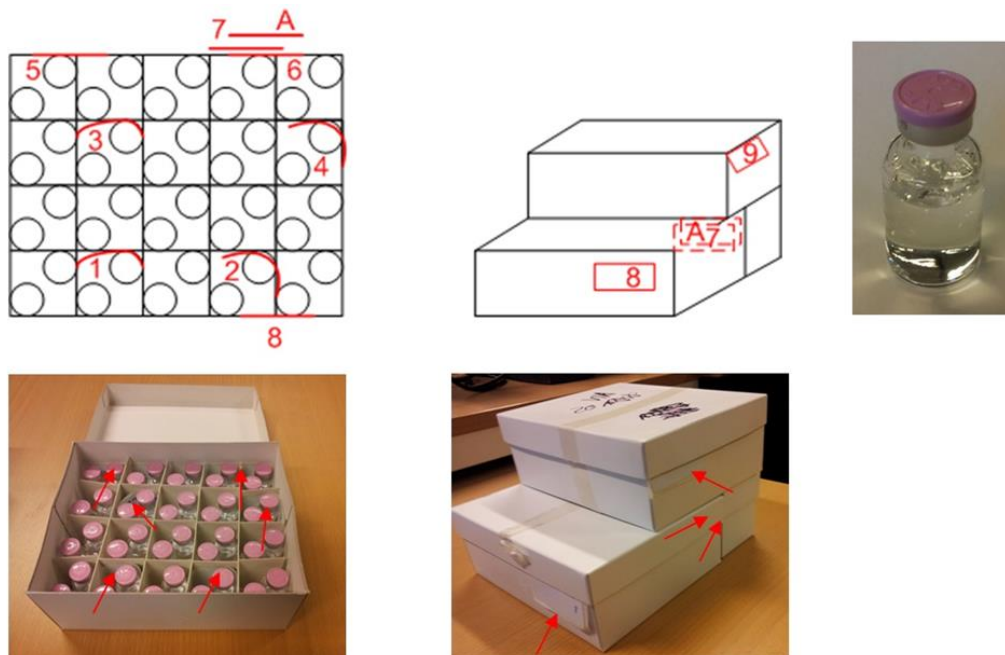


Abbildung 4-14: Platzierung von Tags und Ampullen.

Ergebnis: Lesen aus einer Entfernung von 20 cm, ohne den Handheld zu bewegen führt zu einer unvollständigen Erfassung der Etiketten in der Schachtel, die um die Ampullen positioniert sind (Label 1, 2, 3 und 4). Alle Etiketten, die sich an der Oberfläche der Schachtel befanden, konnten gelesen werden. Wenn der Handheld in ca. 20 cm Abstand bewegt wurde, führte dies zu einer signifikant besseren Leserate. Sogar die Etiketten in der Schachtel und Etiketten 6, 7 und A, die sehr nahe beieinander lagen und sich fast komplett überlappten, konnten gelesen werden.

Betrachtet man nur die Tags außerhalb der Schachtel (was auch dem realen Anwendungsfall entspricht) und vergrößert man die Lese-Distanz, so zeigt sich, dass mit dem Motorola Handheld ein Leseabstand von etwa einem Meter und mit dem Gerät von Psion ca. 80 cm erreicht werden. Die ersten Labels, die nicht mehr gelesen werden konnten, sind die Etikette 9 (wegen Ihrer falschen Ausrichtung im Antennenfeld) und die überlappenden Etiketten 7 und A.

Test 2: 12 Stück 0,5 l -Flaschen vollständig mit Wasser gefüllt, stehen fast ohne Abstand in einem 4x3- Raster. Die Etiketten wurden in der Mitte der Flaschen angebracht. Die detaillierte Platzierung ist der *Abbildung 4-15* zu entnehmen.

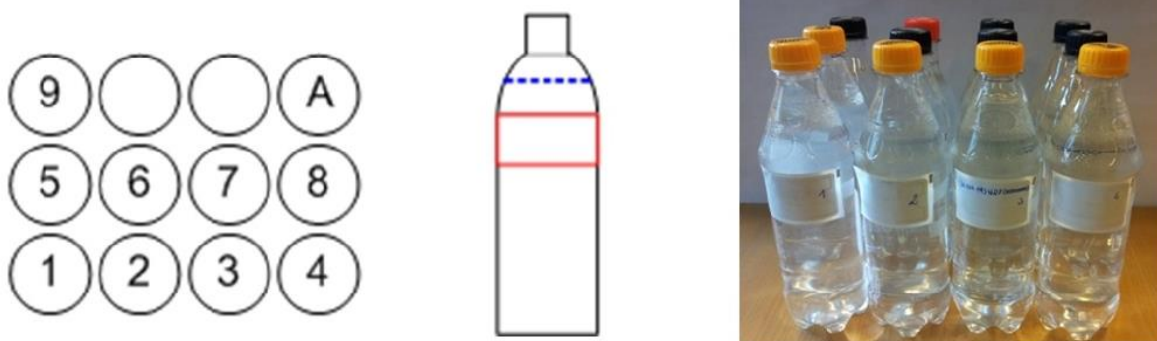


Abbildung 4-15: Platzierung der Tags - Flaschen vollständig gefüllt.

Ergebnis: Wie erwartet, wird das UHF-Signal fast völlig vom Wasser absorbiert, was zu sehr schlechten Leseergebnissen nicht nur hinsichtlich der Anzahl der gelesenen Etiketten, sondern auch hinsichtlich des erreichbaren Leseabstandes führte. Unabhängig vom gewählten Handheld und nur in einem Abstand von wenigen Zentimetern konnten die Etiketten der Flaschen in der ersten Reihe (1, 2, 3, 4) und teilweise Etikette 5 gelesen werden. Selbst wenn man den Abstand zwischen den Flaschen erhöht, haben sich die Leseergebnisse nicht verbessert.

Test 3: 12 Stück 0,5 l Flaschen zum Teil mit Wasser gefüllt, fast ohne Abstand platziert in einem engen Raster 4 x 3. Die Etiketten wurden auf die Mitte der Flaschen über der Wasserlinie angebracht. Für detaillierte Platzierung siehe *Abbildung 4-16*.

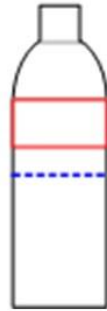
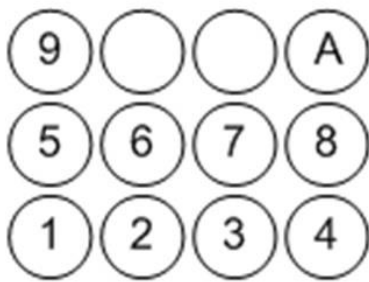


Abbildung 4-16: Platzierung der Tags - teilweise gefüllten Flaschen.

Ergebnis: Nach der Verringerung der Flüssigkeitsmenge bis unterhalb der Etiketten wurden alle Label ohne Probleme gelesen, unabhängig davon, ob sie fest oder lose zueinander angeordnet wurden. Der Leseabstand ist mit dem Motorola-Reader etwa einen Meter und mit Psion leicht darunter.

Um den Einfluss einer metallischen Umgebung auf das Leseergebnis zu beurteilen, sind Test 2 und Test 3 auch auf einer Metalloberfläche (einem Flip-Chart) wiederholt worden. Aufgrund fehlendem Metall oberhalb der Transponder (wie z.B. in Metallregalen) gab es keine Reflexionen und damit keine Veränderung der Leseergebnisse.

5 Software Anforderungsanalyse mit SCRUM

5.1 Software-Prozessmodell

Unterschiedliche Softwareentwicklungsprozesse sollen alle im Prinzip die folgenden vier Aktivitäten, die grundlegend für Software Engineering sind, enthalten:

1. Software-Spezifikation
2. Design und Implementierung
3. Software-Validierung
4. Software-Evolution

In Projekten, für die neue Technologien eingeführt werden (wie z.B. in unserem RFID-Projekt), wird als Nachweis der Konzeptbestätigung oftmals noch eine Pilotphase zwischen der ersten und der zweiten Phase eingeführt. Hier werden die wichtigsten Anforderungen grob implementiert, und in einem Labor oder im zukünftigen Einsatzort erprobt.

5.1.1 Der agileGDP - Scrum Prozess

Der Softwareentwicklungsprozess beim RLIMS folgt einem agilen SCRUM basierten Prozessmodell, der intern „agileGDP“ genannt wird. Die Grundprinzipien für SCRUM und andere agile Prozesse wurden als „Agiles Manifest“ [52] definiert. Dieses wurde von 20 namhaften Software-Entwicklern, unter anderem auch den Scrum-Begründer Jeff Sutherland und Ken Schwaber, formuliert.

Scrum ist ein flexibles, agiles Framework für Softwareprojekte, das nicht nur von Entwicklern oder Projektmanagern, sondern auch von den Stakeholdern gelebt werden sollte [53].

Die Scrum Praktiken selbst werden in spezifischen Rollen, Aktivitäten, Artefakten und ihren zugehörige Regeln verkörpert [54].

Man beginnt mit der Erstellung des Produkt-Backlogs – eine priorisierte List aller Eigenschaften und gewünschten Features - die gemeinsam mit dem Kunden gesammelt und priorisiert werden [54].

Die eigentliche Arbeit in „agileGDP“ bzw. in SCRUM wird in einer Reihe von aufeinanderfolgenden Iterationen, den sogenannten Sprints, durchgeführt. Sprints dauern in der

Regel zwischen zwei und vier Wochen. Typischerweise ist die Menge der Arbeit im Produkt-Backlog viel größer, als die Arbeit, die vom Team in einer kurzen Iteration abgeschlossen werden kann. So werden die machbaren Features mit höherer Priorität aus dem priorisierten Produkt-Backlog vor einem Sprint ausgewählt und in das Sprint-Backlog übernommen. Das Team soll nur so viele Features für den nächsten Sprint einplanen als es in der Zeit auch tatsächlich umsetzen kann. Am Ende jeder Iteration wird der gesamte Prozess erneut mit der Planung der nächsten Iteration begonnen [54].

An jedem Tag des Sprints sollten alle Teammitglieder, einschließlich ScrumMaster und Product Owner, bei der täglichen kurzen Besprechung – dem sogenannten „Daily Scrum“ – anwesend sein. Für das Daily Scrum sind etwa 15-30 Minuten vorgesehen. Dieses Treffen dient dazu, um den Status der Entwicklung zu erheben und die Effizienz zu steigern. Während des „Daily Scrum“ werden die folgenden drei Fragen von allen Teilnehmer beantwortet [55]:

- *Was wurde seit dem letzten Daily-Scrum erledigt?*
Damit wird der aktuelle Status des Projektes für das ganze Team offen gelegt.
- *Sind während der Entwicklung Hindernisse aufgetreten, falls ja, welche?*
Damit ist es möglich, aufgetretene Probleme schnell bekannt zu machen, zu analysieren und eine passende Lösung zu finden.
- *Was ist das Ziel bis zum nächsten Daily-Scrum?*
Dadurch wird der Fortschritt jedes Teammitglieds in Richtung Zielsetzung kommuniziert und das Projekt effizient vorangetrieben.

Am Ende eines Sprints führt das Team einen Sprint Review durch, während dessen die neu implementierte Funktionalität dem Produkt Owner oder einem anderem Stakeholder gezeigt wird. Damit braucht man zu jedem Sprintende ein „potentiell auslieferbares Produkt“.

Eine weitere Aktivität des Scrum-Projekt-Managements ist die Sprint-Retrospektive am Ende jedes Sprints. Das ganze Team beteiligt sich an dieser Sitzung, einschließlich des Scrum Masters und des Produkt Owners. Dieses Treffen ist eine Gelegenheit, auf den Sprint zurück zu blicken und mögliche Verbesserungen einzubringen.

In SCRUM gibt es typische Rollen welche in anderen Prozessmodellen nicht zu finden sind: Scrum Master und Product Owner (PO).

Die Aufgabe des Scrum Masters ist es, die Führung des Teams zu übernehmen. Dabei soll er aber nicht als Autoritätsperson gegenüber den Teammitgliedern agieren (wie der klassische Projektmanager), sondern die Autorität gegenüber dem SCRUM Prozess ausüben.

Der Scrum Master ist dafür verantwortlich, dass das Team seine Ziele so effizient wie möglich erreicht. Der Product Owner (PO) ist dafür verantwortlich, dass das richtige Ziel erreicht wird. Zu den Aufgaben des PO zählt unter anderem das Priorisieren und Warten des Produkt-Backlogs.

Die Rolle des Programmierers ändert sich (im Vergleich zu anderen Entwicklungsmethoden) drastisch. Es wird dem Programmierer nicht länger gesagt, was er genau zu tun hat – stattdessen muss er Eigeninitiative zeigen und kann sich zum Erreichen des Projektziels einbringen.

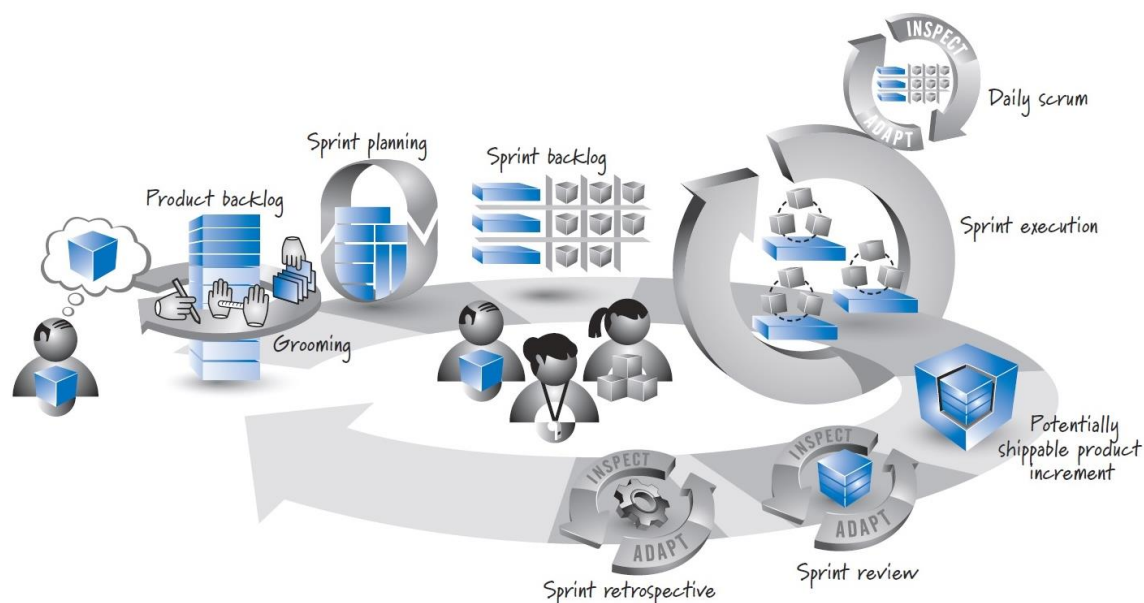


Abbildung 5-1: SCRUM Framework [54].

5.2 Anforderungsanalyse

Die Business-Anforderungen aus dem dritten Kapitel „Business Case für RFID“ wurden mit dem Kunden weiter detailliert. Auf Basis der Analyse des derzeitigen Bestellvorganges und des Inventarisierungs-Prozesses wurden die Funktionen (bzw. die Anforderungen) festgelegt.

Wie im SCRUM üblich, wurden die Anforderungen des Kunden als User Stories beschrieben. Die Produkt-Funktionalität (spezifiziert als User-Stories), stellte das Produkt-Backlog dar.

Eine User Story wird in kurzer Textform dargestellt. Als Vorlage für die User-Stories wird folgende Struktur empfohlen:

Als <Benutzer-Rolle> von <Produkt> möchte ich in der Lage sein <Funktion>.

Auf eine Beschreibung von User-Stories nach der empfohlenen Vorlage wird an dieser Stelle verzichtet, obwohl dies ein Bestandteil der Anforderungsanalyse ist und diese natürlich während des ganzen RLIMS Projektes durchgezogen wurde. Es wird versucht nur diejenige Anforderungen zu erläutern, die spezifisch für die Inventarisierung sind. Requirements wie CRUD (*engl. Create-Read-Update-Delete*) von Benutzern, oder Laboratorien werden nicht bearbeitet, da diese als triviale Szenarien vorausgesetzt werden.

In *Tabelle 5-1* sind nun die Kategorien der Kernanforderungen für das RLIMS gelistet. Eine genaue, formlose, textuelle Beschreibung folgt in den nächsten Abschnitten.

Tabelle 5-1: Die Hauptanforderungen an das RLIMS

Nr.	Anforderungen
1	Inventarisierung
	1.1 Einchecken von Waren
	1.2 Auschecken von Waren
2	Bestellungen
3	Reporting
4	Authentifizierung und Autorisierung
5	Performance
6	Skalierbarkeit

5.2.1 Funktionale Anforderungen

5.2.1.1 Inventarisierung

Inventarisierung ist die Erfassung aller in Laboratorien und Krankenhäuser vorhandenen Waren.

Folgende Funktionalität muss vorhanden sein:

- **[F Req. 1.1]** RFID-Etikettierung auf allen Produkten: Jedes zu inventarisierende Produkt (Kasten, Flasche etc.) muss mit einem RFID-Label etikettiert und durch eine eindeutige ID (SGTIN) identifiziert werden können. Das wird vor Ort beim Kunden (Versandstation oder im Labor) gemacht.

- **[F Req. 1.2]** Bestandsprüfung und Korrektur: Das System muss in der Lage sein, den Bestand aller Produkten auf Anfrage zu überprüfen. Dies kann in folgender Weise geschehen:
 - o Die Produkte manuell zählen und die Bestandszahl über das Graphical User Interface (GUI) im System anzeigen oder
 - o Alle RFID-Tags mit Handheld lesen, wobei die Informationen der Tags dann automatisch an das RLIMS übertragen werden. Zusätzlich muss es eine Möglichkeit geben, die Abweichungen (Anzahl von Produkten im System gegenüber der Anzahl von gelesene/gezählte Produkten) über das GUI nachbearbeiten zu können. Differenzen führen zur Benachrichtigung des Benutzers, der dann den tatsächlichen Lagerbestand bestätigen kann.
- **[F Req. 1.3]** Verwendung von gemeinsamen Räumen (*engl. shared rooms*): Mehrere Labore innerhalb eines Krankenhauses können Lagerräume gemeinsam benutzen. Es soll im RLIMS auch möglich sein, dass ein bestimmter Raum mehreren Laboren zugewiesen sein wird.
- **[F Req. 1.4]** Es soll möglich sein, die Produkte zwischen Laboratorien austauschen/transferieren zu können.
- **[F Req. 1.5]** Abgelaufene Produkte müssen vom System als solche anerkannt und behandelt werden.
- **[F Req. 1.6]** Die Position des Produkts im Labor zu speichern (Kühlschrank 1, 2, 3, etc.) – Materialstammdaten in RLIMS
- **[F Req. 1.7]** Individuelle min/max Grenzwerte auf Lieferanten und Articlebene sollen konfigurierbar sein. Sobald die Minimalzahl erreicht wird, soll eine automatische Bestellung (falls eingestellt) erfolgen (bzw. vorgeschlagen werden).

5.2.1.2 Einlagerung (Check-in)

Das Check-in-Verfahren ist die Art und Weise, wie man neue Produkte zum Inventar hinzufügt. Für alle ausgelieferten Produkte soll es möglich sein, vor Ort beim Kunden ein RFID-Label anzubringen.

Wurden die Tags gedruckt und bereits auf alle Schachteln angebracht, muss es mindestens folgende Möglichkeiten geben, wie man die Produkte ins Inventarisierung-System einchecken kann:

- **[F Req. 1.8]** die Zuordnung des Lagerortes über die Server-GUI
- **[F Req. 1.9]** die Zuordnung des Lagerortes mit der Handheld Applikation

- **[F Req. 1.10]** Automatische Einstellung des Standardlagerortes

Weiters soll es RLIMS ermöglichen, die Produkte innerhalb von einem Labor oder zwischen Labors zu verlagern **[F Req. 1.11]**.

5.2.1.3 Ausbuchung (Check-Out)

Folgende Funktionalität zum Auschecken von Produkten aus Lagerorten muss beim RLIMS vorhanden sein:

- **[F Req. 1.12]** Automatischer Check-Out des Inventars: die Produkte wurden verbraucht und werden im System als solche gekennzeichnet. Dies muss durch Einlesen von RFID Tags automatisch erfolgen. Der stationäre RFID-Reader (auch die „Trust-Box“ genannt - ein Abfallbehälter mit RFID-Antenne) wird dafür verwendet, die verbrauchten Schachteln zu sammeln. In bestimmten Zeit-Intervallen (die Zeit soll konfigurierbar sein) wird der Inhalt der Box mit einem stationären RFID-Reader gescannt. Gefundene Artikel werden dann im System als verbraucht vermerkt und der Bestand wird entsprechend aktualisiert.
- **[F Req. 1.13]** Automatischer Konsum durch Produkt Ablauf: wenn ein Produkt abgelaufen ist, muss es automatisch als abgelaufen gekennzeichnet und das Inventar aktualisiert werden. Dem User wird dies über Benachrichtigungen mitgeteilt.
- **[F Req. 1.14]** Behandlung von abgelaufenen Produkten: falls versucht wird, abgelaufene Produkte in ein Lager zu verbringen, darf dieses von RLIMS nicht akzeptiert werden, es ist eine Warnung auszugeben.

5.2.1.4 Bestellungen, Bestellung-Management

Eine der wichtigsten Anforderungen fürs RLIMS sind die Bestellungen und das Bestellung-Management.

Unter anderem soll RLIMS folgende Requirements erfüllen:

- **[F Req. 2.1]** Warenbestellungen muss man auch manuell durchführen können, obwohl die Mindestzahl für die Waren noch nicht unterschritten wurde.
- **[F Req. 2.2]** Vorschläge für die Automatische Bestellung sind zu erzeugen und an eine konfigurierbare Verteilerliste zu senden.
- **[F Req. 2.3]** Unterstützung für automatische Bestellungen ohne Initiierung von der End-Kunden Seite (an einem bestimmten Tag und zu einer bestimmten Uhrzeit), falls im System diese Art zu bestellen konfiguriert wurde (d.h. automatische Bestellung konfiguriert).

- **[F.Req. 2.4]** Eine Bestellung über das SD eigene Bestellsystem muss möglich sein. Nach der Freigabe der Bestellung wird diese an das SD-eigene Bestellsystem geschickt.
- **[F.Req. 2.5]** Benachrichtigung, wenn ein Produkt nicht mehr am Lager ist (oder die Bestände bald zur Neige gehen). In diesem Fall soll eine Bestellung geplant werden. Die zuständige Person im Labor muss über diese dringende Bestellung informiert werden und kann diese genehmigen (falls keine automatischen Bestellungen konfiguriert sind).
- **[F.Req. 2.6]** Bestellverfolgung: Verbindung mit dem SD Supply Chain Management um Statusinformationen zur Bestellung zu bekommen.
- **[F.Req. 2.7]** Das System soll lokale Auslieferungen innerhalb eines Krankenhauses mit mehreren Laboratorien unterstützen können.

5.2.1.5 Reporting

Das RLIMS muss Berichte erzeugen können. Das Reporting-Subsystem muss in der Lage sein, verschiedene Informationen über Inventar und Waren abfragen zu können. Es soll dem Benutzer ermöglichen, eine Übersicht über die Daten die im System gespeichert sind in einer einfachen und nützlichen Weise zu erhalten. Konkret sollten folgende Berichte vorhanden sein:

- **[F.Req. 3.1]** Erweiterte Reports um Verbrauch und Verluste (d.h. abgelaufene Produkte) zu erkennen.
- **[F.Req. 3.2]** Berichte über abgelaufene Waren bzw. Warnberichte (z.B. Ware läuft in XY Tagen ab).
- **[F.Req. 3.3]** Protokoll der Warenverfolgung.

Zur Erfüllung gesetzlicher Vorgaben im medizinischen Bereich soll es drei Arten von Reports für Bestellungen (*engl. Ordering*) und Inventar (*engl. Inventory*) geben (**[F.Req. 3.4]**):

- Graphische-Reports
- Listen-Reports
- Trend-Reports

5.2.1.6 Authentifizierung und Autorisierung

Das RLIMS soll rollenbasierte Authentifizierung und ein Autorisierungskonzept unterstützen (**[F.Req. 4.*]**).

Der Kunde hat folgende Rollen (beschreiben die damit zusammenhängenden Einschränkungen bzgl. Funktionalitäten) für die RLIMS-Benutzer festgelegt:

- Observer (Beobachter): darf Inventar und Bestellungen abfragen und Berichte abrufen.
- User: der Benutzer mit dieser Rolle hat folgende Rechte: Inventar und Bestellungen anschauen; Berichte abrufen; ein- und aus-checken von Waren; verfolgen und aktualisieren, wo sich Lagerartikel innerhalb der zugeordneten Laboren befinden; neue Produkte anlegen.
- Genehmiger: darf Bestellungen genehmigen und ändern; Berichte abrufen; Inventar abfragen.
- Manager: Bestellungen anlegen und ändern; Berichte abrufen; Inventar verwalten.
- Administrator: darf Workflows, Kontodaten (Benutzer-IDs/Passwörter), und Konfigurationsdaten (z.B. Regeln) verwalten; Berichtsvorlagen erstellen.

Anhand des rollenbasierten Systems soll es möglich sein, bestimmte spezielle Workflows für dedizierte Personen zu definieren.

5.2.2 Nichtfunktionale Anforderungen

RLIMS muss mindesten folgende nichtfunktionale Anforderungen erfüllen:

5.2.2.1 Performance

- **[N.Reg. 1]** Reaktionszeit und allgemeine RLIMS Performance: Die Reaktionszeit am Handheld ohne Server-Interaktion muss innerhalb einer Sekunde liegen.
- **[N.Reg. 2]** Jede Interaktion mit dem Server soll nicht länger als fünf Sekunden dauern.
- **[N.Reg. 3]** Hardware-Notifikation durch den RFID-Handheld innerhalb von 1 Sekunde beim Scannen eines Transponders.
- **[NReg. 4]** Das Drucken eines Tags (inkl. Vorbereitung der Tag-Daten und das Senden an den Controller) darf nicht länger als fünf Sekunden dauern.

5.2.2.2 Skalierbarkeit

- **[N.Reg. 5]** Keine Verschlechterung der Antwortzeiten für bis zu 30 gleichzeitige Benutzer pro RLIMS-Kunde. Der RLIMS-Client kann 30 gleichzeitige Benutzer ohne Verschlechterung der Antwortzeit in verschiedenen Laboren bedienen (Etikettendruck, manuelle Inventur durchführen, Trustboxes Scannen).

5.2.2.3 Security

- **[N.Reg. 6]** Die Verbindung zwischen dem RLIMS-Client und dem RLIMS-Server darf nur vom Client initiiert und hergestellt werden.

Im folgenden Kapitel wird auf die Software Architektur eingegangen und die architektonischen Entscheidungen detaillierter erläutert.

6 RLIMS Software-Design

Für die Implementierung der zuvor beschriebenen funktionalen- und nichtfunktionalen-Anforderungen wurden drei Hauptanwendungen definiert, aus denen das RLIMS besteht (Abbildung 6-1):

- RLIMS Server Anwendung
- RLIMS Controller Anwendung
- RLIMS Handheld Anwendung

In diesem Abschnitt wird eine umfassende Übersicht über die Software-Architektur des RLIMS Systems dargestellt. Eine Reihe von verschiedenen Architekturansichten wird vorgestellt, um verschiedene Aspekte des Systems aufzuzeigen.

Um die Software so verständlich wie möglich zu beschreiben, wird auf das „4+1“ Model von Kruchten [56] zurückgegriffen. Es werden nicht alle Sichten für jede RLIMS Anwendung dokumentiert, sondern nur diejenigen die im konkreten Kontext Sinn machen.

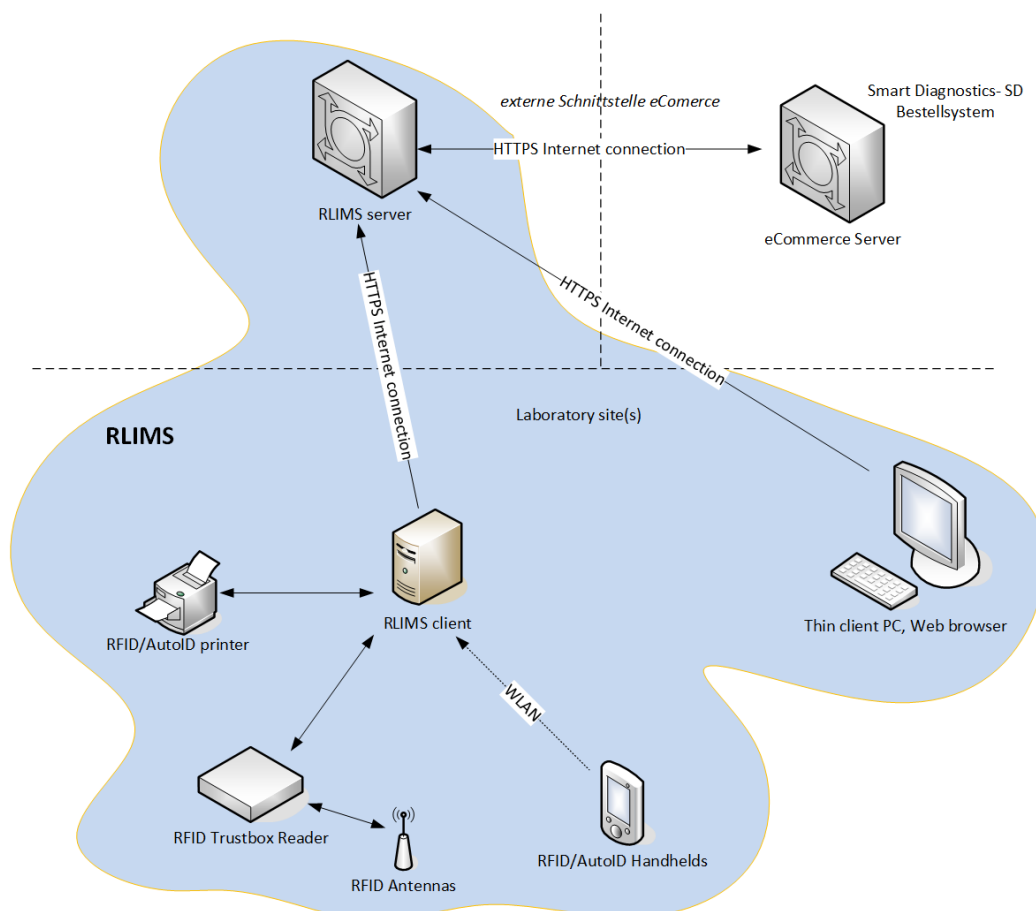


Abbildung 6-1: RLIMS allgemeiner Überblick.

6.1 RLIMS Server-Anwendung Architektur

Die spezifizierten Anforderungen, sowie die bestehende IT-Infrastruktur von SD und deren Kunden, beeinflussten die gesamte Architektur der RLIMS Server-Anwendung bzw. des ganzen Systems, sodass sich direkt einige architektonische Entscheidungen ableiten lassen.

Die RLIMS Server Applikation ist grundsätzlich eine Web-Applikation, die verschiedene Web-Services zur Verfügung stellt, um sowohl mit anderen RLIMS Anwendungen als auch mit externen Systemen kommunizieren zu können. Sie basiert auf einem vorhandenen und erprobten Framework für die flexible Erstellung von Workflows. Das verwendete Framework basiert auf einem firmeninternen Tool (Marilyn), das mit PHP entwickelt wurde und stellt ein modernes Model-View-Controller (MVC) [57] [58] Framework dar. Dieses Framework stellt die Infrastruktur für die Dienste der Anwendung bereit. Unter anderem bietet das Framework eine Workflow-Engine, die besonders beim Implementieren von Waren-Bestellungen Anwendung findet.

Die Server-Applikation wird auf einem Apache Web-Server unter Windows Server 2008 laufen. Als Datenbank kommt der Microsoft SQL Server 2008 im Einsatz. Für die Verbesserung der Performance wird das Tool „memcache“ verwendet, um die Geschwindigkeit der Datenverarbeitung zu beschleunigen.

Die Kommunikation zwischen Server-Applikation und RLIMS-Controller erfolgt über Web-Services. Die Daten, die als XML-Dateien definiert sind, werden zwischen Server und Controller über einfache RESTful [59]API ausgetauscht.

6.1.1 Logical View

Der Umfang von Funktionen, welche das RLIMS haben soll, macht es nach dem Architektur-Prinzip „*Separation of Concerns*“ erforderlich, in der Software-Architektur verschiedene Schichten vorzusehen, die Funktionalitäten auf dem gleichen Abstraktionsgrad beinhalten [57]. Hier findet das Architektur-Muster „*Layers*“ [57] Anwendung. Im RLIMS Server wurden folgende Schichten definiert (*Abbildung 6-2*):

- *Präsentation Layer*: Beinhaltet Komponenten, die für die Gestaltung der User-Interfaces (UI) zuständig sind. Diese Schicht ist der View-Teil vom MVC-Pattern.
- *Service / Connectivity (Internal-Interfaces, Globalinterfaces) Layer*: Er stellt (Web)-Services zur Verfügung. Man unterscheidet hier zwischen RLIMS Internen Web-

Services, die für die Kommunikation mit RLIMS-Controller zuständig sind und Globalen Web-Services die für die Konnektivität mit anderen Drittanwendungen dienen (z.B. mit der SD Web-Shop Schnittstelle für Bestellungen).

- *Business und Persistenz Layer*: In dieser Schicht wird die tatsächliche Funktionalität (im Fachjargon auch die Business Logik genannt) implementiert. Hier werden die verschiedenen Workflows basierend auf der Marilyn Infrastruktur realisiert. Die Business-Komponenten und Business-Entitäten werden hier definiert, ebenso findet auf diesem Layer die Verbindung mit der Datenbank statt.

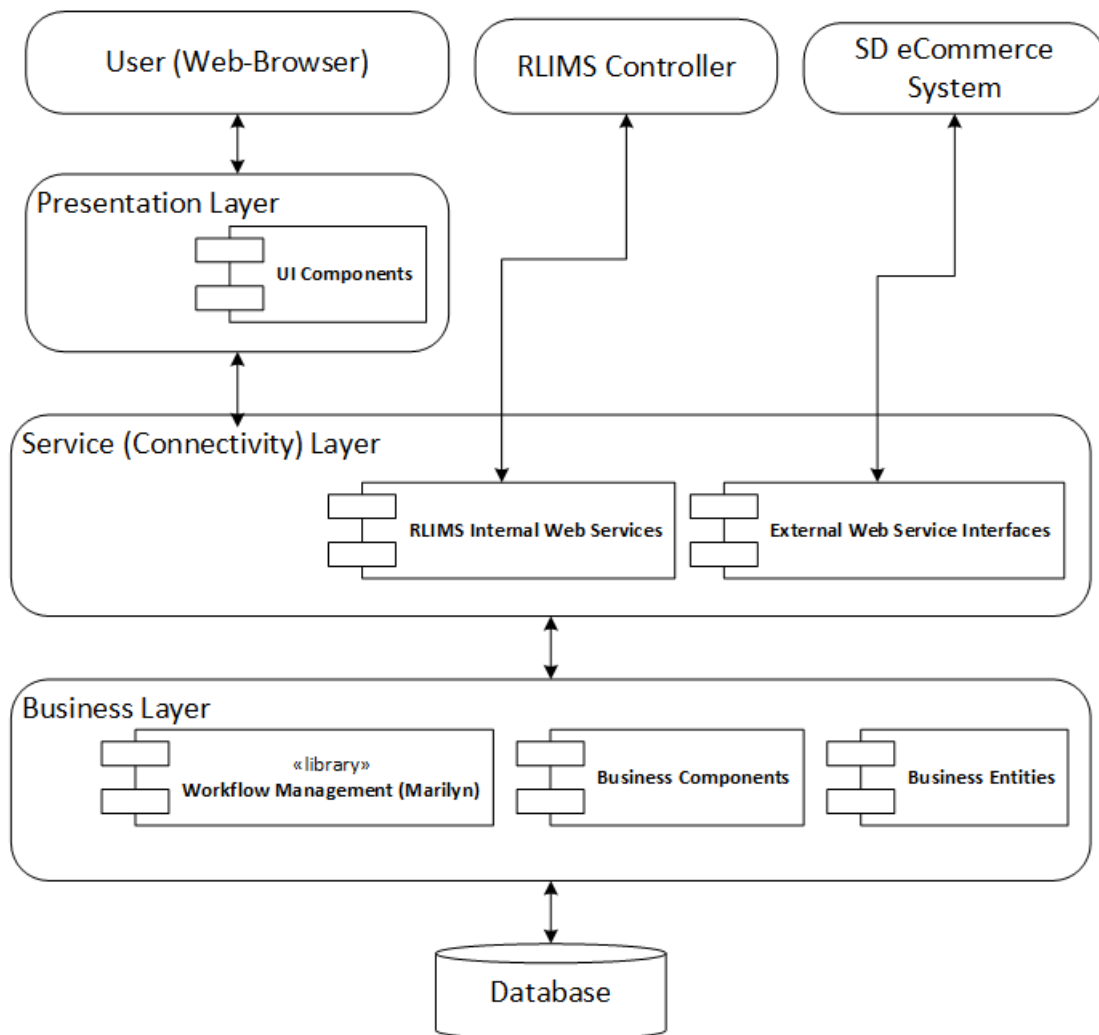


Abbildung 6-2: Schichten (Layers) des RLIMS-Server.

6.1.1.1 Server Webservices

Für die Kommunikation zwischen dem Server und dem Controller wurden interne Schnittstellen definiert, die als Web-Services umgesetzt sind. Aufgrund der Tatsache, dass es dem Server nicht erlaubt ist eine direkte Verbindung mit dem Controller herzustellen, wurde

ein Polling-Mechanismus auf der Controller-Seite eingeführt (durch des „GetCommand“ Web-Service).

Weiterhin wird die GetCommand-Anfrage als Lebenszeichen verwendet, um den Online-Status von Server und Controller zu erhalten. In der *Tabelle 6-1* sind die RLIMS-Server Web-Services mit einer kurzen Beschreibung aufgelistet.

Tabelle 6-1: RLIMS Web-Services

Web-Service Name	Beschreibung	Trigger
Checkin	Dieser Service kümmert um das Einchecken von Artikeln.	Controller
Checkout	Auschecken von Artikeln aus dem System.	Controller
GetCommand	Polling-Mechanismus zwischen Server und Controller.	Controller (gestartet vom GetCommand Thread)
PutPrinters	Gibt dem Server die verfügbaren Drucker eines Controllers bekannt.	Controller (initiiert vom GetCommand) Ergebnis „GetPrinters“-Nachricht
PrintResult	Informationen über Tag-Druckerergebnisse an den Server.	Controller
GetTargetInventory	Zielbestandsdaten für einen Inventar Check anfordern.	Controller (vom Handheld initiiert)
GetUsers	Benutzernamen und die PIN für die Handheld-Authentifizierung abfragen.	Controller (gestartet entweder beim Start-up des Controller-Services oder durch täglichen Update Thread).
PutActualInventory	Übertragung der tatsächlichen Bestandsdaten an den Server.	Controller (initiiert vom Handheld)
GetProductList	Liste aller definierten Produkte im System vom Server abfragen.	Controller
GetTopology	Abfrage der Lagertopologie im System.	Controller

6.1.2 Process View

Die Process-View wird verwendet um eine Grundlage für die Prozessgestaltung des ganzen Systems zur Verfügung zu stellen. In der Prozesssicht wird festgelegt, wie das System seine Ziele erreichen kann. Hier definiert man unter anderem die Prozessabläufe und Workflows des

Systems. Diese Sicht umfasst alle drei RLIMS Anwendungen, da hier die Prozessabläufe als Ganze dargestellt sind.

6.1.2.1 Inventarisierung / Inventar

Bei RLIMS ist jedes Produkt mit einem RFID-Tag etikettiert und mit einer SGTIN eindeutig identifiziert. Diese werden dann in die Datenbank als Inventar Item-Objekte abgebildet.

Inventarbaum (engl. *Inventory Tree*)

Orte (Sites), Labore und Standort werden in einem Inventarbaum organisiert. Diese können innerhalb der Laboratorien gemeinsam genutzt werden (engl. *shared locations*). Alle Nachfolger eines gemeinsamen Raumes werden auch geteilt und werden synchronisiert, wenn diese geändert werden (Abbildung 6-3).

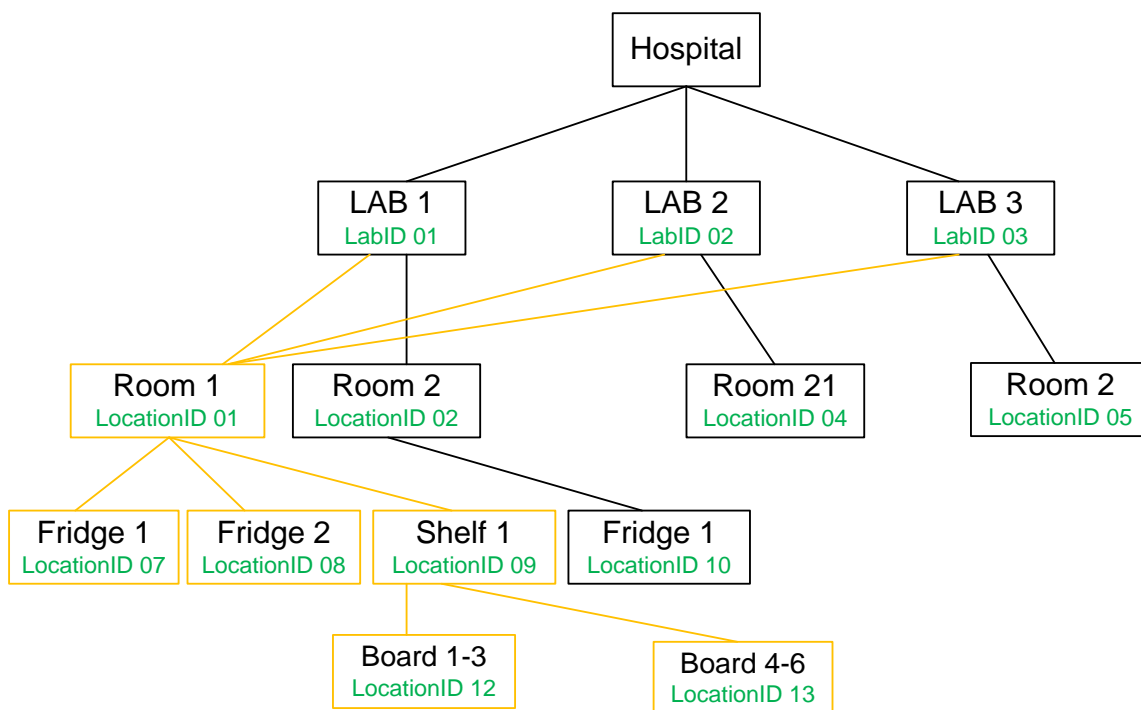


Abbildung 6-3: Inventarbaum (engl. Inventory tree).

Bestandsprüfung (engl. *Inventory Check*)

Die Bestandsprüfung ist der Prozess der Verifizierung, ob die von RLIMS verwalteten Gegenstände mit dem tatsächlichen Bestand in den verschiedenen Lägern übereinstimmen. Das Verfahren wird normalerweise vom Handheld initiiert. Die aktuelle Topologie wird durch den Handheld abgefragt und dem Benutzer angezeigt, so kann er den Standort – für den der Inventar Check durchgeführt wird, aussuchen.

Als Backup-Lösung (ohne den Handheld zu verwenden) kann die Bestandsprüfung auch durch die Benutzeroberfläche des Servers gestartet werden, um die Inventar-Items im Lager manuell aktualisieren zu können.

Der Bestandsprüfungs-Prozess wird durch den gleichnamigen Workflow (*Abbildung 6-4*) abgearbeitet. Der Workflow vergleicht die mittels Handheld gesammelten Daten mit den Daten auf dem RLIMS Server und zeigt die Ist-, und Soll Bestandsinformationen auf die Server GUI an.

Basierend auf den zur Verfügung gestellten Daten, kann der Benutzer die Inventar-Items wieder manuell zusammenführen.

Es sind zwei Szenarien möglich:

- Bestandsaufnahme von einzelnen Lägern (Nutzung dieser Standorte nur von einem Labor)
- Bestandsaufnahme von gemeinsamen Lägern (zumindest ein Lager wird von mehr als einem Labor verwendet)

Der Zustand jedes Artikels, der vom Bestandsprüfungs-Prozess behandelt wird, wird vom Workflow gemanagt. Folgende Zustände sind definiert:

- Erwartet (*engl. Expected*) – Das Inventar Item wird am ausgewählten Lagerort erwartet.
- Gefunden (*eng. Found*) - Ein Inventar Item wurde wie erwartet am ausgewählten Lagerort gefunden.
- Unerwartet (*engl. Unexpected*) - Das Inventar Item wurde bei der Bestandsaufnahme gefunden, ist aber einem anderen Lagerort zugeordnet.

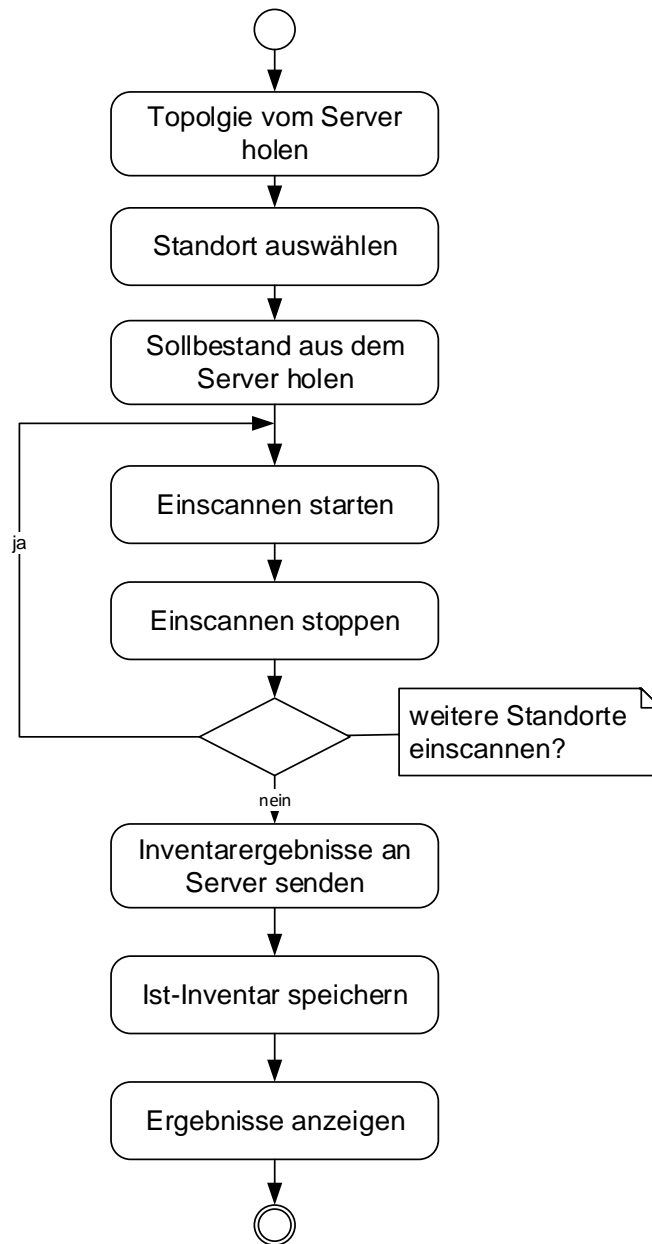


Abbildung 6-4: Bestandsprüfung Workflow.

Der Bestandsprüfungsprozess ignoriert RFID-Tags, die dem RLIMS System nicht bekannt sind.

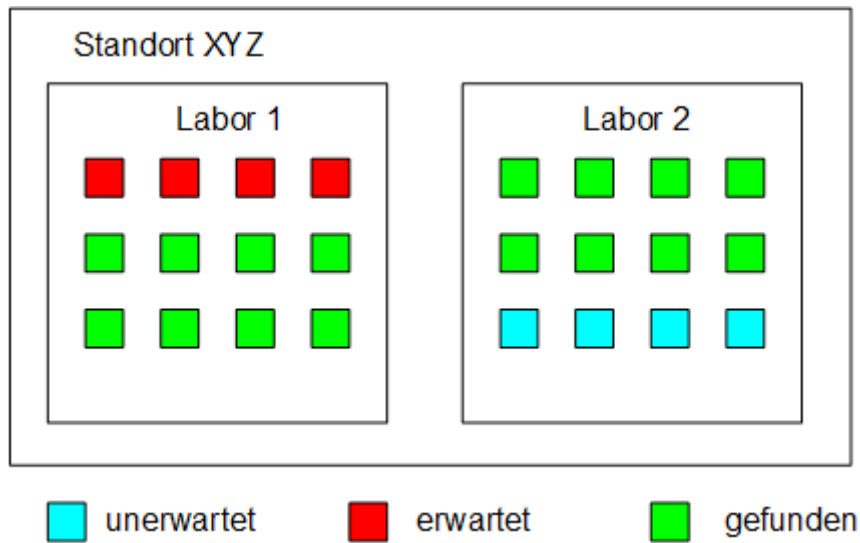


Abbildung 6-5: Bestandsaufnahme Szenario für eine gemeinsame Lage.

In *Abbildung 6-5* ist ein Beispiel gezeigt, bei dem man eine Bestandprüfung für Labor 1 und Labor 2 ausführen möchte. Die Inventur findet 20 Inventargegenstände, wobei vier davon unerwartet gefunden worden sind. Im Labor 1 fehlen vier Items, die anderen 16 sind wie erwartet gefunden worden.

Wenn die Inventur abgeschlossen ist kann es vorkommen, dass die erwarteten Bestandszahlen auf dem Server und der Inventar Ist-Zustand im Lager unterschiedlich sind. In diesem Fall ist es notwendig die Daten abzugleichen. Die folgenden Szenarien sind zu berücksichtigen:

- Lagernd (*engl. On Stock*): gefundene und ursprünglich erwartete Mengen sind gleich. Kein Datenabgleich ist nötig. Trotzdem können die Inventardaten manuell geändert werden.
- Weniger Bestand (*engl. Less Stock*): nicht alle erwarteten Inventar Artikeln wurden gefunden. Dies kann verschiedene Gründe haben: Artikel wurden an einen anderen Lagerort verlegt, RFID-Tags wurden vom Handheld nicht gelesen oder der Inventargegenstand fehlt (ist z.B. bereits verbraucht, aber nicht korrekt überprüft). Die Inventardaten müssen abgeglichen werden.
- Mehr Stock (*engl. More Stock*): Unerwartete (falsche) Bestands Artikel gefunden. Abgleich der Inventardaten erforderlich. Grund dafür ist die falsche Lagerzuordnung im System, da der Artikel an einem anderen Lagerort gelagert ist, als erwartet.

6.1.2.2 Einlagerung (*eng. Check-in*)

Einchecken ist ein Zwei-Schritt-Verfahren: zuerst werden die RFID-Tags gedruckt, und dann in das RLIMS übergeben. Der Server verfolgt den ganzen Einlagerung-Prozess im Order-Workflow (siehe 6.1.2.4 - *Bestellungen*).

Es werden mehrere Optionen von RLIMS unterstützt, um diese Aktion zu triggern:

- Einlagerung per Bestellposition
- Einlagerung per ASN
- Einlagerung per Ist-Lagerbestand / Inventar (siehe Inventarisierung)

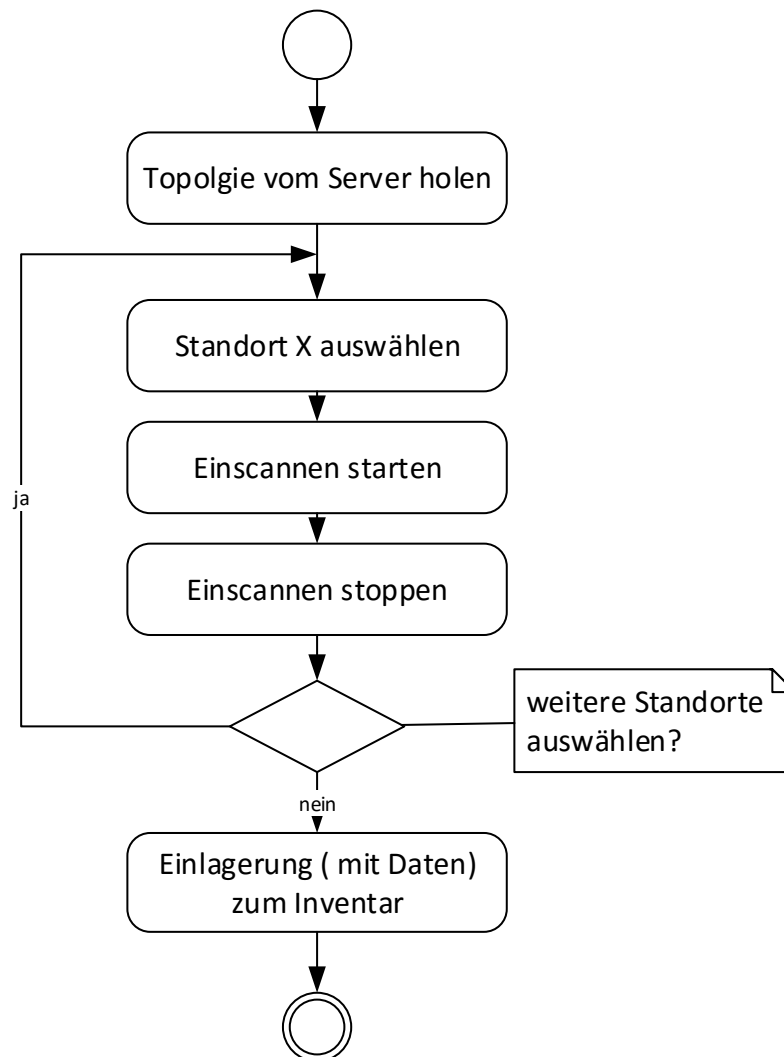


Abbildung 6-6: Einlagerung Prozess.

Einlagerung per Bestellposition (Order Item)

Der Bestellposition Check-In wird vom Benutzer auf der Server GUI ausgelöst. Diese Option ermöglicht dem Anwender eine hohe Granularität beim Check-In (man kann einzelne Elemente einchecken). Er wird vor allem für Korrekturen verwendet und für Bestellungen, die keine

ASNs verwenden (3rd-Party-Bestellungen). Der Benutzer kann den Bestellungen-Workflow auf der Server GUI aufmachen und von dort einen Artikel aus der Bestellung zum Einchecken auswählen. Hierbei wird die Anzahl der Waren (Menge Feld), Charge (LOT), Ablaufdatum und Standardort (optional) gesetzt. Für jedes Stück wird ein Inventarposition-Objekt erstellt und die nötigen Daten für den RFID-Tag generiert. Abhängig davon, ob die Bestandscharge für das Produkt mit der gleichen Charge und Ablaufdatum in der Datenbank vorhanden ist oder nicht, wird die vorhandene Anzahl erhöht oder ein neues Bestandschargen-Objekt mit dem angegebenen LOT und Ablaufdatum erstellt. Waren, die abgelaufen sind, werden nicht eingeecheckt und es wird dem Benutzer eine Warnung angezeigt. Im nächsten Schritt wird der Ausdruck von RFID-Etiketten auf dem Drucker initiiert. Die von Server generierten RFID-Daten werden mittels Web-Service „GetCommand“ an den Controller geschickt, und dieser leitet dann für jedes Item einen Druck-Befehl an den Drucker weiter. Sobald das Drucken der RFID-Tags beendet ist, erhält der Server eine Rückmeldung, und zeigt den Druck-Status an.

Einlagerung per Advanced Shipping Note (ASN)

Der ASN Check-In ist ein halbautomatischer Prozess für das Einchecken. Menge, LOT und Ablaufdatum werden aus der ASN genommen, so dass der Benutzer sie nicht bereitstellen muss. Der Rest des Check-In Prozesses ist ident mit der Einlagerung per Bestellposition.

Zuordnung der Waren an Lagerorte

Die Tags wurden gedruckt und bereits auf die Produkte angeklebt. Es gibt drei Möglichkeiten, wie die Waren in das Inventar eingeecheckt werden können:

- Manuelle Zuordnung von Speicherorten auf der Server GUI: nur erforderlich, wenn im vorherigen Schritt (bei der Einlagerung) kein Lager für diese eingeecheckten Waren angegeben wurde. Der Anwender wählt den Standort aus, und weist diesen dem Bestandsposition-Objekt zu. Das Inventar Item-Objekt muss im Zustand „ausgedruckt“ sein.
- Manuelle Zuordnung von Speicherplätzen mit dem Handheld: Der Benutzer initiiert den Check-In auf dem Handheld durch Starten des Check-In Use Case im Hauptmenü der RLIMS-Handheld-Anwendung.
- Automatische Einstellung des Standardlagerorts: Der Standardort an dem das Produkt gelagert werden soll, kann für jedes Produkt definiert werden, bei der Einlagerung kann der tatsächliche Lagerort der Ware noch verändert werden.

Waren Verlagerung

Eine weitere Anforderung an das RLIMS war die Unterstützung für das Umlagern der Waren zwischen verschiedenen Standorten. Folgende zwei Fälle sind zu unterscheiden:

- Verlegung innerhalb eines Labors: diese führt zu keiner Änderungen in anderen Datenentitäten. Nur die Standort-ID des Inventar-Items in der Datenbank wird geändert
- Transfer zwischen Laboratorien: Transfer zwischen Labors führt zu Veränderungen in zusätzlichen Datenentitäten. Das Verschieben der Inventargegenstände zwischen Labors verursacht auch eine Veränderung der Inventarcharge Objekte.

Beide Arten von Transfers können durch das Server GUI oder auf dem Handheld durchgeführt werden.

Erneut einlagern (*engl. Recheck-In*)

Der Check-In von bereits ausgecheckten Artikeln wird im RLIMS vor allem für Korrekturen verwendet. Der Recheck-In von bereits ausgecheckten Inventargegenständen in das System ist für alle Artikel erlaubt, die nicht als „abgelaufen“ oder „nachgedruckt“ markiert sind.

Nachdrucken eines RFID-Tags

Ein Nachdruck des Tags ist für jeden Gegenstand im Inventar möglich. Es wird nun eine Warnung geben, die dem Benutzer erklärt, dass es bereits einen Tag für das jeweiligen Stück gibt und dass die Wirkung des Nachdrucks den Lagerbestand verfälschen kann.

Bei dem Nachdruck eines Tags wird eine neue SGTIN für das Element erstellt und das Original wird mit dem Begründungscode „Nachgedruckt“ als ausgecheckt markiert.

6.1.2.3 Ausbuchung (*engl. Check-out*)

Der Checkout-Prozess ist der Weg wie man Waren, die vorher eingecheckt wurden, aus dem System entfernt. Da es verschiedene Gründe für das Auschecken der Waren aus dem System geben kann (Verbrauch, Ware an Dritten übertragen oder Waren abgelaufen), sind auch entsprechende Begründungscodes definiert. Der häufigste Check-Out Grund ist das Auslesen der SGTIN in Trust-Box. Diese Art des Auscheckens wird auch als „Verbrauch“ genannt.

Es gibt grundsätzlich drei Möglichkeiten, wie man Objekte aus dem Inventar auschecken kann:

- Trust-Box – die Tags werden gescannt und an den Server geschickt (siehe 6.2.3 Trust-Box Service)
- Handheld – über die Handheld Applikation ähnlich wie mit dem Trust-Box Reader

- Server GUI

Jeder RFID-Tag stellt ein in der Datenbank gespeichertes Inventarpositions-Objekt dar. Sobald der Check-Out Service am Server aufgerufen wird, startet der Server den Check-Out Prozess. Der Tagzustand wird auf „Checkout“ gesetzt, und korrigiert die vorhandene Menge auf Produkt- und Inventarcharge-Objekt Ebene. Neben dem Zustand behält das Inventarpositions-Objekt den Begründungscode zur Erkennung warum der Tag als "ausgebucht" gekennzeichnet wurde.

Folgende Begründungscodes sind im RLIMS definiert:

- Verbrauch (standardmäßig) - Standard-Weg für das Auschecken der Waren vom System
- Beschädigt - identifiziert beschädigte, verschwendete Waren oder defekte RFID-Tags
- Abgelaufen – identifiziert die abgelaufene Waren
- Transfer zu Dritten - identifiziert die an Dritte übertragenen Ware
- Nachgedruckt - identifiziert, dass der Tag neu gedruckt wurde

Wenn ein bereits ausgechecktes Inventar-Item ausgewählt wird, um durch Re-Check-In wieder im Bestand gebracht zu werden, wird das Ablaufdatum überprüft. Falls der Artikel bereits abgelaufen ist, wird der Check-In vom System verweigert.

6.1.2.4 Bestellungen

Der Bestellprozess (*Abbildung 6-7*), ist eine der wichtigsten Anforderungen des RLIMS.

Zur Überprüfung ob ein Produkt bestellt werden muss, wird als erstes der Inventar-Prozess durchgeführt (siehe 6.1.2.1 Inventarisierung).

Nicht alle Anwender des RLIMS können Bestellungen durchführen. Bestimmte User bzw. User-Rollen haben entsprechenden Berechtigungen und können Bestellungen auslösen und genehmigen (z.B. Manager). In diesem Abschnitt werde ich den Begriff Manager verwenden, um einen RLIMS-Anwender mit Manager Rolle zu identifizieren. Ein Auftrag im RLIMS kann nur Produkte von einem Anbieter beinhalten.

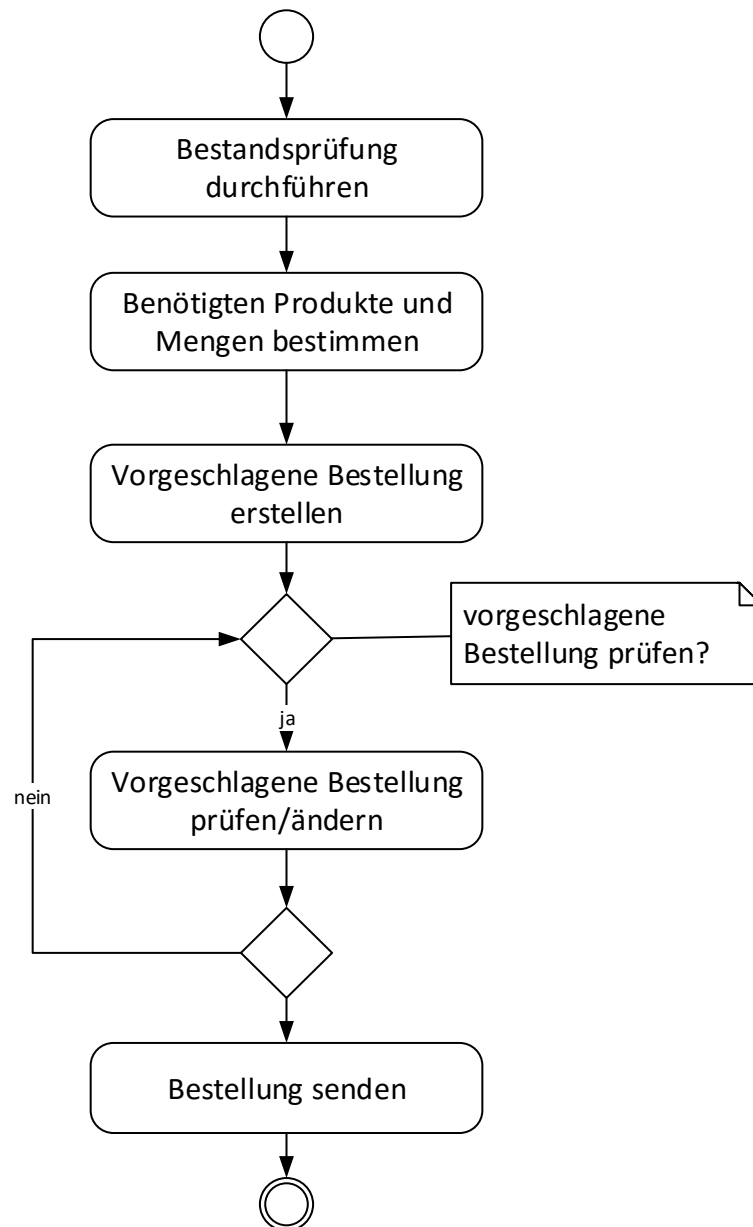


Abbildung 6-7: Bestell Prozess.

Es gibt drei Möglichkeiten wie man den Bestellprozess starten kann:

- Automatische Bestellungen: der Manager hat die Möglichkeit die Kontrollzeit und die Regeln für den Start des Bestellvorgangs zu setzen. Der automatische Bestellprozess wird (sofern konfiguriert) durch einen Batch-Job auf der Serverinstanz selbständig gestartet. Genehmigte Aufträge werden automatisch an den Lieferanten gesendet.
- Vorgesehene (Vorgeschlagene) Bestellungen: Vorgesehene Bestellungen werden automatisch vom Bestandsprüfungs Job (vom System) erstellt. Eine andere Möglichkeit ist, dass der Manager eine vorgesehene Bestellung manuell über die Server-GUI initiiert. Ein Manager kann den Auftrag vor der Genehmigung ändern.

- Manuelle Bestellungen: der Bestellvorgang kann zu jeder Zeit vom Benutzer (mit Manager-Rechten) über die Server-GUI gestartet werden.

Jedes Produkt hat einen eigenen Satz von Parametern für die Bestell-Regeln in der Datenbank abgelegt. Das Ergebnis des Bestellprozesses ist die Bestellmenge (im RLIMS Datenmodell als Attribut „Bestellmenge (engl. *Order Qty.*)“ definiert), welche die Stückzahl eines bestellten Produktes für ein dediziertes Labor darstellt.

Zum besseren Verständnis erwähne ich die Attribute bzw. die Quantitäten welche für jedes Produkt gespeichert werden:

- Vorrätige Menge („OnHand Qty.“): die Menge eines Produktes auf Lager (als Ergebnis der Inventur)
- Bestellte Menge („OnOrder Qty.“): Stückzahl eines Produktes, die bereits bestellt wurde.

Das „Bestellte Menge“ Attribut wird bei jeder Bestätigung einer Bestellung aktualisiert.

Für die Bestellregeln werden entsprechende Attribute definiert, anhand derer sich die Bestellmengen bestimmen lassen (Tabelle 6-2).

Tabelle 6-2: Die Liste der Parameter für Bestellungsregeln.

Regelparameter	Beschreibung
Min. Menge	Wenn der Lagerbestand des Produktes unterhalb dieses Wertes ist, wird das Produkt in der Berechnung der automatischen Bestellmenge („Order Qty.“) mit einbezogen.
Max. Menge	Wenn dieser Wert größer als Null ist, wird die Bestellmenge („Order Qty.“) so berechnet, dass dieses Niveau erreicht wird.
Nachbestellmenge	Die feste Menge der Artikel eines Produktes, das bestellt wird.
Kritische Menge	Kritische Menge. Dieser Parameter dient nur als Auslöser für Benachrichtigungen an Manager, wenn der Lagerbestand unter diesem Wert liegt.

Parameter müssen folgende Beziehung erfüllen:

$$0 \leq \text{Kritische Menge} < \text{Min. Menge} < \text{Max. Menge}$$

Ob ein bestimmtes Produkt bestellt wird, hängt davon ab, ob die nachstehende Gleichung erfüllt ist:

$$\text{Vorrätige Menge} + \text{Bestellte Menge} \leq \text{Min. Menge}$$

Für das Absenden von Bestellungen gibt es drei definierten Schnittstellen:

- EDI
- SD Web-Shop Methoden
- E-Mail

Die Bestellschnittstelle wird abhängig davon, welcher Lieferant welche Bestellmöglichkeiten unterstützt, umgesetzt. Nachdem die Bestellung abgeschickt wird, wird sie vom Lieferanten durch eine „Sales Order“ - SO (bei EDI oder SD Web-Shop) bestätigt und später über eine ASN angekündigt. Für die Bestellung per E-Mail, gibt es weder eine Bestätigung noch eine ASN.

Order-Workflow

Der Bestell-Workflow ist die Implementierung des oben genannten Bestellprozesses. Order-Workflows arbeiten mit „Order Items“, welche die bestellten Produkte darstellen. Ein solcher Workflow kann aus mehreren „Order Items“ bestehen.

Da der Bestellprozess ein lange laufender Prozess ist, muss der Zustand des Bestellworkflows den folgenden Zuständen folgen:

- **Proposed:** steht für neue Aufträge
- **Under Review:** Auftrag wird zurzeit überprüft, es wird auf Genehmigung gewartet.
- **Approved:** Bestellung wurde genehmigt, und ist an die Bestell-Schnittstellen übergeben (z.B. EDI, E-Mail).
- **Submit:** Bestellung wurde gesendet. Es wird auf eine Rückmeldung gewartet (nur für Webshop und EDI-Schnittstelle und nicht für Drittanbieter, da E-Mail Bestellungen sofort nach erfolgreicher Einreichung auf „OnOrder“ Status gesetzt werden)
- **Submit Failed:** Das Senden des Auftrages ist aufgrund technischer Probleme (z.B. Netzwerkausfall, falsche E-Mail Adresse eingegeben etc.) fehlgeschlagen. Die Bestellung kann korrigiert und wieder manuell durch den Manager zur Bestellung freigeben werden.
- **On Order:** Bestellung wurde durch die Bestell-Schnittstelle bestätigt. Mit der Anerkennung wird eine gültige Auftragsnummer vom Hersteller (SO Nummer) zur Verfügung gestellt.

- **On Delivery:** Dieser Zustand wird nur für die Bestellungen von SD-Produkten verwendet. Die erste ASN wird vom SD Bestellsystem gesendet und wird den Bestellpositionen („Order Items“) zugeordnet.
- **Delivered:** der erste Artikel des bestellten Produkts wurde eingecheckt
- **Closed:** der Auftrag wurde von einem Benutzer abgeschlossen. Er kann in der Zukunft, sofern notwendig, wieder geöffnet werden.

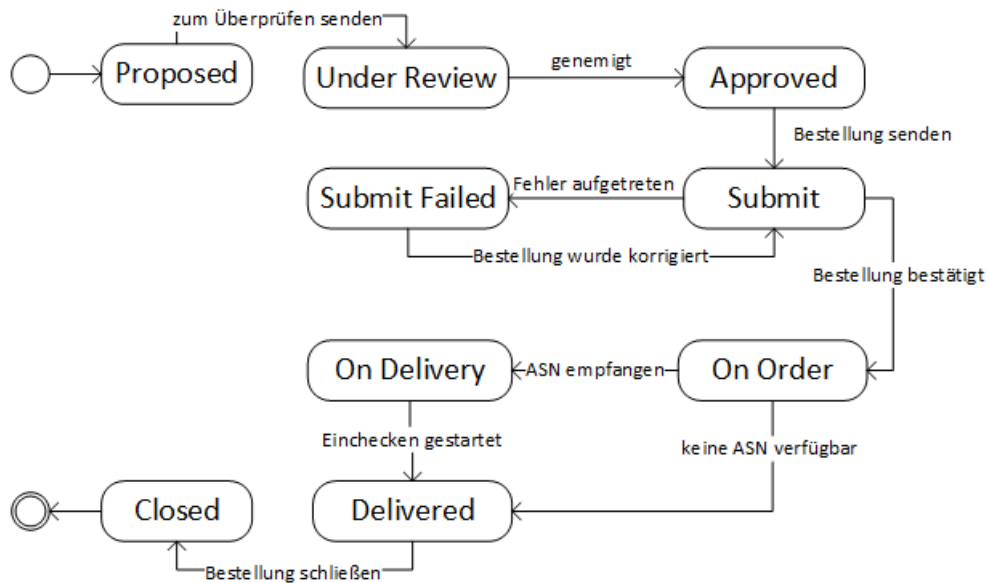


Abbildung 6-8: Die Zustände des Bestellworkflows

6.1.3 Physical (Deployment) View

Wie die physische Verteilung der Applikationen aussieht lässt sich mittels UML Verteilungs-Diagrammen zeigen. Die Server-Applikation läuft auf einem Apache Web-Server, der auf Windows Server 2008 R2 installiert ist. Als Datenbankserver kommt MS SQL zum Einsatz. Der RLIMS Controller wird auf einem Kunden-PC installiert und die Handheld Applikation auf dem Handheld.

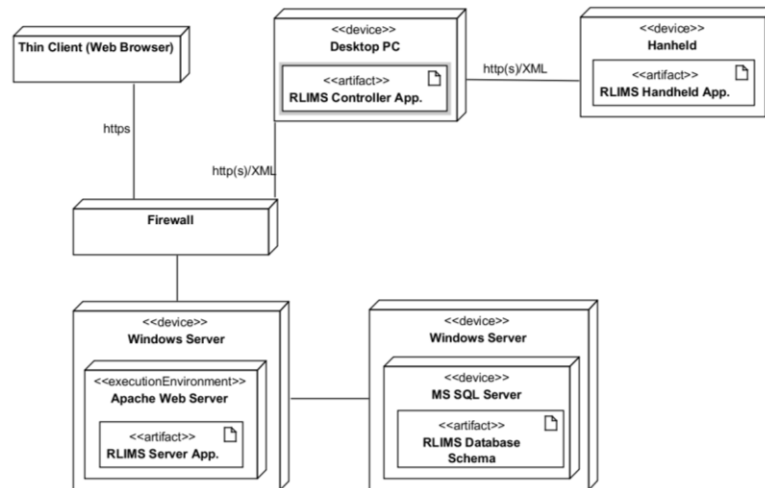


Abbildung 6-9: RLIMS Verteilungs-Diagramm.

6.2 RLIMS Controller Architektur

Im RLIMS Kontext ist der Controller einerseits der Treiber für die RFID-Hardware und andererseits der Mittelschicht zwischen Server- und Handheld-Anwendung. Durch den Controller erfolgt die Kommunikation zwischen Handheld und Server. Der Controller ist anhand von Web-Services vom Handheld ansprechbar und er leitet Anfragen an den Server weiter.

Der Controller ist als Windows-Service implementiert und besteht aus drei Hauptkomponenten (Abbildung 6-10). Die Kommunikation zwischen dem Controller und dem Server bzw. zwischen dem Handheld und dem Controller erfolgt über Web-Services. Einerseits konsumiert /verwendet der Controller die Web-Services der Server-Anwendung, andererseits stellt er selbst Webservices für die Handheld-App zur Verfügung. Es werden dem Server ebenfalls spezifische Web-Services (z.B. PrintItem, GetPrinters) bereitgestellt. Mehr dazu folgt im nächsten Abschnitt.

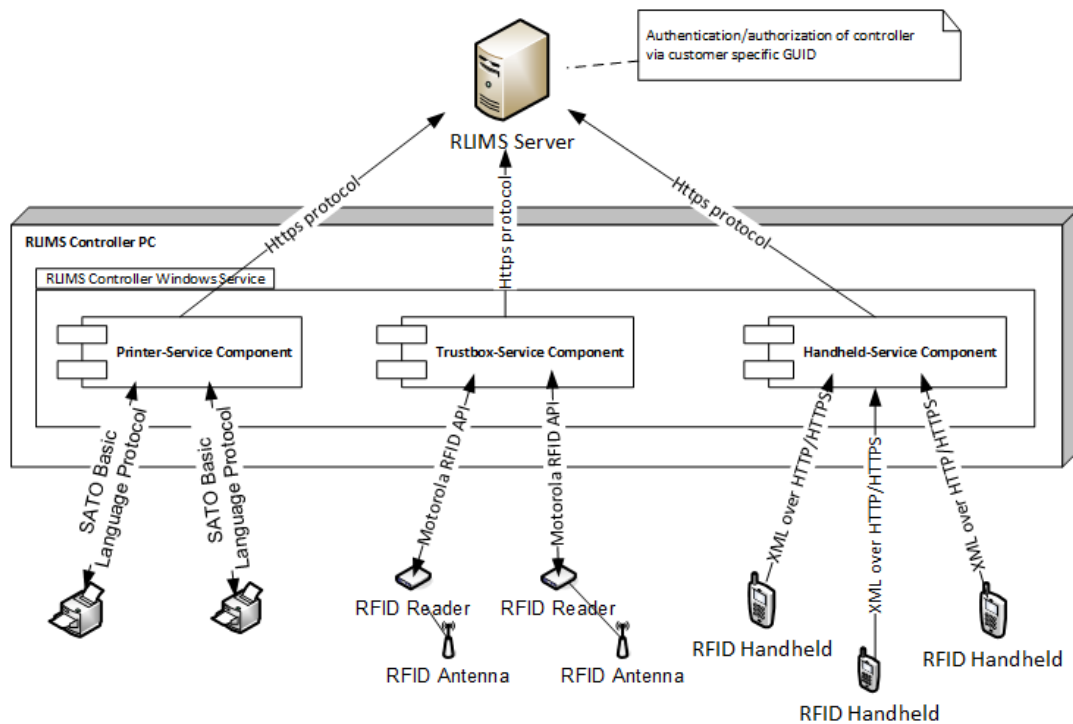


Abbildung 6-10: RLIMS Controller-Service allgemeiner Übersicht.

Da wir es mit einer weiteren Schicht – der Hardware-Schicht - zu tun haben (Abbildung 6-11) war es beim Software-Design und bei der Implementierung zu beachten, dass es klar definierte HW-Schnittstellen gibt, und diese so generisch wie möglich gehalten sind. Hier kam das RFID-Sensing Framework (Abbildung 6-12) der Firma Atos zum Einsatz. Das Framework ist modular aufgebaut und lässt sich auch einfach durch neue Module erweitern. Das Kernsystem des Frameworks bietet Funktionalitäten und Abstraktionen für RFID-Geräte, RFID-Protokolle, und Transponder an. Durch die Wiederverwendung des Frameworks konnte der Aufwand für die Implementierung der Erweiterungen von RFID-Geräten minimal gehalten werden. Das Framework abstrahiert die RFID-Hardware in einige Grundtypen und macht somit eine einheitliche Verwendung der Hardware möglich. Die Business-Logik kann auch bei Hardware- bzw. Protokoll-Änderungen unverändert bleiben.

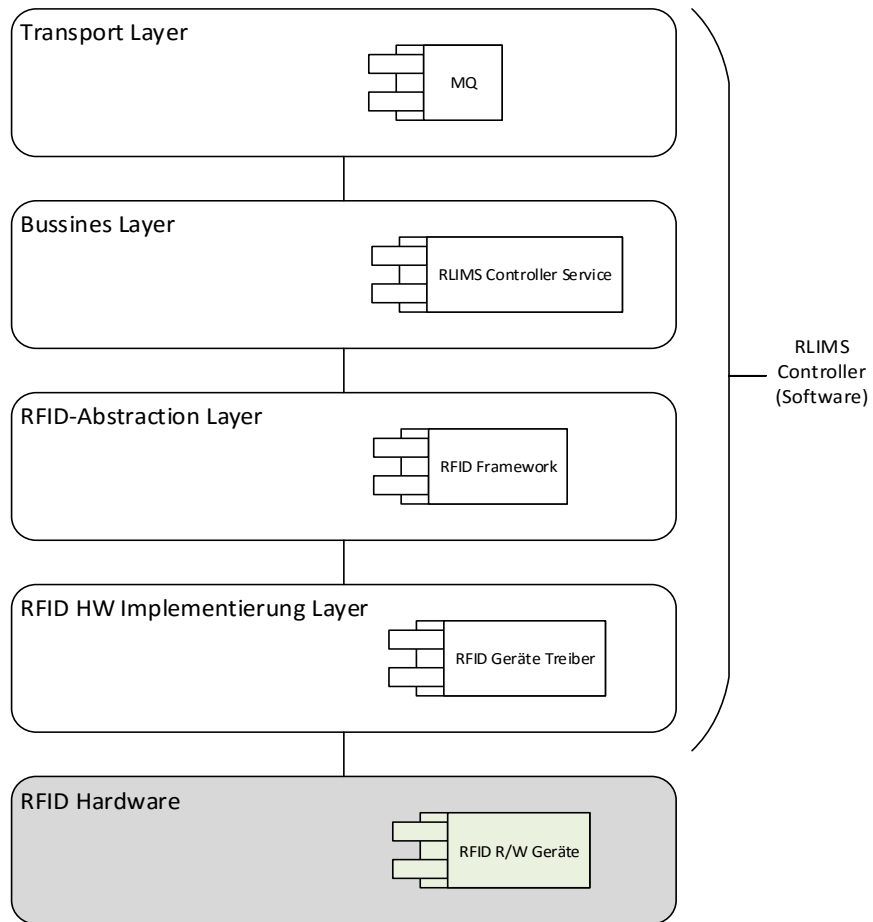


Abbildung 6-11: RLIMS Controller Software Schichten.

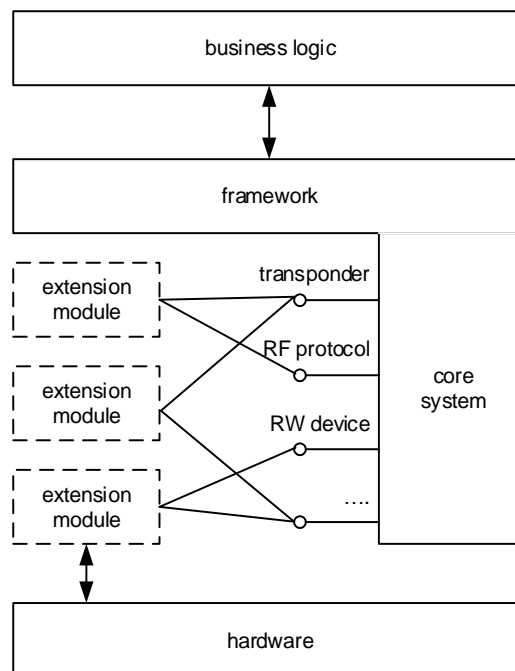


Abbildung 6-12: RFID-Sensing Framework.

6.2.1 Controller Web-Services

Die Webservices, die vom Controller bereitgestellt werden, sind in der *Tabelle 6-3* aufgelistet. Diese Services sind zur Verwendung durch den Handheld vorgesehen.

Tabelle 6-3: Liste alle Controller Web-Services.

Controller Web-Service Name	Beschreibung	Trigger
<i>Checkin</i>	Dient zum Empfang der CheckIn-Nachrichten vom Handheld und leitet diese an Server weiter.	Handheld
<i>Checkout</i>	Dieser Service empfängt Check-Out Nachrichten vom Handheld und leitet die Daten an den Server weiter.	Handheld
<i>GetProductList</i>	Dieser Service liefert gecachte Listen von im System definierten Produkten.	Handheld
<i>GetTargetInventory</i>	Wird dafür verwendet, um für einen aus den Topologiedaten ausgewählten Lagerort Zielbestandsdaten für eine Bestandsprüfung anzufordern.	Handheld
<i>GetTopology</i>	Der Service liefert die Lagerort-Topologie vom Server und übergibt sie an den Handheld.	Handheld
<i>GetUsers</i>	Übergabe der Authentifizierungsdaten der Benutzer an den Handheld.	Handheld (initiiert beim Starten der Handheld-Anwendung)
<i>PutActualInventory</i>	Übergibt Inventurergebnisse an den Controller.	Handheld

Für die Kommunikation mit dem Server werden zusätzliche Funktionen zur Verfügung gestellt, da es dem Server nicht erlaubt ist, eine direkte Verbindung mit dem Controller zu initiieren (wegen der Security Anforderungen von SD-Kunden).

6.2.2 Printer Service

Der Printer Service läuft als Teil des Controller-Services auf dem Controller-PC und bietet Webservices zum Ansprechen des RFID-Druckers an (z.B. beim Einchecken von Waren). Er basiert auf dem RFID-Framework, wobei die Erweiterungen für entsprechende Drucker (Sato und Toshiba) ausimplementiert wurden. Der RFID-Drucker ist via LAN am RLIMS-Controller PC angebunden.

Der Printer-Service besteht aus folgenden Komponenten:

- RFID-Drucker
- Printer-Service (als Teil des Controller-Service), der folgenden Unterkomponenten umfasst:
 - Kommunikations-Thread der einerseits mit dem Drucker kommuniziert und Druckbefehle an ihn schickt, andererseits auf eine Rückmeldung für gerade ausgedruckten Label wartet, und diese auswertet. Falls es zu einer Fehlermeldung kommt, wird bis zu drei Mal versucht den Tag zu drucken. Sofern der Fehler bestehen bleibt, wird eine Fehlermeldung an den Server gesendet und der Druckauftrag wird abgebrochen.
 - lokale Persistenz zur Unterstützung der Offline-Funktion.

6.2.3 Trust-Box Service

Das Trust-Box Service ist die Schnittstelle zwischen RLIMS-Controller und fixem RFID-Lesegerät.

Das Trust-Box Service, das permanent auf dem Controller-PC läuft, kommuniziert einerseits mit allen konfigurierten RFID-Lesegeräten, um die Daten der RFID-Tags der Waren zu lesen und überträgt andererseits alle ausgelesene IDs an den RLIMS Server.

Daher besteht der Trust-Box Service aus folgenden Komponenten:

- RFID-Hardware: UHF Lesegerät mit einer oder mehreren Antennen (mindestens eine, optional kann der Reader bis zu vier Antennen betreiben).
- Controller Service– der intern aus folgende Komponenten besteht:
 - lokale Persistenz zum Puffern der Daten der verbrauchten Items, um die Offline Funktionalität zu unterstützen,
 - ein oder mehrere Leser-Betrieb-Threads, die die verbrauchten Objekte in die lokale Persistenz überführt,
 - ein Kommunikationsthread, der in regelmäßigen Abständen versucht, ausgelesenen IDs an den Server zu senden (Offline-Fähigkeit).

6.2.4 Handheld Service Komponente

Der Handheld Service ist der Drehpunkt hinsichtlich der Kommunikation zwischen dem Handheld, dem Controller und dem Server. Dieser Service kommuniziert sowohl mit dem Server als auch mit dem Handheld und leitet die Daten entsprechend weiter.

6.3 RLIMS Handheld

Der RFID Handheld, der mit RLIMS verwendet wird, ist ein industrietauglicher Microsoft Windows Mobile 6.5 Handheld-PC mit RFID-Modul und Pistolengriff.

Die RLIMS Handheld-Anwendung ist eine Windows Mobile 6.5 Desktop-Anwendung. Wie bereits erwähnt, erfolgt die Kommunikation mit dem RLIMS-Server über den Controller via Web-Services.

Aufgrund der limitierten Bildschirmgröße am Handheld, wurde eine einfache Oberfläche mit folgenden Funktionen implementiert:

- Inventar
- Check-In
- Check-Out

Die Prozesse wurden bereits in Kapitel 6.1.2 allgemein beschrieben.

7 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurde das Inventarisierungs-Management System für Labors und Krankenhäuser mit Einsatz von RFID-Technologie untersucht und dargestellt. Nach einer kurzen Definition der Problemstellungen wurde ein Überblick über die RFID-Technologie gegeben und die Geschichte der RFID-Technologie betrachtet.

Darauffolgend wurde eine Kosten-Nutzen Analyse über für die Entwicklung der Software und die RFID-Hardware durchgeführt. Es hat sich herausgestellt dass die Investition nach knapp anderthalb Jahren den Return-On-Investment erreichen kann.

Um die richtige Hardware auswählen zu können und vor allem um zu beweisen, dass die ausgewählte RFID-Technologie tatsächlich für den aktuellen Fall auch funktioniert, wurden mehrere in Frage kommende Geräte evaluiert und getestet. Danach wurde eine Machbarkeitsstudie über die Nutzung der UHF RFID-Tags auf Behältern mit Flüssigkeiten gemacht, und somit dem Kunden die Möglichkeiten aber auch die Grenzen der Technologie speziell bei Flüssigkeiten gezeigt.

Die letzten zwei Kapitel beschäftigen sich mit der Software-Architektur bzw. mit der Analyse der Anforderungen und deren Implementierung.

Das RLIMS hat, unter Zuhilfenahme der RFID-Technologie, die Prozesse der Bestellungen, Einlagerungen und Ausbuchungen signifikant verbessert. Dadurch kann sichergestellt werden, dass die Produkte vorrätig sind, bzw. vor Ablauf verbraucht werden. Es ist erwähnenswert, dass RLIMS - nach einer langen Test-Phase mit unseren ausgewählten Pilot-Kunden – Marktfähigkeit erlangt hat. Das System wurde nach spezifischen Bedürfnissen von medizinischen Labors entwickelt. Es ist eine „state-of-the-art“ Lösung, die zuverlässig und skalierbar ist. Unter anderem unterstützt RLIMS die Inventarisierung mit RFID, die automatische Ausbuchung, sowie automatische Bestellungen.

Die RFID-Technologie hat in den letzten paar Jahren einen großen Schub hinsichtlich ihrer Verbreitung erlebt hat. Sehr hilfreich war hierbei die Arbeit an Standards, die weltweit verfügbar sind (z.B. EPCglobal Class 1 Gen 2, ISO-18000-6C). Einen entscheidenden Beitrag an der Verbreitung von RFID haben auch die gesunkenen Herstellungskosten für RFID-Labels geleistet.

Als (agile) Softwareentwicklungsmethodik wurde SCRUM angewendet und auf Aspekte der „Separation of Concerns“ wurde bei der Erstellung des RLIMS besonderer Wert gelegt.

7.1 Ausblick (Future Work)

Im Folgenden werden die wichtigsten offenen Themen aufgelistet, die für künftige Arbeiten von Interesse sein könnten.

Hierbei handelt es sich einerseits um mögliche Verbesserungen bezüglich der Prozess-Abläufe und andererseits um zusätzliche Funktionen bzw. Erweiterungen der Funktionalität hinsichtlich des Inventarisierungs-Prozesses und der Verbrauchs-Datenanalyse.

Ein erster Punkt wäre die Analyse- und Auswertung der Verbrauchsdaten. Wir leben in Zeiten von Big-Data und Informationen sind heutzutage wertvoll. Die Informationen, die man aus dem RLIMS bekommt, können sowohl von SD als auch von den Laboren genutzt werden. Für SD könnte man die Bestelldaten auswerten und zum Produktion-Forcasting nutzen. Andererseits könnten die Labore ihr Bestellverhalten näher analysieren und für Prozess- und Bestelloptimierungen verwenden.

Zweiter Punkt – weitere Geschäftsmodelle entwickeln. Cloud Computing gewinnt jeden Tag an Bedeutung und mehr und mehr Unternehmen verlagern ihre Daten und Applikationen in die Cloud. Das Cloud Geschäftsmodell würde für RLIMS auch Sinn machen. Man könnte RLIMS „As-a-Service“ anbieten, wobei der Kunde pro RFID-Tag zahlen würde. Das würde heißen, dass der Kunde keine Initialkosten mehr hätte. Man muss sich in diesem Fall Gedanken darüber machen, wie die allgemeine Software Architektur ausschauen würde. Um über REST-Webservices mit anderen Systemen zu kommunizieren, sind exakte Schnittstellendefinitionen nötig.

Dritter Punkt wäre ein anderes „Deployment“-Modell - ein „standalone“ RLIMS. Manche Labore möchten ihre Daten nur in eigenen Datacentern verarbeiten, momentan läuft der RLIMS-Server auf von SD zur Verfügung gestellten und von Atos gehosteten Servern.

Ein anderer offener und sehr interessanter Punkt ist die Verschiebung der Etikettierung in die Produktion. Dieses Thema braucht eine genaue Analyse des Herstellungsprozesses und der gesamten Abläufe in der Lieferkette von SD. Damit wäre die volle Verfolgbarkeit von der Produktion bis zu den Laboren gewährleistet. Hiermit wird die elektronische Kommunikation zwischen Lieferanten und Kunden sehr erleichtert.

Nächste Schritte für RLIMS

Nächster Schritt ist eine RFID-Hardware Performance Evaluierung bei den RLIMS-Kunden, da die RFID Geräte noch nicht zuverlässig genug sind.

In zukünftigen Implementierungen ist die Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit der Handheld Applikation (ev. Unterstützung von Mobilgeräte) und die Weiterentwicklung des RLIMS vorgesehen.

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 2-1:</i>	Überblick über Auto-ID Verfahren [4].	7
<i>Abbildung 2-2:</i>	Unternehmen, die an der RFID-Konzeptionierung von EPCglobal und des Auto-ID Centers teilgenommen haben [13].	10
<i>Abbildung 2-3:</i>	Komponenten eines RFID-Systems [4].	11
<i>Abbildung 2-4:</i>	RFID-Transponder mit verschiedenen Koppereinheiten – a) Spule; b) und c) Antenne (Quellen: Texas Instruments, UPM und Alien).	12
<i>Abbildung 2-5:</i>	RFID-Transponder in verschiedene Bauformen.(Quelle: Intermec, alphacrucis, web).	12
<i>Abbildung 2-6:</i>	Smart Label, auch Smart Tag genannt.	12
<i>Abbildung 2-7:</i>	RFID-Lesegerät Komponenten [17].	16
<i>Abbildung 2-8:</i>	RFID Integration im Healthcare [31].	21
<i>Abbildung 2-9:</i>	Die Vorteile der RFID-Verwendung im Gesundheitssektor [25].	23
<i>Abbildung 3-1:</i>	Dreistufiges Prozess zur Festlegung des Nutzens [38].	30
<i>Abbildung 3-2:</i>	Die Investition in RLIMS hat sich nach knapp eineinhalb Jahren amortisiert.	41
<i>Abbildung 4-1:</i>	Getestete Transponder: a) UPM Raflatac Web; b) Smartrac Web.	44
<i>Abbildung 4-2:</i>	i) Motorola FX7400, ii) Motorola AN480 (Quelle: Motorola).	46
<i>Abbildung 4-3:</i>	i) Siemens RFID-Reader RF670R, ii) Siemens Antenne SIMATIC RF660A (Quelle: Siemens).	48
<i>Abbildung 4-4:</i>	Intermec IF2 (Quelle: Intermec).	49
<i>Abbildung 4-5:</i>	Motorola MC3190-Z (Quelle: Motorola).	51
<i>Abbildung 4-6:</i>	Intermec CN3 mit IP30 RFID Griff. (Quelle: Intermec).	52
<i>Abbildung 4-7:</i>	PSION Teklogix WAP 3.	54
<i>Abbildung 4-8:</i>	i) Sato GL408e ii); Intermec PM4i; iii) Zebra RZ400. (Quelle: Sato, Intermec, Zebra).	54
<i>Abbildung 4-9:</i>	i) Intermec 43t; ii) Intermec PM43; iii) Toshiba B-EX4T1 (Quelle: Intermec, Toshiba)	55
<i>Abbildung 4-10:</i>	Testergebnisse der Leseabstandsmessung mit stationären Lesegeräten. .	63
<i>Abbildung 4-11:</i>	Testergebnisse der Leseratenmessung mit stationären Lesegeräten.	64
<i>Abbildung 4-12:</i>	Testergebnisse der Leseabstandsmessung mit Handheld-Readern.	66
<i>Abbildung 4-13:</i>	Testergebnisse der Leseratenmessung mit Handheld Readern.	67

<i>Abbildung 4-14:</i>	Platzierung von Tags und Ampullen.....	71
<i>Abbildung 4-15:</i>	Platzierung der Tags - Flaschen vollständig gefüllt.	72
<i>Abbildung 4-16:</i>	Platzierung der Tags - teilweise gefüllten Flaschen.....	73
<i>Abbildung 5-1:</i>	SCRUM Framework [55].....	77
<i>Abbildung 6-1:</i>	RLIMS allgemeiner Überblick.....	85
<i>Abbildung 6-2:</i>	Schichten (Layers) des RLIMS-Server.	87
<i>Abbildung 6-3:</i>	Inventarbaum (engl. Inventory tree).....	89
<i>Abbildung 6-4:</i>	Bestandsprüfung Workflow.	91
<i>Abbildung 6-5:</i>	Bestandsaufnahme Szenario für eine gemeinsame Lage.	92
<i>Abbildung 6-6:</i>	Einlagerung Prozess.	93
<i>Abbildung 6-7:</i>	Bestell Prozess.....	97
<i>Abbildung 6-8:</i>	Die Zustände des Bestellworkflows.....	100
<i>Abbildung 6-9:</i>	RLIMS Verteilungs-Diagramm.....	101
<i>Abbildung 6-10:</i>	RLIMS Controller-Service allgemeiner Übersicht.	102
<i>Abbildung 6-11:</i>	RLIMS Controller Software Schichten.	103
<i>Abbildung 6-12:</i>	RFID-Sensing Framework.	103

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 2-1:</i>	RFID Jahrzehnte [4].	10
<i>Tabelle 2-2:</i>	Vergleich zwischen RFID und Barcode.	17
<i>Tabelle 2-3:</i>	ISO 18000 Standards. [Quelle: http://www.iso.org].	19
<i>Tabelle 2-4:</i>	Vorteile der Verwendung von RFID im Gesundheitssektor [32].	24
<i>Tabelle 3-1:</i>	Kostenkategorien (In Anlehnung an [13] und [38]).	29
<i>Tabelle 3-2:</i>	Nutzenkategorien und Qualifizierung von Nutzenarten (In Anlehnung an [38]).	31
<i>Tabelle 3-3:</i>	Die wichtigsten Markttreiber für Inventarisierungs-Management System. ...	33
<i>Tabelle 3-4:</i>	RLIMS Mark- und Kundensegmentierung.	35
<i>Tabelle 3-5:</i>	Nutzenabschätzungen für RLIMS.	37
<i>Tabelle 3-6:</i>	RFID Hardware Einkaufskosten pro RLIMS-Kit (RLIMS-Kit: RFID-Lesegerät mit einer Antenne, RFID-Handheld, RFID-Drucker).	38
<i>Tabelle 3-7:</i>	RLIMS Projektkosten.	39
<i>Tabelle 3-8:</i>	RLIMS laufende Betriebs- und Wartungskosten pro Jahr und pro 100 Kunden.	39
<i>Tabelle 3-9:</i>	RLIMS Wirtschaftlichkeitsberechnungen.	40
<i>Tabelle 4-1:</i>	Angaben über RFID-Labels.	45
<i>Tabelle 4-2:</i>	Bewertungskriterien für RFID-Lesegeräte. Detailangaben zu Motorola FX7400, Siemens RF 670R und Intermec IF2.	50
<i>Tabelle 4-3:</i>	Bewertungskriterien RFID-Handheld. Detailangaben zu Motorola MC3190-Z, Intermec CN3 und Psion Teklogix WAP 3.	53
<i>Tabelle 4-4:</i>	Bewertungskriterien RFID-Drucker. Detailsangaben zu SATO GL408e, Zebra RZ400 und Intermec PM4i.	57
<i>Tabelle 4-5:</i>	Bewertungskriterien RFID-Drucker. Detailsangaben für Intermec PM43, Intermec 43t, Toshiba B-EX4T1.	59
<i>Tabelle 4-6:</i>	Lesetests mit den stationären UHF-Lesegeräten.	62
<i>Tabelle 4-7:</i>	Lesetests mit den stationären UHF-Lesegeräten.	63
<i>Tabelle 4-8:</i>	Entscheidung zwischen Motorola, Siemens und Intermec UHF-Reader.	64
<i>Tabelle 4-9:</i>	Die Berechnung der Lesegeschwindigkeit für die Handheld Reader.	65
<i>Tabelle 4-10:</i>	Die Berechnung der Lesegeschwindigkeit für die Handheld Reader.	66
<i>Tabelle 4-11:</i>	Entscheidung zwischen Psion, Intermec und Motorola Handhelds.	67

<i>Tabelle 4-12:</i>	Entscheidungsmatrix für RFID-Drucker.	70
<i>Tabelle 5-1:</i>	Die Hauptanforderungen an das RLIMS	78
<i>Tabelle 6-1:</i>	RLIMS Web-Services.....	88
<i>Tabelle 6-2:</i>	Die Liste der Parameter für Bestellungsregeln.....	98
<i>Tabelle 6-3:</i>	Liste alle Controller Web-Services.....	104

Glossar

AutoID – Automatische Identifikation und Datenerfassung

ASN – Advanced Shipping Note

DoD - Department of Defense

EAS – Electronic Article Surveillance

EDI - Electronic Data Interchange.

EPC – Electronic Product Code

FTE – Full Time Equivalent

GTIN – Global Trade Item Number

GPIO – General Purpose Input/Output

GUI – Graphical User Interface

IC – Integrierter Schaltkreis (*engl. Integrated Circuit*)

IFF – (*engl. Identification, Friend or Foe*) Freund-Feind-Erkennung System

IoT - Internet of Things

IRR - Internal Rate of Return

ISO - International Organization for Standardization

NPV - Net Present Value.

PoE – Power over Ethernet

PO Number – Purchase Order Number

RFID – Radio Frequency Identification

RLIMS – RFID Lab Inventory Management System

ROI - Return On Investment

SD – Smart Diagnostics

SCM – Supply Chain Management

SGTIN – Serialized GTIN

SO – Sales Order

Literaturverzeichnis

- [1] N.-C. Wu, M. Nystrom, T.-R. Lin und H.-C. Yu, „Challenges to global RFID adoption,“ *Technovation*, Bd. 12, Nr. 12, pp. 1317-1323, 2006.
- [2] W. Yao, C.-H. Chu und Z. Li, „The use of RFID in healthcare: Benefits and barriers,“ *RFID-Technology and Applications (RFID-TA), 2010 IEEE International Conference on*, pp. 128-134, IEEE, 2010.
- [3] S. Kumar, E. Swanson und T. Tran, „RFID in the healthcare supply chain: usage and application,“ *International Journal of Health Care Quality Assurance*, Bd. 22, Nr. 1, pp. 67-81, 2009.
- [4] K. Finkenzeller, *RFID Handbuch: Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC*, 6. Auflage, München: Hanser Verlag, 2012.
- [5] B. Oertel, M. Wölk, L. Hilty, A. Köhler, H. Kelter, M. Ullmann, und S. Wittmann, „Risiken und Chancen des Einsatzes von RFID-Systemen,“ *Trends und Entwicklungen in Technologien, Anwendungen und Sicherheit. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik*, Bonn, 2004.
- [6] M. Roberti, „The History of RFID Technology,“ *RFID journal*, 2005.
- [7] J. Landt, „Shrouds of Time: The history of RFID,“ *AIM Publication*, 2001.
- [8] „RFID Technologie: Geschichte von RFID,“ http://de.wikibooks.org/wiki/RFID-Technologie#Geschichte_von_RFID. [Online; Zugriff am 05.04.2013].
- [9] S. B. Miles, S. E. Sarma und J. R. Williams, *RFID technology and applications*, vol. 1. New York: Cambridge University Press, 2008.
- [10] „Freund-Feind-Erkennung,“ <http://de.wikipedia.org/wiki/Freund-Feind-Erkennung>, 2013. [Online; Zugriff am 05.04.2013].

- [11] H. Stockman, "Communication by means of reflected power," *Proceedings of the IRE*, Bd. 36, Nr. 10, pp. 1196–1204, 1948.
- [12] „Die Historie von RFID,“ http://www.info-rfid.de/content/technologie/historie/index_ger.html. [Online; Zugriff am 06.04.2013].
- [13] F. Gillert und W. Hansen, *RFID für die Optimierung von Geschäftsprozessen: Prozess-Strukturen, IT-Architekturen, RFID-Infrastruktur*. München: Hanser, 2007.
- [14] F. Thornton and P. Sanghera, *How to Cheat at Deploying and Securing RFID*. Syngress Publishing, 2007.
- [15] „GS1 Tag Class Definitions,“ www.gs1.org/docs/epcglobal/TagClassDefinitions_1_0-whitepaper-20071101.pdf. [Online; Zugriff am 01.10.2013].
- [16] Norbert Bartneck, V. Klaas und H. Schönherr, *Prozesse optimieren mit RFID und Auto-ID*. Erlangen: Publicis Corporate Publishing, 2008.
- [17] E. Fleisch und F. Mattern, *Das Internet der Dinge - Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis: Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen*. Berlin: Springer Verlag, 2005.
- [18] E. Walk, D. Büth, M. Desch, M. Rödig, F. Neubauer, A. Gauby und A. Hoisl, „*RFID Standards and Radio Regulations. Final Report, CE RFID*,“ Juli, 2008. <http://www.rfid-in-action.eu/public/results/standards/standards.pdf>. [Online; Zugriff am 08.10.2013].
- [19] B. D. Janz, M. G. Pitts und R. F. Otondo, „Information systems and health care-II: Back to the future with RFID: Lessons learned-some old, some new,“ *Communications of the Association for Information Systems*, Bd. 15, Nr. 1, p. 7, 2005.
- [20] E. V. Wilson und N. K. Lankton, „Modeling patients' acceptance of provider-delivered e-health,“ *Journal of the American Medical Informatics Association*, Bd. 11, Nr. 4, pp. 241-248, 2004.

- [21] S. F. Wamba, A. Anand und L. Carter, „A literature review of RFID-enabled healthcare applications and issues,“ *International Journal of Information Management*, Bd. 33, Nr. 5, pp. 875-891, 2013.
- [22] E. W. Ngai, J. Poon, F. Suk und C. Ng, „Design of an RFID-based healthcare management system using an information system design theory,“ *Information Systems Frontiers*, Bd. 11, Nr. 4, pp. 405-417, 2009.
- [23] I. K. Mun, A. B. Kantrowitz, P. W. Carmel, K. P. Mason und D. W. Engels, „Active RFID system augmented with 2D barcode for asset management in a hospital setting,“ in *IEEE International Conference on RFID*, 2007.
- [24] B. Chowdhury und R. Khosla, „RFID-based hospital real-time patient management system,“ in *ICIS 2007. 6th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science*, 2007.
- [25] E. Ngai, K. K. Moon, F. J. Riggins, und Y. Y. Candace, „RFID research: An academic literature review (1995-2005) and future research directions,“ *International Journal of Production Economics*, Bd. 112, Nr. 2, pp. 510-520, 2008.
- [26] F. Aguado Correa, M. J. Alvarez Gil und L. Barcos Redin, „RFID and health management: is it a good tool against system inefficiencies?,“ *International journal of healthcare technology and management*, Bd. 8, Nr. 3-4, pp. 268--297, 2007.
- [27] S. Bureau, M. Bick, S. Piramuthu, Y. Meiller, W. Zhou und S. F. Wamba, „Radio frequency identification: a case for health care,“ in *Proceedings of the 12th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services*, ACM, 2010.
- [28] E. Hanada und T. Kudou, „Effective use of RFID in medicine,“ in *7th International Symposium on Medical Information and Communication Technology (ISMICT)*, 2013.
- [29] R. Bunduchi, C. Weisshaar und A. U. Smart, „Mapping the benefits and costs associated with process innovation: The case of RFID adoption,“ *Technovation*, Bd. 31, Nr. 9, pp. 505-521, 2011.

- [30] D.-S. Kim, J. Kim, S.-H. Kim und S. K. Yoo, "Design of RFID based the Patient Management and Tracking System in hospital," in *Engineering in Medicine and Biology Society, 2008. EMBS 2008. 30th Annual International Conference of the IEEE*, IEEE, 2008, pp. 1459-1461.
- [31] W. Yao, C.-H. Chu und Z. Li, „The adoption and implementation of RFID technologies in healthcare: a literature review,“ *Journal of medical systems*, Bd. 36, Nr. 6, pp. 3507-3525, 2012.
- [32] S.-W. Wang, W.-H. Chen, C.-S. Ong, L. Liu und Y.-W. Chuang, „RFID application in hospitals: a case study on a demonstration RFID project in a Taiwan hospital,“ in *Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences. HICSS'06*, 2006.
- [33] H. Hakim, R. Renouf und J. Enderle, „Passive RFID Asset Monitoring System in Hospital Environments,“ *Bioengineering Conference, 2006. Proceedings of the IEEE 32nd Annual Northeast* , pp. 217-218, IEEE, 2006.
- [34] Ö. E. Çakici, H. Groenevelt und A. Seidmann, „Using RFID for the management of pharmaceutical inventory—system optimization and shrinkage control,“ *Decision Support Systems*, Bd. 51, Nr. 4, pp. 842-852, 2011.
- [35] „Kosten von RFID-Systemen.“ <http://www.rfid-basis.de/kosten.html>. [Online; Zugriff am 07.02.2014].
- [36] J. Banks, M. Pachano, L. Thompson und D. Hanny, *RFID Applied*, New Jersey: John Wiley & Sons, 2007.
- [37] R. Brugger, *Der IT Business Case: Kosten erfassen und analysieren-Nutzen erkennen und quantifizieren-Wirtschaftlichkeit nachweisen und realisieren*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.
- [38] G. Tamm und C. Tribowski, *RFID-Informatik im Fokus*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2010.

- [39] A. Coustasse, S. Tomblin und C. Slack, „Impact of Radio-Frequency Identification (RFID) Technologies on the Hospital Supply Chain: A Literature Review,“ *Perspect Health Information Management v.10 (Fall)*, Oktober 2013.
- [40] Roche Applied Science, "Roche cIMS enables analyser-reagent management," <http://www.laboratorytalk.com/life-sciences-and-clinical-laboratory-equipment/genomics/roche-cims-enables-analyser-reagent-management/359565.article>, November 2009. [Online; Zugriff am 25.02.2014].
- [41] T. McHugh, "Supply chain management in the clinical laboratory.," *Clinical leadership & management review: the journal of CLMA*, vol. 20, no. 1, pp. E4–E4, 2005. http://www.covelab.com/CLMA_jan_feb06.pdf. [Online; Zugriff am 28.02.2014].
- [42] W. Burke, „Case Study - Inventory Management,“ *Health & Inventory Information for Quality (HI-IQ)*, 2003.
- [43] „upmraflatac Product Specification“
http://www.upmraflatac.com/europe/eng/images/51_63623.pdf. [Online; Zugriff am 10.12.2013].
- [44] SMARTRAC, *SMARTRAC Preliminary Product Specification - Web Paper Tag*, 2012.
- [45] „Motorola FX7400 Specifications“
http://www.motorolasolutions.com/web/Business/Products/RFID/RFIDReaders/FX7400/Documents/StaticFiles/FX7400_Specifications.pdf. [Online; Zugriff am 24.12.2013].
- [46] „Motrola RFID Antenna Specification,“
http://www.motorolasolutions.com/web/Business/Products/RFID/RFIDReaderAntennas/_Documents/RFIDANTENNA_Spec-Sheet.pdf. [Online; Zugriff am 24.12.2013].
- [47] Siemens, *RFID-Systeme, SIMATIC RF600, Systemhandbuch*.
- [48] „Intermec IF2 Produkt Profil,“ <http://www.intermec.com/public-files/product-profiles/de/IF2-pp-DE-web.pdf>. [Online; Zugriff am 25.12.2013].

- [49] „Motorola MC3190 Specification Sheet,“
http://www.motorolasolutions.com/web/Business/Products/Mobile%20Computers/Handheld%20Computers/MC3190-Z/_Documents/_staticfiles/MC3190-Z_RFID_Handheld_Specification_Sheet.pdf. [Online; Zugriff am 10.12.2013].
- [50] „Intermec CN3 Produkt Profil,“ http://www.intermec.com/public-files/product-profiles/de/CN3_pp_web_DE.pdf. [Online; Zugriff am 20.12.2013].
- [51] „PSION WORKABOUT PRO 3 Specification Sheet,“
http://www.pSION.com/documents/de/specSheets/WORKABOUT_PRO_3_Spec_Sheet_A4_DE.pdf. [Online; Zugriff am 20.12.2013].
- [52] A. Alliance, „Agile manifesto,“ *Online at <http://www.agilemanifesto.org>*, vol. 6, no. 6.1, 2001.
- [53] M. Cohn, *Succeeding with agile: software development using Scrum*. Addison-Wesley, 2010.
- [54] K. S. Rubin, *Essential Scrum: A practical guid to the most popular Agile process*. Addison-Wesley, 2012.
- [55] A. Schatten, M. Demolsky, D. Winkler, S. Biffel, E. Gostischa-Franta und T. Östreicher, *Best Practice Software-Engineering: Eine praxiserprobte Zusammenstellung von komponentenorientierten Konzepten, Methoden und Werkzeugen*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2010.
- [56] P. Kruchten, „The "4 + 1" View Model of Software Architecture,“ *Software, IEEE*, Bd.12, Nr. 6, pp.42-50, 1995.
- [57] F. Buschmann, R. Meunier, H. Rohnert, P. Sommerlad und M. Stal, *Pattern-Oriented Software Architecture: A system of Paterns*, Volume 1. Wiley, 1996.
- [58] M. Fowler, *Patterns of Enterprise Application*. Addison-Wesley, 2002.
- [59] R. T. Fielding, *Architectural styles and the design of network-based software architectures*. PhD thesis, University of California, Irvine, 2000.