

**Masterarbeit**

**Globale Verfolgung und Verwaltung von  
Waren via automatischer Identifikation und  
Datenerfassung**

ausgeführt am



Fachhochschul-Masterstudiengang  
Automatisierungstechnik-Wirtschaft

von

**Ing. Alen Davidovic, BSc.**

1710322002

betreut und begutachtet von

DI Michael Ganzera

Graz, im Dezember 2018



.....  
Unterschrift

## EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benützt und die benutzten Quellen wörtlich zitiert sowie inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.



.....  
Unterschrift

## DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Erarbeitung dieser Masterarbeit unterstützt und motiviert haben.

Meinen ganz speziellen Dank möchte ich an meine Familie, meine Ehefrau Monika und meinen Sohn Luka richten, welche eine große Stütze während der Erstellung dieser Arbeit und auch während des gesamten Studiums waren.

Dank gebührt selbstverständlich auch meinen Betreuern, Herrn Dipl.-Ing. Michael Ganzera von der FH Campus 02, sowie Herrn Thomas Plhak für ihre Unterstützung und Herrn Ing. Dipl.-Ing. (FH) Markus Hofer MSc, MBA; die Möglichkeit für die Abteilung KNAPP On-Site, diese wissenschaftliche Arbeit zu erstellen.

Zusätzlich möchte ich noch meinem Arbeitgeber KNAPP Systemintegration danken. Ohne meine berufliche Erfahrung wäre ich nicht in der Lage gewesen, diese Masterarbeit mit dieser herausfordernden Aufgabenstellung zu verfassen.

## **KURZFASSUNG**

Mit der vierten Entwicklungsstufe der industriellen Produktion, der sogenannten Industrie 4.0 und mit dem Beginn des Zeitalters der Digitalisierung, hat sich die Knapp AG diesen beiden Themen angenommen. In Bezug auf die globale Warenverfolgung via automatischer Identifikation und Datenerfassung, wird diese Thematik anhand dieser wissenschaftlichen Arbeit behandelt.

Diese wissenschaftliche Arbeit soll Aufschlüsse darüber geben, welche Arten von Auto ID für die KNAPP AG in Betracht gezogen werden können und was dies für eine potentielle praktische Umsetzung bedeutet. Zudem soll auch die Frage geklärt werden, wie und ob Umgebungs- und Produktionseinflüsse auf die einzelnen Auto ID Arten sowie die Verfahren mögliche negative Eingriffe hervorrufen könnten. Eine weitere Anforderung an die Knapp AG ist das unternehmerische Wachstum welche zufolge hat, dass eine Umstellung von der herkömmlichen manuellen Warenidentifikation auf eine innerbetriebliche automatisierte Warenverfolgung sowie Warenbereitstellung erzielt werden muss.

Abschließend soll diese wissenschaftliche Arbeit die Grundzüge und damit ein allgemeines Verständnis für die Auto ID in der intralogistischen Umgebung der Knapp AG, sowie die unterschiedlichen Technologien, Verfahren und Anwendungen welche zur Realisierung und Umsetzung dieser benötigt wird, vermitteln.

## **ABSTRACT**

The fourth development stage of industrial production, the so-called Industry 4.0 and the beginning of the age of digitization, Knapp AG has taken up these two topics. About the global tracking of goods via automatic identification and data collection (Auto ID), to be of great interest. This topic will be dealt within based on this scientific work.

This scientific work should provide information about which types of Auto ID can be considered for KNAPP AG and what potential practical implementation could look like. In addition, the following questions should also be clarified: how and whether environmental and production influences on the individual Auto ID types and procedures cause possible negative interventions. Another requirement for Knapp AG is the entrepreneurial growth which has led to a shift from traditional manual goods identification to in-house automated tracking and provision of goods.

Finally, this scientific work should convey the fundamentals and thus a general understanding of the Auto ID in the intralogistics environment of Knapp AG as well as the different technologies, procedures and applications needed for the realization and implementation of these types.

## INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	1
1.1	Ausgangssituation .....	1
1.2	Problemstellung .....	1
1.3	Zielsetzung.....	1
2	KNAPP AG .....	3
2.1	Geschichte .....	4
2.2	Kernbranchen .....	4
3	Logistik .....	6
3.1	Bedeutung und Wortherkunft.....	6
3.2	Geschichtliche Entwicklung .....	6
3.3	Aufgaben, Ziele und Funktionen.....	7
3.4	Intralogistik.....	9
3.4.1	Lager und Transporthilfsmittel .....	10
3.4.2	Qualitätskontrolle im Warenausgang.....	11
3.5	Gegenwart und Zukunft in der Intralogistik.....	12
3.5.1	Industrie 4.0 .....	13
3.5.2	Logistik 4.0.....	14
3.5.3	Stellenwert und Ausblick.....	15
4	Auto ID .....	16
4.1	Überblick.....	16
4.1.1	Identifikation von Transportgut .....	18
4.1.2	Schritte zur Identifikation .....	18
4.1.3	Physikalische Grundprinzipien.....	19
4.2	Übersicht der Auto ID Verfahren.....	20
4.2.1	Barcode.....	20
4.2.2	Optical Character Recognition (OCR) .....	23
4.2.3	RFID.....	23
5	RFID Technologie .....	25
5.1	Bestandteile eines RFID Systems .....	25
5.2	Frequenzbereiche, Reichweite und Normen .....	27
5.2.1	Frequenzspektrum.....	29
5.2.2	Transponder.....	32
5.2.2.1	Transponder Arten.....	33
5.2.2.2	Transponder Bauformen.....	34
5.2.2.3	Transponder Funktion vs. Funktionalität und Kosten .....	36
5.2.3	Lesegerät.....	38
5.3	Identifikationsnummern.....	39
5.3.1	Mehrere Transponder im RF Feld .....	39
5.3.2	UID oder TID.....	39

5.3.3	EPC.....	40
5.3.4	SGTIN.....	40
5.4	Near Field Communication (NFC) .....	42
5.4.1	Operations- und Kommunikationsmodus .....	42
5.4.2	Einige NFC Anwendungen .....	43
5.4.3	Software.....	43
6	Transportsysteme.....	46
6.1	Vorteile.....	46
6.2	Klassifizierung.....	46
6.3	Einsatzumgebung .....	48
6.4	Schnittstellen.....	48
6.4.1	Navigation .....	49
6.4.2	Mensch .....	49
6.4.3	Tore.....	50
7	Anforderungen der Machbarkeitsstudie .....	51
7.1	Abteilungen .....	51
7.1.1	Customizing .....	51
7.1.2	Kleinst- und Stationsverpackung .....	51
7.1.3	Versand.....	51
7.1.4	Montage .....	52
7.2	HU Prozessfolge IST .....	53
7.2.1	Waren und Versandbereitstellung ohne RFID.....	54
7.3	HU Prozessfolge SOLL.....	56
7.3.1	Waren und Versandbereitstellung mit RFID .....	57
8	Ergebnisse der Machbarkeitsstudie .....	60
8.1	Warenbereitstellung.....	60
8.1.1	Untersuchungsergebnis.....	60
8.1.2	Zusammenfassung und Ausblick.....	62
8.2	Warenidentifikation .....	63
8.2.1	Ablauf der Machbarkeitsstudie .....	63
8.2.2	Testaufbau.....	65
8.2.2.1	Software.....	65
8.2.2.2	Passive Transponder.....	67
8.2.2.3	Transponder Orientierung, Position und Ansprechfeldstärke .....	68
8.2.2.4	Messergebnisse .....	69
8.2.2.5	Untersuchungsergebnis.....	70
8.2.3	RFID UHF Kostenabschätzung .....	71
9	Zusammenfassung, Ergebnisse und Ausblick .....	72
	Literaturverzeichnis .....	73
	Abbildungsverzeichnis.....	74
	Tabellenverzeichnis.....	76

# 1 EINLEITUNG

Mit dem Grundgedanken der Vernetzung in der Industrie 4.0, der sogenannten vierten Entwicklungsstufe der industriellen Produktion und mit Beginn der Digitalisierung, stellen diese zwei Themen zusätzliche Anforderungen an die Knapp AG. Der Austausch und die Vernetzung von Informationen, Maschinen und dem Menschen spielt in der heutigen Zeit eine essentielle Rolle. Um weiter erfolgreich in der Herstellung von intralogistischen Lösungen am Markt zu bleiben, werden neue Wege der innerbetrieblichen Produktion der Knapp AG eingeschlagen. Durch die zukünftige Größe und Komplexität der innerbetrieblichen Produktionsflüsse der bestehenden und künftigen Fertigungshallen wird der Einsatz von Automatisierung und Digitalisierung mehr denn je bedeutungsvoll und soll in dieser Arbeit thematisiert werden. Wie und mit welcher Technologie können die bestehenden innerbetrieblichen Produktionsflüsse automatisiert werden und was wird für eine erfolgreiche Implementierung benötigt.

## 1.1 Ausgangssituation

Die KNAPP AG ist ein Anbieter von Systemlösungen, welche auf die individuellen Branchenanforderungen und Kundenwünsche eingeht. Als Marktführer in diversen Branchen verfügt die KNAPP AG über ein internationales Niederlassungs- und Produktionsnetzwerk. Dieses Produktionsnetzwerk soll in naher Zukunft verstärkt ausgebaut werden. Es werden zwei neue Produktionshallen, mit insgesamt 11.000 m<sup>2</sup> am Hauptstandort Hart bei Graz, entstehen.

## 1.2 Problemstellung

Aufgrund der Digitalisierung und des unternehmerischen Wachstums soll die Umstellung von der herkömmlichen manuellen Warenidentifikation auf eine innerbetriebliche automatisierte Warenverfolgung, sowie Warenbereitstellung für das Customizing und die Montage erzielt werden. Es soll der Einsatz einer geeigneten Technologie für die automatisierte Warenidentifikation, -verfolgung und -bereitstellung erarbeitet werden. Zudem sollen künftig fahrerlose Transportfahrzeuge den innerbetrieblichen Produktionswarennachschub automatisieren, erleichtern und sicherstellen um später als Add-On auf der Montage eingesetzt werden.

## 1.3 Zielsetzung

Die Zielsetzung dieser wissenschaftlichen Arbeit ist es eine Potentialuntersuchung und Konzeptionierung der geeigneten Technologien für die Produktionswarenidentifikation und Verfolgung zu ermitteln. Zudem soll eine Betrachtung über einen möglichen Einsatz von fahrerlosen Transportfahrzeugen für die Produktionswarenbereitstellung zwischen der bestehenden Produktionshalle und den neu entstehenden Customizing-Hallen gemacht werden.

Zudem soll im theoretischen Teil der wissenschaftlichen Arbeit eine Lösung anhand von Auto ID-Technologien für die Warenverfolgung erarbeitet, sowie ein Konzept für den automatisierten Warennachschub erstellt werden. Es soll erarbeitet werden, welches Auto ID System für die Identifikation von Produkten und Waren für die KNAPP AG geeignet ist. Des Weiteren soll auch geklärt werden, welche

## **Einleitung**

---

Prozessschritte für die Identifikation und den automatisierten Nachschub notwendig wären. Es soll vor allem ermittelt werden welches Auto ID System für die Umsetzung im Betrieb am besten geeignet ist und wie die Prozessschritte und die Identifikation von Produktdaten zu erfolgen haben. Kostenabschätzungen und Gegenüberstellungen der einzelnen Systeme soll Aufschluss über einen potentiellen Einsatz des jeweiligen Systems geben.

Zusätzlich soll analysiert werden, ob es eine Beeinflussung der Umwelteinflüsse, bei den Streckenverhältnissen der fahrerlosen Transportfahrzeuge, auf dem Betriebsgelände der KNAPP AG, negative Auswirkung auf das System hat. Ein Testaufbau eines Auto ID-Systems soll Aufschluss und Erkenntnisse über die Zuordnung der Produktdaten auf Warenpaletten geben. Das Primärziel des praktischen Teils wird die Konzeptauslegung und der Testaufbau von einem potentiellen Auto ID-System zur Warenidentifikation sein. Außerdem soll mittels Auto ID-System die Qualität in der Zuordnung der Paletten auf den richtigen Stellplätzen im Versandbereich auf ein Maximum gesteigert werden. Als Add on in der Zukunft soll anhand Auto ID-Technologie eine automatisierte Rückmeldung via NFC-fähigen Mobiltelefonen ans SAP erfolgen und somit die sichere Entgegennahme und mögliche Rückmeldung, sowie Weiterverarbeitung im Materialmanagement auf Montagen gewährleistet werden.

## 2 KNAPP AG

„Gegründet 1952 in Graz, beschäftigt die KNAPP AG heute 3.800 Mitarbeiter weltweit, rund 2.200 davon sind im Headquarter in Hart bei Graz tätig. Daneben verfügt die KNAPP AG über ein internationales Niederlassungs- und Produktionsnetzwerk. Die KNAPP AG versteht sich als internationales Unternehmen mit steirischen Wurzeln und hat im Jahr 2010 mit der Eröffnung der neuen Konzern- und Entwicklungszentrale und der Erweiterung der Werkshallen im Jahr 2013 ein klares Bekenntnis zum Standort Österreich abgelegt. Als Anbieter von Systemlösungen, die auf die individuellen Branchenanforderungen und Kundenwünsche eingehen, nimmt die KNAPP AG eine führende Position in den Kernbranchen und Kernmärkten ein.

Die Handlungen und Entscheidungen des Betriebes sind geprägt von den Unternehmenswerten Zuverlässigkeit, Mut, Offenheit, Wertschätzung und Kreativität. Das Bekenntnis zu diesen Werten garantiert dem Kunden einen erfolgreichen gemeinsamen Weg.

Fixer Bestandteil der Unternehmensstrategie ist das Streben nach ständiger Weiterentwicklung und die Forschung. Die KNAPP AG hat sich zum Ziel gesetzt, die Optimierung aller Geschäftsbereiche sowie die laufende Erweiterung des Dienstleistungs- und Lösungsportfolios konsequent voranzutreiben.

Im Bereich Innovation und Entwicklung schafft die KNAPP AG Platz für neue Ideen und geht bei der Produktentwicklung immer wieder neue Wege. Ziel ist es, neue Standards in diesem Bereich zu setzen, um dem Kunden immer die bestmögliche Lösung anbieten zu können“.<sup>1</sup>



Abb. 1: Logo KNAPP AG, Quelle: KNAPP AG, Online-Quelle [27.04.2018].

---

<sup>1</sup> KNAPP AG, Online-Quelle [27.04.2018].

## 2.1 Geschichte



Abb. 2: Historische Entwicklung der KNAPP AG, Quelle: KNAPP AG.

## 2.2 Kernbranchen

**Retail Solutions:** „Neben dem klassischen Einkauf im Geschäft eröffnet vor allem das Internet ungeahnte Möglichkeiten und Freiheiten, die das Kaufverhalten der Konsumenten nachhaltig beeinflusst haben. Rund-um-die-Uhr ist der Zugriff auf einen beinahe unendlichen Warenbestand möglich. Entscheidend ist, wer am schnellsten und günstigsten den gewünschten Artikel liefern kann. In diesem dynamischen Marktumfeld ergeben sich für die Intralogistik spannende neue Aufgaben. Die Anzahl der Artikel steigt, herkömmliche ABC-Strukturen verschwinden, gleichzeitig zeigt sich die Tendenz, in den Geschäften weniger Stück auf Lager zu legen, Lagerfläche zu reduzieren und somit größere Verkaufs- und Ausstellungsflächen zu schaffen. Für die Logistik bedeutet dies, spätere Bestellzeiten und schnellere Reaktionszeiten – same-and-next-day delivery sind gefragt, genauso wie eine Reduktion der Kosten pro Stück. Auch die einfache und flexible Retourenabwicklung hat im erfolgreichen E-Commerce-Business große Bedeutung.“

**Healthcare Solutions:** Aus jahrzehntelanger Tradition ist KNAPP der gesamten Healthcare Supply Chain verbunden und hat die Branche mit richtungsweisenden Innovationen geprägt. Vertrauen ist die Basis für eine erfolgreiche Partnerschaft. Ein Marktanteil von über 70 Prozent weltweit illustriert das Vertrauen, das Kunden in KNAPP setzen. Die Pharma Supply Chain befindet sich in Aufbruchsstimmung. Neue rechtliche Rahmenbedingungen auf Basis der GDP-Richtlinien (Good Distribution Practice) sowie neue Absatzkanäle stellen die Branche vor neue Anforderungen. Als langjähriger und innovativer Partner der Industrie setzt sich KNAPP mit diesen Neuerungen intensiv auseinander.

**Food Retail Solutions:** Die ständig wachsende Artikelvielfalt sowie die laufenden Veränderungen der Verpackungen und der Produktpäsentation stellen eine große Herausforderung für den Lebensmittelhandel dar. Neben Großlieferungen an Filialen gewinnen auch neue Geschäftsbereiche immer mehr an Bedeutung: Die Belieferung von Tankstellen, Bahnhöfen, Gastromärkten sowie direkte

Heimzustellungen durch E-Commerce, M-Commerce und auch Drive-Konzepte führen zu unterschiedlichsten Auftragsstrukturen mit immer kleineren Mengen und Zustellfenstern. Das Food Retail Portfolio umfasst eine universelle Gesamtlösung für eine wirtschaftliche, ökologische und ergonomische Kommissionierung aller Sortimentsklassen sowie eine innovative Lösung für das vollautomatisierte Handling von unterschiedlichen Standardgebinden. Auch für den stark wachsenden Online-Lebensmittelhandel und Omni-Channel-Anwendungen bietet KNAPP eine maßgeschneiderte Systemlösung. Zudem umfasst das Portfolio die gesamte Retourenlogistik sowie speziell das Leergutmanagement.

**Fashion Solutions:** Rasant wechselndes Sortiment, wachsende Artikelzahlen und saisonale Schwankungen prägen die Fashion-Branche: Dabei stehen höchste Qualität, optimale Lieferzeiten und Lieferservice im Zentrum der Anforderungen. Auch die Möglichkeit, mehrere Distributionskanäle von einem Standort aus zu bedienen, gewinnt zunehmend an Bedeutung. Mit umfassender Branchenkenntnis und bewährten technologischem Know-how findet KNAPP neue Wege, um Ihre Geschäftsprozesse schneller, flexibler und fehlerfrei zu gestalten. KNAPP bietet ein einzigartiges, breitgefächertes Lösungsportfolio, das einen optimalen und effizienten Warenfluss, same & next day delivery, shop-friendly-picking, value added services und eine artikelschonende Lagerung und Kommissionierung ermöglicht.

**Industry Solution:** Der Industrie- und Produktionsbereich stellt spezielle Anforderungen an die Intralogistik: So gilt es, Rohstoffe sowie Halbfertig- und Fertigprodukte effizient zu transportieren, zu lagern, zu puffern und auszuliefern. Darüber hinaus steht die zeitlich optimierte Versorgung der Arbeitsplätze mit dem richtigen Material in der richtigen Menge im Vordergrund. Die sorgfältige und sichere Handhabung der teilweise schweren oder empfindlichen Werkstücke und Rohstoffe ist ebenfalls eine große Herausforderung. Mit diesen Anforderungen bietet der Bereich Industrie und Produktion großes Automatisierungspotential. KNAPP Industry Solutions ist der Spezialist für maßgeschneiderte Lösungen für Industrie-, Produktions-, und Distributionslösungen in der KNAPP-Gruppe. Die Kombination aus hochflexiblem Shuttle-System (YLOG-Shuttle) und freifahrendem Transportsystem (Open Shuttle) bietet eine ideale Lösung für die automatisierte Versorgung von Arbeitsplätzen in der Produktion. Im Smart Warehouse können Automatisierungsgrad, Flexibilität, Geschwindigkeit, Effizienz sowie die Qualität des Arbeitsumfeldes für den einzelnen Mitarbeiter gesteigert werden.“<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Knapp AG (2018), Online-Quelle [18.07.2018].

### 3 LOGISTIK

In diesem Kapitel wird ein Einblick über die historische Entwicklung der Logistik sowie die einzelnen Bereiche, Funktionen, Arten und Verfahren welche heutzutage nicht mehr wegzudenken sind, näher erläutert. Zudem wird auf die Wortherkunft und den gegenwärtigen Stellenwert der Intralogistik, Industrie und Logistik 4.0 näher eingegangen.

#### 3.1 Bedeutung und Wortherkunft

Wird der Begriff Logistik näher betrachtet so hat dieses seine Wurzeln im altgriechischen und das Wort dafür ist *logistike* [λογιστική], was übersetzt die praktische Rechenkunst bedeutet. Im französischen wird aus dem Wort *logistique* der sogenannte Nachschub abgeleitet und aus diesem wird der Bezug zum Militärwesens hergestellt, welche schon vor Jahrhunderten die Römer für die Versorgung und den Nachschub ihrer Truppen perfektioniert hatten.<sup>3</sup>

Heutzutage ist der Begriff Logistik allgegenwärtig und wird nicht nur mit dem Militärwesen in Verbindung gebracht. Im täglichen Alltag begegnen wir andauernd der Logistik bzw. Teile davon, sei es die Verkehrslogistik welche einen reibungslosen Ablauf im Verkehrsnetz gewährleistet oder sobald wir einen Einkauf tätigen im Lebensmittelgeschäft, hat die Logistik ihren Beitrag dazu geleistet. Ohne optimale Planung und Durchführung in der Logistik wäre heutzutage vieles erschwert und daher hat die Logistik einen hohen Stellenwert im alltäglichen Leben.

#### 3.2 Geschichtliche Entwicklung

Die Geschichte der Logistik reicht bis weit ins 10. Jahrtausend vor Christus, wie in der Abb. 3 zu entnehmen ist. Mit Booten, Schifffahrten und mit der Eisenbahn wurden Güter und Waren rund um die Welt befördert.

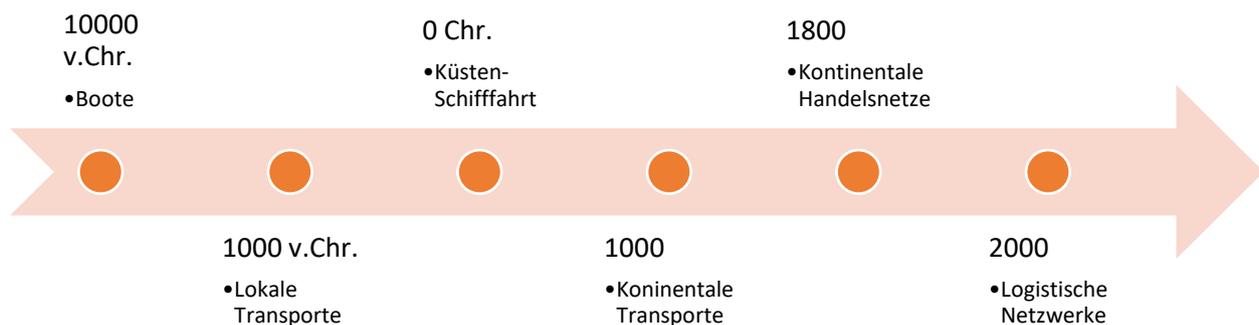


Abb. 3: Geschichtliche Entwicklung der Logistik, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Gudehus (2010).

<sup>3</sup> Vgl. o.V. (2018), Online-Quelle [06.09.2018].

Der Unterschied zur heutigen Logistik liegt in den technischen Lösungsmöglichkeiten, den höheren Geschwindigkeiten und den geringen Energiekosten sowie größeren Kapazitäten und der globalen Vernetzung.<sup>4</sup>

### 3.3 Aufgaben, Ziele und Funktionen

„Die Logistik ist die Lehre der ganzheitlichen Planung, Bereitstellung, Durchführung und Optimierung von Prozessen der Ortsveränderung von Gegenständen, Daten, Energie und Personen sowie der notwendigen Transportmittel selbst. Sie sichert den quantitativen und qualitativen Erfolg von Transportprozessen und die räumliche Mobilität der betrachteten Objekte. Die Logistik ist Gegenstand der Wirtschafts- und Ingenieurwissenschaften.“<sup>5</sup>

Das Hauptziel der Logistik ist es eine Optimierung der Logistikeffizienz zu erzielen. Um dieses Ziel zu erreichen benötigt es die optimale Integration der gesamten Supply Chain vom Lieferanten über den Hersteller bis zum Endkonsumenten.<sup>6</sup>

Die Unternehmenslogistik kann in vier Hauptbereiche unterteilt werden:<sup>7</sup>

- **Beschaffungslogistik**
- **Produktionslogistik**
- **Entsorgungslogistik**
- **Distributionslogistik/Intralogistik**

„Die **Beschaffungslogistik** umfasst die komplexe Planung, Steuerung und physische Behandlung des Material- und Kaufteilflusses von den Lieferanten bis zur Bereitstellung für die Produktion einschließlich der dazu erforderlichen Informationsflüsse, mit dem Ziel der Beschleunigung der Flüsse und der Minimierung der Aufwendungen für den gesamten Beschaffungsprozess.

Die **Produktionslogistik** umfasst die komplexe Planung und Steuerung der Produktions-, innerbetrieblichen Transport-, Umschlags- und Zwischenlagerungsprozesse einschließlich der dazu erforderlichen Informationsprozesse, mit dem Ziel der Beschleunigung der Flüsse und der Minimierung der Aufwendungen für den Produktionsprozess.

Die **Distributionslogistik** umfasst die komplexe Planung, Steuerung und physische Behandlung des Fertigwaren- sowie Erzeugnisflusses von der Warenübernahme aus der Produktion bis hin zum Abnehmer, einschließlich der dazu erforderlichen Informationsflüsse, mit dem Ziel der Beschleunigung der Flüsse und Minimierung der Aufwendungen für den gesamten Absatzprozess.

Die **Entsorgungslogistik** umfasst die komplexe Planung, Steuerung und physische Behandlung des Flusses der Produktionsabfälle und Altprodukte vom Aufkommensort bis hin zur umweltgerechten Deponie

---

<sup>4</sup> Vgl. Gudehus (2010), S. 3.

<sup>5</sup> o.V. (2018), Online-Quelle [27.07.2018].

<sup>6</sup> Vgl. Martin (2014), S. 3.

<sup>7</sup> Vgl. Martin (2014), S. 3.

und zum Recycling einschließlich der dazu erforderlichen Informationsflüsse, mit dem Ziel der Beschleunigung der Flüsse und Minimierung der Aufwendungen für den gesamten Entsorgungsprozess.

Die **Transportlogistik** umfasst die komplexe Planung, Steuerung und Durchführung der Material-, Teile-, Erzeugnis-, Ver- und Entsorgungstransporte einschließlich der dazu erforderlichen Informationsflüsse unter Einbeziehung aller Verkehrsträger, mit dem Ziel der Minimierung des Aufwandes für die Gesamtheit der Transportprozesse und der Beschleunigung der materiellen Flüsse.

Die **Lagerlogistik** umfasst die komplexe Planung, Steuerung und das Handling von Gütern in einem Lager einschließlich der erforderlichen Informationsflüsse, mit dem Ziel der optimierten Gestaltung der Gesamtheit und des Zusammenwirkens der Lager-, Kommissionier-, und der Transportsysteme.

Die **Materialwirtschaft** umfasst die komplexe Planung und Steuerung der Ermittlung der Bedarfe und des Führens von Beständen einschließlich der erforderlichen Informationsflüsse, mit dem Ziel die für die Leistungserstellung notwendigen Material in richtiger Qualität und Menge zum richtigen Zeitpunkt am rechten Ort zu geringsten Kosten bereitzustellen.“<sup>8</sup>

Zusammenfassend sind die Lagerlogistik, die Produktionslogistik und die Transportlogistik basierend den Anforderungen und Branche der Knapp AG ausschlaggebend für die Untersuchung und Findung des Lösungskonzepts dieser wissenschaftlichen Arbeit.

Hauptziel der Logistik ist der heutigen Zeit entsprechend eine preiswerte Bereitstellung von Waren, in entsprechend hohen Kapazitäten und in einer dem Kundenwunsch entsprechenden Qualität.

Aus diesem Grund definiert die Logistik folgende Ziele:

- **Leistungssteigerung**
- **Qualitätssicherung**
- **Kostensenkung**

„Um wirtschaftlich produzieren zu können, müssen am Arbeitsplatz bzw. dem Verbraucher Materialien oder Güter bereitgestellt werden, und zwar:“<sup>9</sup>

- **die richtigen Materialien und Güter**
- **in der richtigen Menge**
- **mit der richtigen Qualität**
- **zur richtigen Zeit**
- **am richtigen Ort**
- **zu minimalen Kosten**
- **und mit der zugehörigen richtigen Information**

Diese sieben R's stellen in der heutigen Zeit die Eckpfeiler der modernen Logistik dar. Der letzte Eckpfeiler, die richtige Information, wird in dieser wissenschaftlichen Arbeit stark thematisiert und soll Aufschluss über die Verknüpfung der Informationen mit dem Transportgut geben.

---

<sup>8</sup> Matyas (2013), S. 8 ff.

<sup>9</sup> Martin (2014), S. 3.

### 3.4 Intralogistik

„Der Begriff Intralogistik kommt erstmals im Jahr 2003 vor und wurde auf einer Pressekonferenz zur Ankündigung der CEMAT 2005 vom VDMA in Hannover mit der folgenden Definition vorgestellt:“<sup>10</sup>

*„Die Intralogistik befasst sich mit der „Organisation, Steuerung, Durchführung und Optimierung des innerbetrieblichen Materialflusses, der Informationsströme sowie des Warenumschlags in der Industrie, Handel und öffentlichen Einrichtungen.“<sup>11</sup>*

„Der Schwerpunkt der Intralogistik ist der Lösungsansatz eines Materialflusses innerhalb eines Logistiknetzwerks. Des Weiteren steuert es im Rahmen des Supply Chain Management, den Materialfluss entlang der Wertschöpfungskette.“<sup>12</sup>

Hauptfunktionen der Intralogistik sind die Lagerung, Kommissionierung und in weiterer Folge die Sortierung und Verteilung von unterschiedlichen Produkten. Um diese Funktionen erfüllen zu können, werden verschiedene Lager-, Kommissionier- und Sortiersysteme eingesetzt. Damit der Datenaustausch und die Steuerung zwischen diesen einzelnen Systemkomponenten und dem Lagerbetreiber erfolgen kann, werden unterschiedliche Softwareprodukte eingesetzt.

Die Intralogistik wird als Verbindungsstück zwischen Produktion und Endkonsumenten betrachtet und hat folgende Aufgaben und Ziele:<sup>13</sup>

- **Aufgabe der Intralogistik:** Die Intralogistik besteht aus unterschiedlichen Bereichen, wie beispielsweise der Förder-, Lager-, Informations- und Materialflusstechnik, welche auch dementsprechend integriert werden müssen.
- **Ziele der Intralogistik:** Das Ziel der Intralogistik ist es, durch einen optimalen innerbetrieblichen Prozessablauf, die Bereitstellung von Produkten für den Endkonsumenten termingerecht und kostengünstig zu schaffen.

Dies soll durch erfolgreiche und effiziente Planung, Gestaltung, Steuerung und Kontrolle des Bereitstellungsflusses erfolgen.

Wie technisch korrekt und wirtschaftlich vertretbar soll die Intralogistik für die Betriebswirtschaft in einem Intralogistiksystem sein. Die Transport-, Kommissionier-, Sortier- und Lagersysteme müssen durch ständiges Überwachen, Planen, Kontrollieren, Bewerten und Informieren wirtschaftlich bleiben. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht lassen sich damit die kurz-, mittel und langfristigen Logistikstrategien ermitteln. Durch ständiges Analysieren und Planen lassen sich Investitionsrechnungen leichter aufstellen. Das Entwickeln von Logistikstrategien wird durch Festlegung von Kennzahlen und der Bewertungen möglicher Alternativen begleitet. Unter Strategien versteht man die Wege und die Vorgehensweise zur

---

<sup>10</sup> o.V. (2018), Online-Quelle [14.09.2018].

<sup>11</sup> o.V. (2013), Online-Quelle [08.08.2016].

<sup>12</sup> ten Hompel/Sadowsky/Beck (2011), S. 135.

<sup>13</sup> Vgl. Martin (2014), S. 7.

Erreichung eines Zieles. Das Ziel gibt an „was“ erreicht werden soll, und die Strategie sagt „wie“ die Zielerfüllung zu erfolgen hat.<sup>14</sup>

Die Produktbereiche als die Kernelemente der Intralogistikbranche:<sup>15</sup>

- Stetigförderer
- Lagersysteme
- Flurförderzeuge
- Software
- Kräne
- Industrielle Kommunikation
- Informationssysteme
- Identifikationssysteme

### 3.4.1 Lager und Transporthilfsmittel

In den meisten von Knapp AG bedienten Lagersystemen und selbst am Hauptstandort kommen folgende Transportgutarten für den innerbetrieblichen Produktionstransport zum Einsatz:

- Euro Palette
- Chep Palette
- Sonder Paletten
- Industrie Paletten

Die Euro Standardpalette dient als Ladehilfsmittel zum Transport von Stückgut und Waren. Die Beladung einer Palette kann die Höhe von 2 m erreichen, die Beladehöhe wird in der Praxis durch die verfügbaren Lichten der Regalfachhöhen und durch die Art und Weise der Bedienung der Palette begrenzt. Die Maximalmasse einer beladenden Palette liegt bei automatischem Transport in der Größenordnung von 1200 kg. Grundvoraussetzung für einen automatischen Transport ist, dass die Kufen der Palette unbeschädigt sind. Zusätzlich ist sicherzustellen, dass die auf der Palette gelagerte Ware gesichert ist. Ist die Ware instabil, kann eine Ladungssicherung durch Wickeln der Palette erreicht werden. Wird eine Palette automatisch transportiert und gelagert ist sicherzustellen, dass die Wickelfolie den Kufenfreiraum nicht überdeckt. Soll eine Palette automatisch gelagert werden, ist ein maximaler Überstand über alle Palettenseiten einzuhalten. Dieser Überstand wird für die Regal und Förderanlage spezifiziert und liegt in der Größenordnung von 75 mm bis 100 mm.<sup>16</sup>

---

<sup>14</sup> Vgl. Martin (2014), S.10.

<sup>15</sup> Vgl. Martin (2014), S.10.

<sup>16</sup> o.V. Knapp AG (2018)

### 3.4.2 Qualitätskontrolle im Warenausgang

Um die Qualität der Auftragserfüllung sicherzustellen, können im Warenausgang unterschiedlichste Kontrollen durchgeführt werden:

➤ **100% Kontrolle**

Bei der 100% Kontrolle werden alle Aufträge kontrolliert. Jeder Fehler lässt sich somit in den Aufträgen erfassen. Dieser Prozess ist ein arbeits- und zeitintensiver Vorgang und findet hauptsächlich im pharmazeutischen Bereich statt. Dieser 100% Kontrollvorgang erfordert eine weitgehende Barcodierung der Produkte im Distributionslager, da sonst eine 100%ige Identifikation des Produktes nicht garantiert werden kann.

➤ **Stichprobenkontrolle**

Die Stichprobenkontrolle ähnelt stark der 100% Kontrolle mit einem Unterschied, dass diese nur an einer definierten Prüfmenge/ Losmenge der Aufträge angewandt wird. Diese Stichprobenkontrolle liefert nur den Indikator für die Qualität des Kommissioniervorganges. Eine Stichprobenkontrolle muss stets Maßnahmen zur Verbesserung der Kommissionierqualität mit sich bringen.

➤ **Gezielte Stichprobe**

Eine gezielte Stichprobenkontrolle wird bei hochpreisigen Produkten, spezifischen Endkonsumenten und kritischen Kommissioniersystemen durchgeführt. Diese Kontrollart kommt nur dann zum Einsatz, wenn reichlich Informationen und Verständnis für die kommissionierten Aufträge vorhanden sind.

➤ **Gewichtskontrolle**

Die Gewichtskontrolle ist ein automatisiertes Verfahren, das für hochdynamische Kommissioniervorgänge bestens geeignet ist. Es erfordert nur eine kurze Prüfzeit, aber auch eine genaue Kenntnis der Gewichte der Produkte bzw. der Versandbehältnisse im Distributionslager. Das errechnete Gewicht der Produkte und das Gewicht des Transportmittels (Behälter, Tray oder Palette) dürfen einen bestimmten Toleranzbereich nicht verfehlen, ansonsten wird das betroffene Transportmittel mit den kommissionierten Produkten in eine Kontroll- und Korrekturstation ausgeschleust.

Damit diese Art von Kontrolle funktionieren kann, müssen die Stammdaten (Produktgewicht und Toleranzbereich) vom Lagerbetreiber genauestens erfasst und im System hinterlegt bzw. gepflegt werden. Die große Herausforderung bei diesem Kontrollprozess und ein Problem für den Systemlieferanten, stellt die Änderung der Verpackung die vom Warenproduzenten und Zulieferanten kommt, dar. Die effizienteste Lösung bei diesem Problem ist eine kontinuierliche Stammdatenpflege, um eventuelle Falschberechnungen zu vermeiden.

Die zwei häufigsten Fehlerarten sind Kommissionier- und Stammdatenfehler. Fehler können bei sowohl automatisierten als auch bei manuellen Kommissioniersystemen entstehen. Natürlich ist die Gefahr eines Kommissionierfehlers bei einem manuell organisierten Lager höher. Je höher die Anforderung an ein

fehlerfreies System ist, desto kosten bzw. zeitintensiver ist es und somit stößt der Lagerbetreiber aber auch der Systemlieferant, an seine Grenzen.

### 3.5 Gegenwart und Zukunft in der Intralogistik

Der Erfolgsfaktor für die Bewältigung von Finanz- und Wirtschaftskrisen aus der letzten Zeit war die globale Wettbewerbsfähigkeit. Diese kann nur durch konkurrenzfähige Industrie und einem sehr guten und erfolgreichen Innovationssystem erreicht werden. Durch die enorme Vernetzung und Verschmelzung der physischen mit der virtuellen Welt über das Internet, werden neue Grenzen für die Wirtschaft eröffnet. Anhand von intelligenten Maschinen und Produkten werden Produktionsprozesse aktiv gesteuert und schaffen dadurch neue Möglichkeiten für neue Dienstleistungen sowie innovative Geschäftsmodelle.<sup>17</sup>

In den folgenden Unterkapiteln und wie in der Abb. 4, werden der Stellenwert so wie die Bedeutung zwischen Industrie 4.0 und Logistik 4.0 in der Intralogistik dargestellt.

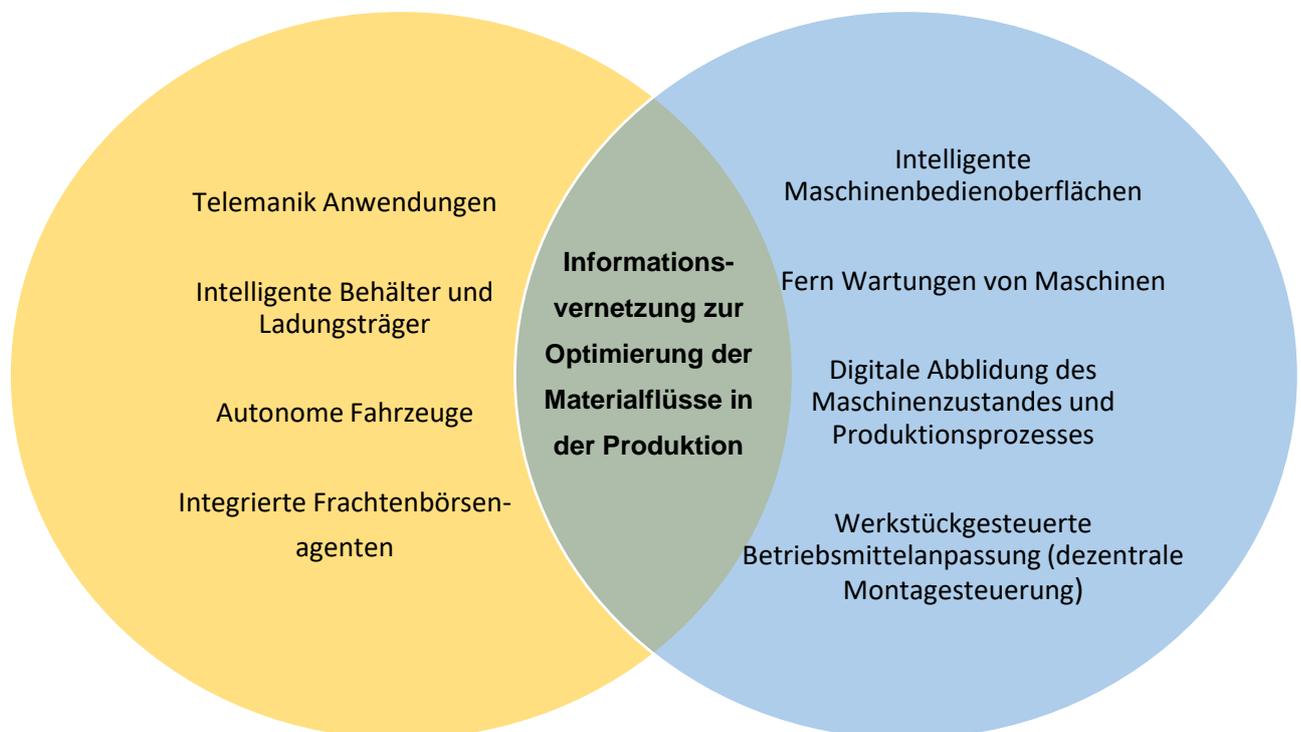


Abb. 4: Zusammenspiel Logistik und Industrie 4.0, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Bousonville (2017) S. 13.

In der Abgrenzung zwischen Industrie und Logistik 4.0 wird die Mitgestaltung und Unterstützung von Industrie 4.0 durch die funktions- und unternehmensübergreifende Koordinationsfunktion der Logistik sowie deren Auswirkungen auf die Logistik verstanden. Zielsetzung der Logistik 4.0 ist es, die Effektivität in individualisierte Dienstleistungen, Flexibilität, Prozesse und Produkte sowie Effizienz in der Automatisierung durch eine Vernetzung von Prozessen, Objekten und Lieferkettenpartnern zu erzielen.<sup>18</sup>

---

<sup>17</sup> Vgl. Bauernhansl (2014), S. 603.

<sup>18</sup> Vgl. Czaja (2016), S. 4.

### 3.5.1 Industrie 4.0

„Das Schlagwort Industrie 4.0 steht für die Weiterentwicklung der Produktions- und Wertschöpfungsketten durch die Vernetzung der realen und digitalen Welt. Die Namensgebung Industrie 4.0 spielt auf die vorausgegangenen industriellen Revolutionen an, die wesentliche Meilensteine der industriellen Entwicklung widerspiegeln. Basis für die Industrie 4.0 ist die Verfügbarkeit aller relevanten Informationen in Echtzeit durch die Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen innerhalb und außerhalb des Unternehmens sowie die Fähigkeit, aus den Daten den zu jedem Zeitpunkt optimalen Wertschöpfungsfluss abzuleiten. Durch die Verbindung von Menschen, Objekten und Systemen – so die Vorstellung aus Wissenschaft und Forschung – entstehen dynamische, echtzeitoptimierte und selbst organisierende, unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke, die sich nach unterschiedlichen Kriterien wie Kosten, Verfügbarkeit und Ressourcenverbrauch optimieren lassen.“<sup>19</sup>

Bereiche, die Industrie 4.0 prägen:<sup>20</sup>

➤ **Cyber-physische Systeme**

Industriemaschinen existieren einerseits als reale (physische) Maschinen, andererseits aber auch virtuell im Web. Die Möglichkeiten, mit Maschinen direkt über das Web zu interagieren, steigen exponentiell.

➤ **Virtualisierung**

Die physische Welt – insbesondere die Geschäftsprozesse, die Versorgungs- und Lieferprozesse – wird zunehmend digitalisiert und wird damit berechenbar und simulierbar.

➤ **Vernetzung von Menschen, Organisationen und Maschinen**

Nicht nur Menschen und Organisationen, sondern zunehmend auch Maschinen sind ständig online. Dadurch können alle mit allem zu jeder Zeit kommunizieren, und jeder und alles wird nachverfolgbar.

➤ **Das Internet der Dinge**

Ein zentrales Argument für das Potenzial der Virtualisierung ist die eindeutige Adressierbarkeit physischer Objekte in einer internet-ähnlichen Struktur.

---

<sup>19</sup> Czaja (2016), S. 4.

<sup>20</sup> Czaja (2016), S. 5.

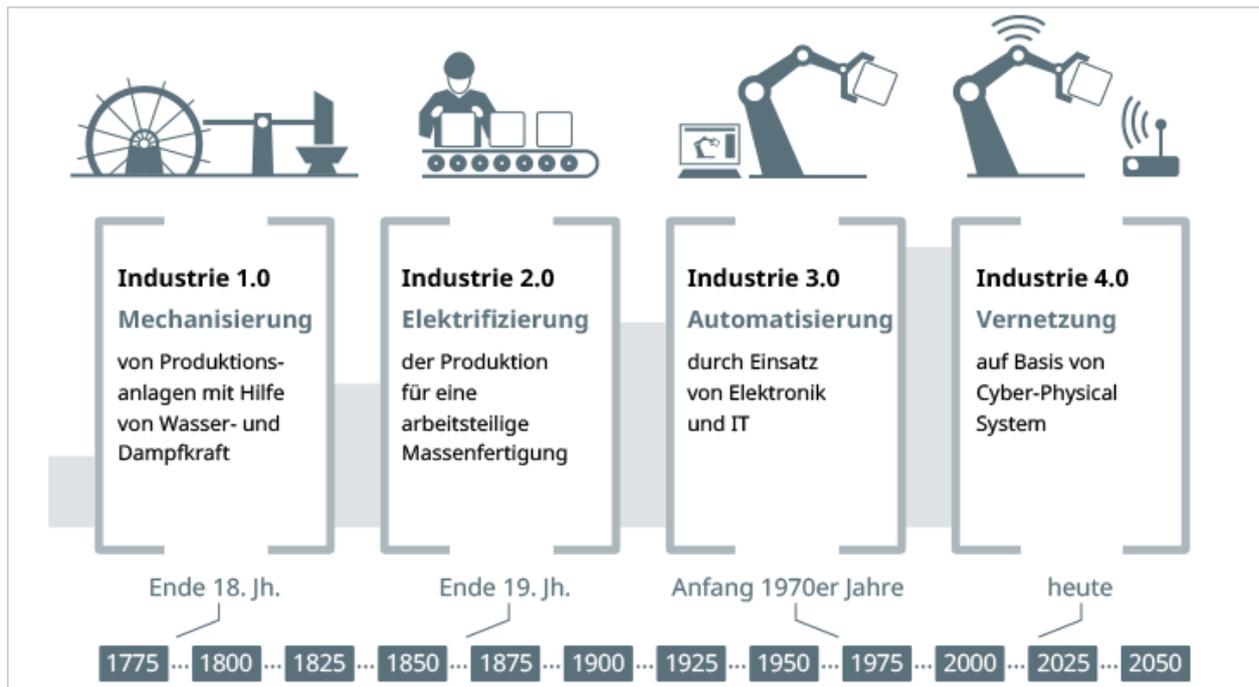


Abb. 5: Stufen der Industriellen Revolution, Quelle: Yokogawa, Online-Quelle [18.01.2019].

Das Ziel der vierten Industriellen Revolution ist die intelligente Fabrik, die sich durch nahtlose Kommunikation aller Prozesse auszeichnet (Vernetzung). Die intelligente Fabrik ist wandlungsfähig, ressourceneffizient und integriert Kunden, sowie Geschäftspartner optimal in den Wertschöpfungsprozess. Die technologische Grundlage ist vor allem das Internet der Dinge.

### 3.5.2 Logistik 4.0

Neben der Globalisierung steht die Digitalisierung in unserer Zeit für einen Megatrend. Sie führt nachhaltig zu Veränderungen in dem sie den Wirtschaftsmarkt beeinflusst. Die Unternehmen sind in einem wettbewerbsgetriebenen System dem enormen Druck ausgesetzt, sich durch veränderte Rahmenbedingungen stetig neu zu finden um auf dem Markt erfolgreich zu bestehen. Je schneller diese Dinge erkannt und umgesetzt werden, resultiert daraus für die Unternehmen, eine sichere Zukunft. Begriffe wie Big Data, Industrie 4.0, autonome Systeme oder auch Logistik 4.0 tragen alle ihren Beitrag zur Digitalisierung bei. Vor allem letzteres, die Logistik 4.0 hat in dieser wissenschaftlichen Arbeit einen sehr hohen Stellen- und Bedeutungswert. Sie steht für die digitale Vernetzung der physischen Objekte mit ihren Akteuren, welche wichtige Informationen der Logistikbranche in digitaler Form zur Verfügung stellt. Ein digitaler Abdruck des Objektes mit den Eigenschaften wie beispielsweise Größe und Identifikationsnummer oder auch mit ihrer Zustandsgröße welche den aktuellen Ort, Position, Anzahl oder auch Füllgrad beinhaltet. Sobald diese Eigenschaften und Zustände anfangen mit der Umgebung zu kommunizieren oder auch Daten und Informationen ausgelesen werden, spricht man von einer Vernetzung der Objekte. Dieser Mehrwert wird in Kombination mit einer Auto ID Technologie zu einem Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Unternehmen. Nicht nur, dass die Wertschöpfungskette stetig optimiert wird, sondern es werden diese Informationen ebenfalls digital untereinander ausgetauscht und ermöglichen es mehr Wissen und Daten zu generieren. Somit wachsen durch den Datenaustausch zwischen dem physischen Objekt und seiner digitalen Information die reale und virtuelle Welt zusammen,

im sogenannten Internet der Dinge. Dies setzt aber voraus, dass die Zustände eines Objektes möglichst in kurzen Abständen über Sensoren ermittelt und in Echtzeit an ein System übertragen werden. Es kann entweder in kabelgebundener oder kabelloser Form mit dem Objekt verbunden werden. Ab diesem Zeitpunkt können die Daten dann über das Internet oder durch Netze für externe oder auch interne Nutzer zur Weiterverarbeitung bereitgestellt werden. Ebenso ist die Kommunikation und Übertragung von Daten an das physische Objekt in die andere Richtung möglich.<sup>21</sup>

Damit aber die physische und virtuelle Welt zueinander finden, müssen physische Objekte eindeutig identifiziert werden. Diese Identifikation wird näher im Unterkapitel 4.1.2 erläutert.

### 3.5.3 Stellenwert und Ausblick

„Den größten Input auf die Globalisierung hat die Intralogistik dazu beigetragen, dass mit dieser Geschwindigkeit die Entwicklung vorangetrieben wurde. Die Intralogistik hat auch jetzt Antworten auf die Herausforderung der Güterverkehrsentwicklung. Denn bei vielen Lkw und Bahnwaggons beispielsweise sind weniger als 10% des Ladevolumens genutzt. Häufig können nicht zwei Paletten übereinandergestapelt werden. Hinzu kommt, dass die Um- oder Versandverpackungen der Produkte viel größer als erforderlich sind. Diese Erfahrung musste jeder schon einmal machen, der sich eine PC-Tastatur, Tiernahrung oder andere Produkte über den Versandhandel bestellt hat. Oft werden gerade mal 10% des Versandkartons durch die Produktverpackung ausgefüllt – der Rest ist Polstermaterial, also aufwendig produzierter Müll. Mit der eigentlichen Produktverpackung verhält es sich kaum anders. Ziel muss es sein, Verpackung und verpackte Luft auf ein Minimum zu reduzieren. Hier muss die Politik Druck auf alle machen. Für die Unternehmen muss es sich lohnen, die Luft rauszulassen. Die Intralogistik kann maßgeblich dazu beitragen. Sie kann beispielsweise durch eine Kennzahlenanalyse ermitteln, wie viel Luft alleine schon mit der Umverpackung verschickt wird. Die einzige Voraussetzung dafür sind gepflegte Stammdaten. Mit einem geeigneten WMS kann die Größe eines Umkartons genau vorausberechnet werden. Ein Kartonaufrichter oder eine Spezialmaschine, die den Umkarton auf Maß fertigt – oder noch besser: eine Originalverpackung, die gleich als Versandverpackung genutzt werden kann –, würden den Neubau von Tausenden Autobahnkilometern sparen, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß senken, und den Müllberg reduzieren. Logistik und Intralogistik werden durch eine ganze Reihe an Einflüssen geprägt. Der eine Einflussbereich sind übergeordnete, globale Faktoren. Dazu zählen etwa Umwelt, Rohstoffe, Politik, Gesetze, der demografische Wandel oder die Entwicklung von Erzeuger-, Abnehmer-, Arbeits- und Finanzmärkten. Der andere Einflussbereich wird durch prozesstechnische Faktoren bestimmt. Dazu zählen beispielsweise Organisation, Automation, Technologien, Branchentrends, Forschung und Entwicklung, Werkstoffe, Sensorik, RFID und das Internet der Dinge.“<sup>22</sup>

---

<sup>21</sup> Vgl. Bousonville (2017), S. 1 ff.

<sup>22</sup> Günthner/ ten Hompel (2010), S. 10.

## 4 AUTO ID

In diesem Kapitel wird ein Überblick verschafft, wofür Auto ID steht und welche unterschiedlichen Verfahren in der Praxis zum Einsatz kommen. Zudem wird auch die Frage beantwortet, welches Ziel hinter einem Auto ID Verfahren steckt und wo mögliche Anwendungsgebiete für die KNAPP AG liegen. In der Logistikkette wird jeder Abschnitt über Warenwirtschaftssysteme nachverfolgt. Mithilfe der Auto ID kann zwischen Objekt- und Personenbezogener Identifikation unterschieden werden. Der Fokus dieser Masterarbeit richtet sich auf die objektbezogene Identifikation von Waren der KANPP AG.

### 4.1 Überblick

Auto ID steht für automatische Identifikation und Datenerfassung von Objekten oder Personen welche anhand von verschiedenen Kriterien klassifiziert werden. Diese Kriterien sind in der Abb. 7 auf Seite 17 dargestellt. Im Grunde wird die Identifikation eines Objektes in mittelbaren durch aufgetragene Informationen und in unmittelbaren Informationen anhand seiner Eigenschaften identifiziert.

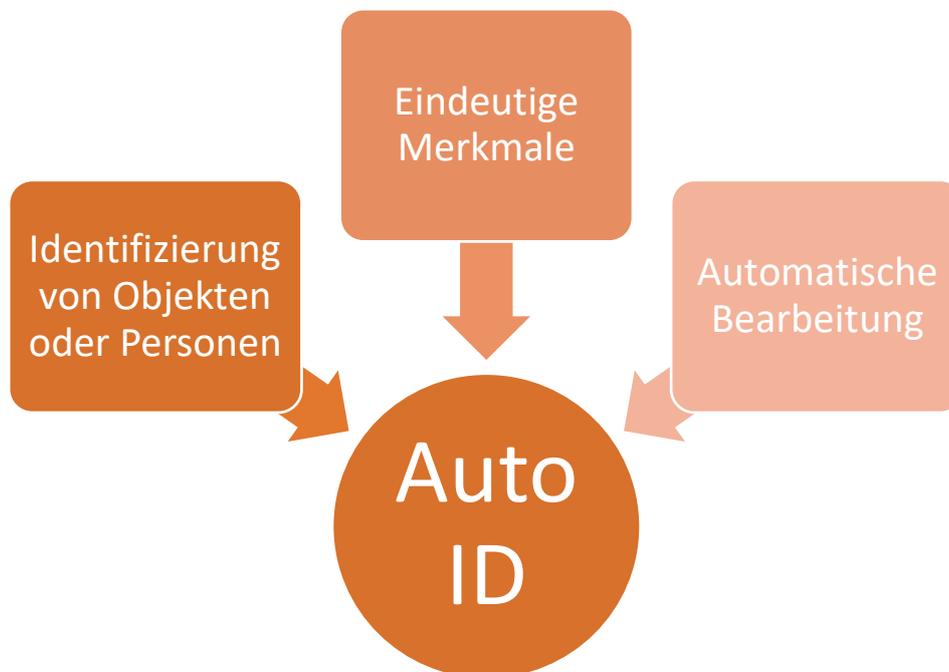


Abb. 6: Bestandteile der Auto ID, Quelle: Eigene Darstellung.

Aufgrund der Anforderung der Knapp AG, Waren rasch und zuverlässig zu identifizieren und in weiterer Folge zu behandeln wird der Schwerpunkt dieser Arbeit im Bereich kontaktloser Identifikationstechnologien liegen. Für die innerbetriebliche Identifikation von Waren der Knapp AG soll mit der Hilfe der Abb. 7 und einer Übersichtstabelle die Antwort über einen möglichen Einsatz des Verfahren liefern. Hierbei gilt es zuerst die einzelnen Abschnitte und Bestandteile welche zur Identifikation Objekten notwendig sind, im Unterkapitel 4.1.2 zu klären.



Abb. 7: Klassifizierung Auto ID Verfahren, Quelle: In Anlehnung an Feldmann (2014), S. 847.

### 4.1.1 Identifikation von Transportgut

Eines der wichtigsten Schritte im Fördern von Transportgut ist die Identifikation, welche die Grundlage für die richtige Leitung der Materialflüsse im interlogistischen System darstellt. Waren, Güter oder auch Produkte sollen zielgerichtet zugeordnet werden. Überwiegend werden für diese wissenschaftliche Arbeit Transportgut und Warenpaletten verwendet. Somit wird die Identifikation auf Warenpaletten beschränkt.

### 4.1.2 Schritte zur Identifikation

Sobald Objekte identifizierbar sind, ist es machbar diese zu erkennen und mit anderen Bezügen zu verknüpfen. Diese Identität hilft letztendlich Gegenstände sowie Informationen miteinander zu Verknüpfen und diese in einer virtuellen Welt abzubilden.

Identifikation ist der Bezug zu einer gewissen Sache bzw. zu einem selbst. In der folgenden Abb. 8 sind die einzelnen Schritte vom Identifikation Vorgang dargestellt.



Abb. 8: Identifikation Vorgang; Quelle: Eigene Darstellung.

➤ **Schritt 1**

**Identifizierung:** Es wird zunächst die Identität angefordert beispielsweise in Form von: „wie lautet dein Name“ oder „übermittle deine Identifikationsnummer“. Damit wird geprüft um wen es sich handelt.

➤ **Schritt 2**

**Authentifizierung:** Bei diesem Schritt wird die angegebene Identität überprüft. Das kann bei Personen in Form eines Identitätsnachweises z.B. Dokumentes oder Passwortes geschehen beziehungsweise bei Objekten z.B. durch Überprüfung des Wissens eines gemeinsamen Geheimnisses (Zugangsschlüssel).

➤ **Schritt 3**

**Autorisierung:** Sobald die Schritte 1 und 2 erfolgreich sind, wird eine Berechtigung zur weiteren Manipulation übermittelt.

### 4.1.3 Physikalische Grundprinzipien

In diesem Kapitel wird eine Übersicht der am häufigsten eingesetzten Arten von physikalischen Grundprinzipien in der Intralogistik gegeben.

„In Produktions-, Lager- und Kommissioniersystemen sind Stückgüter (Produkte, Pakete, Behälter, Paletten), begleitfrei z. B. zwischen Betriebsmittel, im Lager- und Versandbereich zu transportieren, oder es sind Sortier- und Kommissionierungsaufgaben zu erfüllen. Solche Materialflussaufgaben beginnen mit der eindeutigen Kennzeichnung der Güter. Ein Identifikationssystem erkennt über Informationsträger oder Sensoren mit Hilfe von geeigneten Datenverarbeitungsgeräten die Objekte im Materialfluss und in der Produktion. Die Informationstechnik basiert auf unterschiedlichen physikalischen Grundprinzipien:

➤ **Mechanisches Prinzip**

Informationsträger wie Lochstreifen, Stifte und Blechfahnen sind preiswert, robust, einfach zu handhaben, besitzen nur geringe Informationsdichte, können nur einmal beschrieben werden und haben heute wenig Bedeutung. Mit Hilfe von mechanischen oder induktiven Elementen sowie mittels Lichtschranken werden sie gelesen.

➤ **Magnetisches Prinzip**

Informationsträger wie Magnetstreifen und Magnetkarten nutzen magnetische Felder oder Schichten zur Speicherung von Informationen, die berührungslos über Magnetköpfe oder Reedkontakte abgetastet werden. Magnetische Informationsträger zeichnen sich durch hohe Datenaufnahmekapazität aus, haben eine gute Lesefähigkeit und sind unempfindlich gegenüber Verschmutzungen. Gering sind Abtastentfernung und Führungstoleranz.

➤ **Optisches/elektronisches Prinzip**

Informationsträger benutzen Markierungen am Transportgut oder dessen Umrisse und werden mittels Lesestift, Laserscanner oder CCD-Kamera gelesen.

➤ **Elektronisches/elektromagnetisches Prinzip**

Informationsträger sind die heute vorherrschenden Codierungen, bei denen berührungslos elektromagnetische Wellen die Informationen in elektronische Speicher übertragen. Zu unterscheiden sind fest codierte und frei programmierbare Datenträger. Festcodierte können nicht verändert, aber beliebig oft gelesen werden. Frei programmierbare Datenträger können dagegen beliebig oft geändert werden.“<sup>23</sup>

In diesem Fall wird der Fokus dieser wissenschaftlichen Arbeit für die Knapp AG auf den elektronischen/elektromagnetischen Informationsträger gelegt. Aufgrund von Anforderungen, Umgebungseinflüssen und Informationsmenge der Datenübertragung kann aus diesem Grund die angeführten physikalischen Grundprinzipien wie mechanische, magnetische sowie optische/elektronische Informationsträger ausgeschlossen werden.

---

<sup>23</sup> Martin (2014), S. 505.

## 4.2 Übersicht der Auto ID Verfahren

Zur Einführung wird im folgenden Unterkapitel eine Übersicht über die unterschiedlichen Auto ID Verfahren verschafft. Der Fokus in diesem Abschnitt wird vermehrt auf RFID, OCR und Barcodes gelegt da ein möglicher Einsatz von Chipkarten, Magnetstreifen und Biometrischen Verfahren für Knapp AG aufgrund von Anforderungen, Umgebung, Datentransfer und Handhabung nicht in Frage kommen können.

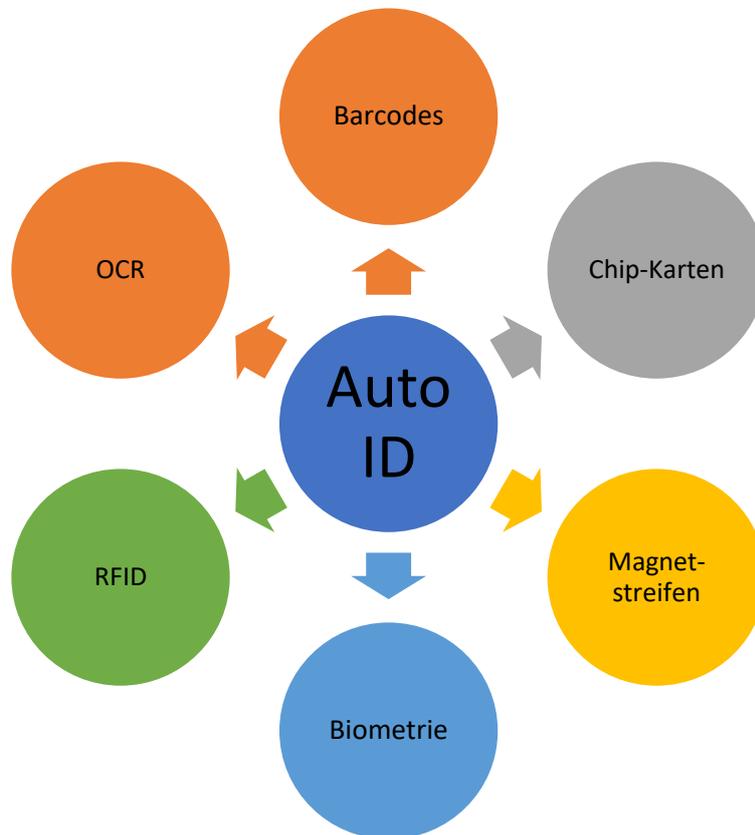


Abb. 9: Übersicht der Auto ID Verfahren, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Finkenzeller (2015).

Damit Warenpaletten vom Steuerungssystem erkannt werden können, oder auch die zu erfüllende Aufgabe identifiziert werden kann, müssen Warenpaletten identifiziert werden. Dieser Prozess ist im Unterkapitel 4.1.2 erläutert worden.

### 4.2.1 Barcode

„Der Barcode ist ein automatisches Identifikationsverfahren mit hoher Verbreitung. Es gibt verschiedene Standards, wie z. B. die Europäische Artikelnummerierung, kurz EAN. Des Weiteren wird der Barcode in 1-D, 2-D und 3-D Barcodes unterteilt. Ersteres ist der bekannte Strichcode, der sich auf Supermarkt-Artikeln, Büchern usw. befindet. Die 2-D Barcodes, auch Stapel- oder Matrix-Codes, besitzen mehr Speichervolumen und können so mehr Informationen transportieren. Populäres Beispiel ist das Online-Bahn-Ticket. Von einem 3-D Barcode (oder farbigen 2-D Barcode) spricht man, wenn mittels Farbe bei

einem 2-D Barcode eine dritte Dimension zur Datenspeicherung geschaffen wird. Gelesen wird der Barcode in der Regel entweder über eine Kamera oder einen Laser.“<sup>24</sup>

Die Warenpalette wird an einem festgelegten Platz mit einem eindeutigen Barcode ausgestattet der:

- Identcodierung, welcher einen eindeutigen ID trägt oder
- Zielcodierung, welcher codierte Zielinformation trägt

Ein Barcodeetikett trägt die Information stets in maschinenlesbarer Form und in Klartext. Bei der Identcodierung und wieder verwendeten Transporteinheiten (Kunststoffbehältern) kann permanente Codierung eingesetzt werden. In diesem Fall werden Barcode und Klartext oft an mehreren verschiedenen Stellen am Ladehilfsmittel angebracht, um die Ergonomie zu verbessern.

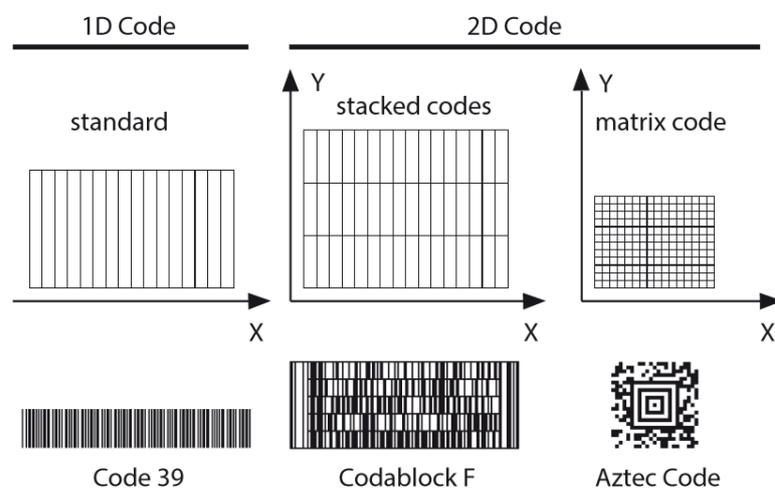


Abb. 10: Beispiele für 1 und 2 D Barcodes, Quelle: Finkenzeller (2015) S. 4.

### Überblick und Vergleich der wichtigsten Barcodes:

- **„EAN 8, EAN 13 EAN 128:** Die Codes EAN8 und EAN13 sind die wohl bekanntesten Barcodes, die auf fast allen im Detailhandel erhältlichen Produkten aufgebracht sind. EAN Codes (European Article Numbering) werden seit 1977 von einem zentralen Verband vergeben. Sie haben folgenden Aufbau: z.B. EAN13: Die ersten zwei Zeichen enthalten das Herstellerland (z.B. 40-43 für Deutschland und 76 für die Schweiz). Die nächsten fünf Stellen bezeichnen den Hersteller des Produktes und die nächsten fünf Stellen den Artikelcode des Herstellers. Das letzte Zeichen ist die Prüfziffer (Modulo10). Dieser Code wird zur eindeutigen Erkennung von Transporteinheiten verwendet. Der EAN128 besteht aus einem speziell aufgebauten Standard – Code128 mit Function Codes. Als spezielle Variante gilt der ISBN Code für Bücher und Zeitschriften. Rein technisch handelt es sich um einen EAN13 – Code mit einer speziellen Startsequenz (die ersten drei Zeichen).
- **2/5 Interleaved:** ist ein rein numerischer Barcode. Er enthält immer eine gerade Anzahl von Zeichen. Das erste Zeichen wird in Balken dargestellt, das zweite Zeichen wird durch die Lücken

---

<sup>24</sup> Finkenzeller (2015), S. 4.

repräsentiert. Jedes Zeichen hat zwei breite und drei schmale Elemente. 2/5 Interleaved ist der von KNAPP Logistik Automation am häufigsten eingesetzte Barcode zur Transportgutcodierung. Um die Sicherheit des Interleaved 2/5 zu erhöhen, kann eine Modulo10 Prüfziffer als letztes Zeichen angehängt werden. Der 2/5 Interleaved ist ein für Falschlesungen gefährlicher Barcode. Es wird empfohlen, beim Einsatz dieses Codes die Prüfziffer einzusetzen und um anwendbar fixe Barcodelängen zu verwenden.

- **Datamatrix:** Der Datamatrix Code kann alle 128 ASCII Zeichen, sowie einige Spezialzeichen codieren. Jeder Datamatrix Code besteht aus zwei zu einem rechten Winkel geformten Steuerlinien, und zwei zu einem rechten Winkel geformten, gestrichelten Steuerlinien die zusammen ein Rechteck bilden. Dieses Rechteck definierte die Lage und die Auflösung des Codes. Im Rechteck befinden sich viele entweder dunkle oder helle Quadrate. Ein Datamatrix Code kann 1-2335 Zeichen enthalten. Für größere Datenmengen können mehrere Datamatrix Codes gruppiert werden und vor allem für die Transportetiketten eingesetzt werden. Alle relevanten Daten und Informationen werden sowohl als Strichcode als auch in Klarschrift abgebildet.“<sup>25</sup>

Typ	Symbologie	Datenkapazität	Vorteile	Anwendungen
linear	Code 39	1 – 40 alphanumerische Zeichen	weit verbreitet	Automobilindustrie, Gesundheitswesen etc.
linear	Code 128	1 – 48 ASCII	vielseitig, viel Information auf kleinem Raum	Versandetiketten
linear	EAN	13 Zeichen	Umfangreiche Einzelanwendungen	Groß- und Einzelhandel
linear	Interleaved 2/5	2 – 48 Zeichen	viel Information auf kleinem Raum	Lottoscheine, Etiketten
gestapelt	PDF 417	1 – 1.200 Binärzeichen	große Speicherkapazität	Ausweis, Pässe
gestapelt	Micro PDF 417	1 – 150 Binärzeichen	platzsparend	Elektroindustrie
Matrix	Data Matrix	1 – 400 Binärzeichen	Kleinster Code	Elektronikbauteile
Matrix	QR Code	1 – 400 Binärzeichen	Japanisches Alphabet codierbar	Kennzeichnung von Automobil-Komponenten
Kombi-Code	UCC RSS	10 – 160 Binärzeichen	Komplett mit Laserscannern identifizierbar	Fertigung

Tab. 1: Übersicht Barcodes, Quelle: Barcode Fonts, Online-Quelle: [21.06.2018].

<sup>25</sup> Barcode-Fonts, Online-Quelle [16.06.2018].

## 4.2.2 Optical Character Recognition (OCR)

„Bereits in den 1960er Jahren begann der Einsatz von Klarschriftlasern kurz opicals character recongnition (OCR) und wurden dafür spezielle Schrifttypen entwickelt, welche durch ihre Stilisierung von Menschen und automatisch von Maschinen gelesen werden können. Zwei Standards konnten sich derzeit etablieren und zwar OCR-A und OCR-B:“<sup>26</sup>

- OCR-A ist nach ANSI INCITS 17-1981 spezifiziert
- OCR-B ist nach ISO 1073-2 weltweit standardisiert

Durch die OCR-Systeme ermöglichen diese eine hohe Informationsdichte und die Möglichkeit einer visuellen Erfassung von Daten. Das Einsatzgebiet liegt vor allem in der Produktion, Dienstleistungen und Verwaltungsbereichen sowie bei Banken zur Registrierung von Schecks und Kreditkarten.

In der Abb. 11 sind OCR-A und OCR-B als Beispiel angeführt.

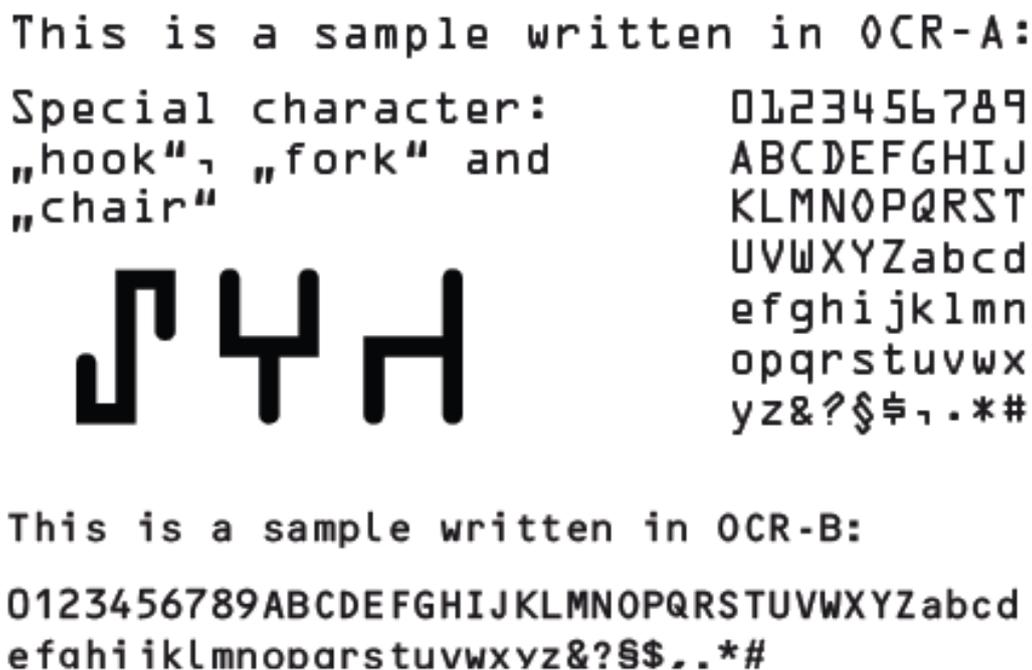


Abb. 11: Beispiel für die OCR-Schriften OCR-A und OCR-B, Quelle: Finkenzeller (2015) S. 5.

Ein Einsatz eines OCR-Systems ist für die Knapp AG nicht von Bedeutung da es ungeeignet zur automatischen Identifikation und Datenerfassung in der Produktionsumgebung ist.

## 4.2.3 RFID

Die Bezeichnung RFID steht für Radio-Frequency-Identification, also Identifikation durch Radiowellen.

Die Energieversorgung des Datenträgers sowie der Datenaustausch, zwischen Datenträger und Lesegerät, erfolgt jedoch nicht durch galvanisches Kontaktieren, sondern über die Luftschnittstelle. Die technischen Verfahren hierzu wurden aus der Funk- und Radartechnik übernommen. Aufgrund zahlreicher Vorteile

<sup>26</sup> Finkenzeller (2015), S. 5.

gegenüber den anderen Identifikationssystemen erobern RFID-Systeme zunehmend neue Märkte und Anwendungsgebiete.

Ein Vergleich der Vor- und Nachteile zwischen den ausgewählten Auto ID Systeme wird in der Tab. 2 dargestellt.

Parameter	1D-/2D Barcode	OCR	RFID Systeme
Typische Datenmenge/Byte	1 ~ 100 10 ~ 5.000	1 ~ 100	16 ~ 512
Datendichte	mittel	gering	mittel - sehr hoch
Maschinenlesbarkeit	gut	gut	gut
Lesbarkeit durch Personen	bedingt	einfach	unmöglich
Einfluss von Schmutz/Nässe	stark	sehr stark	Abhängig von Frequenz
Einfluss von (opt.) Abdeckung	totaler Ausfall	totaler Ausfall	kein Einfluss
Einfluss von Richtung und Lage	gering	gering	Abhängig von Technologie
Abnutzung, Verschleiß	bedingt	bedingt	gering
Anschaffungskosten Elektronik	sehr gering	mittel	mittel
Betriebskosten (z.B. Drucker)	sehr gering	gering	keine
Unbefugtes kopieren/ändern	leicht	leicht	unmöglich
Lesegeschwindigkeit	gering ~ 0,3 kbit/s	gering ~ 0,4 kbit/s	sehr schnell ~ 4 bis 500 kbit/s
Max. Entfernung	0 ... 50 cm	< 1 cm (Scanner)	HF: 0 ... 1 m, UHF passiv: 0 ... 15 m

Tab. 2: Vergleich Auto ID Systeme, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Finkenzeller (2015) S. 10.

Das Thema RFID wird in nachfolgendem Kapitel 5 ausführlicher behandelt.

## 5 RFID TECHNOLOGIE

Radio Frequency Identification (RFID) ist ein automatisches Identifikationsverfahren, welches in den letzten Jahren eine große Verbreitung auf zahlreichen Anwendungsgebieten gefunden hat. Es handelt sich hierbei um eine kontaktlose Kommunikationstechnik, die beispielsweise Informationen zur Identifikation von Personen, Tieren oder Waren und Gütern ermöglicht. RFID bietet einige Vorteile gegenüber herkömmlichen Identifikationssystemen. Ein RFID System besteht einerseits aus einem sogenannten Transponder oder Tag (RFID IC mit Antenne) andererseits aus einem Schreib/Lesegerät mit Antenne das an ein Host System angebunden ist. Es stehen verschiedene Betriebsfrequenzen zur Auswahl. Bringt man einen Transponder in den Betriebsbereich des Lesegerätes, kann man Daten im Transponder berührungslos lesen oder auch speichern.



Abb. 12: RFID Elemente, Quelle: RFID im Blick, Online-Quelle [30.10.2018].

### 5.1 Bestandteile eines RFID Systems

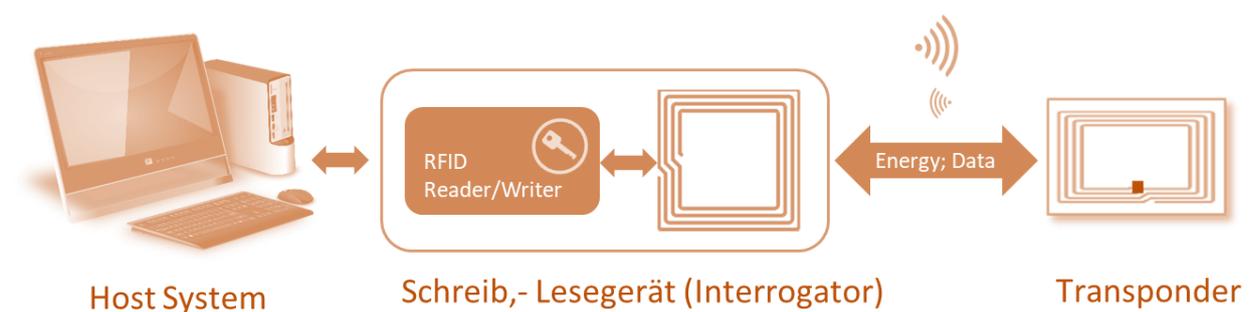


Abb. 13: Bestandteile eines RFID Systems, Quelle: GMMC GmbH.

Ein RFID System besteht im Wesentlichen aus einem an ein Host System angeschlossenes Schreib-, Lesegerät mit Antenne (folgend Leser genannt) und Transpondern (auch Tags oder Labels genannt) als Datenspeicher mit Kontaklosschnittstelle. Der Leser besteht aus digitalen und analogen Blöcken mit einer Schnittstelle zum Hostsystem sowie einer Luftschnittstelle zum Transponder. Der Leser fungiert hier als Modem für die gewählte Betriebsfrequenz welcher die Daten entsprechend der zugrundeliegenden ISO Standards manipuliert (Modulation und Kodierung eines seriellen Datenstroms in Richtung Transponder

und Demodulation sowie Dekodierung des empfangenen seriellen Datenstroms des Transpondersignals). Im an den Leser angeschlossenes Hintergrundinformationssystem laufen Anwendungsprogramme, mit Hilfe derer erfasste Transponderdaten aufbereitet und ausgewertet werden können.

Bei HF und LF Systemen wird die Energieübertragung durch eine induktive Kopplung erreicht. Bei UHF Systemen hingegen erfolgt die Energieübertragung durch elektromagnetischen Wellen.

Der Reader erzeugt bei LF und HF Systemen ein elektromagnetisches Wechselfeld, welches nach dem Trafo Prinzip in der Antenne des Transponders, Wechselspannung induziert und den Transponder Chip mit Energie versorgt. Bei UHF Systemen hingegen findet die Daten und Energieübertragung zum Transponder über eine ausgestrahlte Elektromagnetische Welle statt.

Einen schnellen und einfachen Überblick verschafft unten stehend die Tab. 3 über die RFID Technologie. All diese Kriterien helfen bei der richtigen Auswahl der geeigneten RFID Technologie für den praktischen Einsatz.

### Daten

- nur Alarm auslösen
- Identitätsnummer übertragen
- Identitätsnummer und weitere Daten

### Energieversorgung

- Aktiv
- Passiv
- Semi-aktiv

### Reichweite

- Proximity (einige cm)
- Vicinity (bis ca. 1,2 m)
- Long Range (einige m)

### Mehrfachlesung

- Einzelverarbeitung
- Antikollision

### Betriebsart

- FDX
- HDX
- SEQ

### Speichergröße

- Chipless
- geringer Speicher
- großer Speicher

### Frequenzbereich

- LF (100-150 kHz)
- HF (13,56 MHz)
- UHF - RAIN RFID (860-960 MHz)

### Sensoren

- Bewegung
- Temperatur
- Feuchte

### Antennenart

- Ferritantenne
- Luftspule
- Dipol

Tab. 3: Einteilungskriterien für RFID Systeme, Quelle: Eigene Darstellung.

## 5.2 Frequenzbereiche, Reichweite und Normen

Eines der wichtigsten Auswahlkriterien für RFID-Systeme ist die Betriebsfrequenz. Der Frequenzbereich bei RFID-Systemen reicht von Langwellen 100 kHz bis in den Mikrowellenbereich bei 5,8 GHz. Je nach Einsatzgebiet, Umgebung und Frequenzbereich variiert die erzielbare Betriebsreichweite des RFID-Systems von wenigen cm bis zu über 15 m bei passiven UHF Systemen. Man verwendet hier den

Überbegriff - proximity coupling für Schreib- und Lesereichweiten bis zu etwa 1 m. Der Großteil dieser Systeme arbeitet hierbei über induktive (magnetische) Kopplung.

Für verschiedene Standardanwendungen wie kontaktlose Chipkarten, Tieridentifikation oder Industrieautomation existiert darüber hinaus eine Reihe von Normen, welche die technischen Parameter der Transponder und Lesegeräte spezifizieren. Hierunter fallen auch die Proximity coupling (ISO/IEC 14443, und NFC ISO/IEC18092) und Vicinity coupling Systeme (ISO/IEC 15693) mit einer Sendefrequenz von 13,56 MHz verwendet. RFID-Systeme mit Reichweiten deutlich über 1 m werden als Long-range-Systeme (vicinity coupling) bezeichnet und arbeiten üblicherweise mit elektromagnetischen Wellen im UHF- und Mikrowellenbereich. Die überwiegende Mehrheit dieser Systeme wird nach ihrem physikalischen Funktionsprinzip als Backscatter-System bezeichnet. Daneben gibt es im Mikrowellenbereich auch Long-range-Systeme mit Oberflächenwellen-Transpondern. Diese Systeme arbeiten im UHF-Bereich zwischen 860 MHz und 950 MHz sowie auf den Mikrowellenfrequenzen 2,5 GHz und 5,8 GHz. Mit passiven (batterielosen) Backscatter-Transpondern können heute Reichweiten von typischerweise bis zu 15 m erreicht werden, mit aktiven, batteriegestützten -Transpondern sogar Reichweiten deutlich darüber.

In der Abb. 14 sind die unterschiedlichen Kopplungssysteme mit den zugehörigen ISO Normen abgebildet.

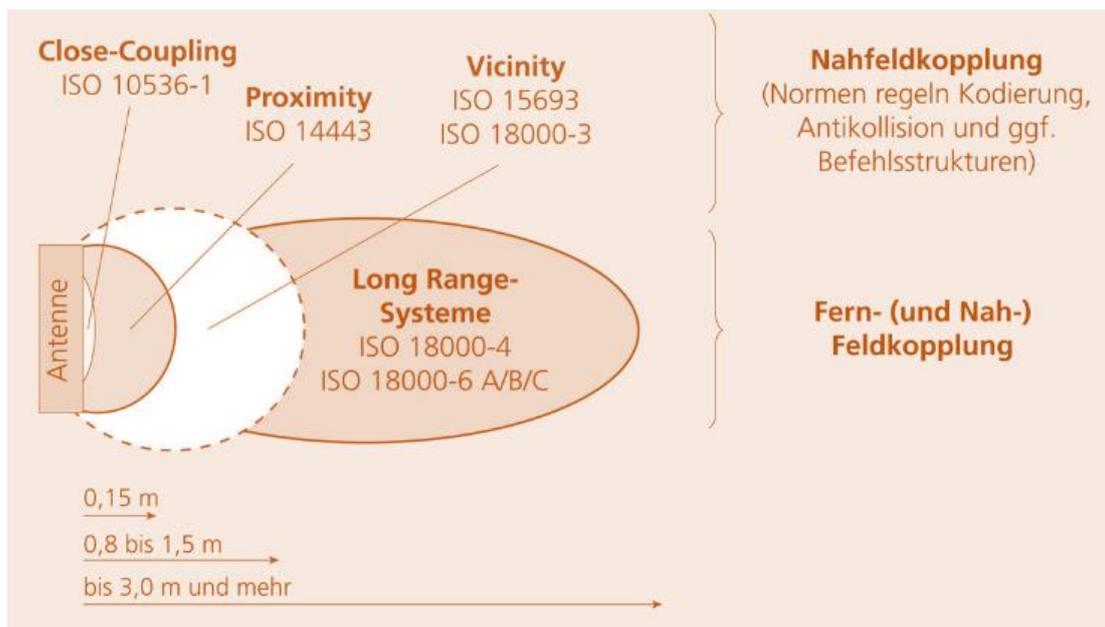


Abb. 14: Coupling Systeme, Quelle: Smart Tec, Online-Quelle [11.09.2018].

## 5.2.1 Frequenzspektrum

Die RFID Technologie nützt selektive Bereiche des Frequenzspektrums wie in der Abb. 15 dargestellt. In dieser Arbeit wird näher auf die Frequenzarten LF, HF und UHF eingegangen.

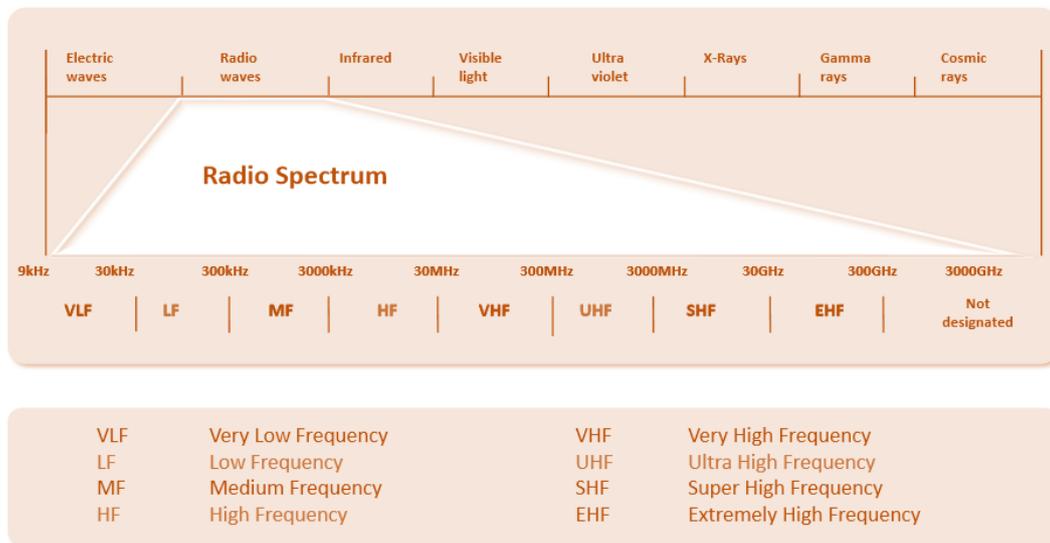


Abb. 15: Frequenzspektrum, Quelle: Vorlesung Identifikation und Systemintegration DI M. Ganzera.

Welche Frequenzen zu verwenden sind hängt sehr stark von dem Einsatzgebiet, da die verschiedenen Frequenzen unterschiedliche Eigenschaften vorweisen. Vor allem in Bezug auf Lesereichweite und Geschwindigkeit. Je höher die Frequenz ist, desto mehr nimmt die Reichweite und Geschwindigkeit zu.

In den folgenden Abschnitten wird ein Überblick der am häufig eingesetzten Frequenzen erläutert:

### ➤ Low Frequency (LF = 125 kHz)

„Dieser frei zugängliche Frequenzbereich zeichnet sich durch geringe Übertragungsraten und -abstände aus. Der Aufbau dieser Systeme ist meist kostengünstig und einfach im Handling, sowie anmelde- und gebührenfrei. Die RFID-Transponder machen sich das Nahfeld der elektromagnetischen Wellen zu Nutze und werden durch die induktive Kopplung passiv mit Energie versorgt. Ein Vorteil ist, dass die RFID-Transponder in diesem Frequenzbereich relativ unempfindlichen gegenüber Metall und Flüssigkeiten sind, wodurch Sie z.B. in der Tieridentifikation, Produktionskontrolle, Automatisierung und Zutrittskontrollen eingesetzt werden können.“<sup>27</sup>

### ➤ High Frequency (HF 13,56 MHz)

„Die HF-Frequenz kann universell eingesetzt werden und zeichnet sich durch hohe Übertragungsraten und hohe Taktfrequenzen aus. RFID-Transponder arbeiten auf der Frequenz HF 13,56 MHz – und es sind nur wenige Antennenwindungen erforderlich. Dadurch können die RFID-Transponderantennen kleiner und einfacher ausfallen. Es ist möglich, geätzte oder gedruckte Antennen zu verwenden. D.h. dass die Inlays (= Chip + Antenne) als Endlosfolien produziert

<sup>27</sup> o.V. (2018), Online-Quelle [11.11.2018].

werden können, was die Weiterverarbeitung in Richtung große Stückzahlen in einem Rolle-zu-Rolle-Prozess erheblich vereinfacht.“<sup>28</sup>

➤ **Ultra High Frequency (UHF 860 – 950 MHz unterteilt in Teilbänder)**

„Diese Systeme haben sehr hohe Übertragungsgeschwindigkeiten und Reichweiten. Antenne sind meist als Dipol gestaltet. Auch UHF-Transponder werden überwiegend als eine Folienlage hergestellt, was die Verarbeitung in großer Stückzahl im Rolle-zu-Rolle-Prozess begünstigt. In diesem Zusammenhang muss auch erwähnt werden, dass gewisse Frequenzbereiche im Mikrowellenbereich noch nicht kostengünstig erschlossen sind aber auch örtlichen Zulassungsbeschränkungen unterliegen können. Beispielsweise ist der FCC UHF-Frequenzbereich um 915 MHz in Europa noch nicht zugelassen. Aktuell finden Diskussionen statt, einen Teil des Frequenzbereichs für RFID auch in Europa nutzbar zu machen.“<sup>29</sup>

Übersicht der RFID Frequenzbereiche und deren Eigenschaften laut Abb. 16.

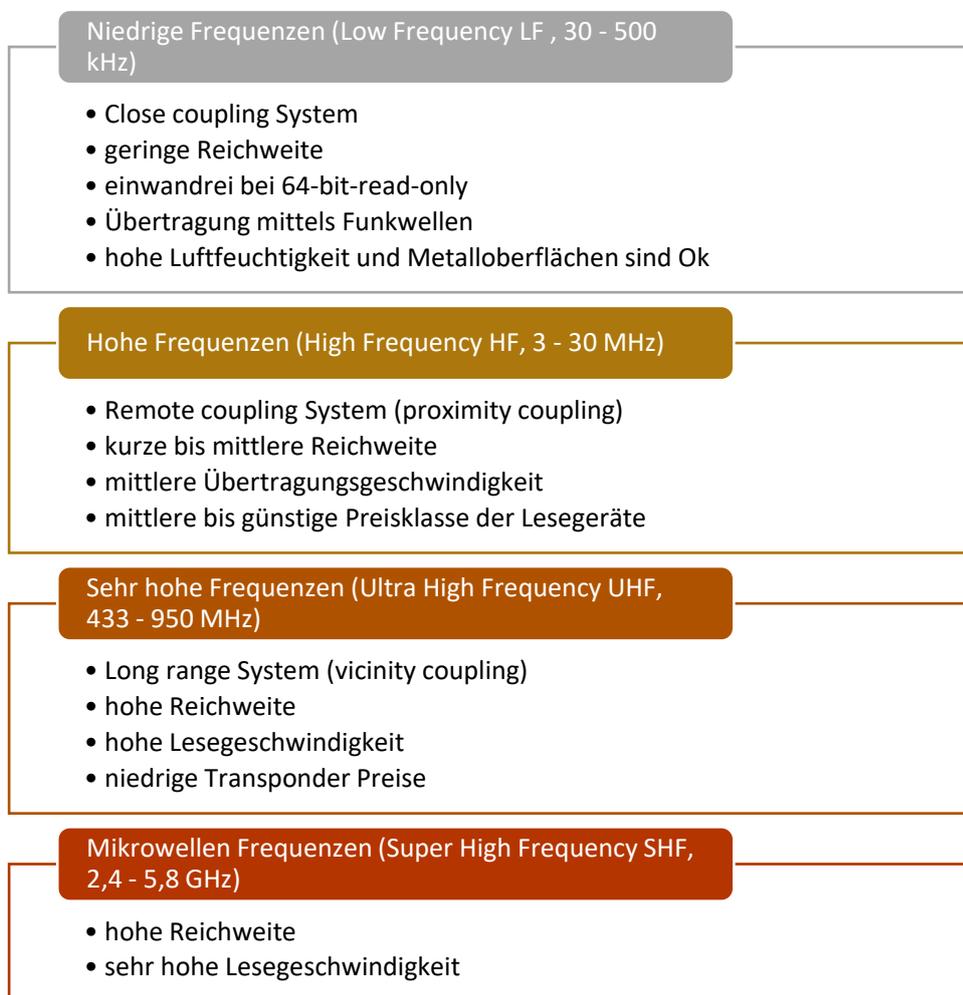


Abb. 16: Frequenzbereiche, Quelle: Eigene Darstellung.

<sup>28</sup> o.V. (2018), Online-Quelle [11.11.2018].

<sup>29</sup> o.V. (2018), Online-Quelle [11.11.2018].

Aufgrund der vielen Eigenschaften und deren Vorteile im UHF Frequenzbereich, kann diese für die praktische Ausarbeitung näher in Betracht gezogen werden. Vor allem die möglich hohen Reichweiten können eines der Knapp AG gestellten Anforderungen erfüllen.

Unterscheidungsmerkmale bei UHF Technologie im Vergleich zu LF und HF laut Tab. 4:

	LF	HF	UHF
<b>Gängige Standards</b>	ISO 18000-2 ISO 11784/85 ISO 14223/1	ISO 18000-3, ISO14443, ISO15693, ISO18092	ISO 18000-6
<b>Vorschriften</b>	Weltweit harmonisiert	Weltweit harmonisiert	Keine weltweite Harmonisierung
<b>Übertragungstechnik</b>	Induktive Kopplung	Induktive Kopplung	Elektromagnetische Wellen
<b>Betriebsfrequenz</b>	125/134,2 kHz	13,56 MHz	860 – 960 MHz
<b>Antenne</b>	Windungen	Windungen	Dipol
<b>Arbeitsbereich</b>	bis ca. 1,2 m	bis 1,5 m	bis ca. 15 m
<b>Umwelteinflüsse</b>	Wenig Einfluss auf Arbeitsdistanz Arbeitet auf metallischen Oberflächen	Wenig Einfluss auf Arbeitsdistanz Arbeitet mit Einschränkung auf metallischen Oberflächen	Einfluss auf Arbeitsdistanz durch Reflexionen und Dämpfungen
<b>Anwendungen</b>	Tiererkennung Industrienumgebung Diebstahlsicherung	Bibliotheken Öffentlicher Transport Produkterkennung Zugangskontrollen	Paletten ID Container ID Mode Einzelhandel

Tab. 4: Unterscheidungsmerkmale LF, HF und UHF, Quelle: Eigene Darstellung.

Auf Grundlage von Vorgaben (insbesondere Standardisierungsvorgaben) und physikalischen Gegebenheiten, besitzen RFID-Systeme bei unterschiedlichen Frequenzen auch unterschiedliche Eigenschaften. Diese können die Entscheidung für einen Frequenzbereich und die Konzeption einer Lösung für einen gegebenen Anwendungsfall nachhaltig beeinflussen. Sie bestimmen in vielen Bereichen die Leistungsfähigkeit und mögliche Funktionalitäten, die durch das RFID-System realisiert werden können.

	LF 125 kHz	HF 13,56 MHz	UHF 868 MHz (passiv/aktiv)
Übertragung	induktiv	induktiv	Elektromagnetische Welle
Einfluss von Flüssigkeiten	niedrig	mittel	mittel/hoch
Praktische Reichweite [m]	0,2	1,5	15/100
Datenübertragungsraten	niedrig	hoch	sehr hoch
Pulkfähigkeit	nein	ja	ja/ja
Standardisierung	hoch	hoch	mittel→hoch

Tab. 5: RFID Eigenschaften in Abhängigkeit der Arbeitsfrequenz, Quelle: Eigene Darstellung.

Durch die überwiegenden Vorteile der RFID Technologie in den Frequenzbereichen des HF's und UHF's, werden diese beiden Frequenzbereiche für die weitere Ausarbeitung ausgewählt.

## 5.2.2 Transponder

Ein wichtiges Bestandteil eines RFID Systems stellt der Transponder oder je nach Bauart auch Tag beziehungsweise Label genannt, dar. Die Bezeichnung Transponder entspringt aus den beiden Wörtern Transmitter und Responder. Dieser wird an dem zu identifizierenden Objekt angebracht welcher im Vorhinein mit Daten und Informationen beschrieben wurde. Transponder bestehen in der Regel aus einem Koppellement, wie beispielsweise einer Antenne sowie einem elektronischen Mikrochip (integrierte Schaltung IC). Hinzu kommt in der Regel noch ein Trägermaterial/Gehäuse welcher aus unterschiedlichen Materialien und Formen bestehen kann. Ein weiterer Bestandteil des Transponders ist die Energiequelle bzw. Energieversorgung.<sup>30</sup>

Abb. 17 stellt einen prinzipiellen Aufbau eines RFID Transponders dar. Links ist ein induktiv gekoppelter (HF) Transponder mit einer Antennenspule schematisch dargestellt. Rechts ist ein Mikrowellentransponder (UHF) mit einer Dipolantenne abgebildet.

<sup>30</sup> Vgl. Finkenzeller (2015) S. 11 ff.

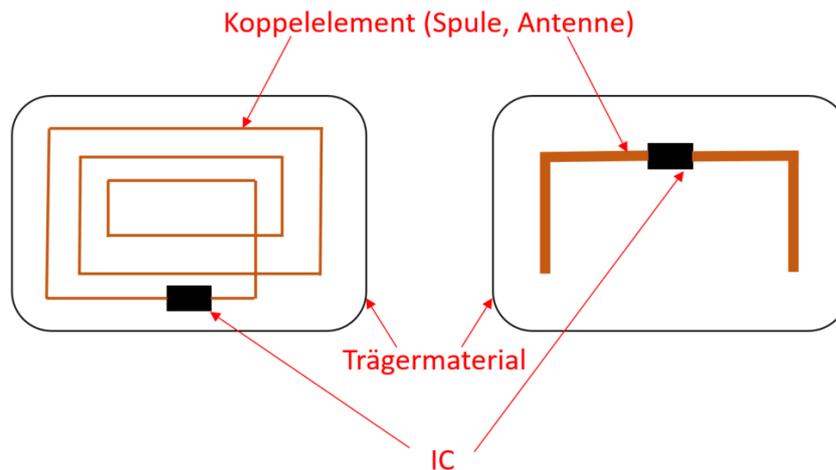


Abb. 17: Prinzipaufbau eines RFID Transponders mit unterschiedlichen Spulen, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Finkenzeller (2015).

„Die Energieversorgung ist das deutlichste Unterscheidungsmerkmal eines RFID Transponders. Kleine, batterie lose RFID-Transponder (passive Transponder) besitzen keine eigene Energieversorgung und müssen ihre Versorgungsspannung durch Speisung aus den Funksignalen der Basisstationen gewinnen. Dies reduziert zwar die Kosten und das Gewicht der Chips, gleichzeitig verringert es aber auch die Reichweite. Diese Art von RFID Transpondern werden z. B. für die Authentifizierung bzw. Auszeichnung von Produkten oder für Dokumentenverfolgung eingesetzt, da die Kosten pro Einheit hier ausschlaggebend sind. RFID-Transponder mit eigener Energieversorgung erzielen eine erheblich höhere Reichweite und besitzen einen größeren Funktionsumfang, verursachen aber auch erheblich höhere Kosten pro Einheit. Deswegen werden sie dort eingesetzt, wo die zu identifizierenden oder zu verfolgenden Objekte eine lange Lebensdauer haben, beispielsweise bei wieder verwendbaren Behältern in der Containerlogistik (für See Container bisher nur vereinzelt Einführung, da noch keine weltweit wirksame Übereinkunft) oder bei Lastkraftwagen im Zusammenhang mit der Mauterfassung.“<sup>31</sup>

### 5.2.2.1 Transponder Arten

Je nach Einsatzgebiet und Anwendung wird zwischen aktiven und passiven Transpondern unterschieden und werden auch am häufigsten in der Praxis eingesetzt:

- **Passive Transponder:** haben keine eigene Spannungsversorgung und beziehen ihre Energie direkt aus dem Energiefeld des Lesegerätes, dadurch sind passive Transponder vollkommen wartungsfrei. Die Lesereichweiten sind jedoch stark von der Größe des Transponders, der Frequenz sowie der Antenne abhängig. Passive Transponder eignen sich beispielsweise zur Optimierung in der Logistik und in der Konsumgüterindustrie.
- **Aktive Transponder:** sind im Vergleich zu passiven Transponder wesentlich komplexer aufgebaut und haben eine integrierte Spannungsversorgung (Batterie oder Akku), die es ermöglicht viel größere Lesereichweiten zu erzielen. Durch die Spannungsversorgung einer Batterie oder eines

<sup>31</sup> Finkenzeller (2015) S. 11.

Akkus ist die Lebensdauer dieser Transponder begrenzt, zusätzlich sind die Produktionskosten um ein Vielfaches höher als bei passiven Transpondern. Die gespeicherten Daten lassen sich über größere Distanzen erfassen. Diese Transponder werden beispielsweise als Bestandteile eines elektronischen Mautsystems verwendet.

- **Semi-aktive Transponder:** verfügen über eine interne Stützbatterie, welche als Stromversorgung für den Mikrochip dient. Zum Senden der gespeicherten Daten nutzen Semi-aktive Transponder jedoch die Energie des vom Lesegerät generierten Feldes.

In der Tab. 6 sind die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale zwischen aktiven und passiven Transponder zusammengefasst.

	Aktiv	Passiv
<b>Energieversorgung</b>	Batterie	RF Feld
<b>Nutzungsdauer</b>	Abhängig von Batterielebensdauer	Beinahe unbegrenzt
<b>Preis</b>	hoch	Niedrig
<b>Speicherplatz</b>	groß	gering bis mittel
<b>Reichweite</b>	Je nach Bauart einige 10 m	wenige Zentimeter bis mehrere Meter
<b>Lesegeschwindigkeit</b>	mittel bis hoch	gering bis mittel
<b>Beschreibbarkeit</b>	mehrmals	einmalig oder mehrmals

Tab. 6: Übersicht zwischen aktiven und passiven Transpondern, Quelle: Eigene Darstellung.

Für die Aufgabenstellung in dieser Arbeit werden nur passive RF Transponder benötigt und in Betracht gezogen.

### 5.2.2.2 Transponder Bauformen

Transponder werden heutzutage in vielen unterschiedlichen Ausführungen und Bauformen hergestellt. Jedoch ist die größere Masse von Transpondern welche sich auf dem Markt befinden, durch passive vertreten. Aktive Transponder sind mit einer zusätzlicher Energiequelle ausgestattet was wiederum Mehrkosten in der Herstellung und einen größeren Platzbedarf bei der Form der Transponder verursacht. Die Bauform des Transponders hängt im hohen Maße von der sich darin befindlichen Antenne aber auch vom Einsatzgebiet des Transponders ab. Grundsätzlich können Transponders in fast allen möglichen Formen hergestellt werden.<sup>32</sup>

<sup>32</sup> Vgl. Finkenzeller (2015) S. 16 ff.

In der Praxis kommen unterschiedliche Transponder Bauformen zum Einsatz welche nachfolgend aufgelistet sind:

- a. Disks
- b. Glasgehäuse
- c. Plastikgehäuse
- d. Werkzeug
- e. Chipkarten
- f. Smart Label
- g. Sonderformen



Abb. 18: Übersicht Transponder Bauformen, Online-Quelle [04.11.2018].

In der Abb. 18 sind einige Transponderbauformen abgebildet und wird im Folgenden nur mehr auf die für diese Arbeit relevante Bauform, Smart Label eingegangen.

### **ad f) Smart Label**

Unter Smart Label oder auch Smart Tags wie sie üblicherweise in der Praxis genannt werden, versteht man sehr flache papierdünne Transponderbauform. Die Transponderspule wird durch das Verfahren Siebdruck oder Ätztechnik auf eine 0,1 mm dicke Plastikfolie aufgebracht. Diese Transponderbauform wird häufig mit einer Papierschicht laminiert. Auf der Rückseite ist das Smart Label durch einen Kleber beschichtet, welches als ein Einsatz für Selbstklebeetiketten verwendet wird. Zusätzlich kann auf der Vorderseite ein Barcode oder ein Firmenlogo aufgedruckt werden.



Abb. 19: Praxis Beispiel eines Smart Labels, Online-Quelle [04.11.2018].

Passive (batterielose) Smart Label werden für verschiedene Frequenzbereiche (HF und UHF) eingesetzt. Durch induktive Kopplung mit dem Lesegerät wird die erforderliche Energie aus dem Feld des Lesegerätes entnommen. Im Handel und der Güterlogistik kommt diese Transponderbauform am häufigsten zum Einsatz da diese in der Massenproduktion sehr günstig ist und die erzielbaren Datenübertragungsgeschwindigkeiten den Anwendungen genügen.

### **ad g) Sonderformen**

Neben den genannten Bauformen werden noch eine Vielzahl an anwendungsspezifischer Sonderbauformen angeboten.

#### **5.2.2.3 Transponder Funktion vs. Funktionalität und Kosten**

Man kann eine einfache Einteilung der RFID-Transponder bezüglich Funktionsumfang, Datenspeicher und Datensicherheit vornehmen. In folgendem Blasendiagramm Diagramm Abb. 20 kann damit eine rasche Auswahl zwischen Low-end und High-end Transpondern vorgenommen werden.

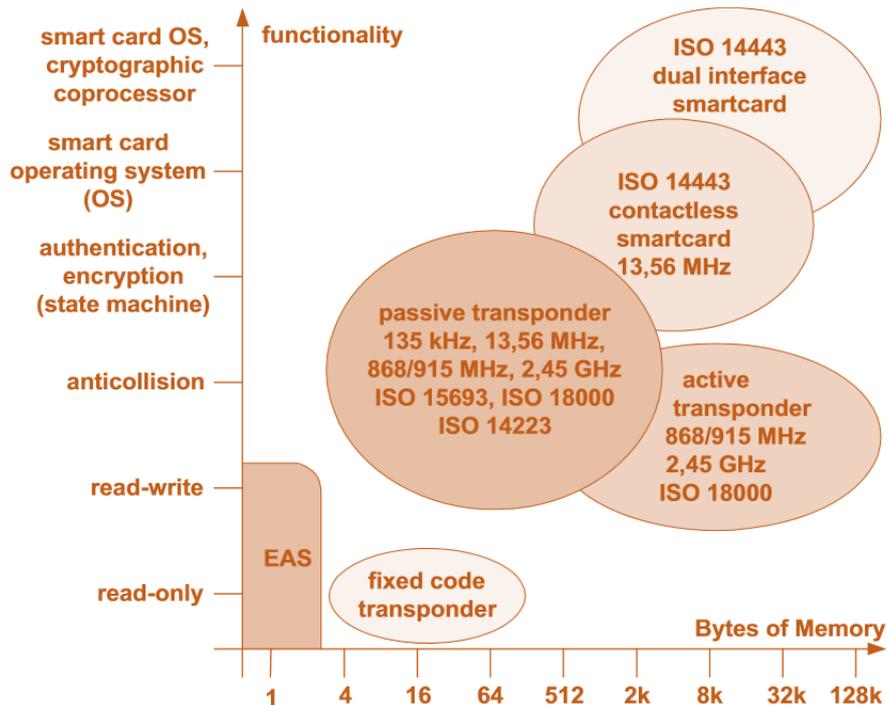


Abb. 20: Einteilung der RFID-Systeme in Low-end und High-end, Quelle: Finkenzeller, S. 28.

Die Darstellung der Low-end Variante wird laut Abb. 20 auf der horizontalen Achse im linken Bereich und auf der vertikalen Achse im unteren Bereich eingeteilt. Die High-end Variante wird im rechten Bereich auf der horizontalen und im oberen Teil der vertikalen Achse eingegliedert. Die Transponderkosten sind proportional zur Funktionalität und des verfügbaren Speichers. Für diese Arbeit sind vor allem Low-end und Middle-end Systeme relevant.

- **Low-end-Systeme:** „EAS (elektronische Artikelsicherung): Diese Systeme überprüfen und überwachen unter Verwendung einfacher physikalischer Effekte die mögliche Anwesenheit eines Transponders im Ansprechbereich eines Detektionsgerätes. Auch Read-only-Transponder, die bereits mit einem Mikrochip ausgestattet sind, gehören noch zu den Low-end-Systemen. Diese Transponder verfügen über einen fest kodierten Datensatz, der in der Regel nur aus einer eindeutigen, mehrere Bytes langen Seriennummer (UID - unique identifier) besteht.
- **Middle-end-Systeme:** Das Mittelfeld wird durch eine Vielzahl von Systemen mit beschreibbarem Datenspeicher gebildet, sodass in diesem Bereich die Typenvielfalt mit Abstand am größten ist. Die Speichergrößen variieren von wenigen Bytes bis über 100 kByte EEPROM (passive Transponder) oder auch SRAM (aktive, d.h. batteriegestützte Transponder). Diese Transponder sind in der Lage, in einer fest codierten State-Machine einfache Kommandos des Lesegerätes zum selektiven Lesen und Schreiben des Datenspeichers abzuwickeln. In der Regel unterstützen die Transponder auch Antikollisionsverfahren, wodurch sich mehrere Transponder, die sich zur selben Zeit im Ansprechbereich des Lesegerätes befinden, gegenseitig nicht mehr beeinflussen und durch das Lesegerät selektiv angesprochen werden können. Auch kryptographische Verfahren, zur Authentifizierung zwischen Transponder und Lesegerät, sowie eine Datenstromverschlüsselung sind bei HF und UHF RFID-Systeme verfügbar.

- **High-end-Systeme:** Kontaktlose Chipkarten mit Chipkartenbetriebssystem (smart-card OS) mit kryptographischen Koprozessoren für komplexe Algorithmen und zur Verschlüsselung und Authentifizierung. Hierauf wird in dieser Arbeit nicht näher eingegangen da für den untersuchten Anwendungsfall nicht relevant.<sup>33</sup>

Durch diese Einteilung lassen sich Preis und Funktion der jeweiligen RFID Lösung miteinander vergleichen und darstellen.

### 5.2.3 Lesegerät

Das Auslesen von Daten und Informationen welche auf einem Transponder gespeichert wurden, erfolgt über ein Lesegerät mit Antenne. In der Praxis werden unterschiedliche Arten wie beispielsweise mobile Lesegeräte, feste Reader als Lesestationen und Handheld Systeme eingesetzt.

Die Funktionsweise wie RFID-Lesegeräte arbeiten ist aufgrund ihrer magnetischer oder elektromagnetischen Kopplung zwischen dem RFID-Datenträger (Transponder) und dem Lesegerät, kontaktlos. Der Transponder und das RFID Lesegerät kommunizieren über die jeweiligen Antennen und das RF Feld. Die Reichweite kann durch unterschiedliche RFID-Frequenzen zwischen wenigen Zentimetern und mehreren Metern betragen. Das RFID-Lesegerät erzeugt ein hochfrequentes elektromagnetisches Feld mit der entsprechenden gewählten RFID-Frequenz, um die Daten aus dem Transponder auszulesen oder zu beschreiben. Sobald der RFID-Transponder in den Bereich des Wechselfeldes kommt, ermöglicht das Trägersignal des Lesers die Energieversorgung und Datenübertragung zum Transponder entsprechend dem zugrundeliegenden Standard. Der passive Transponder manipuliert RF Feld zumeist mittels Lastmodulation welches vom Lesegerät detektiert, demoduliert und dekodiert wird. Die weitere Verarbeitung der Daten erfolgt dann mittels Anwendungssoftware im Host System.

Die RFID Antenne hat die Aufgabe, die Energie des RFID-Readers in die Luftschnittstelle abzugeben und Das Transpondersignal wieder aufzunehmen. Sie ist auf beiden Seiten der wichtigste Bestandteil einer Funkverbindung und muss entsprechend der Betriebsfrequenz angepasst sein.

LF und HF Leser Antennen unterscheiden sich grundsätzlich im Funktionsprinzip (induktive Kopplung) zum UHF System das mit elektromagnetischer Wellenausbreitung arbeitet. Bei käuflichen Lesegeräten sind Informationen über Art, verwendeter Frequenz, Leistung und auch über Lesedistanzen mit Referenz RFID Tags verfügbar. Umgebungseinflüsse wie zum Beispiel Metall in der direkten Nähe der Leserantenne haben Einfluss auf die Performance des Systems. Im Anwendungsfall der Knapp AG werden sowohl NFC fähige Mobile Geräte als auch fix installierte NFC und UHF Lesegeräte und Antennen verwendet werden, wobei letztere von einem Systemintegrator installiert, getestet und an das Host System angeschlossen werden.

---

<sup>33</sup> Finkenzeller (2015) S. 28 f.

## 5.3 Identifikationsnummern

Für Barcode Systeme wird die European Article Number (EAN) und der Universal Product Code (UPC) verwendet, hingegen existieren für RFID Systeme eigene Standards welche im Vergleich zum Barcode höhere Speicherkapazitäten sowie teilweise Programmierbarkeit auf dem Transponder Chip ermöglichen. Eine eindeutige Nummerierung auf Artelebene wird dadurch gewährleistet.

### 5.3.1 Mehrere Transponder im RF Feld

Befinden sich mehrere Transponder im Betriebsbereich des HF Feldes, kann man diese mittels sogenannter Antikollisionsverfahren aufgrund Ihrer Identifikationsnummern einzeln erkennen und bei Bedarf auch einzeln bearbeiten. In der Praxis kommen zwei Antikollisionsverfahren zum Einsatz, zum einen das Aloha- Verfahren und zum anderen das Tree- Walking- Verfahren.<sup>34</sup>

Da es für den Anwendungsfall bei der Knapp AG eine Kollision von mehreren HF Transpondern nicht gegeben ist, wird auf eine nähere Betrachtung verzichtet. Die Anforderung ist lediglich, dass das Auslesen eines Transponders mittels NFC Schnittstelle um die Entgegennahme der Warenpaletten möglich ist. Der Vorteil liegt in der einzelnen Entgegennahme sowie Begutachtung der Waren auf Montagen durch den zuständigen Montageleiter.

Das Erfassen mehrerer UHF Transponder im Erfassungsbereich des RF Lesers in mehreren Metern Entfernung wurde im Praxisteil mit entsprechendem UHF Leser und Anwendungssoftware erfolgreich getestet.

### 5.3.2 UID oder TID

Unique Identification (UID) oder auch Tag ID (TID) oder CSN (Chip Serial Number) ist in der internationalen Norm ISO/IEC 15963:2004 als Identifikationsnummer beschrieben. Diese UID ist weltweit einmalig und wird im Read Only Memory eines Transponder ICs durch den Hersteller während des finalen Produkttests gespeichert.<sup>35</sup>

Der elektronische Produktcode (EPC) ist ähnlich dem UPC Barcode (Universal Product Code), jedoch mit einer eindeutigen Identifikationsnummer (UID) oder Seriennummer wie aus der Abb. 21 zu entnehmen ist.

---

<sup>34</sup> Vgl. Finkenzeller (2015), S. 250.

<sup>35</sup> Vgl. Günthner (2011), S. 78.

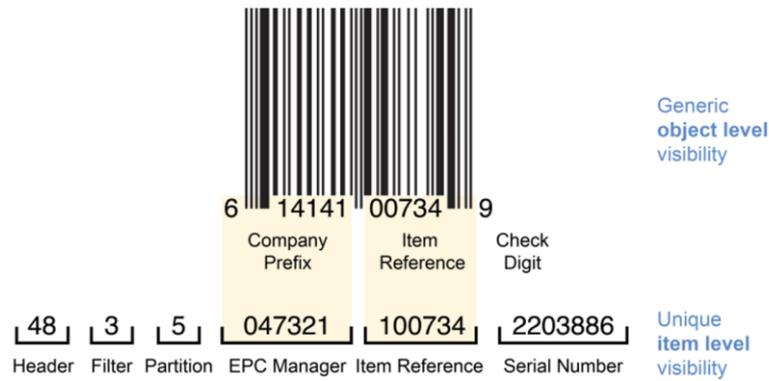


Abb. 21: EPC Beispiel mit UID, Online-Quelle [28.11.2018].

### 5.3.3 EPC

Der Electronic Product Code (EPC) ist ähnliche dem Universal Product Code (UPC) Barcode, aber mit einer eindeutigen ID- oder Seriennummer. Mit deren Hilfe jedes Objekt eindeutig gekennzeichnet werden kann. Der EPC ist eine Art Nummernschild mit einer eindeutigen Nummer, mit Hilfe dieser wird ein gekennzeichnetes Objekt eindeutig und individuell identifiziert. Der EPC wird auf dem Transponder als ein String von Bits gespeichert. Der Aufbau eines EPC besteht aus einem Header mit variabler Länge und aus einer Reihe von Datenfeldern, deren Länge und Funktion durch den Wert des Headers sowie Struktur festgelegt sind. Derzeit werden EPC's mit einer Gesamtlänge von 64 Bit oder 96 Bit verwendet und zusätzlich ist der EPC in 13 verschiedenen Kodierungen ausgeführt wie beispielsweise SGTIN-96, GID-96, SSCC, SGLN etc...<sup>36</sup>

### 5.3.4 SGTIN

Die SGTIN (serialized global trade item number) dient der eindeutigen Identifizierung einzelner Waren in der Lieferkette welche aus einer 64 Bit sowie einer 96 Bit langen Version des SGTIN existiert. In Anlehnung an den GTIN (Global Trade Item Number), dem Nachfolger des EAN, wird der SGTIN für die individuelle Identifizierung von Objekten verwendet.<sup>37</sup>

Abb. 22 zeigt den Aufbau eines EPC am Beispiel eines SGTIN-96.

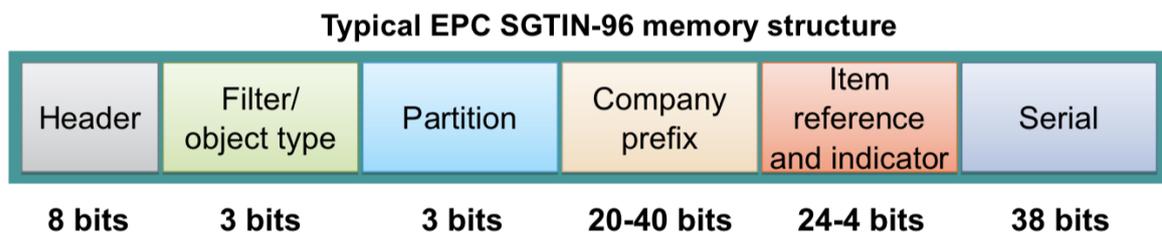


Abb. 22: Aufbau eines EPC SGTIN-96, Online-Quelle [12.10.2018].

<sup>36</sup> Vgl. Finkenzeller (2015), S. 416.

<sup>37</sup> Vgl. Finkenzeller (2015), S. 418.

Der 96 Bit lange SGTIN-96 besteht aus sechs Datenfeldern:<sup>38</sup>

- **Header**  
Gibt an, um welches Nummerierungsschema es sich handelt.
- **Filter Value**  
Erlaubt eine Vorauswahl zwischen den einzelnen Gütern sowie verschiedene Arten logistischer Verpackungseinheiten.
- **Partition**  
Gibt Auskunft darüber, wie der Speicher auf den Company Prefix und die Object Class verteilt sind, da sich beide die folgenden 44 Bit unterschiedlich teilen können.
- **Company Prefix**  
Kennzeichnung des Unternehmens, das den jeweiligen EPV vergeben hat.
- **Item Reference**  
Bezeichnet die Artikelklasse.
- **Serial Number**  
Ist die zur eindeutigen Identifizierung vergebene Seriennummer.

---

<sup>38</sup> Vgl. Finkenzeller (2015), S. 417 f.

## 5.4 Near Field Communication (NFC)

Near Field Communication (NFC) wurde im Jahr 2002 durch NXP und Sony entwickelt. Dabei handelt es sich um die Zusammenführung der beiden RFID-Systeme MIFARE (ISO/IEC 14443) und FeliCa und wurde in den ISO/IEC Standard 18092 übergeführt. Die technischen Grundlagen von NFC bezüglich Betriebsfrequenz, Kopplungsart, Datenübertragung und Modulation sind mit dem ISO/IEC14443 und Sony FeliCa ident.

Bei NFC handelt es sich nicht nur um ein RFID-System, sondern um eine drahtlose Datenschnittstelle zwischen elektronischen Bauteilen und NFC fähigen Produkten. NFC fähige Geräte können in 3 Modi betrieben werden, wie sie in der Tab. 7 angeführt sind.

Auf der Transponderseite sind fünf Typen (NFC Forum type 1-5 tags) die verschiedenen ISO/IEC Standards wie ISO/IEC14443, ISOIEC15693 sowie SONY FeliCa beinhalten, definiert.

Ein NFC fähiges Gerät kann im sogenannten Card Emulation Mode als Transponder agieren oder im Reader Writer-Mode als Lesegerät. Der Nachrichtenaustausch zwischen zwei NFC Geräten kann über kurze Distanzen auch im sogenannten Peer-to-Peer Mode erfolgen. Die Übertragungsgeschwindigkeit beträgt bis zu 424 KBit/s.

Im Peer-to-Peer-Operationsmodus können zwei verbundene NFC-Geräte geringe Datenmengen austauschen, etwa um eine Bluetooth Verbindung zu konfigurieren. Im Read/Write-Modus kann das NFC-fähige Smartphone auf einen beliebig unterstützten Tag schreiben oder diesen auslesen. Im Card-Emulation-Modus kann das Smartphone eine kontaktlose Karte emulieren und so von existierenden Lesegeräten ausgelesen werden. Basis für die Bitübertragung und Datensicherung sind bei all diesen drei Betriebsarten Standards ISO/IEC 18092 und ISO/IEC14443.

Für diese geplante Anwendung in der Knapp AG ist nur der Reader/Writer Mode relevant.

### 5.4.1 Operations- und Kommunikationsmodus

NFC Geräte können unterschiedliche Rollen wie Initiator oder Zielgerät einnehmen. Beim Operationsmodus wird zwischen Peer-to-Peer, Read/Write und Card Emulation Modus unterschieden. Zusätzlich kommt der Kommunikationsmodus entweder aktiv oder passiv zum Einsatz.

Operationsmodus	Peer-to-Peer	Read/Write	Card Emulation
Rolle Initiator	<i>aktiv</i>	<i>aktiv</i>	<i>aktiv</i>
Rolle Zielgerät	<i>aktiv/passiv</i>	<i>aktiv/passiv</i>	<i>aktiv/passiv</i>

Tab. 7: Rollen, Kommunikations- und Operationsmodus, Quelle: Eigene Darstellung.

## 5.4.2 Einige NFC Anwendungen

- Produktidentifikation
- Logistik und Warenverfolgung
- Bezahlösungen
- Kundenbindungsprogramme
- Automatisches Verbinden mit Cloud basierten Servern
- Automatisches Starten von Apps auf dem Smartphone
- Automatisches Verbinden mit Bluetooth oder WiFi Netzwerken
- Produktoriginalitätsprüfung
- und vieles mehr

Zusätzlich werden NFC Anwendungen in verschiedenen Kategorien unterteilt:<sup>39</sup>

- **Touch & Co**

Bei dieser Kategorie wird NFC für Anwendungen wie Ticket-, Zutrittskontroll-, Reportingsysteme aber auch in der Logistik und Sicherheitstechnik verwendet. Auf dem NFC Gerät ist ein Zutrittscode oder ein Ticket gespeichert und wird nur kurz am Lesegerät vorbeigeführt.
- **Touch & Confirm**

Bei so genannten *mobile payment* (Zahlungsverkehr), bei denen der Anwender durch die Interaktion anhand von einem Tastendruck oder PIN Code Eingabe ins NFC Gerät die Aufforderung bestätigt.
- **Touch & Capture**

Beim smart Plakat ist der Transponder am Plakat angebracht, wird dann ein NFC Gerät in die Nähe dieses Transponders gebracht, kann es dann Informationen wie Telefonnummern oder eine URL auf weiterführende Informationen aus dem Transponder auslesen.
- **Touch & Link**

Anwendungen, bei denen eine Online-Verbindung des NFC-Gerätes benötigt wird. Hier werden die über das NFC-Interface gelesenen Daten über die Online Verbindung (GPRS, UMTS) an einen Server weitergeleitet. Der Server kann diese Daten verarbeiten und Informationen an das NFC-Gerät zurücksenden, wo diese auf dem Display angezeigt werden.
- **Touch and Connect**

Eine Verbindung von zwei NFC Geräten zur Übertragung von Bildern, MP3-Dateien oder einfach zum Abgleich der Telefonbücher zwischen zwei NFC-fähigen Handys.

## 5.4.3 Software

Zum Bestandteil eines RFID-Systems gehört die Software, welche dem Reader übergeordnet ist. Typischerweise kommen Middle- und Edgware zum Einsatz. Die Edgware hat die Aufgabe, die meist proprietäre Schnittstelle des Readers an die Middleware anzupassen. Die Middleware wiederum konfiguriert, steuert und überwacht den Reader und gibt zusammengefasste Daten an die übergeordneten

---

<sup>39</sup> Vgl. Langer/Roland (2010), S. 642 f.

Systeme weiter. Im Falle einer Verarbeitung von vielen Leseevents oder vielen Mehrfachlesungen eines Transponders muss die Software mehrere hundert Leseevents pro Sekunde verarbeiten können.<sup>40</sup>

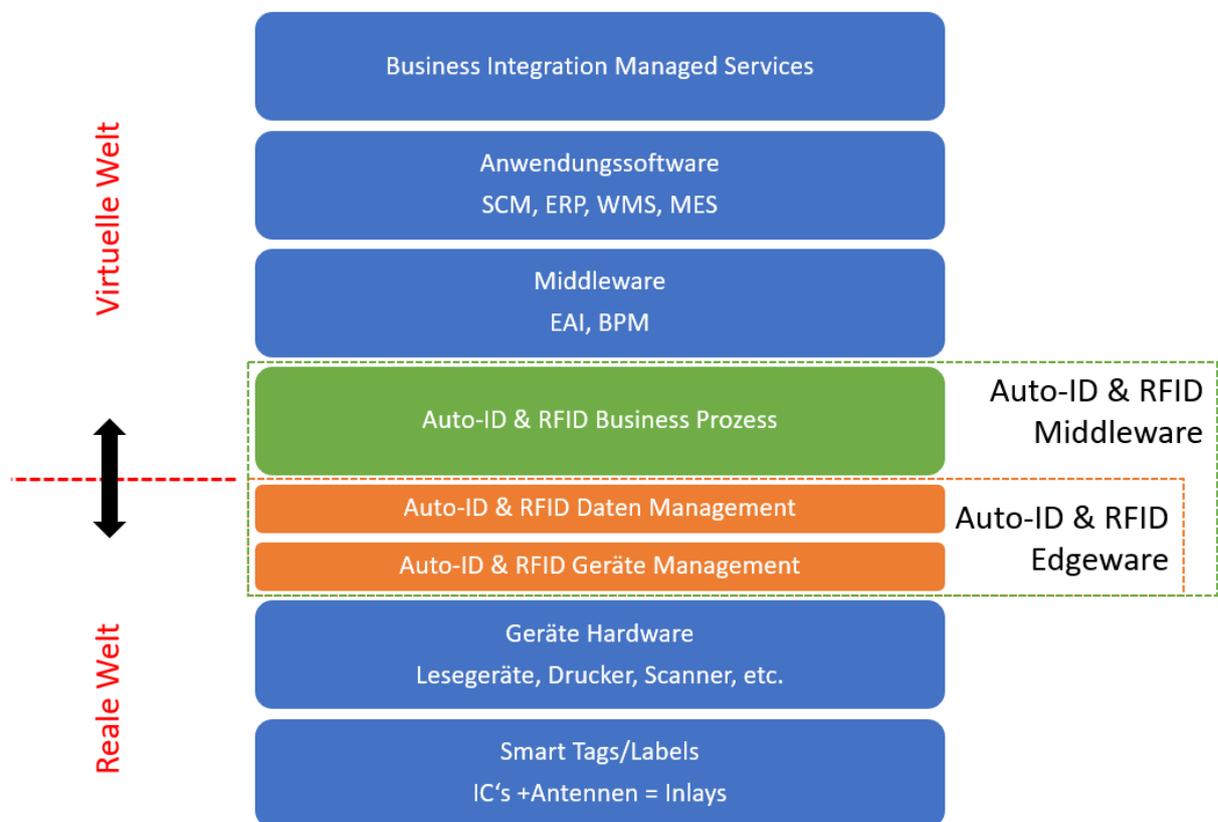


Abb. 23: Verbindung der Middle- und Edgeware, Quelle: Eigene Darstellung.

Die Middleware in RFID-Systemen kann in mehrere Ebenen unterteilt werden. Die sogenannten Edgeware Komponenten sind auf der untersten Ebene angesiedelt, damit sind sie nahe an der Identifikationshardware.

„Die Event Middleware erfüllt Aufgaben wie z. B. den Empfang, die Speicherung und die Verarbeitung von Events, das Filtern und Aufbereiten von Daten oder das Setzen von Zugangsberechtigungen. Die Enterprise Application Integration (EAI)-Komponente stellt die Schnittstelle zu den übergeordneten Informationssystemen eines Unternehmens dar. Zum Teil werden in der Literatur die Event Middleware und die EAI-Komponente zur sogenannten Middleware, der Softwareschicht zwischen den Unternehmenssystemen und der RFID-Hardware, zusammengefasst. Die Edgeware ist eine Softwareschicht unterhalb der Event Middleware. Allerdings ist die Angabe einer konkreten Abgrenzung nicht möglich. Sie ist als direkte Verbindung zu den Geräten und Transpondern für den Zugriff zuständig und trennt somit die höheren Anwendungen von der Interaktion mit der Hardware. Sie dient als Übersetzer zwischen dem RFID-System und den angeschlossenen Geräten und kann dabei auch erste, gerätebezogene Fehler erkennen. In einigen Quellen wird die Edgeware als Teil der Middleware gesehen

<sup>40</sup> Vgl. Günthner (2011), S. 45.

und tritt nicht explizit in Erscheinung. Demzufolge werden dann die Aufgaben der Edgeware, die im Folgenden aufgelistet werden, der Middleware zugeordnet. Die Edgeware ist jener Teil der RFID-Middleware, der die darunter liegende Hardwarelandschaft abstrahiert und ein Interface zum Erfassen und Schreiben von Daten, zur Vorverarbeitung der Daten und zur Geräteverwaltung zur Verfügung stellt. Die höheren Anwendungen im Unternehmen, wie z. B. SCM- oder ERP-Systeme, sind in der Regel nicht auf das Empfangen von Events und einen Echtzeit Datenverkehr ausgelegt, wie er bei RFID-Systemen auftritt. Im Zuge der Integration der IT-Systeme stellt die EAI-Komponente die Schnittstelle zu den übergeordneten Informationssystemen (Unternehmenssysteme, proprietäre RFID Anwendungen) dar. Diese Komponente nutzt eine Messaging-Infrastruktur um zwischen zwei Systemen zu vermitteln, also z. B. Kommandos vom Unternehmenssystem an das RFID-IT-System weiterzuleiten oder RFID-Informationen an das Unternehmenssystem zu übergeben. Auch EDI-Komponenten (Electronic Data Interchange) können hier zugeordnet werden, die einen elektronischen Datenaustausch zwischen Unternehmen, wie z. B. einen elektronischen Lieferschein, ermöglichen. Manche EAI-Komponenten unterstützen auch Workflow-Funktionen, mit denen systemübergreifende Geschäftsprozesse abgebildet werden können.“<sup>41</sup>

---

<sup>41</sup> Günthner (2011), S. 84.

# 6 TRANSPORTSYSTEME

Diese Transportsysteme verbinden voneinander entfernte Bedienpunkte und sorgen für den Transport der Ware zwischen den Punkten. Neben Flurförderzeugen kommen stationäre Förderer für Paletten und Stückgut zum Einsatz. Da für die innerbetrieblichen Produktionsprozesse der Knapp AG hauptsächlich Paletten zum Einsatz kommen, wird der Fokus dieser wissenschaftlichen Arbeit auf dem Gebiet der Paletten Transportsysteme gelegt.

„Ein Transportsystem ist so zu gestalten, zu dimensionieren, zu organisieren und zu disponieren, dass ein bestimmter Beförderungsbedarf unter Berücksichtigung der räumlichen, zeitlichen, technischen und ökologischen Randbedingungen kostenoptimal erbracht wird.“<sup>42</sup>

## 6.1 Vorteile

Personalkosten machen fast 70% der Betriebskosten eines Staplers aus. So stellt sich die Frage, wodurch und vor allem wie diese Personalkosten reduziert werden können? Die Antwort liegt in der Automatisierung besser gesagt in dem das Unternehmen auf einen automatisierten Betrieb umstellt. Der Einsatz eines Fahrerlosen Transportsystem (FTS) kann die täglichen Arbeitsabläufe komplett automatisieren. Der Transport von Waren wird durch Fahrerlosen Transportfahrzeugen (FTF) durchgeführt und bietet für ein Unternehmen folgende Vorteile: <sup>43</sup>

- flexible Fahrkursführung
- einfache Erhöhung der Transportfähigkeit
- Transportwege sind meist freibleibend
- bessere Zugänglichkeit von Maschinen und Arbeitsplätzen
- Verbesserung der Umgebungs- und Arbeitsbedingungen
- Materialfluss wird automatisiert
- Hohes Sicherheitskonzept durch einfachen Notbetrieb und Erhaltung von Fluchtwegen
- Geringere Anforderung an die Bodenbeschaffenheit
- Sicherer, schonender und wirtschaftlicher Transport

## 6.2 Klassifizierung

Nach den Richtlinien DIN 30781 und DIN 25003 werden Transportsysteme nach technischen Merkmalen wie Konstruktion, Aufbau und Herstellung klassifiziert. Hingegen stellen die logistischen Kriterien Anforderungen an die Einsatzmöglichkeiten, Leistungsfähigkeit, Betriebskosten und die Verfügbarkeit der Logistiksysteme. Zusätzlich werden Transportsysteme in kontinuierliche und diskontinuierliche Beförderungen unterteilt. Bei den kontinuierlichen werden Transportsysteme als Rohleitungssysteme für gasförmiges, festes oder flüssiges Transportgut angesehen. <sup>44</sup>

---

<sup>42</sup> Gudehus (2010), S. 771.

<sup>43</sup> Vgl. Martin (2014), S. 278 ff.

<sup>44</sup> Vgl. Gudehus (2010), S. 772 ff.

## Transportsysteme

Zu den diskontinuierlichen Beförderungen gehören Fördersysteme und Fahrzeuge:<sup>45</sup>

- „Fördersystem: ist geeignet für das Befördern von einheitlichen und gleichartigem Transportgut mit wenig schwankendem Beförderungsbedarf über kürzere Entfernungen zwischen einer Anzahl von Stationen mit unveränderlichen Standorten.“
- „Fahrzeugsystem: eignet sich für das Befördern von gleichem und unterschiedlichem Transportgut mit wechselndem Beförderungsbedarf über kurze, mittlere und große Entfernungen zwischen einer unterschiedlichen Anzahl von Stationen, deren Standort sich ändern kann.“

Folgende Tab. 8 gibt eine deutliche Übersicht der Merkmale.

Merkmale	Fördersysteme	Fahrzeugsysteme
Transporteinheiten	Ladeeinheit ohne Antrieb	Fahrzeuge oder Züge mit Antrieb
Transportnetz	Förderelemente mit Antrieb	Strecken und Knoten ohne Antrieb
Geschwindigkeit	0,5 bis 10 km/h	1 bis über 500 km/h
Stationen	fest installiert	fest oder veränderlich
Relationen	2 bis 100	ab 10 bis weit über 1.000
Streckenlängen	1 m bis wenige km	ab 10 m bis über 1.000 km
Transportzeiten	relativ lang	relativ kurz
Leistungsvermögen	fest installiert	nach Bedarf variabel
Funktionen	Befördern, Sammeln, Verteilen, Sortieren, Puffern und Speichern	Transportieren, Sammeln, Verteilen, Abholen und Zustellen

Tab. 8: Übersicht der Merkmale von Fördersystemen und Förderfahrzeugen, Quelle: In Anlehnung an Gudehus (2010).

Ein FTS ermöglicht zudem auch noch ein Zusammenspiel mit dem Menschen als Mensch-Roboter Kollaboration. Dabei fungiert das FTF mit dem Menschen als eine sogenannte mobile Werkbank und wird in zwei Varianten unterschieden:<sup>46</sup>

- Taxisystem: Hierbei hat das FTF nur Transportaufgaben und soll die Ver- und Entsorgung der Arbeitsplätze gewährleisten. Es bringt und holt Material und verlässt den Arbeitsplatz ohne Wartezeit wobei der große Vorteil in der hohen Auslastung des FTF liegt.
- Mobile Werkbank: Dabei fungiert das FTF als Arbeitsplatz, auf dem das Lastaufnahmemittel einer Montagevorrichtung gleicht. Dies dient als Werkstückträger bei Serienmontagen und hat einen großen Nachteil in der geringen Auslastung als FTF aufgrund der langen Wartezeit am Arbeitsplatz.

<sup>45</sup> Gudehus (2010), S. 773.

<sup>46</sup> Vgl. Martin (2014), S. 278 ff.

### 6.3 Einsatzumgebung

Ein FTS kann in fast jede vorgegebene Umgebung eingesetzt werden. Die Einsatzumgebung wird zu einem durch die Atmosphäre und zum anderen durch räumliche Restriktionen bestimmt. Sobald es von der Norm abweicht, müssen die Anforderungen überprüft werden. Räumliche Einschränkungen können bei der begrenzten Raumhöhe oder bei der Bodentraglast bestehen. Das größte Potential bei der Einsatzumgebung liegt im Fahrweg bzw. im Boden. Wenn dieser nicht den geforderten Normen entspricht, ist ein Einsatz nicht möglich. Normen und Richtlinien sind in der VID 2510 zu finden.<sup>47</sup>

Atmosphärische Bedingungen welche den Einsatz von FTS erschweren:

- Explosive Gase
- Elektrische und magnetische Felder
- Hohe Temperaturschwankungen (unter 5 °C und oberhalb 30 °C)
- Extrem trockene Luft
- Hohe Luftfeuchtigkeit
- Zusatzstoffe in der Atmosphäre wie Ölnebel, Wasserdampf, Staub und aggressive Gase

Bodenkriterien für den FTS Einsatz:

- Druckfestigkeit des Fahrbahnbelages wie eine hohe Flächenpressung und hohe Scherkräfte.
- Reibung: der Gleitreibkoeffizient soll zwischen 0,6 und 0,8 liegen. Ist dieser niedriger, ist eine ordnungsmäßige Not-Bremung nicht gewährleistet. Bei hohen Werten bedeutet es einen schnelleren Verschleiß der FTF Räder.
- Steigungs- und Gefällestrecken dürfen max. bis zu sieben Prozent betragen.
- Elektrische Ableitfähigkeit soll max. mit 1 MΩ Erdableitwiderstand aufweisen.
- Sauberkeit der Böden hat einen hohen Stellenwert. Nasse Böden führen zu unsicheren Fahrmanövern.

Verkehrswege auf den die FTF fahren, dürfen auch von den restlichen Verkehrsteilnehmern mitbenutzt werden. Dabei gilt es auch die Mindestbreite des Fahrweges einzuhalten, welche sich aus der Breite des FTF, Randzuschlag und Zuschlag für Begegnungsverkehr zusammensetzt.

Berechnungsbeispiel:

Ein FTF von ca. 1 m Breite, welches auf einer zweispurigen Strecke (Begegnungsverkehr) fährt, benötigt 3,4 m Fahrwegbreite.

$2 \times 1 \text{ [m]} \text{ Fahrweg} + 2 \times 0,5 \text{ [m]} \text{ Randzuschlag} + 0,4 \text{ [m]} \text{ Begegnungsverkehr Zuschlag} = 3,4 \text{ [m]} \text{ Fahrweg}$

### 6.4 Schnittstellen

Um einen möglichen Einsatz des FTS für die Knapp AG zu empfehlen, müssen die Schnittstellen welche eine Interaktion der Umgebung mit dem FTF näher erläutert werden. In den folgenden Unterkapiteln werden ein paar wichtige Schnittstellen für die Betrachtung eines FTS dargestellt.

---

<sup>47</sup> Vgl. Ullrich (2014), S. 163 ff.

### 6.4.1 Navigation

Die Datenübertragung zwischen dem FTS Steuerung und FTF basiert auf der LAN-Technologie. Für die Datenübertragung zum mobilen FTF gibt es heutzutage unterschiedliche Möglichkeiten diese auszuführen. Häufig werden Induktiv, Infrarot, Funk und auch WLAN-Technologien verwendet. Ein FTF muss navigiert werden, und beim Einsatz im Außenbereich benötigt es spezielle Navigationsverfahren. Die am häufigsten frei eingesetzten Verfahren sind nach dem aktuellen Stand der Technik aufgelistet.

#### Drei FTF Außenbereich Navigationsverfahren:<sup>48</sup>

- Transponder-Navigation
- GPS-Navigation
- Laser-Navigation

Aufgrund der Umgebungsverhältnisse der Knapp AG, welche ein FTF ausgesetzt wäre, und aufgrund der intensiven Sonneneinstrahlung und starken Witterungsverhältnisse, ist die Laser Navigation nicht geeignet. Bei der Transponder-Navigation wird entlang des Fahrweges in kurzen Abständen Transponder mit eindeutiger Kodierung in den Boden eingebettet. Auch diese Navigationsform kann für die Knapp AG nicht umgesetzt werden, da der Fahrweg im Außenbereich liegt und Produktionshallen miteinander verbindet. Der Fahrweg ist aus Asphaltmaterial und somit fällt der mögliche Einsatz der Transponder-Navigation aus. Eine weitere Form der Navigation für ein FTF im Außenbereich ist das GPS. Bei der GPS-Satelliten Navigation kommt das sogenannte dGPS zum Einsatz und bedeutet differential GPS. Dabei wird ein zusätzlicher GPS-Empfänger nicht am FTF, sondern stationär festmontiert. Dadurch kann der ortsfeste GPS-Empfänger anhand des sich zeitlich ändernden Fehlers die exakte Position ermitteln. Vorteil dieser Technik ist die nicht Berücksichtigung der Bodenbeschaffenheit. Als Nachteil wird die freie Sicht nach oben gewertet. Steile Wände, nahe am FTF Fahrweg sind nicht gut geeignet sowie Brücken oder andere Fahrwegüberquerungen (z.B. Rohrleitungen und Dachvorsprünge). Dieses System benötigt einen freien Sichtkegel von 15 Grad nach oben, um zuverlässig arbeiten zu können.

### 6.4.2 Mensch

Für die Interaktion zwischen FTF und dem Mitarbeiter sind folgende Rahmenbedingungen für das FTS zu beachten:<sup>49</sup>

- Fahrgeschwindigkeit beträgt ca. 1 m/s und entspricht 3,6 km/h, welche üblicherweise mit einer Schrittgeschwindigkeit des Menschen zu vergleichen ist.
- FTF fahren immer die gleichen Wege und umfahren keine Hindernisse. Bei der Kreuzung eines Hindernisses mit dem FTF, stoppt das FTF bis der Weg wieder frei wird.

---

<sup>48</sup> Vgl. Ullrich (2014), S. 33.

<sup>49</sup> Vgl. Ullrich (2014), S. 172.

### 6.4.3 Tore

Türen und Tore stellen für das FTF ein Hindernis dar, dazu gibt es unterschiedliche Möglichkeiten um eine Lösung für das Problem zu finden:<sup>50</sup>

➤ **Tor Ansteuerung**

Die FTS-Leitsteuerung ist in der Lage, das Tor anzusteuern um eine Durchfahrt zu gewährleisten.

➤ **Tor Kommunikation**

Das FTF kommuniziert direkt per Infrarot oder Bluetooth direkt mit dem Tor.

➤ **Sensorik**

Das Tor ist mit einer Sensorik ausgestattet und reagiert sobald sich ein FTF nähert und reagiert. Für die Sensorik werden Kontaktschleifen im Boden oder Lichtschranken an den Wänden sowie Bewegungsmelder verwendet.

Es muss sichergestellt werden, dass die Öffnung der Tore so schnell wie möglich geschieht, um das heranfahrende FTF nicht zu verzögern. Mittels eines Signalaustausches kann es nach erfolgreicher Durchfahrt wieder geschlossen werden.

---

<sup>50</sup> Vgl. Ullrich (2014), S. 168.

## 7 ANFORDERUNGEN DER MACHBARKEITSSTUDIE

In diesem Teil der wissenschaftlichen Arbeit wird das Augenmerk auf die IST Erhebung der Prozesse, den Schnittstellen und die Bestandteile sowie auf die potentielle Auto ID Lösung näher eingegangen.

### 7.1 Abteilungen

In diesem Unterkapitel werden die KNAPP AG Abteilungen welche für diese Masterarbeit von großer Bedeutung sind, näher erläutert um den Stellenwert und den Bezug für eine mögliche Auto ID Lösung zu verbinden

#### 7.1.1 Customizing

Aus den Bereichen Lager und Mechatronik wird die benötigte Ware in dem Customizing Bereich zu definierten Arbeitsplätzen befördert. Der Transport erfolgt derzeit manuell mit Hubstapler und soll in näherer Zukunft automatisiert werden. Die Ware wird auf vordefinierten Stellplätzen in sogenannten Pufferlinien eingelagert und beim Erreichen des Füllgrades auf den Arbeitsplätzen bearbeitet. Der Output aus diesem Bereich sind fertig montierte Teillängen sowie Bestandteile der Fördertechnik.

#### 7.1.2 Kleinst- und Stationsverpackung

In diesem Bereich werden die vorgefertigten Fördertechnik Bestandteile aus dem Customizing Bereich auf den Inhalt komprimiert verpackt und foliert. Dazu werden die Einzelnen HU Inhaltslisten in späterer Folge durch die Mitarbeiter mit einer eindeutigen HU Nummer im SAP System verheiratet.

#### 7.1.3 Versand

Der Versand dient dazu die verpackte Ware welche sich hauptsächlich auf Paletten befinden versandbereit und in LKW's zu beladen. Ziele sind der Endkunden auf der Montage oder weitere Auslieferungshallen als Warensammelstellen. Um einen LKW vollständig und richtig beladen zu können, sind Prozess- und Arbeitsschritte sowie auch ein hohes Maß an Qualität notwendig.

In der Abb. 24 wird der Versandprozess im groben veranschaulicht. In dieser Abbildung sind die drei wichtigsten Arbeitsschritte dargestellt.

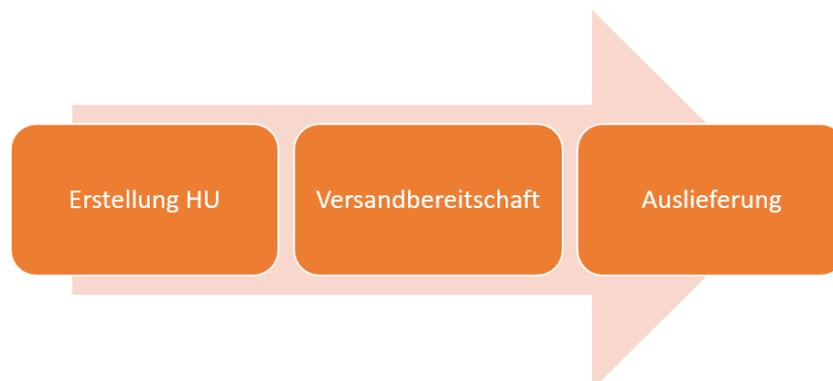


Abb. 24: Versandprozess KNAPP AG, Quelle: Eigene Darstellung.

Im folgenden Abschnitt wird der Versandprozess im Detail erläutert und soll den Bezug zur besseren Verständnis verschaffen:

➤ **Erstellung HU**

HU bedeutet Handling Unit und besteht aus mindestens einem bis vielen Paketen. Die HU wird als Ladehilfsmittel oder auch eine Ladeeinheit bezeichnet in den Waren verpackt, zusammengefasst, transportiert und gelagert werden. Die Aufgabe der Mitarbeiter ist es aus unzähligen HU's eine Übergeordnete HU zu erstellen. Dabei obliegt es dem einzelnen Mitarbeiter wann der Arbeitsschritt mit der Erstellung der Übergeordneten HU als abgeschlossen gilt. Als Indikator wird hauptsächlich der Füllgrad der Palette sowie je nach Ausprägung und Maße der einzelnen Pakete genommen. Sobald dieser erreicht ist, werden die Paketpapiere als Bündel der jeweiligen Übergeordneten HU und zum nächsten Arbeitsschritt gebracht. Bei diesem Arbeitsschritt hat der Mitarbeiter die Aufgabe, die erhaltenen Paketpapiere als Bündel der jeweiligen Übergeordneten HU mit dem Datenverarbeitungsprogramm SAP zu verknüpfen. Ab diesem Zeitpunkt ist dem System bekannt aus welchen Bestandteilen die Übergeordnete HU besteht und kann diese in weiterer Folge manipulieren.

➤ **Versandbereitschaft**

Hierbei gilt es die HU welche erstellt wurde versandfertig zu manipulieren. Dabei wird der Inhalt auf Vollständigkeit geprüft und in die Wartezonen des zugehörigen Projektes abgestellt. Versandpapiere und Beladelisten werden an die HU angebracht. Sobald laut System die maximale Anzahl an HU's pro LKW Container erreicht wird, beginnt der Arbeitsschritt mit dem Beladen des LKW Containers.

➤ **Auslieferung**

Die Auslieferung erfolgt durch ausgewählte Speditionen, entweder direkt zum Kunden direkt oder zu bestimmten Auslieferungshallen. Die Warenpaletten werden mittels einer ausgewählten Spedition in Richtung Anlieferungshallen angeliefert. Sobald der LKW mit den Warenpaletten an die Anlieferungstore andockt, wird der LKW manuell durch Mitarbeiter entladen und der Wareneingang einzeln gebucht.

### **7.1.4 Montage**

Schlussendlich wird die Ware aus dem Headquarter Versandbereich oder einer Auslieferungsstelle durch die Spedition zur jeweiligen Baustelle angeliefert. Ab diesem Zeitpunkt erfolgt durch KNAPP AG Mitarbeiter die Warenannahme und entsprechende Bearbeitung, sowie die Einlagerung unter Berücksichtigung den Umgebungsverhältnissen auf der Montage. Zur weiteren Verwendung wird die Ware auf den Paletten für den Aufbau der Intralogistischen Anlage verwendet. Hierbei ist bei Großanlagen der logistische Aufwand zu beachten.

## 7.2 HU Prozessfolge IST

In diesem Unterkapitel ist die IST Situation bei der Knapp AG in der Erstellung der Übergeordneten HU Nummern näher dargestellt und erläutert. Um eine Bewertung hinsichtlich dem Einsatz einer RFID Technologie treffen zu können, bedarf es eine IST Erhebung der derzeitigen Prozesse welche ab den Zeitpunkt der Verheiratung von Waren mit dem SAP System verantwortlich sind. In der Abb. 25 sind die wichtigsten Prozessschritte von der Erstellung einer Übergeordneten HU bis hin zur Anlieferung beim Kunden für die Montage abgebildet.

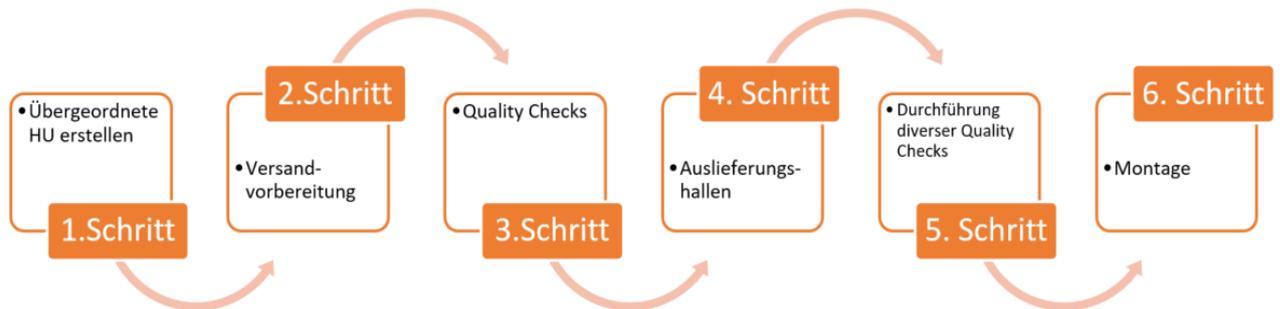


Abb. 25: HU Prozessfolge IST, Quelle: Eigene Darstellung.

### Prozessfolge IST Situation:

- **1.Schritt**  
In den Bereichen Kleinstverpackung und Stationsverpackung werden einzelne HU's zu einer übergeordneten HU verpackt. Die einzelnen HU Dokumente werden dann vom Mitarbeiter im Büro bearbeitet und mit der neuen generierten Übergeordneten HU aus dem SAP System, mit dem System verheiratet.
- **2.Schritt**  
Hier werden alle notwendigen Unterlagen und Versandpapiere für die Montage, Spedition und Zoll erstellt.
- **3.Schritt**  
Letzte Quality Checks werden vor dem Beladen der LKW's im Bereich der Versandhalle durchgeführt. Es besteht die Möglichkeit, dass die HU das Versandlager in zwei Richtungen verlässt. Erste Richtung ist der Weg direkt zum Kunden für die Montage oder die zweite Richtung direkt zu den anderen Auslieferungshallen.
- **4.Schritt**  
Die Warenbuchung in Knapp AG Auslieferungshallen erfolgt manuell durch den Mitarbeiter. Jeder HU Barcode wird manuell durch den Mitarbeiter abgescannt und im System gebucht.
- **5.Schritt**  
Letzte Quality Checks werden vor dem Beladen der LKW's durchgeführt bevor diese das Außenlager in Richtung Kunden zu den jeweiligen Montagen verlassen.

➤ **6.Schritt**

Auf den Montagen beim Kunden angekommen, werden die Warenpaletten durch Knapp AG Mitarbeiter manuell entgegengenommen.

**7.2.1 Waren und Versandbereitstellung ohne RFID**

Anhand der Abb. 26 wird der Prozess aus der heutigen Sicht von der Warenbereitstellung, durch den Mitarbeiter aus den unterschiedlichen Bereichen bis hin zum Kunden auf der Montage, dargestellt.

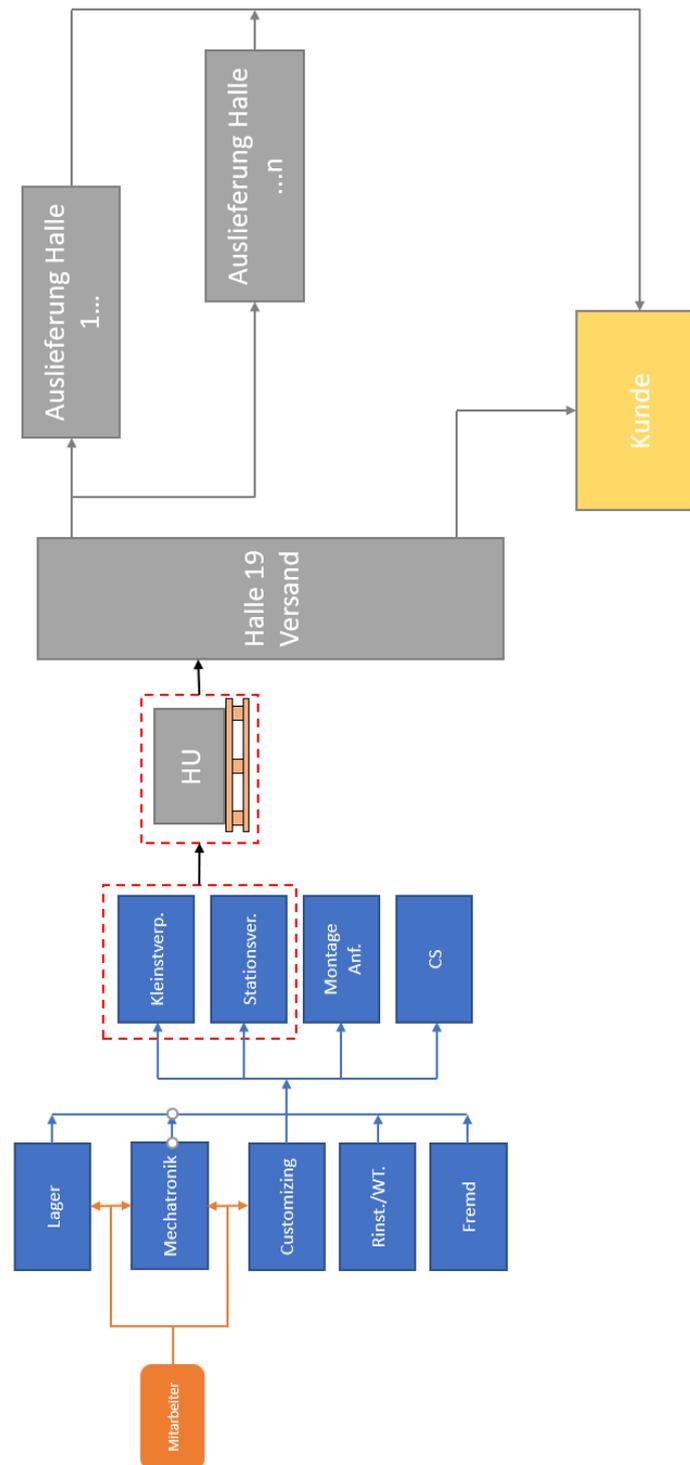


Abb. 26: Ablauf der innerbetrieblichen Warenbereitstellung und Identifikation ohne Auto ID, Quelle: Eigene Darstellung.

Ablaufbeschreibung von innerbetrieblichen Waren- und Versandbereitstellung der IST Situation:

Aus den Bereichen Lager, Mechatronik, Customizing, Rechnerinstallation/Werkstest und Fremd werden Paletten (HU) zu den Bereichen Kleinstverpackung und Stationsverpackung sowie Baustellenanforderungen manuell durch Mitarbeiter gebracht. In den Bereichen der Kleinstverpackung und Stationsverpackung werden diese HU's dann weiter auf Übergeordnete HU verpackt. Auf jeder HU ist eine Inhaltsliste angebracht. Der jeweilige Mitarbeiter welcher die Aufgabe hat, diese einzelnen HU's zu einer Übergeordneten HU zu verpacken, sammelt die HU Inhaltslisten und übergibt sie dem zuständigen Mitarbeiter im Versandbüro. Durchs Abscannen des Barcodes oder durch Eingabe der HU Nummer welcher sich auf der Inhaltsliste befindet, wird im SAP System eine neue übergeordnete HU Nummer erstellt. In weiterer Folge werden Beladelisten und weitere Zollpapiere erstellt.



Abb. 27: HU Erstellung Ablaufprozess, Quelle: Eigene Darstellung.

In der Abb. 28 ist die HU Nummer im oberen Bereich der HU-Inhaltsliste angeführt.



**HU-Inhaltsliste Seite 1 / 1**

<b>HU-Nr.</b> 1000117520	<b>HU-Nr.(Barcode)</b> 	<b>Colli-Nr.</b> 7520	<b>VB-Termin</b> 29.08.2018	<b>Technischer Platz</b> ES00141
<b>Kundenbezeichnung</b> NOVALTIA Lezama		<b>PSP ElementNr.</b> C100-000272-03-001-005	<b>PSP ElementNr. (Barcode)</b> 	
<b>HU-Inhalt</b> 1 ST FUSS FOK=985 TYP1 -KPL, STR_BSU		<b>Objektschlüssel</b> 0000018150	<b>Erstell.Datum</b> 24.10.2018	<b>Ersteller</b> OBENDRA2
<b>PSP-Element</b>	<b>Material</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Menge</b>	<b>EH Kennung</b>
=A.ZENB.01 Teilbereich	10268132_01_A1 1C	FUSS FOK=985 TYP1 -KPL, STR_BSU	1,000 ST	M
=A.ZENB.01 Teilbereich	10268132_01_98 87	FUSS FOK=895 TYP1 -KPL, STR_BSU	2,000 ST	M
=A.ZENB.01 Teilbereich	10268132_01_21 37	FUSS FOK=700 TYP1 -KPL, STR_BSU	4,000 ST	M

Abb. 28: Beispiel einer HU-Inhaltsliste, Quelle: Knapp AG.

### 7.3 HU Prozessfolge SOLL

In der folgenden Abb. 29 ist die mögliche Prozessfolge bei dem eine RFID Technologie zum Einsatz kommen kann abgebildet. Anhand der Abbildung ist klar ersichtlich bei welchen Schritten ein RFID Technologie Einsatz notwendig ist.

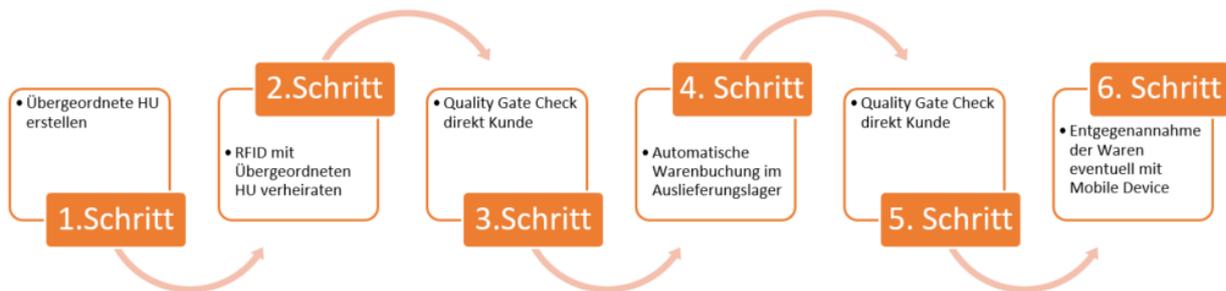


Abb. 29: HU Prozessfolge SOLL, Quelle: Eigene Darstellung.

#### Prozessfolge beim einem Einsatz von einer RFID Technologie:

- **1. Schritt**  
Abfolge gleich wie 1. Schritt bei der IST Prozessfolge in der Abb. 25.
- **2. Schritt**  
Beim der Verheiratung der einzelnen HU's mit der übergeordneten HU könnte eine RFID Technologie zum Einsatz kommen welche gleichzeitig die Informationen der HU Nummer übernehmen kann.
- **3. Schritt**  
Durch sogenannte Quality Gates Checks (QGC) würden die Qualität der HU korrekte Beladung auf die Ziel-LKW gesteigert und die manuellen Qualitätskontrollen eliminiert werden. Ist die HU nicht für den LKW vorgesehen, soll anhand von einem Signal dem Mitarbeiter der Abbruch der Ladetätigkeit geben werden. Ziel ist es, dass die HU in den richtigen LKW geladen wird und soll dadurch Verwechslungen mit anderen Versandtoren verhindern. HU's die nur zu anderen Auslieferungslager bestimmt sind, sollen nicht durch den QGC durchgeschleust werden.
- **4. Schritt**  
Bei der Anlieferung der HU's mittels LKW soll beim Auslieferungslager (z.B.: Dobl) der Inhalt im LKW (HU's) automatisch erkannt und als Wareneingang/Anlieferung gebucht werden. Hierbei soll keine manuelle Buchung mehr durchgeführt werden.
- **5. Schritt**  
Bei Auslieferung zum Kunden sollen HU's wiederum durch die QGC fahren und auf ihre Ziel-LKW geprüft werden. Prozess wie im 3. Schritt.
- **6. Schritt**

Bei der Anlieferung der HU'S beim Kunden auf Montagen soll die Entgegennahme durch Knapp AG Mitarbeiter erfolgen.

### 7.3.1 Waren und Versandbereitstellung mit RFID

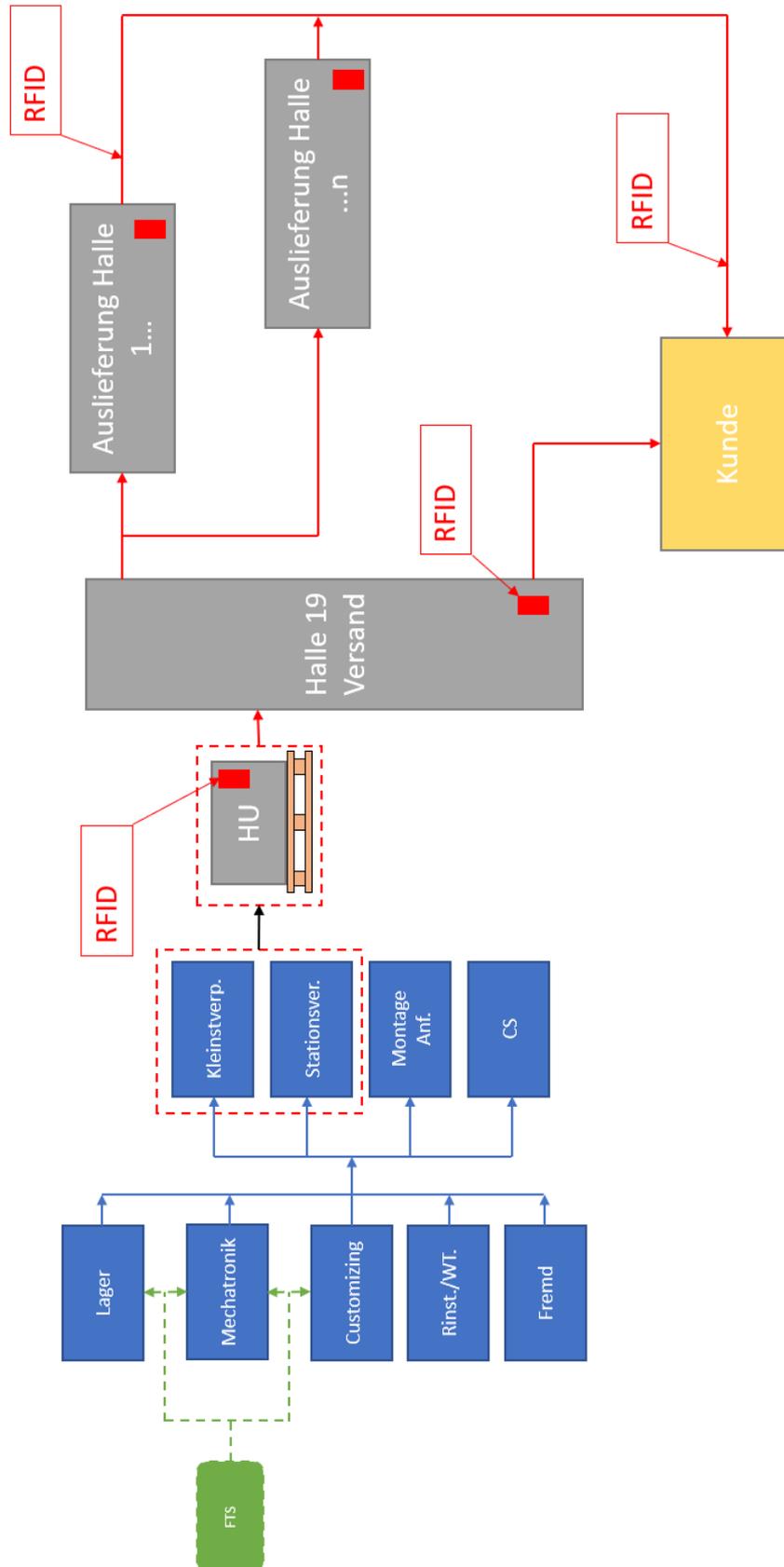


Abb. 30: Ablauf der innerbetrieblichen Warenbereitstellung und Identifikation mit Auto ID und FTS, Quelle: Eigene Darstellung.

### Ablaufbeschreibung von innerbetrieblichen Waren- und Versandbereitstellung der SOLL Situation:

Bevor in der Customizing Halle die Teillängen der Fördertechnikanlage montiert werden können, müssen die Einzelkomponenten aus dem Bereich Lager und Mechatronik durch Mitarbeiter zu den Customizing Montagelinien angedient werden. Um einen höheren Automatisierungsgrad zu schaffen, soll dieser Prozessschritt durch ein FTS erfolgen. Eine erste Betrachtung und Erkenntnis wird im Kapitel 8.1.2 näher erläutert. Unabhängig davon ob die Warenbereitstellung für den Customizing Bereich durch ein FTS oder manuell durch Mitarbeiter mit Gabelstapler durchgeführt wird, hat es keinen großen Einfluss für die RFID Warenidentifikation.

In den Bereichen der Kleinstverpackung und Stationsverpackung werden diese HU's dann weiter auf Übergeordnete HU verpackt. Auf jeder HU ist eine Inhaltsliste angebracht. Der jeweilige Mitarbeiter welcher die Aufgabe hat, diese einzelnen HU's zu einer Übergeordneten HU zu verpacken, sammelt die HU Inhaltslisten und übergibt sie dem zuständigen Mitarbeiter im Versandbüro. Durch abscannen des Barcodes oder durch Eingabe der HU Nummer welcher sich auf der Inhaltsliste befindet, wird im SAP System eine neue übergeordnete HU Nummer erstellt. In weiterer Folge werden Beladelisten und weitere Zollpapiere erstellt. Ab diesem Zeitpunkt kann eine RFID Technologie, in diesem Fall UHF zum Einsatz kommen. Es wird nur der Transponder mit der HU Nummer beschrieben und in Form eines Smart Labels entweder auf die Beladefliste angeklebt oder der Inhalt der Beladefliste wird auf einem RFID Papier gedruckt welche bereits mit RFID Transpondern ausgestattet ist. Dadurch kann ein Abgleich der HU Nummer mit dem System beim QGC durchgeführt werden und die Richtigkeit der erforderlichen HU zum LKW festgestellt werden. Zudem wird in den Auslieferungshallen die Warenbuchung automatisch durch die RFID Technologie erfolgen. Zusätzlich besteht auch die Möglichkeit QGC in den Auslieferungshallen auszustatten um damit die Versandqualität zu erhöhen und um Falschbeladungen zu reduzieren. Optional kann die RFID Beladefliste mit NFC ausgestattet werden, um ein Entgegennehmen der Warenpaletten beim Kunden auf Montagen zu automatisieren.

## 8 ERGEBNISSE DER MACHBARKEITSSTUDIE

In diesem Abschnitt werden konkret der Ablauf und die Ergebnisse der Studie für die Warenbereitstellung und sowie Versuchstestergebnisse der Warenidentifikation näher behandelt und dargestellt.

### 8.1 Warenbereitstellung

Ziel der Machbarkeitsstudie für die Versandbereitstellung ist die automatisierte Bereitstellung der Waren aus den Bereichen Lager und Mechatronik für das Customizing. Der innerbetriebliche Transport der Warenpaletten wird derzeit manuell durch Mitarbeiter mit Gabelstaplern durchgeführt. Dieser Prozess soll näher betrachtet werden um eventuell eine Überlegung zur möglichen automatisierten Bereitstellung zu liefern. In den folgenden Unterkapiteln wird das Untersuchungsergebnis und eine Zusammenfassung die Frage beantworten, ob ein möglicher Einsatz des FTS für die Knapp AG in Betracht gezogen werden kann.

#### 8.1.1 Untersuchungsergebnis

Die technische Herausforderung bei einer Implementierung von einem autonomen Transportsystem, liegt in den vielfältigen Gegebenheiten. Ohne eine exakte und detaillierte Spezifikation kann kein effizienter Materialfluss gesteuertes System mit FTF realisiert werden. Nicht nur der Einsatz und die Gestaltung der Fahrzeuge muss genauestens ermittelt werden, sondern auch die Lasten, Übergangshöhen, Kommunikation und Steuerung des Systems bedarf es einer hohen Erarbeitung. Nur so können alle Anforderungen wie Materialbedarf, Transportaufträge und Sicherheit ermittelt und abgebildet werden.

In der Abb. 31 ist eine Übersicht der FTS Spezifikation dargestellt. Mit Hilfe dieser kann bei einer weiteren Bearbeitung und Ermittlung über die FTS Ausführung für die Knapp AG herangezogen werden.

Um einen Richtwert für die Investitionskosten einer möglichen FTS unter bestimmten Auflagen zu geben, sind diese nachfolgend aufgelistet.

Die Kostenabschätzung für ein FTS sind wie folgt aufgelistet:

- FTF 30.000 – 60.000 € pro Stk.
- Software 50.000 – 70.000 € einmalige Investition
- Inbetriebnahme ~ 15.000 €

Je nach Ausführung des FTF's wie beispielsweise Mechanik, Elektrik, Sensorik und Sicherheitstechnik ist die Preisspanne unterschiedlich groß. Zudem kommen noch einmalige Investitionskosten hinzu, welche sich aber aufgrund der Anzahl sowie Anforderungen am FTS Leitsystem ändern können.

Diese Kostenabschätzungen für ein FTS sind nicht ermittelbar:

- Integration ins Knapp SAP
- WLAN Netzwerk Infrastruktur für FTS und Leitsystem
- Gefahrenanalyse für Schnittstellen zu restlichen Gewerken

Nicht alle Kosten können im Vorhinein ermittelt werden, vor allem bedarf es einer ausführlichen Spezifikation welche die technischen Anforderungen ans FTS stellen muss.

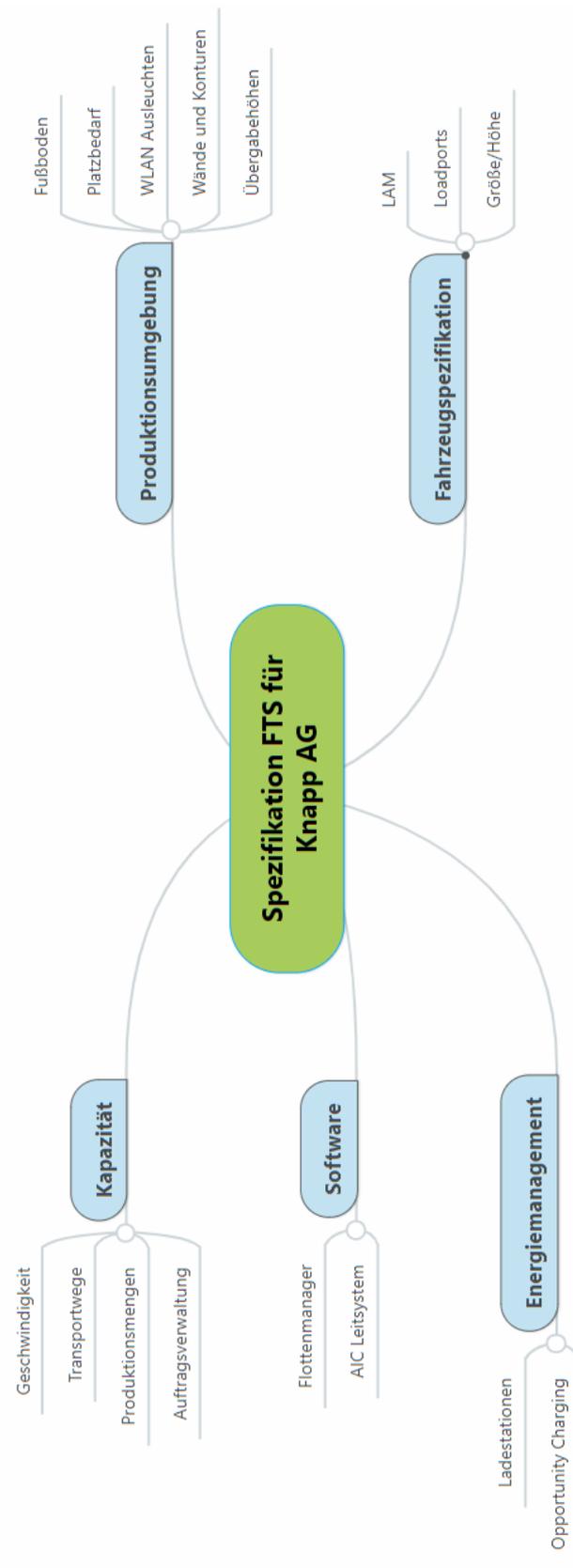


Abb. 31: FTS Spezifikation für Knapp AG, Quelle: Eigene Darstellung.

### **8.1.2 Zusammenfassung und Ausblick**

Innerhalb des Knapp AG Produktionslagers setzt sich die Lagerlogistik insbesondere auch mit innerbetrieblichen Transport- und Lagerungsproblemen auseinander. Sie dient als Bindeglied zwischen angrenzenden Logistikbereichen, wie z. B. der Beschaffungs- und der Produktionslogistik oder der Produktions- und Distributionslogistik. Der Einsatz eines FTS-Systems kann innerhalb der Lagerlogistik zur automatischen Identitätsprüfung einer Lagereinheit oder eines Lagerplatzes erfolgen. Weiterhin ist die Realisierung einer automatisierten Buchung von Lagervorgängen möglich. Dadurch können Fehler und Suchzeiten vermieden werden. Eine verbesserte Lagerplatzverwaltung und die damit verbesserte Nutzung kann zu einer Erhöhung der Lagerkapazität führen.

Aufgrund der Umgebungsbedingungen bei der Knapp AG, wird ein Einsatz vom FTS nur schwer realisierbar sein. Die Anforderungen an die technischen und sicherheitstechnischen FTF Komponenten können zum größten Teil nicht erfüllt werden. Die Bodenbeschaffenheit sowie Kommunikationsschnittstelle zwischen dem Leitsystem und dem FTF stellt die größten Probleme dar. Zudem kommen Witterungsverhältnisse zustande, welche ein Sicherheitsrisiko an die Mitarbeiter darstellt, da sich bei nassen Fahrbahnen der Bremsweg deutlich verschlechtert. Je nach Distanzen zwischen den Verbindungshallen haben FTF eine Fahrgeschwindigkeit von 1,5 m/s. Die Leistungsermittlung und die Anzahl an benötigten FTF ist Teil einer FTS Spezifikation und bedarf es konkreten Zahlen, Daten und Fakten der Knapp AG. Die FTS Spezifikation stellt einen Teil der Erkenntnis der Machbarkeitsstudie dar, welche Punkte an ein FTS gefordert sind. Zudem kann unabhängig von Umgebungsbedingungen ans FTS eine erste grobe Kostenabschätzung ermittelt werden ob sich ein Einsatz für die Knapp AG überhaupt lohnt. Je nach Ausführung, Anzahl und den Gegebenheiten des Einsatzgebietes variiert diese natürlich sehr stark.

All diese Erkenntnisse deuten auf eine nicht weitere Betrachtung des FTS hinsichtlich der Warenbereitstellung dieser wissenschaftlichen Arbeit hin.

## **8.2 Warenidentifikation**

In diesem Abschnitt der wissenschaftlichen Arbeit wird das Ziel der Machbarkeitsstudie für die innerbetriebliche Warenidentifikation gestellt. Mit welcher RFID Technologie können die Knapp AG Anforderungen erfüllt werden und welche Schritte sind für eine potentielle Umsetzung notwendig. Zudem soll diese Machbarkeitsstudie technische und wirtschaftliche Aufschlüsse der ausgewählten Technologie liefern. Um die Knapp AG Anforderungen zu erfüllen, ist eine automatische Identifikation der HU's notwendig. Für diesen Vorgang hat sich die RFID Technologie herauskristallisiert. Diese Studie betrachtet hier die UHF RFID Technologie und deren Eigenschaften, den Vor- und Nachteilen sowie den Testversuchen und auch deren wirtschaftlichen Aspekten.

In den folgenden Unterkapiteln ist der Ablauf der Machbarkeitsstudie beschrieben sowie all die dazu benötigten Hard- und Softwarekomponenten für die Testversuche.

### **8.2.1 Ablauf der Machbarkeitsstudie**

Der Ablauf der Machbarkeitsstudie wird in sechs Schritte eingeteilt. Als Ersten Schritt wird eine Betriebsfrequenz ausgewählt welche aufgrund der Knapp AG Anforderungen sowie Vorgaben und Technologie Eigenschaften geeignet ist. Im nächste Schritt wird das Augenmerk auf den Frequenzbereich gelegt, um somit die Basisauswahl für die Hardware Komponenten aber auch für die Software im nächsten Schritt zu schaffen. Dazu zählen Schreib- und Lesegeräte wie Reader, Antenne, sowie weitere RFID Bestandteile wie Transponder und Softwareprogramm. Weiters wird der Testversuch aufgebaut um eventuelle Störquellen und Einflussfaktoren im Vorhinein am Versuchsort zu ermitteln. Sobald alle Punkte erfüllt werden, kann der Testversuch mit dem nötigen Equipment durchgeführt werden. Um ein aussagekräftiges Ergebnis aus der Testversuchsreihe zu erzielen, werden die Versuche mehrmals mit unterschiedlichen Transpondertypen und Identifikationsobjekten durchgeführt. Im Anschluss werden die Ergebnisse aufgezeichnet und dokumentiert.

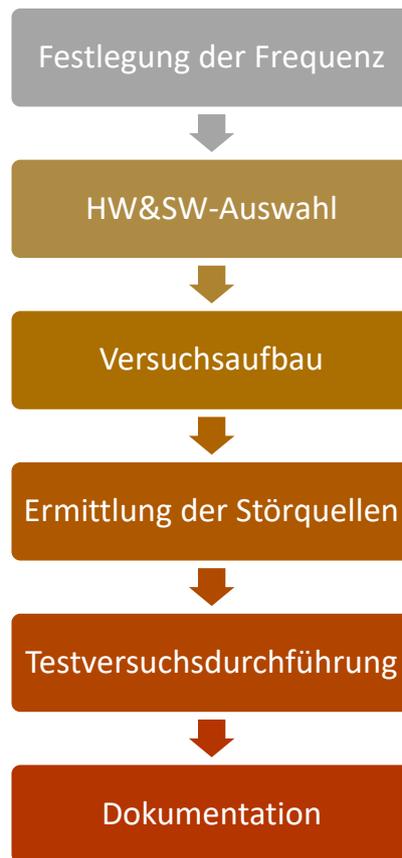


Abb. 32: Ablauf der Machbarkeitsstudie, Quelle: Eigene Darstellung.

Aufgrund der Vorgaben wurde der UHF Bereich für Leser und passive Transponder gewählt. Danach wurden verschiedene geeignete Transponder sowie eine Auswahl der Reader Antenne und Schreib- und Lesegeräte getroffen. Die Auswahl geeigneter Transponder wurde durch die Analyse anwendungsspezifischer Transponderkenngrößen sowie durch die Erfahrung eines Experten getroffen. Neben dem Transponder hat auch die für den Testversuch geplanten Antennen und Schreib- und Lesegerät sowie deren Positionierung und räumliche Anordnung, zusätzlichen Einfluss auf den RFID Testversuch. Der Versuchsaufbau erfolgte gemäß den Anforderungen und Vorgaben im Versandlager der Knapp AG unter realen Bedingungen. Untersuchungen und Testversuchen bezüglich der Einzel- und Pulkerfassung wurde mittels mobilem Reader mit externer Antenne durchgeführt. Weitere Bestandteile des Testversuchs umfassen die Transponder Anbringung an der Warenpalette, welche in einer realitätsnahen Umgebung durchgeführt wurde. Dadurch wurde die Umsetzung der geforderten Maßnahmen zwischen dem Kennzeichnungsobjekt, Transponder und Identifikationsaufbau erzielt. Auch das Orientierungsmuster vom Transponder zur Leseantenne wurde nachgestellt, um genügend Schlüsse aus dem Testversuch ziehen zu können. Bei der Störquellenermittlung wird hauptsächlich der Störbereich im realen Umfeld des Knapp Versandlagers in der Umgebung auf metallischen Materialien ermittelt. Die Durchführung der Testversuche mit unterschiedlichen Transponder und Auslesereichweiten wird mitprotokolliert und in späterer Folge zusammengefasst.

### 8.2.2 Testaufbau

Der Testaufbau wurde in einem Knapp AG Versandlager mit den abgebildeten Komponenten laut der Abb. 33 durchgeführt. Mit einem System bestehend aus Leseantenne, Reader, Softwareprogramm, Messgerät und Kennzeichnungsobjekten sowie unterschiedlichen passive Transpondertypen wurden einige Testversuche unternommen.

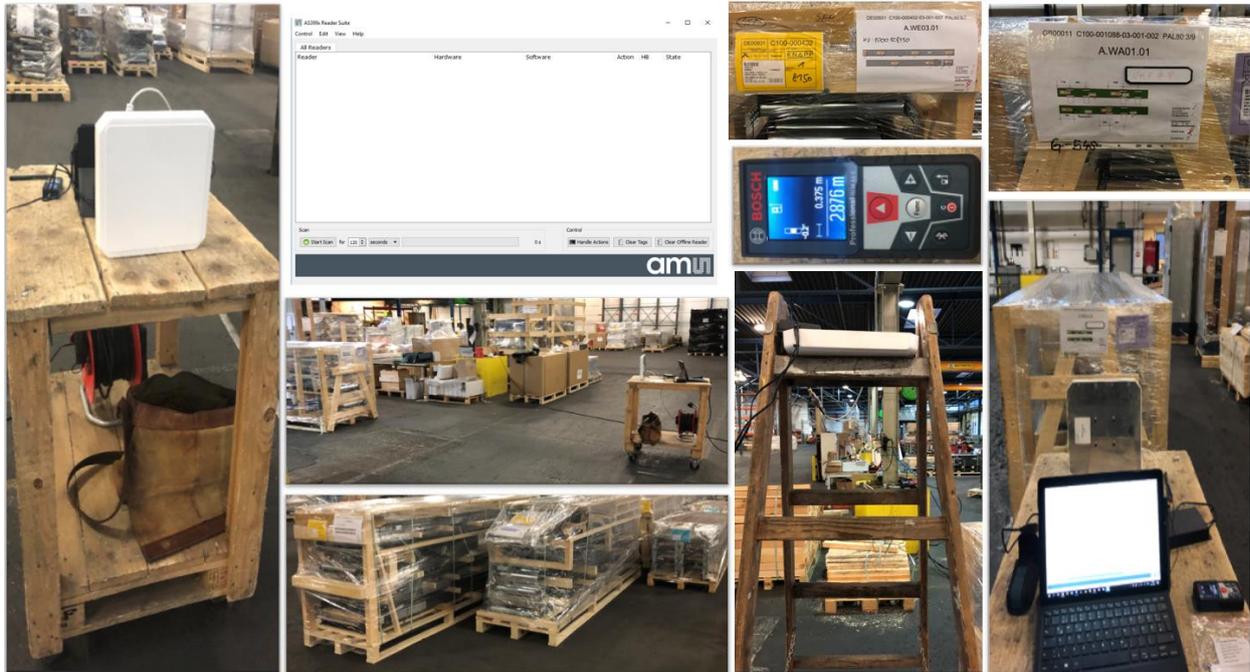


Abb. 33: Testaufbau mit Identifikationsobjekten, Quelle: Eigene Darstellung.

Mit einem Laptop, auf dem das Softwareprogramm der Firma ams AG installiert wurde, welches für das Auslesen und Beschreiben der RFID Daten verantwortlich ist, wurde der Reader mit der Leseantenne verbunden und über die USB Schnittstelle wurde die Verbindung mit dem Laptop geschaffen. Eine elektrische Versorgung auf die mobile Holzstischkonstruktion verlegt, um mit dem Equipment Abstandsmessungen zum Identifikationsobjekt durchführen zu können. Auf einer Leiter wurde die Leseantenne über dem Identifikationsobjekt befestigt, um Abstandsmessungen von oben durch zu führen. Die Abstandsmessungen wurden mit einem digitalen Messgerät ermittelt.

#### 8.2.2.1 Software

Zum Darstellen der Daten wurde ein Softwareprogramm der Firma ams AG verwendet. Die AS399x Reader Suite, wie in der Abb. 34 dargestellt, verarbeitet Daten welche von der UHF Antenne und Reader kommen. Sobald ein Transponder in das UHF-RFID Erfassungsbereich bewegt wird, wird dessen Tag ID ausgelesen und erfasst. Der Status State, kann entweder online oder offline angezeigt werden. Das zeigt nur ob der Reader mit der Software Kommunikationsfähig ist. Sobald dieser auf Online ist, kann die Tag ID erfasst werden. Zudem wird die Empfangsfeldstärke in Prozent als RSSI angegeben. Aufgrund der Empfangsfeldstärke kann der maximale Abstand zwischen Leseantenne und Transponder welcher am Identifikationsobjekt angebracht ist, ermittelt und festgestellt werden.

## Ergebnisse der Machbarkeitsstudie

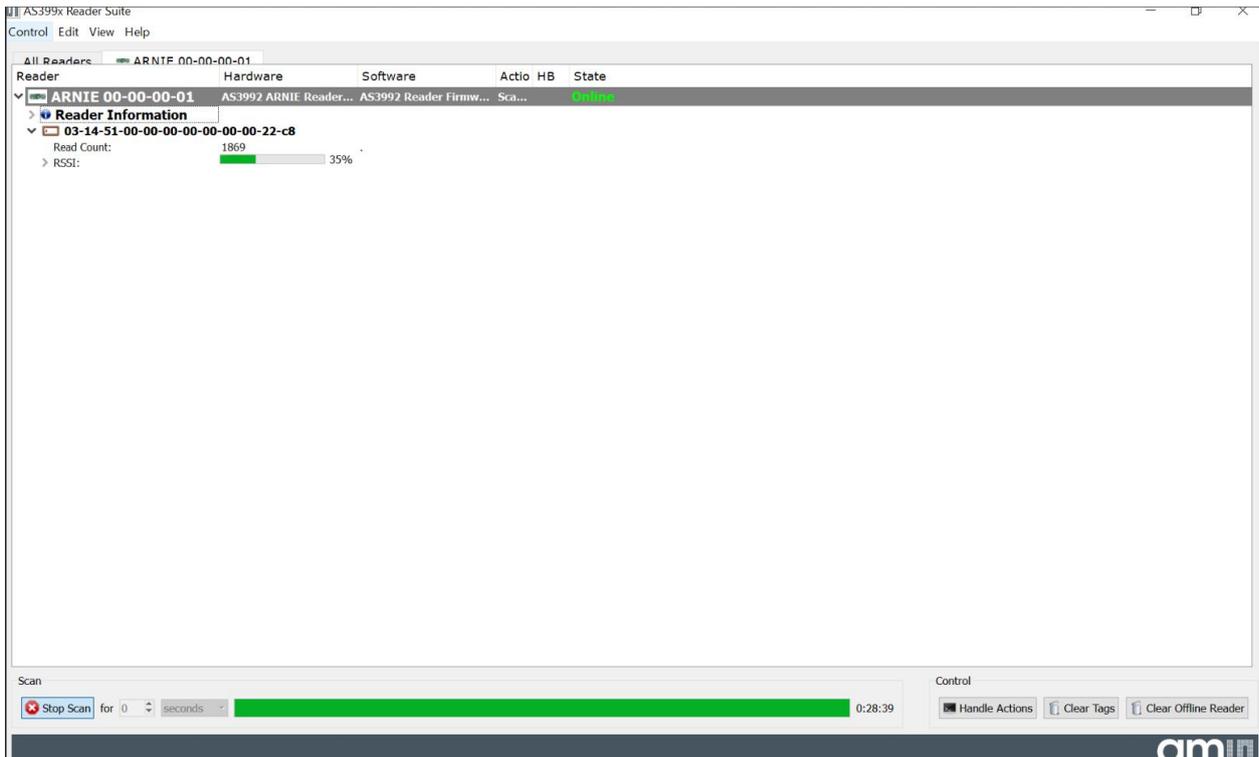


Abb. 34: Reader Suite, Quelle: Eigene Darstellung.

Weitere Software Funktionen sind vorhanden, werden jedoch für diesen Anwendungsfall und Testzweck nicht benötigt. Bis auf die Ausnahme, Transpondern eigene Bezeichnungen und Namen zu vergeben. Diese Funktion ist für die Knapp AG von einer enormen Bedeutung, somit würden die Transponders mit den HU Nummer aus dem SAP System verknüpft werden. In der Folgenden Abb. 35 wird ein Transponder mit seiner Tag ID dargestellt, mit der Funktion Namen wird eine HU Nummer (HU1000128150) dem Tag vergeben.

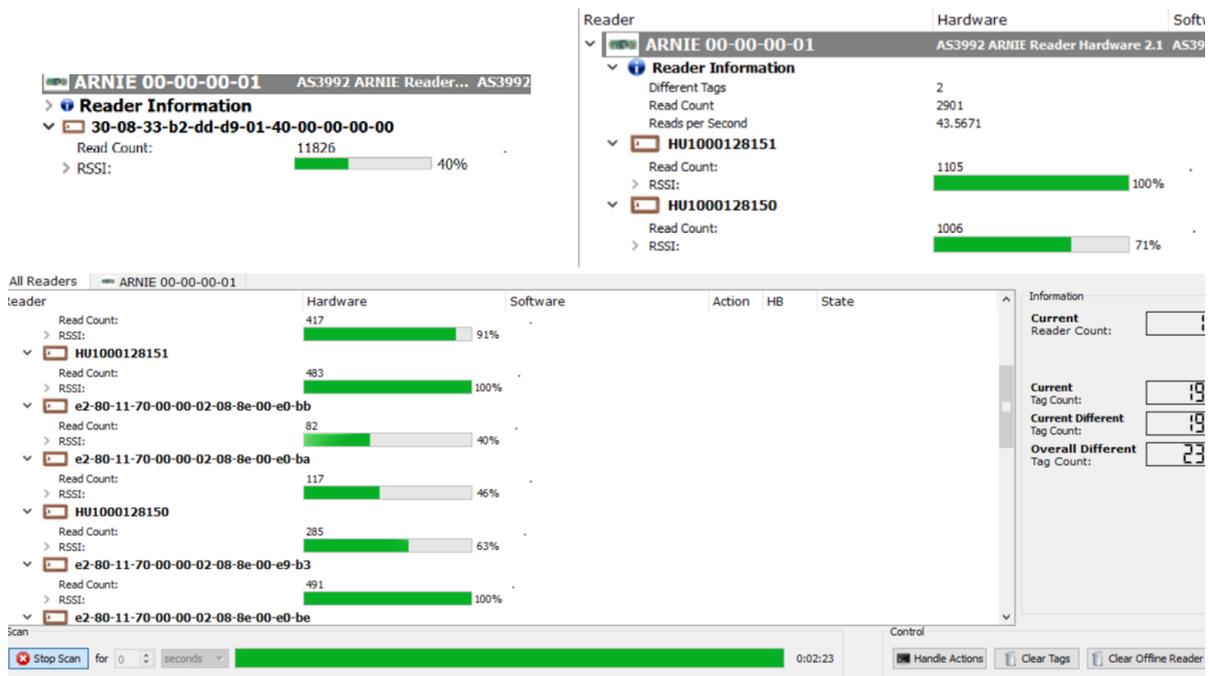


Abb. 35: HU Nummer Erstellung und Pulkerfassung, Quelle: Eigene Darstellung.

Zusätzlich lässt sich die Pulkerfassung wie auch in der Abb. 35 entnehmen ist, realisieren. Auch hier werden die zwei Transponder mit den eigenständigen HU Nummern 1000128150 und 1000128151 Namen gelesen und erkannt. Somit ist diese Funktion für die Vergabe der HU Nummer für die Transponder essentiell und erfüllt die Knapp AG Anforderung, Warenpaletten mittels RFID Transpondern auszustatten welche die HU Bezeichnung inkludieren. Je nach Transponderspeichergröße können auch Zusatzinformationen mitgespeichert werden, wurden aber für diese Testversuche nicht miteinbezogen.

### **8.2.2.2 Passive Transponder**

Unterschiedliche passive Transponderbauformen der Marke CONFIDEX wurden für die Testversuche verwendet, mit dem Ziel, deren Eigenschaften sowie den maximalen Abstand zwischen Leseantenne und Transponder in der Versuchsumgebung zu ermitteln.

Folgende Transponder sind in der Abb. 36 abgebildet und wurden für die Versuchsreihe verwendet:

- Ironside Global M4QT
- Ironside Slim Global M4E
- Ironside Micro Global M4QT
- Carrier Tough Slim M4QT
- Carrier Tough II M4QT ETSI
- Carrier Pro M4QT
- Flex M4E
- Casey MR6-P Hotmelt back adhesive
- Crosswave Classic 4x6" M4E



Abb. 36: Transponder, Quelle: Eigene Darstellung.

Von Smart Labels bis hin zu Hard Tags Transpondern sind in der Abb. 36 zu sehen. Je nach Typ unterscheiden sie sich in ihren Eigenschaften.

### 8.2.2.3 Transponder Orientierung, Position und Ansprechfeldstärke

Die erforderliche Anbringungsposition vom Transponder ist von der jeweiligen Anwendung, den Umgebungsbedingungen oder auch der eingesetzten Technik, abhängig. Daher muss sie für einen Anwendungsfall individuell abgeleitet und ermittelt werden. Im Normalfall können Transponder außen an einem Identifikationsobjekt angebracht, oder in ein Kennzeichnungsobjekt integriert werden. Für die Versuchsreihe wurde die äußere Applikationsart gewählt, da es eine technisch vergleichsweise einfach zu realisierende Anbringungsart ist. Von den neun Transpondertypen waren lediglich nur drei nicht selbstklebend. Diese Variante der Anbringung eines Transponders welcher bereits bei der Produktion auf einer Seite mit einem Kleber versehen ist, bietet den großen Vorteil in der Schnelligkeit der Anbringung. Es gab auch die Möglichkeit, Transponder an der Holzpalette zu applizieren, wurde aber für diese Versuchsreihe aus Prozesstechnischen und wirtschaftlichen Gründen nicht verwendet.

Die Anbringung des Transponders am Identifikationsobjekt erfolgte stirnseitig auf der Palette. In der Abb. 37 ist ein Transponder des Herstellers CONFIDEX mit dem Typ Carrier Tough Slim M4QT in waagrechter Ausrichtung zu sehen.

Ob die Leseantenne eine Lesung eines sich in der Nähe befindenden passiven Transponders erfolgen kann, hängt von zwei Faktoren ab: reicht die durch den passiven Transponder aufgenommen Energie für dessen Betrieb aus und falls ja, reicht die abgegebene Energie des passiven Transponders aus, um von der Leseantenne erfasst zu werden. Aufgrund dessen können maximal Abstände zwischen der Leseantenne und dem Transponder ermittelt werden. Die Ansprechfeldstärke des elektromagnetischen Systems ist sozusagen die minimale Feldstärke damit ein Transponder mit der nötigen Spannung einen Betrieb aufrechterhalten kann. Dies kann nur dann erreicht werden, wenn die minimale Ansprechfeldstärke durch die Polarisationsrichtung der Leseantenne und des Transponders genau übereinstimmen.



Abb. 37: Transponder links in waagrechter und rechts in vertikaler Ausrichtung, Quelle: Eigene Darstellung.

Mit dem Ziel, den Einfluss der Ausrichtung des Transponders zu ermitteln, wurden die Transponder in vertikaler und horizontaler Form am Identifikationsobjekt angebracht. Die Polarisation von elektrischen Feldern kann bei RFID-Lösungen zu eventuellen Erfassungsproblemen führen.

Sobald sichergestellt wurde, dass die Leseantenne und Transponder parallel zueinanderstehen, kann die Verwendung einer zirkularen polarisierten Antenne verwendet werden. In diesem Testfall war die Leseantenne als zirkular polarisierend ausgeführt, welchen den Vorteil hat, dass die Anbringung der Transponder in senkrechter und waagrechter Art vollzogen werden kann. Sobald der Transponder rechtwinklig zur Leseantenne steht, kann die zirkular polarisierende Antenne keine Lesung mehr sicherstellen.

### 8.2.2.4 Messergebnisse

In der Tab. 9 ist die Auswertung der unterschiedlichen Messungen dargestellt. Die Transpondertypen wurden auf die Lesbarkeit geprüft. Die maximale Entfernung gibt Auskunft über die Distanz zwischen Leseantenne und Transponder am Identifikationsobjekt. Zusätzlich wurde eine Abstandsmessung von Oben, zwischen Leseantenne und Transponder am Identifikationsobjekt durchgeführt. All diese Messungen wurden, durch ca. 3 cm dickes Holzstück zwischen Transponder und dahinter befindlichen metallischen Ware, getätigt. Aus diesem Grund, wurden die Transponder direkt auf die metallische Oberfläche der Waren angebracht um die maximale Entfernung zu ermitteln. Die Abweichung zwischen den metallischen Oberflächen und den nicht metallischen Oberflächen der Identifikationsobjekte beträgt im Durchschnitt 55%.

Typ	Lesbar	max. Entfernung [m]	Entfernung oben [m]	max. Entfernung Metall [m]	Abweichung in %
<i>Ironside Global M4QT</i>	ja	2,87	2,53	1,48	42
<i>Ironside Slim Global M4E</i>	ja	2,21	2,01	0,98	56
<i>Ironside Micro Global M4QT</i>	ja	0,42	0,40	0,24	43
<i>Carrier Tough Slim M4QT</i>	ja	2,87	*2,75	1,55	46
<i>Carrier Tough II M4QT ETSI</i>	ja	2,40	2,39	1,45	40
<i>Carrier Pro M4QT</i>	ja	4,75	*2,75	1,98	58
<i>Flex M4E</i>	ja	0,37	0,29	0,18	51
<i>Casey MR6-P Hotmelt back adhesive</i>	ja	5,08	*2,75	1,04	80

## Ergebnisse der Machbarkeitsstudie

Crosswave Classic 4x6" M4E	ja	5,01	*2,75	2,07	59
----------------------------------	----	------	-------	------	----

Tab. 9: Auswertung der Messwerte, Quelle: Eigene Darstellung.

Bei der Höhenabstandsmessung zwischen Leseantenne und Transponder konnte die Messung aufgrund der Leiterhöhe nur bis 2,75 m durchgeführt werden. In der Tab. 9 mit \* gekennzeichnet. Eine höhere Höhenabstandsmessung könnte aufgrund der guten Ansprechfeldstärke erzielt werden. Für die Versuchsreihe wurden unterschiedliche Identifikationsobjekte und Transponder verwendet, wie in der Abb. 38 zu entnehmen ist. Um eindeutige Messergebnisse zu erzielen, wurden die Transponder direkt auf metallische Objekte, wie in der Abb. 38 die ersten beiden Bilder von links, zu sehen sind, angebracht und ebenso auf nicht metallische Oberflächen angebracht.



Abb. 38: Identifikationsobjekte, Quelle: Eigene Darstellung.

Durch die unterschiedlichen Oberflächen konnte eine Durchschnittsabweichung aufgrund der Aufzeichnungen von diversen Abstandsmessungen, berechnet werden. Hier stellte sich heraus, dass 55% an Lesereichweite bei metallischen Oberflächen zu vermerken ist. Um diese Abstandseinbußen bei metallischen Oberflächen entgegen zu wirken ist eine Verwendung von Abstandsmaterialien unausweichlich. In diesem Testversuch wurden Abstandsmaterialien vernachlässigt.

### 8.2.2.5 Untersuchungsergebnis

Das Untersuchungsergebnis zeigt, dass für die Knapp AG ein Objektorientiertes RFID UHF Verfahren in Fragen kommen kann. Aufgrund der Anforderung der Knapp AG, Waren zu identifizieren und in weiterer Folge zu behandeln und anhand der Erkenntnisse aus der Machbarkeitsstudie, zeigen die Ergebnisse deutlich, eine Implementierung dieser RFID Lösung.

Die passiven Transponder können auf jeder beliebigen Position am Identifikationsobjekt angebracht werden, unter der Voraussetzung, dass diese nicht rechtwinklig zur Leseantenne stehen dürfen. Durch die Verwendung von zirkular polarisierenden Leseantennen kann diese Voraussetzung für die Anbringung des

Transponders am Identifikationsobjekt und dessen Lesung, erfüllt werden. Bei metallischen Oberflächen ist zu beachten, Abstandsmaterialien zu verwenden damit es zu keiner Schwächung der elektromagnetischen Felder beim UHF System kommen kann um somit Erfassungsprobleme vorzubeugen. Eine weitere Erkenntnis aus dem Testversuch ist die Montagefähigkeit der Leseantennen Kopfüber um Lesungen von oben durch zu führen. Die Besten maximalen Abstandsmessungen bei nicht metallischer Oberfläche konnten mit den passiven Transpondertypen Carrier Pro M4QT, Casey MR6-P und Crosswave Classic 4x6“ M4E vom Hersteller CONFIDEX erreicht werden. Bei all diesen Transpondern lag der Abstand bei mindestens 4,5m Entfernung zwischen Transponder und Leseantenne. Somit können diese drei Transpondertypen für die weitere Betrachtung herangezogen werden. Jedoch liegt die Abweichung bei metallischer Objektoberfläche in der Entfernung zwischen Transponder und Leseantenne zwischen 58% und 80%. Auch mehrere UHF Transponder können gleichzeitig ausgelesen werden aufgrund vom Anti-Kollisionsmodus.

### **8.2.3 RFID UHF Kostenabschätzung**

Folgende Kostenabschätzung basiert auf Recherchen für RFID UHF Technologie im Bereich der passiven Transponderart. Eine genauere Aussage und Kostenabschätzung kann für die Implementierung nicht getroffen werden, da es von vielen Faktoren abhängt wie beispielsweise Integration ins SAP System, Stückzahlen an Transpondern sowie Bestückung der Versandlager mit Reader und Antennen.

Die Preisspannen bei den RFID Bestandteilen sind folgend aufgelistet:

- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| ➤ Passive Transponder | 0,25 – 1,15 € pro Stück |
| ➤ Reader              | 60 – 4.000 € pro Stück  |
| ➤ Antennen            | 20 – 350 € pro Stück    |

Hierbei kann die Verbindung zwischen Infrastruktur und Hardware Komponenten als Schnittstelle Kabel oder WLAN ausgeführt werden. Genaue Kosten können zur Schnittstelle können nicht genannt werden. Tausenderpacks sind übliche Lieferungsgrößen. Die Hersteller gewähren bei großen Bestellmengen hohe Rabatte, was aus Kostgründen interessant wären. Vor allem Read-only-Chips sind deutlich günstiger als wiederverwertbare Transponder. Zudem hängen nicht nur die Transponderkosten von der Ausführung, Bauform, Material, Speicherkapazität und Reichweite ab, sondern auch Antennen und Reader variieren stark in diesen Bereichen.

Zusätzlich entstehen noch Kosten, die sich nicht genau beziffern lassen können und sich vom Anwendungsfall massiv unterscheiden:

- SAP Integrationskosten
- Softwarekosten
- Instandhaltungskosten
- Schulungskosten

Es lässt sich nicht pauschal beantworten, ob sich eine Umstellung auf RFID lohnt. Das hängt von vielen Faktoren ab und muss im Rahmen einer Kosten- und Nutzenberechnung betrachtet werden.

## 9 ZUSAMMENFASSUNG, ERGEBNISSE UND AUSBLICK

Diese wissenschaftliche Arbeit beschäftigt sich mit der globalen Verfolgung und Verwaltung von Waren via automatischer Identifikation und Datenerfassung. Es galt herauszufinden, welche Auto ID Lösung für die Warenverfolgung aufgrund der Anforderungen der Knapp AG, in Betracht gezogen werden können und daraus die am besten geeignete Lösung zu finden. Zudem soll diese wissenschaftliche Arbeit Aufschluss über einem möglichen Einsatz eines FTS für die automatisierte Warenbereitstellung geben.

Im Theorieteil der wissenschaftlichen Arbeit wurden die Eigenschaften, Standards, Vor- und Nachteile von Auto ID Technologien und der mögliche Einsatz eines FTS in der Intralogistik genau analysiert und erläutert.

Teile der erarbeiteten FTS Anforderungsspezifikation können nun für die automatisierte Warenbereitstellung genutzt werden. Anhand der Ergebnisse der Machbarkeitsstudie kann ein potentieller Einsatz für die Warenbereitstellung mit einem FTS für die Knapp AG derzeit nicht weiter in Betracht gezogen werden, da eine Implementierung des FTS Änderungen in der Einsatzumgebung sowie weitere detaillierte Evaluierungen benötigt.

Im praktischen Teil der Arbeit wurden mit UHF Komponenten Versuche in der realen Umgebung des Knapp AG Versandlagers bezüglich erzielbarer Reichweiten, Transponderposition und Anbringung auf verschiedenen Oberflächen sowie in metallischer Umgebung durchgeführt. Dabei wurden drei Transpondertypen des Herstellers CONFIDEX erfolgreich getestet hinsichtlich, einfacher Anbringung, Programmierung und Auslesen der Transponderdaten sowie nötiger und maximale Lesereichweite.

Es wird vorgeschlagen künftig NFC Technologie am Montagestandort einzusetzen, um mittels NFC fähigen mobiler Geräte vor Ort die Anlagenteile zu erfassen und damit direkt Rückmeldungen an das KNAPP AG SAP System zu liefern. Dies bedingt zudem den Einsatz von RFID fähigen Druckern für die Erstellung der Versandlisten und der Versanddokumente.

Die durchgeführten Tests und Analysen zeigen, dass der Einsatz von geeigneter RFID Technologie eine deutliche Verbesserung bezüglich Warenidentifikation und deren Verfolgung sowie eine bessere Qualitätskontrolle bei gleichzeitiger Kostenreduktion bringen kann.

## LITERATURVERZEICHNIS

### Gedruckte Werke (8)

Gudehus, Timm (2010): *Logistik, Grundlagen - Strategien - Anwendungen*, 4. Auflage, Springer-Verlag, Heidelberg

Martin, Heinrich (2014): *Transport- und Lagerlogistik*, 9. Auflage, Springer-Vieweg-Verlag, Hamburg

ten Hompel, Michael; Sadowsky, Volker; Beck, Maria (2011): *Kommissionierung, Materialflusssysteme 2 - Planung und Berechnung der Kommissionierung in der Logistik*, 1. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

Bousonville, T (2017): *Logistik 4.0*, Springer-Gabler-Verlag, Hamburg

Finkenzeller, K (2015): *RFID Handbuch (7 Ausg.)*, Carl-Hanser-Verlag, München

Matays, K (2013): *Instandhaltungslogistik (5 Ausg.)*, Carl-Hanser-Verlag, München

Günthner, W (2010): *Internet der Dinge in der Intra-logistik*, 1. Auflage, Springer-Verlag, Heidelberg

Ullrich, G (2014): *Fahrerlose Transportsysteme*, 2. Auflage, Springer-Vieweg, Wiesbaden

### Wissenschaftliche Artikel (1)

Czaja (2016): *Auswirkungen von Logistik 4.0 auf Mittelstand und Handwerk*, in: Hochschule für Logistik und Wirtschaft

### Online-Quellen (6)

KNAPP AG (2018): [www.knapp.com](http://www.knapp.com)

<https://www.knapp.com/company> abgerufen [Stand: 28.04.2018]

GOYELLOW (2018): [www.goyellow.de](http://www.goyellow.de)

<https://www.goyellow.de/thema/logistik> abgerufen [Stand: 06.09.2018]

DJBEATHOVEN (2018): [www.djbeethoven.de](http://www.djbeethoven.de)

<https://www.djbeethoven.de/index> abgerufen [Stand: 27.07.2018]

ALL-ELECTRONICS (2018): [www.all-electronics.de](http://www.all-electronics.de)

<https://www.all-electronics.de/cemat> abgerufen [Stand: 14.09.2018]

COGNEX (2018): [www.cognex.de](http://www.cognex.de)

<https://www.cognex.com/de-de/resources/symbologies/1-d-linear-barcodes/interleaved-2-of-5-barcodes> abgerufen [Stand: 12.09.2018]

SMART-TEC (2018): [www.smart-tec.com](http://www.smart-tec.com)

<https://www.smart-tec.com/de/auto-id-welt/rfid-technologie> abgerufen [Stand: 12.09.2018]

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Logo KNAPP AG, Quelle: KNAPP AG, Online-Quelle [27.04.2018].	3
Abb. 2: Historische Entwicklung der KNAPP AG, Quelle: KNAPP AG.	4
Abb. 3: Geschichtliche Entwicklung der Logistik, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Gudehus (2010).	6
Abb. 4: Zusammenspiel Logistik und Industrie 4.0, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Bousonville (2017) S. 13.	12
Abb. 5: Stufen der Industriellen Revolution, Quelle: Yokogawa, Online-Quelle [18.01.2019].	14
Abb. 6: Bestandteile der Auto ID, Quelle: Eigene Darstellung.	16
Abb. 7: Klassifizierung Auto ID Verfahren, Quelle: In Anlehnung an Feldmann (2014), S. 847.	17
Abb. 8: Identifikation Vorgang; Quelle: Eigene Darstellung.	18
Abb. 9: Übersicht der Auto ID Verfahren, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Finkenzeller (2015).	20
Abb. 10: Beispiele für 1 und 2 D Barcodes, Quelle: Finkenzeller (2015) S. 4.	21
Abb. 11: Beispiel für die OCR-Schriften OCR-A und OCR-B, Quelle: Finkenzeller (2015) S. 5.	23
Abb. 12: RFID Elemente, Quelle: RFID im Blick, Online-Quelle [30.10.2018].	25
Abb. 13: Bestandteile eines RFID Systems, Quelle: GMMC GmbH.	25
Abb. 14: Coupling Systeme, Quelle: Smart Tec, Online-Quelle [11.09.2018].	28
Abb. 15: Frequenzspektrum, Quelle: Vorlesung Identifikation und Systemintegration DI M. Ganzera.	29
Abb. 16: Frequenzbereiche, Quelle: Eigene Darstellung.	30
Abb. 17: Prinzipaufbau eines RFID Transponders mit unterschiedlichen Spulen, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Finkenzeller (2015).	33
Abb. 18: Übersicht Transponder Bauformen, Online-Quelle [04.11.2018].	35
Abb. 19: Praxis Beispiel eines Smart Labels, Online-Quelle [04.11.2018].	36
Abb. 20: Einteilung der RFID-Systeme in Low-end und High-end, Quelle: Finkenzeller, S. 28.	37
Abb. 21: EPC Beispiel mit UID, Online-Quelle [28.11.2018].	40
Abb. 22: Aufbau eines EPC SGTIN-96, Online-Quelle [12.10.2018].	40
Abb. 23: Verbindung der Middle- und Edgware, Quelle: Eigene Darstellung.	44
Abb. 24: Versandprozess KNAPP AG, Quelle: Eigene Darstellung.	51
Abb. 25: HU Prozessfolge IST, Quelle: Eigene Darstellung.	53
Abb. 26: Ablauf der innerbetrieblichen Warenbereitstellung und Identifikation ohne Auto ID, Quelle: Eigene Darstellung.	54

Abb. 27: HU Erstellung Ablaufprozess, Quelle: Eigene Darstellung.....	55
Abb. 28: Beispiel einer HU-Inhaltsliste, Quelle: Knapp AG.....	56
Abb. 29: HU Prozessfolge SOLL, Quelle: Eigene Darstellung.....	56
Abb. 30: Ablauf der innerbetrieblichen Warenbereitstellung und Identifikation mit Auto ID und FTS, Quelle: Eigene Darstellung.....	58
Abb. 31: FTS Spezifikation für Knapp AG, Quelle: Eigene Darstellung.....	61
Abb. 32: Ablauf der Machbarkeitsstudie, Quelle: Eigene Darstellung.....	64
Abb. 33: Testaufbau mit Identifikationsobjekten, Quelle: Eigene Darstellung.....	65
Abb. 34: Reader Suite, Quelle: Eigene Darstellung.....	66
Abb. 35: HU Nummer Erstellung und Pulkerfassung, Quelle: Eigene Darstellung.....	66
Abb. 36: Transponder, Quelle: Eigene Darstellung.....	67
Abb. 37: Transponder links in waagrecht und rechts in vertikaler Ausrichtung, Quelle: Eigene Darstellung.....	68
Abb. 38: Identifikationsobjekte, Quelle: Eigene Darstellung.....	70

## TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Übersicht Barcodes, Quelle: Barcode Fonts, Online-Quelle: [21.06.2018].....	22
Tab. 2: Vergleich Auto ID Systeme, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Finkenzeller (2015) S. 10.....	24
Tab. 3: Einteilungskriterien für RFID Systeme, Quelle: Eigene Darstellung. ....	27
Tab. 4: Unterscheidungsmerkmale LF, HF und UHF, Quelle: Eigene Darstellung. ....	31
Tab. 5: RFID Eigenschaften in Abhängigkeit der Arbeitsfrequenz, Quelle: Eigene Darstellung.....	32
Tab. 6: Übersicht zwischen aktiven und passiven Transpondern, Quelle: Eigene Darstellung.....	34
Tab. 7: Rollen, Kommunikations- und Operationsmodus, Quelle: Eigene Darstellung. ....	42
Tab. 9: Übersicht der Merkmale von Fördersystemen und Förderfahrzeugen, Quelle: In Anlehnung an Gudehus (2010).....	47
Tab. 10: Auswertung der Messwerte, Quelle: Eigene Darstellung. ....	70