

MASTERARBEIT

Durchführung einer Machbarkeitsstudie
zur Implementierung von AutoID-Technologien
in der Intralogistik eines Sondermaschinenbauunternehmens

In Kooperation mit:



Windmüller & Hölscher KG

Vorgelegt von: Marcel Hahn

Studiengang: Logistik

Matrikel-Nr.: 172577

Ausgegeben am: 03. Mai 2016

Eingereicht am: 14. Oktober 2016

Erstprüfer: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Rabe

Zweitprüfer: M. Sc. Felix Stadler

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	II
Abkürzungsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	IX
1. Einleitung	1
2. Logistik	4
2.1 Begriffsdefinitionen, Aufgaben und Ziele	4
2.2 Abgrenzung der Intralogistik	6
3. AutoID-Technologien	8
3.1 Begriffsdefinition	8
3.2 Biometrische Verfahren	9
3.2.1 Akustische Verfahren	9
3.2.2 Optische Verfahren	10
3.3 Optical Character Recognition	10
3.4 Barcode	11
3.4.1 Eindimensionaler Barcode	12
3.4.2 Zweidimensionaler Barcode	13
3.4.3 Barcode Lesegeräte	14
3.5 Karten	15
3.5.1 Magnetkarten	15
3.5.2 Chipkarten	16
3.6 RFID	16
3.6.1 Komponenten eines RFID-Systems	17
3.6.2 Unterscheidungsmerkmale der RFID-Technologie	20
3.6.3 Funktionsweise der Energie- und Datenübertragung	24
3.6.4 Einflussfaktoren auf die RFID-Technologie	27
3.7 Gegenüberstellung der relevanten AutoID-Technologien	28
4. Methodik zur Auswahl von AutoID-Technologien	31
4.1 Vorgehensmodell	31
4.2 Machbarkeitsanalyse	32

4.3	Methoden	34
4.3.1	Analysemethoden	35
4.3.2	Bewertungsmethoden	39
5.	Vorgehensmodell zur Auswahl von AutoID-Technologien	41
5.1	Ermittlung von Anforderungen an das Vorgehensmodell	41
5.2	Konzeptionierung des Vorgehensmodells	42
5.2.1	Situationsanalyse	43
5.2.2	ID-Punkte-Auswahl	50
5.2.3	Technologieauswahl	60
5.2.4	Technische Machbarkeitsanalyse	65
5.2.5	Wirtschaftliche Machbarkeitsanalyse	68
5.2.6	Zusammenfassende Darstellung des Vorgehensmodells	69
6.	Anwendung des Konzepts am Beispiel der Windmüller und Hölscher KG	71
6.1	Beschreibung der Windmüller und Hölscher KG	71
6.2	Anwendung des Vorgehensmodells	72
6.2.1	Situationsanalyse	72
6.2.2	ID-Punkte-Auswahl	78
6.2.3	Technologieauswahl	83
6.2.4	Technische Machbarkeitsuntersuchung	87
6.2.5	Wirtschaftliche Machbarkeitsuntersuchung	91
6.3	Erkenntnisse der Anwendung bei W&H	91
7.	Zusammenfassung	93
8.	Literaturverzeichnis	95
A.	Anhang	i
	Anhang A: Ergänzung zu den theoretischen Grundlagen	i
	Anhang B: Ergänzungen zum Vorgehensmodell	xii
	Anhang C: Ergänzungen zur Modellanwendung	xvii
	Danksagung	i
	Eidesstattliche Versicherung	i

Abkürzungsverzeichnis

A

AutoID Automatische Identifikation und Datenerfassung

C

CDMA Codemultiplexverfahren

E

EAN European Article Number

EPC Elektronischer Produkt Code

ERP Enterprise Ressource Planning

F

FDMA Frequenzmultiplexverfahren

FDX-Verfahren Vollduplex-Verfahren

FHM Förderhilfsmittel

H

HDX-Verfahren Halbduplex-Verfahren

HF High Frequency

HRL Hochregallager

I

IBT Innerbetrieblicher Transport

ID Identifikation und Datenerfassung

IT-System Informationssystem

K

KByte Kilobyte

L

LHM Lagerhilfsmittel

LF Low Frequency

LVS Lagerverwaltungssystem

M

MW Mikrowelle

O

OCR Optical Character Recognition

P

PDF Portable Data File

Q

QR Quick Response

R

RDMA Raummultiplexverfahren

RFID Radio Frequency Identification

S

SEQ-Verfahren Sequentielle Verfahren

T

TUL Transport, Umschlag, Lagerung

U

u.a. unter anderem

UHF Ultra-High Frequency

W

W&H Windmüller und Hölscher KG

Z

z. B. zum Beispiel

ZDMA Zeitmultiplexverfahren

z.T. zum Teil

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Vorgehensweise und Struktur der Arbeit	3
Abbildung 2-1: Funktionale Abgrenzung der Unternehmenslogistik.....	6
Abbildung 3-1: Übersicht wichtiger AutoID-Technologien.....	9
Abbildung 3-2: Übersicht der verschiedenen Barcode-Typen	12
Abbildung 3-3: Typischer Aufbau eines eindimensionalen Barcodes.....	12
Abbildung 3-4: Hauptkomponenten der RFID-Technologie.....	17
Abbildung 3-5: Unterscheidungsmerkmale der RFID-Technologie	20
Abbildung 3-6: Vergleich verschiedener AutoID-Technologien	29
Abbildung 4-1: Übersicht der verwendeten Methoden.....	35
Abbildung 4-2: Aufbau der logistikorientierten Wertstromanalyse	37
Abbildung 4-3: Amortisationsrechnung zur Ermittlung der Amortisationszeit	40
Abbildung 5-1: Anforderungen an das Vorgehensmodell	41
Abbildung 5-2: Aufbau des Vorgehensmodells.....	43
Abbildung 5-3: Adaptierte Prozessbausteine zur Wertstromaufnahme.....	46
Abbildung 5-4: Vorgehensweise der Prozessvisualisierung.....	47
Abbildung 5-5: Übersicht der vier allgemeinen ID-Punkt-Typen	51
Abbildung 5-6: Systematik zur Ermittlung der ID-Punkt-Varianten.....	52
Abbildung 5-7: Übersicht der ID-Punkt-Varianten	53
Abbildung 5-8: Kennzahlengruppierung	55
Abbildung 5-9: Beispiel für die Systematik zur Kennzahlenzuordnung	56
Abbildung 5-10: Zusammenfassende Darstellung der Nutzendimensionen.....	57
Abbildung 5-11: Kosten-Nutzwert-Diagramm zur Auswahl von ID-Punkt- Varianten	59
Abbildung 5-12: Bestandteile des Kriterienkatalogs	61
Abbildung 5-13: Bewertungsskala zur Durchführung der ID-Punkt-Analyse	62
Abbildung 5-14: Bewertungsskala zur ID-punktspezifischen Bewertung	63
Abbildung 5-15: Skala zur Bewertung der Technologiekriterien.....	64
Abbildung 5-16: Vorgehen bei der technischen Machbarkeitsuntersuchung	66
Abbildung 5-17: Handlungsoptionen bei Nicht-Funktionsfähigkeit	67
Abbildung 5-18: Vorgehensmodell zur Auswahl von AutoID-Technologien.....	70
Abbildung 6-1: Steuerung des Wertstroms Kaufteile-Groß	74
Abbildung 6-2: Materialfluss – Wareneingang Kaufteile-Groß	75
Abbildung 6-3: Materialfluss – Innerbetrieblicher Transport und Einlagerung der Kaufteile- Groß.....	76
Abbildung 6-4: Logistische Objekte des betrachteten Wertstroms (Kaufteile-Groß)	78

Abbildung 6-5: Ermittlung der potentiellen ID-Punkt-Mengen	79
Abbildung 6-6: Ergebnis aus der Ermittlung der Informationsdichte	80
Abbildung 6-7: Kennzahlen zur Ermittlung der Kennzahlenerfassbarkeit.....	80
Abbildung 6-8: Ergebnis aus der Ermittlung der Kennzahlenerfassbarkeit	81
Abbildung 6-9: Ergebnis aus der Ermittlung des ID-Punkt-Nutzens	81
Abbildung 6-10: Ergebnis der Grobkostenschätzung für RFID	82
Abbildung 6-11: Kosten-Nutzen-Diagramm zur ID-Punkte-Auswahl.....	83
Abbildung 6-12: Bewertungsergebnisse für ID-Punkt 1 – Bearbeitungsstation 1.....	84
Abbildung 6-13:Ergebnistabelle – ID-punktspezifische Bewertung der Technologiekriterien.....	85
Abbildung 6-14:Ergebnistabelle – Allgemeine Bewertung der Technologiekriterien.....	86
Abbildung 6-15: Endergebnis der Technologieauswahl.....	87
Abbildung 6-16: Komponenten aus dem RFID-Testpaket	89
Abbildung 6-17: Ergebnisse aus Szenario 1	90
Abbildung A-1: Ausschnitt des Logistik-Kennzahlen-Systems	i
Abbildung A-2: Ausschnitt von technischen Funktionselementen im Materialfluss .	iii
Abbildung A-3: Übersicht verschiedener 1D-Barcodes	iv
Abbildung A-4: Typische 2D-Barcodes	iv
Abbildung A-5: Verschiedene Bauformen von RFID-Transpondern.....	v
Abbildung A-6: Übersicht verschiedener Erfassungskonzepte	v
Abbildung A-7: Formel der Leserate	vi
Abbildung A-8: Formel der Lesequote	vi
Abbildung A-9: Räumliche, zeitliche und qualitative Transformationen.....	viii
Abbildung A-10: Administrative Transformationen	viii
Abbildung A-11: Symbolik der logistikorientierten Wertstromanalyse.....	ix
Abbildung A-12: Beispiel eines Kosten-Nutzwert-Diagramms	x
Abbildung A-13: ID-Punkt-Analysebogen zur Bewertung von ID-Punkten.....	xvi
Abbildung A-14: Ergebnisse der Anforderungsaufnahme	xvii
Abbildung A-15: Gesamtansicht des aufgenommenen Wertstroms.....	xviii
Abbildung A-16: Ausschnitt der Wertstromaufnahme aus dem Wareneingang	xix
Abbildung A-17: Prozessschrittübergreifende Schwachstellen.....	xxi
Abbildung A-18: Relevante organisatorischen Bereichsschnittstellen.....	xxii
Abbildung A-19: Berechnung der ID-Punkten-Mengen je ID-Punkt-Variante.....	xxiii
Abbildung A-20: Berechnung der Informationsdichte	xxiii
Abbildung A-21: Festlegung der ermittelbaren Kennzahlen	xxiv

Abbildung A-22: Paarvergleich zur Priorisierung der Kennzahlen	xxv
Abbildung A-23: Paretoanalyse zur Gewichtung der Kennzahlen	xxv
Abbildung A-24: Ermittlung der gewichteten Kennzahlenerfassbarkeit	xxvi
Abbildung A-25: Systematik zur Ermittlung der ID-Punkt-Kosten (RFID)	xxvii
Abbildung A-26: Systematik zur Ermittlung der ID-Punkt-Kosten (Barcode)	xxviii
Abbildung A-27: Durchführung des Kosten-Nutzen-Vergleichs (RFID)	xxix
Abbildung A-28: Durchführung des Kosten-Nutzen-Vergleichs (Barcode)	xxx
Abbildung A-29: Darstellung der ausgewählten ID-Punkte	xxxi
Abbildung A-30: Auszug der gewichteten Punktebewertung – ID-Punkt 1	xxxii
Abbildung A-31: Bewertungsbogen zur allgemeine Technologiebewertung (UHF)	xxxiii
Abbildung A-32: Paarvergleich der allgemeinen Technologiebewertungskriterien	xxxv
Abbildung A-33: Paarvergleich der allgemeinen Technologiebewertungskriterien	xxxvi
Abbildung A-34: Ausgangsdaten zum durchgeführten Machbarkeitstest	xxxvii
Abbildung A-35: Bilddokumentation der Testvorbereitung und -durchführung	xxxviii
Abbildung A-36: Ergebnisse zu Testszenario 2	xxxix
Abbildung A-37: Ergebnisse zu Testszenario	xl
Abbildung A-38: Ergebnisse zu Testszenario 4	xl
Abbildung A-39: Exemplarische Investitionskostenermittlung	xli

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Eigenschaften zur Klassifikation von Objekten	8
Tabelle A-1: Kriterienkatalog zur Abgrenzung der AutoID-Technologien	xv
Tabelle A-2: Verschwendungsmatrix der Prozessanalyse	xx
Tabelle A-3: Bewertung der AutoID-Technologie	xxxii
Tabelle A-4: Zusammenfassung der Punktevergabe	xxxiv

1. Einleitung

Infolge weltweit verteilter Produktionsstandorte und komplexer werdender Liefernetze steigt das Aufkommen an Logistikprozessen und führt damit zu einem Verlust der Übersichtlichkeit. Aus diesem Grund werden zur Erhöhung der Transparenz vermehrt AutoID-Technologien eingesetzt, die sich im Verlauf der letzten Jahre zu einem wesentlichen Bestandteil in der modernen Logistik entwickelt haben. Demnach ergeben sich immer höhere Anforderungen daran, logistische Objekte (z. B. Materialien) eindeutig und automatisiert zu identifizieren, zu lokalisieren und zu steuern [Schenk 2015, S. 245 ff.; Heiserich et al. 2011, S. 344]. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, kann die Logistik eine Vielzahl an unterschiedlichen Technologien zur *Automatischen Identifikation und Datenerfassung* (AutoID) einsetzen. Diese Technologien ermöglichen es Objektdaten (z. B. Zielort des Materials) abzurufen und somit eine Verbindung zwischen Material- und Informationsfluss herzustellen [Fraunhofer IML 2016, o. S.; Kersten, Wittmann 2013, S. 151]. Damit stellt der Einsatz von AutoID-Technologien ein geeignetes Hilfsmittel dar, um die Transparenz der Prozesse zu erhöhen. Das kann dazu führen, dass die Planungssicherheit in den Prozessen erhöht wird, Lagerbestände reduziert werden oder eine flexible Reaktion auf Bedarfsänderungen möglich ist [Schenk 2015, S. 251].

Die Ausführungen veranschaulichen, dass die Technologien zur AutoID eine wichtige Rolle in der Logistik einnehmen. Dies hat auch das Projektteam *Logistik 4.0* der Windmüller und Hölscher KG (W&H), ein Sondermaschinenbauunternehmen, erkannt. Daher zielt ein Teilprojekt innerhalb des Projekts Logistik 4.0 darauf ab, die vollständige und durchgängige Transparenz über Ressourcen, Informationen und Prozesse in der Logistik mit Hilfe von AutoID-Technologien zu erlangen. Hinsichtlich der Vielzahl an AutoID-Technologien möchte das Projektteam allerdings wissen, welche der Technologien für den Einsatz in der Intralogistik bei W&H in Frage kommen und nach welchen Parametern diese auszuwählen sind.

Das zentrale Ziel der vorliegenden Abschlussarbeit ist es daher, eine Auswahl der richtigen AutoID-Technologie für die innerbetrieblichen Logistikabläufe in Unternehmen vorzunehmen. Eigens dafür ist ein allgemeines und systematisches Vorgehen zu entwickeln. Dieses beinhaltet neben der Festlegung von geeigneten Identifikations- und Datenerfassungspunkten (ID-Punkten) im Materialfluss eine detaillierte Analyse der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit beinhaltet. Dabei gilt es insbesondere die speziellen Anforderungen eines Sondermaschinenbauunternehmens zu berücksichtigen, bei denen sehr unterschiedliche und zum Großteil auch metallische Materialien bewegt werden. Im praktischen Teil, der in Kooperation mit W&H erstellt wird, ist das Ziel, das erarbeitete Vorgehensmodell anhand einer konkreten Problemstellung in der Intralogistik des Unternehmens anzuwenden und zu überprüfen.

Die an der Zielsetzung ausgerichtete Vorgehensweise sieht zunächst vor, die notwendigen Grundlagen zu schaffen, die für die Durchführung dieser wissenschaftlichen Arbeit benötigt werden. Diese fokussieren die wesentlichen Begriffe zur Logistik und Intralogistik, welche im analytischen und konzeptionellen Teil der Arbeit vorausgesetzt werden. Darüber hinaus setzt das Vorgehen eine Recherche über die gängigen AutoID-Technologien voraus. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf den Funktionsweisen und Anwendungsgebieten der einzelnen Technologien. Dadurch soll eine spätere Abgrenzung der Technologien vorgenommen und die für die Intralogistik relevanten AutoID-Technologien identifiziert werden können. Anschließend wird im konzeptionellen Teil der Arbeit ein allgemeines und systematisches Vorgehensmodell für die Auswahl von AutoID-Technologien erarbeitet. Hierbei sind die wesentlichen Phasen zur Auswahl von AutoID-Technologien zu ermitteln.

Im Anschluss werden die identifizierten Phasen entsprechend der Aufgabenstellung adaptiert. In diesem Zusammenhang werden die wesentlichen Ziele und Rahmenbedingungen ermittelt, die eine AutoID-Technologie für einen konkreten Anwendungsfall erfüllen soll. Hierfür wird eine geeignete Prozessanalyse verwendet, welche die aktuelle Ist-Situation erfassen kann und wichtige Erkenntnisse zum Prozess, zu organisatorischen und informationstechnischen Schnittstellen sowie zu den logistischen Objekten liefert. Darauf basierend werden im Anschluss potenzielle Einsatzpunkte der AutoID-Technologie ermittelt. Die Auswahl der relevanten ID-Punkte erfolgt unter Anwendung der Kosten-Nutzwert-Analyse und definierter Bewertungskategorien. Diese Ergebnisse bilden die Grundlage für die anschließende Auswahl der AutoID-Technologie. Hierbei werden die unterschiedlichen Technologien hinsichtlich ihrer Merkmale mit Hilfe eines Kriterienkatalogs bewertet. Daran anknüpfend wird mit der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeitsuntersuchung die zuvor ausgewählte Technologie evaluiert.

Im letzten Schritt wird das erarbeitete Konzept durch dessen Anwendung am Beispiel der Windmüller und Hölscher KG überprüft. Die wesentlichen Ergebnisse werden im Schlussteil zusammengefasst.

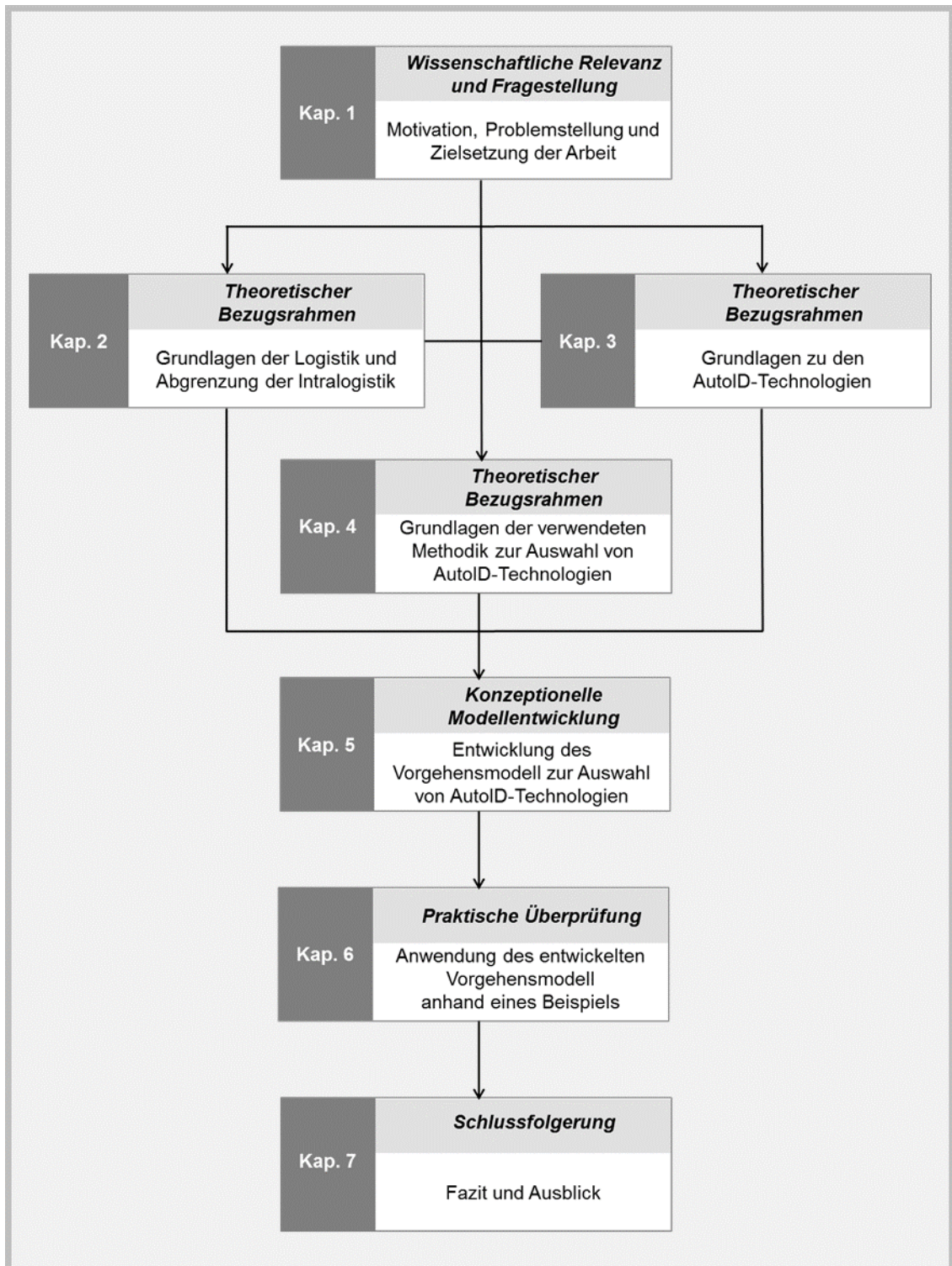


Abbildung 1-1: Vorgehensweise und Struktur der Arbeit
[Eigene Darstellung]

2. Logistik

Der Begriff Logistik hat eine inhaltliche Ausweitung erstmals im militärischen Bereich erfahren. Innerhalb der Wirtschaft ist die Bezeichnung Logistik relativ jung und hat sich in den letzten Jahrzehnten vorrangig aus der Unternehmerpraxis entwickelt. Hierbei haben die zunehmenden Ansprüche nach Service, Zuverlässigkeit und Flexibilität der Logistik zu einem hohen Stellenwert verholfen. Heute ist die Logistik ein integraler Bestandteil für nahezu jedes Unternehmen [Arnold et al. 2008, S. 3; Heiserich et al. 2011, S. 3 f.].

Im weiteren Verlauf werden die zentralen Begriffe der Logistik unter Bezugnahme der wesentlichen Aufgaben und Ziele erläutert (siehe Abschnitt 2.1). Mit Blick auf die Auswahl von AutoID-Technologien für die Intralogistik wird darauf folgend eine Abgrenzung der verschiedenen logistischen Bereiche vorgenommen. Hierbei wird der Begriff Intralogistik, als spezifischer Teil der Unternehmenslogistik, hervorgehoben (siehe Abschnitt 2.2).

2.1 Begriffsdefinitionen, Aufgaben und Ziele

Für den Begriff der Logistik liegen in der Literatur eine Vielzahl an unterschiedlichen Definitionen vor. Einerseits kann dieser als Sammelbegriff für die verschiedenen Tätigkeiten in der Logistik aufgefasst werden. Hier wird von einem operativen Logistikverständnis gesprochen. Demgegenüber kann die Logistik als Management von Unternehmensnetzwerken verstanden werden, welches ein strategisches Logistikverständnis widerspiegelt [Helmus et al. 2009, S. 12]. Im Allgemeinen umfasst der Logistikbegriff größtenteils alle Elemente des logistischen Prozesses¹, wie die Transport- und Lagerprozesse, das zugehörige Be- und Entladen, das Ein- und Auslagern und das Kommissionieren [Arnold et al. 2008, S. 3]. Des Weiteren ist zu ergänzen, dass in vielen Logistikdefinitionen das Charakteristikum des flussorientierten Koordinationsansatzes verwendet wird [Franke, Dangelmaier 2006, S. 61-62]. So formulieren *ten Hompel und Heidenblut* [2011, S. 185] eine in der Wissenschaft häufig rezipierte Begriffsdefinition, welche in der vorliegenden Arbeit dem grundlegenden Verständnis der Logistik dient:

„Logistik ist die wissenschaftliche Lehre von der Planung, Steuerung und Optimierung der Material-, Personen-, Energie- und Informationsflüsse in Systemen, Netzen und Prozessen.“

Fernerhin betitelt der Terminus Logistik eine Branchenbezeichnung, unter der sowohl ein gesamtes Unternehmen als auch einzelne Unternehmensteile zu verstehen sind, die logistische Dienstleistungen erbringen. Diese umfassen neben dem Transport, dem Umschlag und der Lagerung auch Serviceleistungen (z. B. kundenspezifisches Verpacken) [ten Hompel, Heidenblut 2011, S. 185].

¹ Der Begriff Prozess ist in Anhang A-1 definiert.

Durch die logistischen Leistungen werden die Objekte der Logistik (Güter, Personen, Informationen und Energie) räumlich und zeitlich transformiert. Die Transformation erfolgt zum einen durch den Transport von Objekten zwischen zwei Orten und zum anderen aufgrund eines lagerungsbedingten Zeitausgleichs. Darüber hinaus werden die Vorgänge des Handhabens oder Umschlages sowie des Kommissionierens ergänzt. Diese Aktivitäten unterstützen als sogenannte TUL-Prozesse (Transportieren, Umschlagen, Lagern) den produktiven Leistungserstellungsprozess [Heiserich et al. 2011, S. 4-5; Helmus et al. 2009, S. 17]. Neben den in der oben aufgeführten Definition dargelegten Planungs- und Steuerungsaufgaben umfasst die Logistik zudem Kontroll- bzw. Überwachungs-, Durchführungs- und Steuerungsaufgaben. Erfolgt eine unternehmensübergreifende Logistikplanung bzw. -steuerung, sind außerdem Koordinationsaufgaben zu bewältigen. Insgesamt lassen sich folgende Aufgabenbereiche der Logistik unterscheiden:

- Logistikplanung,
- Logistikdurchführung,
- Logistiküberwachung/ Logistikkontrolle,
- Logistiksteuerung und
- Logistikkoordination [Plümer 2003, S. 3].

In Anbetracht dieses Aufgabenspektrums stellt die Logistik prozess- und kundenorientierte Lösungen für Gesamt- oder Teilsysteme in Unternehmen sowie überbetrieblichen Netzwerken bereit. Um dem gerecht zu werden, müssen sowohl produkt- als auch prozessbezogene Informationen gewonnen und verwaltet werden [Baumgarten 2008, S. 113].

Weiterführend wird mit der Erfüllung dieser Aufgaben die Umsetzung der logistischen Ziele verfolgt, welche wiederum aus den Unternehmenszielen abgeleitet werden. Die Hauptziele der Logistik unterteilen sich in die Leistungserfüllung, die Qualitätssicherung und die Senkung der Kosten [Gudehus 2010, S. 78]. Die wesentlichen Kenngrößen der Logistikleistung sind die Lieferzeit, Lieferzuverlässigkeit, Lieferflexibilität und Lieferqualität. Die Treiber der Logistikkosten sind z. B. die Vorgänge im Lager, die Bestandsmengen oder die Transporte zwischen einer Quelle und Senke [Arndt 2015, S. 79]. Eine besondere Bedeutung besteht darin, eine hohe Logistikeffizienz zu erreichen, die sich nicht mit einer einzigen Kennzahl beschreiben oder messen lässt. Sie umreißt vielmehr die Gesamtheit der logistischen Leistung [Fortmann, Kallweit 2007, S. 23]. Die logistischen Leistungen oder klassischen Ziele der Logistik werden häufig mit den sieben „R’s“ beschrieben. Sie drücken das logistische Denken und Handeln aus und zielen nicht nur auf die Minimierung von Kosten ab, sondern betreffen vielmehr die ganzheitliche Planung, Steuerung und Überwachung von Systemen im Rahmen des Optimierungsgedankens. Des Weiteren ist zu ergänzen, dass die beschriebenen Ziele nach dem Servicegedanken einen Beitrag zur Erfüllung des Kundennutzens leisten sollen. Die sieben R´s besagen, dass

- das richtige Objekt (z. B. Material oder Personal)
- in der richtigen Menge,
- in der richtigen Qualität,
- zum richtigen Zeitpunkt,
- zu den richtigen Kosten,
- am richtigen Ort und
- für den richtigen Kunden verfügbar sein muss [Baumgarten 2008, S. 113; Plümer 2003, S. 3; Helmus et al. 2003, S. 17].

2.2 Abgrenzung der Intralogistik

Den Ausführungen des vorangegangenen Abschnitts ist zu entnehmen, dass die Logistik als ein Netzwerk mit unterschiedlichen Bereichen verstanden wird. In diesem Kontext wird häufig der Begriff der Unternehmenslogistik verwendet, unter dem die einzelnen Disziplinen der Logistik zusammengefasst werden. Neben der innerbetrieblichen Logistik ist dieser Begriff ebenfalls durch die außerbetriebliche Logistik gekennzeichnet, welcher in Anhang A-3 näher definiert wird [Gudehus 2010, S. 7]. Die Unternehmenslogistik verfolgt das Ziel, das optimale Zusammenspiel zwischen Mensch, Technik, Steuerung und Information zu erreichen. Demnach ist es ihre Aufgabe, den Materialfluss sowie den dazugehörigen Informationsfluss vom Lieferanten zum Unternehmen und vom Unternehmen zum Kunden wirtschaftlich zu planen, zu gestalten, zu steuern und zu kontrollieren. Hier hat sich eine begriffliche Einteilung etabliert, die sich an den Phasen des Produktionsprozesses orientiert und die Subsysteme Beschaffung, Produktion, Distribution und Entsorgung unterscheidet (siehe Abbildung 2-1) [Martin 2011, S. 3].

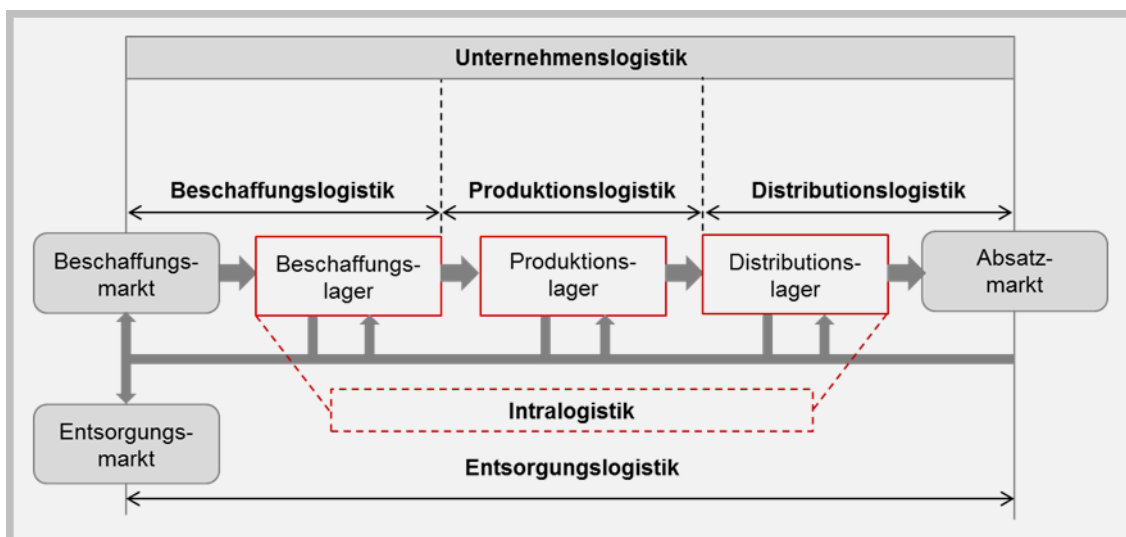


Abbildung 2-1: Funktionale Abgrenzung der Unternehmenslogistik
[In Anlehnung an Heiserich 2011, S. 12]

Demnach bezeichnet die *Beschaffungslogistik* den Weg der Materialien vom Lieferanten bis zum Eingangslager und ist auf eine bedarfsgerechte Versorgung des Unternehmens

ausgerichtet. Daran anknüpfend folgt die *Produktionslogistik*, die den innerbetrieblichen Materialfluss vom Rohmateriallager über die unterschiedlichen Fertigungs- und Montagestufen bis zum Distributionslager gewährleistet. Hier schließt sich die *Distributionslogistik* an, die vom Ende der Produktion über das Distributionslager bis zu dem Kunden reicht. Sie stellt also die räumliche und zeitliche Überbrückung zwischen Produktion und Kunden dar. Damit übernimmt sie die Versorgung der Kunden mit den Produkten des Unternehmens [Martin 2011, S. 5-7]. Ein weiterer integraler Bestandteil der logistischen Teildisziplinen ist die *Entsorgungslogistik*, die den rückwärtsgerichteten Fluss in der Logistikkette darstellt. Sie übernimmt neben den klassischen TUL-Aufgaben die Sammlung und Rückführung von anfallenden Reststoffen zur Verwertung oder Beseitigung der Entsorgungsgüter [Heiserich 2011, S. 11; Arnold et al. 2008, S. 4 f.]. Die Unterteilung der Unternehmenslogistik in einzelne Abschnitte widerspricht dem Grunde nach der angestrebten ganzheitlichen Sicht der Logistik. Jedoch ist dies für die theoretische Analyse sinnvoll, da sich die Strukturen der entsprechenden logistischen Subsysteme erheblich unterscheiden. Weiterhin dient die Unterteilung der Logistikpraxis im Rahmen einer hierarchischen Planung, die zusätzlich für eine übergreifende Koordination der Subsysteme sorgt [Arnold et al. 2008, S. 4 f.].

Die logistischen Aufgaben, die innerhalb eines Betriebs anfallen werden als *innerbetriebliche Logistik* oder *Intralogistik* bezeichnet. Wie in Abbildung 2-1 dargestellt, umfasst die Intralogistik die Bereiche der Beschaffungs- und Distributions- sowie der Produktionslogistik, jedoch nur von den Eingängen in den einzelnen Betrieben der Unternehmen bis zu deren Ausgängen. Die Materialbewegungen durchlaufen dabei die Teilsysteme Wareneingang, Lager, Kommissionierung, innerbetrieblicher Transport und Warenausgang. In diesem Zusammenhang sind die wichtigsten operativen Funktionen das Umschlagen, Lagern, Transportieren, Kommissionieren und Verpacken. Diese Funktionen bezeichnet man hinlänglich als Materialflussfunktionen. Für die Umsetzung dieser Funktionen, insbesondere die des Lagerns und Transportierens, bedient sich die Intralogistik verschiedenster Mittel und Hilfsmittel (siehe Anhang A-4) [Martin 2011, S. 9; Gudehus 2010, S. 550 f.].

Wie bereits beschrieben, stehen der Logistik ebenfalls eine Reihe von AutoID-Technologien zur Verfügung, um die notwendige Transparenz im Materialfluss zu schaffen. Daher werden im folgenden Kapitel die wichtigsten AutoID-Technologien im folgenden Kapitel vorgestellt.

3. AutoID-Technologien

Für einen transparenten Materialfluss innerhalb von Unternehmen ist es wichtig, die Objekte an einer bestimmten Stelle zu identifizieren. Die schnelle, automatisierte, eindeutige und fehlerrobuste Identifikation von logistischen Objekten kann mittels AutoID-Technologien erreicht werden. Diese können die Daten der codierten Objekte lesen und verarbeiten [Heiserich et al. 2011, S. 344].

In diesem Kapitel werden die Grundlagen zu den AutoID-Technologien aufgearbeitet. Dazu wird zunächst eine Definition des Begriffs der AutoID vorgenommen (siehe Abschnitt 3.1) sowie die wesentlichen AutoID-Technologien im Einzelnen vorgestellt und anhand ihrer jeweiligen Merkmale abgegrenzt (siehe Abschnitt 3.2 bis 3.6). Im Anschluss werden die beschriebenen Technologien gegenübergestellt und miteinander verglichen. Der Fokus liegt hier auf den AutoID-Technologien, die in der Intralogistik ihre Anwendung finden (siehe Abschnitt 3.7).

3.1 Begriffsdefinition

Der Begriff *AutoID* bezeichnet Technologien, welche die automatisierte und unverwechselbare Erkennung von Objekten ermöglichen [Helmus et al. 2009, S. 199]. Die Aufgaben der Technologien liegen darin die Informationen zu Personen, Tieren oder Materialien in einer eindeutig definierten und strukturierten Form bereitzustellen. Die daraus resultierenden Daten sollen maschinell erfasst und weiterverarbeitet werden können. Hierbei sind zwei Schritte zu nennen. Zum einen wird zunächst das Identifikationsmerkmal des logistischen Objekts erfasst und im Anschluss daran mittels einer Computeranalyse interpretiert. Dieser Vorgang wird in der Literatur als Rückgewinnung von codierten Informationen beschrieben [Schmidt 2006, S. 28]. Eine Identifizierung der Objekte kann über die Merkmale in Tabelle 3-1 erfolgen, die je nach Verwendungszweck herangezogen werden können [ten Hompel et al. 2008, S. 10 f.].

▪ Farbe	▪ Gewicht	▪ Werkstoff
▪ Höhe	▪ Breite	▪ Länge
▪ Volumen	▪ Verpackungsmaterial	▪ Temperatur

Tabelle 3-1: Eigenschaften zur Klassifikation von Objekten

In der Literatur werden zur Identifikation von Objekten im Materialfluss verschiedene Identifikationssysteme beschrieben, die sich in der Art und Weise der Objekterkennung unterscheiden [Franke, Dangelmaier 2006, S. 71 f.]. Zu den verbreitetsten AutoID-Technologien zählt der Barcode [Bartneck et al. 2008, S. 14]. Allerdings übernimmt die Radio Frequency Identification, kurz RFID, zunehmend dessen Funktion [Kern 2007, S. 2 f.]. Neben diesen beiden weit verbreiteten Technologien werden immer wieder zahlreiche

andere Verfahren zur AutoID beschrieben. In Abbildung 3-1 werden die wesentlichen AutoID-Technologien dargestellt.

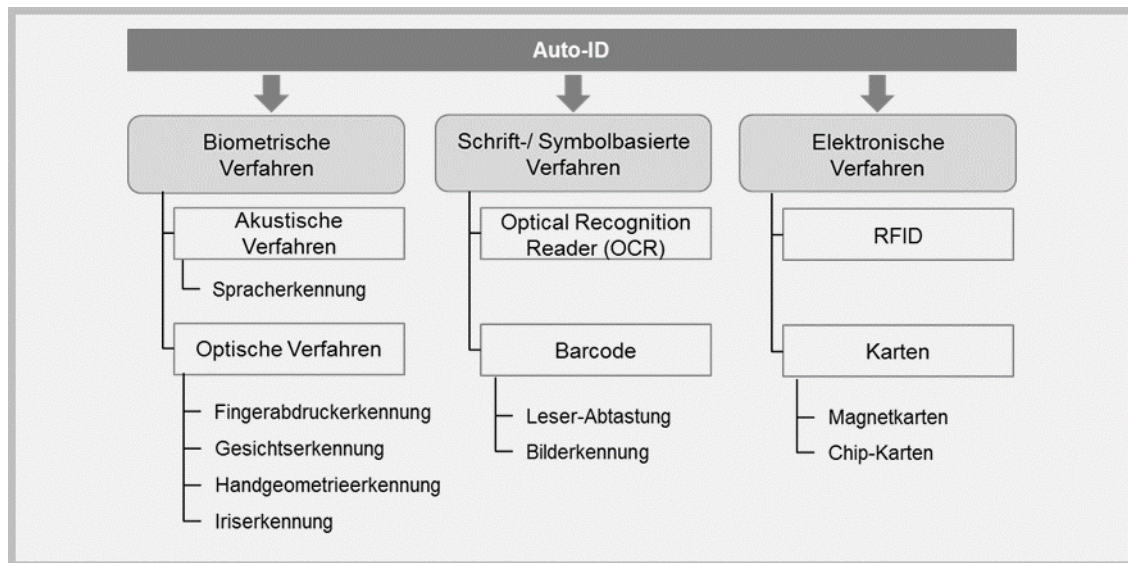


Abbildung 3-1: Übersicht wichtiger AutoID-Technologien

[In Anlehnung an Helmus et al. 2009, S. 199]

Die Abbildung zeigt, dass die verschiedenen AutoID-Technologien auf unterschiedliche Verfahren zurückzuführen sind. Aufbauend auf der Begriffsdefinition AutoID werden in den nachfolgenden Abschnitten die wesentlichen Charakteristika der abgebildeten AutoID-Technologien beschrieben.

3.2 Biometrische Verfahren

Im Vergleich zu den anderen AutoID-Technologien fokussieren biometrische Verfahren Merkmale, welche eng mit einer Person verknüpft sind [Kern 2007, S. 20 f.]. Unter dem Begriff *Biometrie* wird die Wissenschaft von der Zählung und Körpermessung an Lebewesen aufgefasst. Im Hinblick auf AutoID-Technologien ist die Biometrie ein Oberbegriff für all diejenigen Verfahren, bei der Personen anhand eines Vergleichs ihrer unverwechselbaren und individuellen Körpermerkmale identifiziert werden [Finkenzeller 2008, S. 4]. Wie aus Abbildung 3-1 hervorgeht, können die biometrischen Verfahren in akustische und optische Verfahren differenziert werden.

3.2.1 Akustische Verfahren

Zu der Gruppe der akustischen Verfahren zählt die Sprach- oder Stimmerkennung. Wie bei allen biometrischen Verfahren dient die Sprachidentifizierung ebenfalls zur Identifikation einer Person. Um den Sprecher zu identifizieren, spricht die Person in ein Mikrofon, das wiederum mit einem Computer verbunden ist. Daran anknüpfend werden die gesprochenen Worte mittels einer Software in digitale Signale umgewandelt und ausgewertet. Bei diesem Vorgang werden die Sprachmerkmale der Person mit vorliegenden

Referenzmustern verglichen, welche sich in festgelegten Toleranzen bewegen dürfen [Helmus et al. 2009, S. 204; Kern 2007, S. 25].

3.2.2 Optische Verfahren

Die *optischen Verfahren* der Personenidentifikation umfassen eine Vielzahl an Erkennungsmethoden, zu denen neben dem Finger- und Handabdruckverfahren die Augennetzhaut- und die Augeniris-Identifizierung, das Venenmusterverfahren und die Gesichtsfeldererkennung zählen [Helmus et al. 2009, S. 201].

Beim *Fingerabdruckverfahren* werden die Papillaren und Hautleisten der Fingerkuppen miteinander verglichen. Um die notwendigen Daten zu erfassen, werden z. B. optische Scanner eingesetzt, welche aus einer Kamera und Prismenoptik bestehen. Ein wesentlicher Vorteil des optischen Scanners liegt in einer hohen Bildauflösung sowie in dessen Unempfindlichkeit gegenüber Temperaturschwankungen und elektrostatischer Ladung. Unabhängig von der Art des Fingerprintsanners werden die durch das Lesegerät erfassten Muster oder Strukturen in einen Datensatz umgewandelt und mit vorliegenden Informationen aus einer Datenbank verglichen. Oftmals findet diese Art der Personenidentifikation ihre Anwendung bei Zutrittskontrollen sowie im Bereich der Kriminalistik [Finkenzeller 2008, S. 4; Helmus et al. 2009, S. 201; Kern 2007].

Eine Erweiterung des Fingerabdruckverfahrens besteht in dem *Handgeometrieverfahren*, bei dem optische Systeme eingesetzt werden, welche die relevanten geometrischen Merkmale der Topographie der Hand abbilden [Helmus et al. 2009, S. 202].

Zwei weitere Technologien, die im Rahmen der optischen Erkennung verwendet werden, sind die Iris- und Gesichtsscanner. Die *Iris-Scanner* tasten die Struktur der Augennetzhaut mit einem für das Auge ungefährlichem Laserstrahl ab und gleichen diese Daten mit einer zuvor gespeicherten Vorlage ab. Bei den *Gesichtsscannern* werden mit Hilfe von Kameras die persönlichen Gesichtsmerkmale einer Person erfasst und ebenfalls mit gespeicherten Daten verglichen [Helmus et al. 2009, S. 200 ff.].

3.3 Optical Character Recognition

Im Gegensatz zu den biometrischen Verfahren handelt es sich bei der *Optical Character Recognition*, kurz OCR, um eine Technologie zur automatischen Erfassung von Klarschriften mittels optischer Erfassungsgeräte [Schmidt 2006, S. 29]. Einzuordnen ist diese Technologie unter den schrift- und symbolbasierten Verfahren. Der Begriff Klarschrift verbindet eine Menge von Zeichen, die für den Menschen direkt lesbar und nicht in Form eines Codes verschlüsselt werden, sodass die Ziffern und Buchstaben als Klarschrift zu verstehen sind [ten Hompel et al. 2008, S. 17]. Diese Systeme verwenden entweder die Umrisse eines Objektes oder Markierungen, welche an den Objekten z. B. in Form von

Farbe, Reflexmarken, OCR-Schriften, grafischen Symbolen oder Strichcodes als Informationsspeicher angebracht sind. Für die Abtastung werden optoelektronische Lesegeräte wie Lesestifte, Laserscanner oder CCD-Kameras verwendet [Arnold 2009, S. 338]. Die dabei aufgenommenen Zeichen und Ziffern werden anschließend von einer Software interpretiert [Schmidt 2006, S. 29]. Um diese mit Maschinen lesen zu können, werden heute nicht mehr ausschließlich spezielle Schriften entwickelt, sondern versucht die Schriften einzuscannen und in digitale Buchstaben umzuwandeln. Inzwischen können OCR-Technologien die Merkmale von Standardschriften und Handschriften erkennen [Kern 2007, S. 18; Schmidt 2006, S. 29]. Die OCR-Technik wird neben Produktions-, Dienstleistungs- und Verwaltungsbereichen vorwiegend im Finanzbereich eingesetzt, wie z. B. bei der Scheckregistrierung oder bei der Auslesung von Überweisungsträgern. Ein anderes Beispiel ist die automatische Briefsortierung bei Postdienstleistern [Finkenzeller 2008, S. 3; Kern 2007, S. 18]. Ein Vorteil der OCR-Technologien ist, dass die Informationen sowohl durch den Menschen als auch von Maschinen gelesen werden können. So kann der Mensch die Maschine bei einem Systemausfall ersetzen [Helmus et al. 2009, S. 205]. Dahingegen liegt der Nachteil in dem hohen Preis für die Lesegeräte. Darüber hinaus besteht die Gefahr, dass durch eine Verschmutzung der zu lesenden Schrift die Daten nicht mehr mit dem Lesegerät ausgelesen werden können [Finkenzeller 2008, S. 3].

3.4 Barcode

Der *Barcode* oder Strichcode zählt ebenfalls zu den zeichencodebasierten Verfahren (siehe Abbildung 3-1). Die Auslesung der Daten erfolgt durch eine optische Laserabtastung. Hierbei werden die Laserstrahlen unterschiedlich an den schwarzen und weißen Lücken reflektiert und anschließend in ein binäres Signal umgewandelt [Götz 2010, S. 57; Kern 2007, S. 16]. Der wesentliche Grund für den Einsatz von Barcodes liegt darin, Objekte zu identifizieren und zu authentifizieren. Dafür wird auf dem Barcode eine Referenznummer hinterlegt, mit der systemseitige Nutzerdaten abgefragt werden können [Schmidt 2013, S. 13]. Hierbei können zum einen die häufig verwendeten Barcode-Etiketten an die zu identifizierenden Objekte angebracht werden, zum anderen ist es möglich, die Objekte direkt mit einem Code zu bedrucken [Götz 2010, S. 57].

Neben dem ursprünglich eingesetzten eindimensionalen (1D) Barcode werden vermehrt zwei- und dreidimensionale Codierung eingesetzt. Mit der zweidimensionalen (2D) Lesbarkeit ist es möglich, eine höhere Dichte an Daten zu speichern. Der dreidimensionale (3D) Code wird durch farbige Striche erweitert. Die vierdimensionalen (4D) Codes zeichnen sich durch eine Veränderung über die Zeit aus, für deren Nutzung ein Display erforderlich ist. Eine Übersicht der verschiedenen Barcode-Typen wird in Abbildung 3-2 gegeben [Helmus et al. 2009, S. 206].

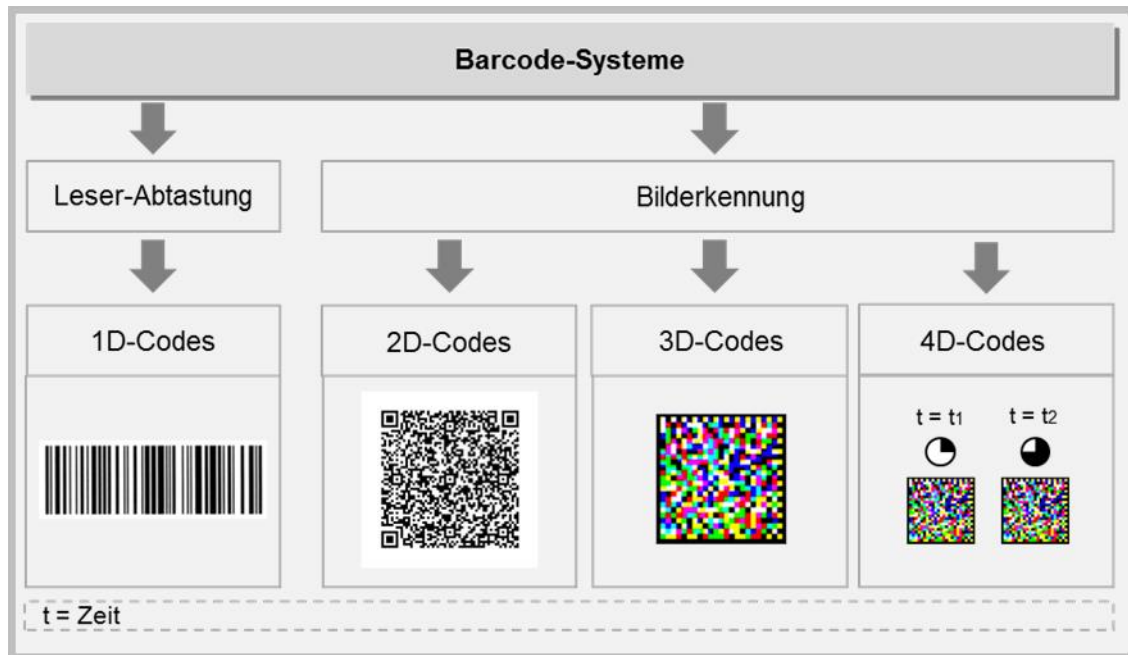


Abbildung 3-2: Übersicht der verschiedenen Barcode-Typen

[In Anlehnung an Helmus et al. 2009; S. 206]

Aufgrund der Vielzahl an verschiedenen Barcodes werden in den nachfolgenden Abschnitten die meist eingesetzten und bekanntesten Barcodes detaillierter beschrieben. Hierzu zählen vorwiegend die 1D- und 2D-Barcodes.

3.4.1 Eindimensionaler Barcode

Im allgemeinen Sprachgebrauch wird der Begriff des Barcodes oftmals als Synonym für den 1D-Barcode verwendet. Er besitzt einen standardisierten Aufbau, der trotz der verschiedenen Barcodes gemeinsame Elemente enthält. Im Wesentlichen besteht ein 1D-Barcode aus zwei *Ruhezonen*, dem *Start- und Stoppzeichen* sowie den dazwischen befindlichen *Daten- oder Nutzzeichen*. Weiterhin ist es möglich, dem Etikett eine Klarschriftzeile hinzuzufügen, damit die Informationen für den Menschen sichtbar werden (siehe Abbildung 3-3) [Arnold, Furmans 2009, S. 339].

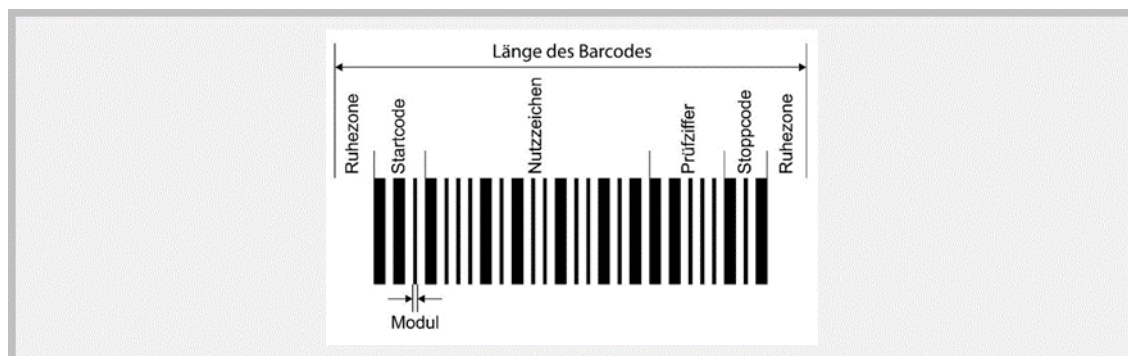


Abbildung 3-3: Typischer Aufbau eines eindimensionalen Barcodes

[In Anlehnung an ten Hompel et al. 2008, S. 23]

Die beiden *Ruhezonen* an den jeweiligen Barcodeenden sorgen für das fehlerfreie Erkennen eines Barcodes. Ohne diese Elemente könnte bei einer Lesung mit dem Barcodelesegerät durch die Flächen und Zeichen die den Barcode umgeben, eine Fehlinterpretation der Daten auftreten. Weiterhin bestehen das *Start- und Stoppsymbol* in der Regel aus einer unterschiedlichen Anzahl an Barcodezeichen. Weisen diese dennoch die gleiche Zeichenanzahl auf, ist eine unterschiedliche Symmetrie der Zeichen zu erkennen. Dies birgt den Vorteil, dass das Lesegerät beim Erfassungsvorgang die Lage des Barcodes identifiziert und diesen bei Bedarf um 180 Grad drehen kann. Ferner existieren Ausnahmen wie bei der European Article Number (EAN) 13, deren Start- und Stoppsymbol identisch und symmetrisch sind. Hier wird die Drehlage mit Hilfe der nachfolgenden Zeichen ermittelt. Als *Modulbreite* werden die schmalsten Balken des Barcodes bezeichnet, die in der Praxis zwischen 0,25 und 0,6 Millimeter umfassen. Dementsprechend werden die Balken, die diese Breite besitzen, als Modul bezeichnet. Den letzten Baustein bildet die *Prüfziffer*, die aus verschiedenen Zeichen besteht und die von Barcode zu Barcode nach unterschiedlichen Regeln berechnet wird [ten Hompel et. al 2008, S. 22 f.]. Ungeachtet des übereinstimmenden physikalischen Aufbaus der Barcodes existieren dennoch codespezifische Unterschiede, die sich hinsichtlich des Zeichenvorrats, der Länge, der Robustheit und des Einsatzgebiets ergeben. Zu den bekanntesten Barcodes gehört der EAN-Code, der für die Identifikation von Waren im Handel bzw. der Lebensmittelindustrie eingesetzt wird. Bei diesem numerischen Code, der aus einer acht bis 13-stelligen Nummer besteht und mit den Ziffern von Null bis Neun abgebildet wird, werden unterschiedliche Symbologien wie EAN 8, EAN 13 und EAN 128 verwendet [Finkenzeller 2008, S. 2; Arnold et al. 2008, S. 818; Strassner 2006, S. 56 f.]. Exemplarisch kann hier der EAN 13 genannt werden, der sich aus 13 Zeichen zusammensetzt, die aus dem Länderkennzeichen, der bundeseinheitlichen Betriebsnummer, der Artikelnummer des Herstellers sowie einer Prüfziffer bestehen [Finkenzeller 2008, S. 3]. Eine Übersicht der verschiedenen 1D-Barcodes ist in Anhang A-5 aufgeführt.

3.4.2 Zweidimensionaler Barcode

Der *zweidimensionale Barcode* umfasst alle Codeformen, deren Daten durch mehr als eine Abtastlinie zu ermitteln sind [Arnold et al. 2008, S. 819]. Das wesentliche Charakteristikum besteht in der zweiten Dimension für den Informationstransfer, wodurch eine höhere Datendichte erreicht werden kann [ten Hompel et al. 2008, S. 75]. Bei den 2D-Codes kann grundlegend zwischen Stapelcodes und Matrixcodes unterschieden werden. Eine visuelle Darstellung der nachfolgend beschriebenen 2D-Codes ist in Anhang A-5 aufgeführt.

Formal handelt es sich bei den *Stapelcodes* um herkömmliche Barcodes, die übereinandergesetzt werden, falls die Codelänge eines einzeiligen Barcodes zu groß wird. Dies führt dazu, dass vergleichsweise platzsparend eine sehr hohe Datendichte erreicht werden

kann [Schmidt 2006, S. 30; Arnold et al. 2008, S. 819]. Zu den bekanntesten Stapelcodes gehört der *Portable Data File (PDF) 417*. Ein derartiger Code wird vor allem in der Logistik als dezentraler und mobiler Datenspeicher verwendet. Der Vorteil des PDF 417 besteht in der Prüf- und Fehlerkorrektur nach Reed Solomon. Dadurch können Verschmutzungen oder Beschädigungen des Codes bis zu einem gewissen Punkt ausgeglichen werden [Arnold et al. 2008, S. 819].

Im Gegensatz zu dem Stapelcode sind *Matrixcodes* optische Codierungen, bei denen die Informationen durch eine regelmäßige, zweidimensionale Matrix von gesetzten und nicht gesetzten Zellen codiert werden [Arnold et al. 2008, S. 820]. Darüber hinaus erreicht der Matrixcode eine weitaus höhere Datendichte. Dies gelingt dadurch, dass bei der äußeren Form ein Quadrat als Hauptbestandteil und nicht ein vertikaler Balken verwendet wird [Schmidt 2006, S. 30]. Ein Vorteil dieses Codes zeigt sich in der Verwendung von kamerabasierten Lesegeräten, bei denen die Daten kippwinkelunabhängig lesbar sind. Für die Erstellung dieser Codeformen können unterschiedliche Drucktechniken genutzt werden. Eine gängige Methode ist das Direktmarkierungsverfahren (DPM = Direct Part Marking), wozu beispielsweise die Lasergravur, der Tintenstahldruck oder die Prägetechniken in Form des Nadeldrucks zählen. Ein oft verwendeter Matrixcode ist der *Data Matrix Code*, der z. B. für die Produktmarkierung bei Kleinteilen eingesetzt wird [Arnold et al. 2008, S. 820 f.]. Seine Form ist an keine quadratische Darstellungsweise gebunden, da die beiden horizontalen und vertikalen Linien die Größe eines Elements beschreiben, sodass der Code wieder lesbar wird. Als Suchelement für das Lesegerät dient der von links oben nach rechts unten ununterbrochene Rahmen, der den Data Matrix Code bis zur Hälfte umschließt. Die andere Hälfte wird von einem wechselseitigen schwarz-weißen Muster umgeben, wodurch die Codegröße schnell abgezählt werden kann. Ein vergleichbarer Matrixcode ist der *Quick Response- (QR) Code*, der aus einer quadratischen Matrix besteht. Hier stellen vor allem die in den drei der vier Ecken verteilten und ineinander geschachtelten Quadrate ein besonderes Erkennungsmerkmal dar, welche als Suchelemente für das Lesegerät dienen. Wie der Data Matrixcode besitzt diese Codeform ebenfalls eine Fehlerkorrektur, welche eine zerstörte Datenfläche rekonstruieren kann [ten Hompel et al. 2008, S. 82 ff.].

3.4.3 Barcode Lesegeräte

In den vorangegangenen Ausführungen wird häufig der Begriff des *Lesegeräts* im Zusammenhang mit der optischen Erfassung von Barcodedaten erwähnt. Entsprechend der verschiedenen Barcodetypen existiert ein großes Angebot an Lesegeräten, welche die Barcodes mit einem Laserstrahl abtasten oder deren Bild mit einer Kamera erfassen können [Kern 2007, S. 17]. Unabhängig von der Betrachtung dieser beiden Funktionsprinzipien können die verschiedenen Lesegeräte hinsichtlich ihrer jeweiligen Einsatzfelder abgegrenzt werden.

Die *stationären Lesegeräte* werden an festgelegten ID-Punkten im Materialfluss angebracht und erfassen das durch eine Fördertechnik vorbeigeführte Objekt mit Hilfe einer Lichtschranke automatisch. Hier kann der Anwender je nach verwendetem Barcode zwischen Laserscannern, Charge-Coupled-Device- (CCD) Zeilenkameras, Abstandslesern und Matrixkameras mit Bildverarbeitungssystem wählen [Arnold, Furmans 2009, S. 345].

Bei den *manuell bedienbaren Lesegeräten* handelt es sich um halbautomatische Lesegeräte, die vorwiegend dann eingesetzt werden, wenn der Lesevorgang im Materialfluss nicht zu automatisieren ist [Arnold et al. 2008, S. 822 f.]. Derartige Lesegeräte ersetzen im industriellen Bereich häufig die Tastatureingabe. Dadurch können die erfassten Daten direkt über eine serielle Schnittstelle an einen PC übertragen werden. Aufgrund dessen können alle Computer bzw. Terminals zu preiswerten Barcode-Lesestationen umgerüstet werden [Arnold, Furmans 2009, S. 345]. Hier kann die Datenübertragung einerseits über mobile Lesegeräte mit Datenfunk (z. B. WLAN) erfolgen. Ebenso setzen Unternehmen offline arbeitende Datenerfassungsgeräte ein, welche die gespeicherten Daten von Zeit zu Zeit im Batch-Betrieb an einen Rechner übertragen.

Die *mobilen Lesegeräte* zeichnen sich durch eine zusätzlich in das Lesegerät integrierte Kleintastatur mit Display aus, womit weitere Daten erfasst und eingegeben werden können. Diese Geräte werden in der Regel durch einen Akku betrieben und besitzen ein eigenes Programm. Die Datenaktualität wird mit einer Funkverbindung über WLAN gewährleistet. Beispiele für mobile Lesegeräte von 1D-Barcodes sind Lesepistolen oder Touchreader, mit denen eine Lesung zwischen 0,02 und 2 Metern möglich ist. Des Weiteren werden zur Erfassung von Matrixcodes Module mit CCD-Bildsensoren eingesetzt [Arnold et al. 2008, S. 822 f.].

3.5 Karten

Eine weitere Unterkategorie der AutoID-Technologien bilden die Kartensysteme, welche zu den elektronischen Verfahren gezählt werden. Diese beinhalten sowohl die magnetstreifen- als auch die chipbasierte Kartentechnologie.

3.5.1 Magnetkarten

Bei *Magnetkarten* handelt es sich um Karten, die mit Magnetstreifen versehen sind, und beispielsweise in Form von Kredit- oder Scheckkarten eingesetzt werden. Dieser Magnetstreifen ist in drei Spuren unterteilt und kann mit den ersten beiden den Lesevorgang durchführen. Mit der dritten Spur werden Daten auf die Karte geschrieben oder von ihr gelesen [Helmus et al. 2009, S. 210]. Damit dieser Vorgang durchgeführt werden kann, muss die Karte mit einem Kontakt an einem Lesegerät vorbeigezogen werden. Magnetkarten zeichnen sich dadurch aus, dass die Daten sehr einfach überschrieben werden

können. Aufgrund ihrer weiten Verbreitung sind sie zudem sehr preisgünstig zu beschaffen. Allerdings können Magnetkarten vergleichsweise einfach kopiert werden und weisen daher Sicherheitsmängel auf. Weiterhin besteht die Gefahr der Entmagnetisierung, wodurch die Daten auf der Karte unbrauchbar werden können [Kern 2007, S. 19].

3.5.2 Chipkarten

Die *Chipkarte* hingegen ist ein elektronischer Datenspeicher, der für eine einfachere Handhabung in Plastikkarten (z. B. Kreditkarten) eingebaut wird. Die Datenübertragung wird auf einer seriellen Schnittstelle, zwischen einem Lesegerät und der Chipkarte, abgewickelt. Dazu wird die Karte in das Lesegerät geschoben, dessen Kontaktfeder eine galvanische Verbindung zu den Kontakten des Chips herstellen [Finkenzeller 2008, S. 4 f.]. Ein wesentlicher Vorteil der Chipkarte gegenüber den anderen AutoID-Technologien liegt in dem Schutz der gespeicherten Daten. Durch die Verwendung eines Passworts bzw. einer PIN werden die Karten vor einem unbefugten Zugriff oder einer Manipulation gesichert. Als Nachteil ist die begrenzte Lebensdauer der Chips zu nennen, deren Kontakte durch eine häufige Verwendung anfällig für Abnutzungen, Korrosionen und Verschmutzungen sind [Kern 2007, S. 28 f.; Finkenzeller 2008, S. 4 f.; Helmus et al. 2009, S. 211]. Bei den Chipkarten kann eine grundsätzliche Differenzierung in Speicher- und Prozessor-Chipkarten vorgenommen werden.

Die *Speicher-Chipkarte* besitzt lediglich einen Speicher, der ausgelesen und beschrieben werden kann. Die Funktion der Speicher-Chipkarte ist auf eine bestimmte Anwendung begrenzt, womit die Flexibilität der Anwendung eingeschränkt wird. Aufgrund ihrer geringen Beschaffungskosten wird sie vor allem bei preisintensiven Massenanwendungen eingesetzt. Beispiele hierfür sind Krankenkassen- oder Telefonkarten.

Die *Mikroprozessor-Chipkarten* oder SmartCards sind zusätzlich zu dem Speicher mit einem Mikroprozessor ausgestattet. Damit verfügt diese Form der Chipkarte über eine Rechnerstruktur, die einen Arbeitsspeicher, ein Betriebssystem und ein Rechenwerk enthält. Verwendet werden die Mikroprozessor-Chipkarten hauptsächlich bei sicherheits-sensitiven Anwendungen, wie beispielsweise in EC-Karten oder bei Handys als geschützter Datenspeicher in Form von SIM-Karten. Zudem bieten sie die Möglichkeit, über Programmierungen eine schnelle Anpassung an neue Applikationen vorzunehmen [Finkenzeller 2008, S. 5-6; Helmus et al. 2009, S. 211].

3.6 RFID

Ebenfalls zu den elektronischen Verfahren zählt RFID, welches eine Technologie bezeichnet, die mehrere Objekte kontaktlos und zeitgleich über eine bestimmte Distanz erfassen kann [Kortmann 2006, S. 15]. Die Daten werden hierbei ohne Sichtverbindung auf einem elektronischen Datenträger (Transponder) gespeichert. Im Gegensatz zu den

Chipkarten ist für die Energieversorgung und den Datenaustausch zwischen dem Transponder und dem Lesegerät keine galvanische Verbindung notwendig. Vielmehr werden für die kontaktlose Identifikation magnetische bzw. elektromagnetische Radiowellen verwendet [Finkenzeller 2008, S. 6 ff.]. Im Folgenden werden neben den wichtigsten Komponenten der RFID-Technologie (siehe Abschnitt 3.6.1) auch deren Unterscheidungsmerkmale aufgezeigt. Dazu zählen die Übertragungsfrequenzen, die Energieversorgung sowie die Speicherkapazität (siehe Abschnitt 3.6.2). Darauf aufbauend erfolgt die Beschreibung der Energie- und Datenübertragung (siehe Abschnitt 3.6.3). Abschließend werden in Abschnitt 3.6.4 die wesentlichen Einflussfaktoren auf die RFID-Technologie betrachtet.

3.6.1 Komponenten eines RFID-Systems

Ein RFID-System besteht grundsätzlich aus vier Komponenten: Den Transpondern, den Antennen, den Lesegeräten und den Informationssystemen (IT-Systeme), welche in Hard- und Softwarekomponenten unterteilt werden [Tamm, Tribowski 2010, S. 13]. Die einzelnen Komponenten werden je nach Anwendungsfall an dem ID-Punkt installiert. Dieser stellt den Ort dar, an dem ein Kennzeichnungsobjekt identifiziert wird [Günthner et al. 2011a, S.33]. Folglich wird am ID-Punkt der an dem zu identifizierenden Objekt angebrachte Transponder durch eine an das Lesegerät angeschlossene Antenne ausgelesen (Hardwarekomponenten). Anschließend werden die erfassten Leseergebnisse über eine Middleware weiterverarbeitet und an die Unternehmensanwendung übertragen (Softwarekomponenten) [Schmidt 2013, S. 20]. Im Folgenden werden die in Abbildung 3-4 dargestellten Komponenten detailliert beschrieben.

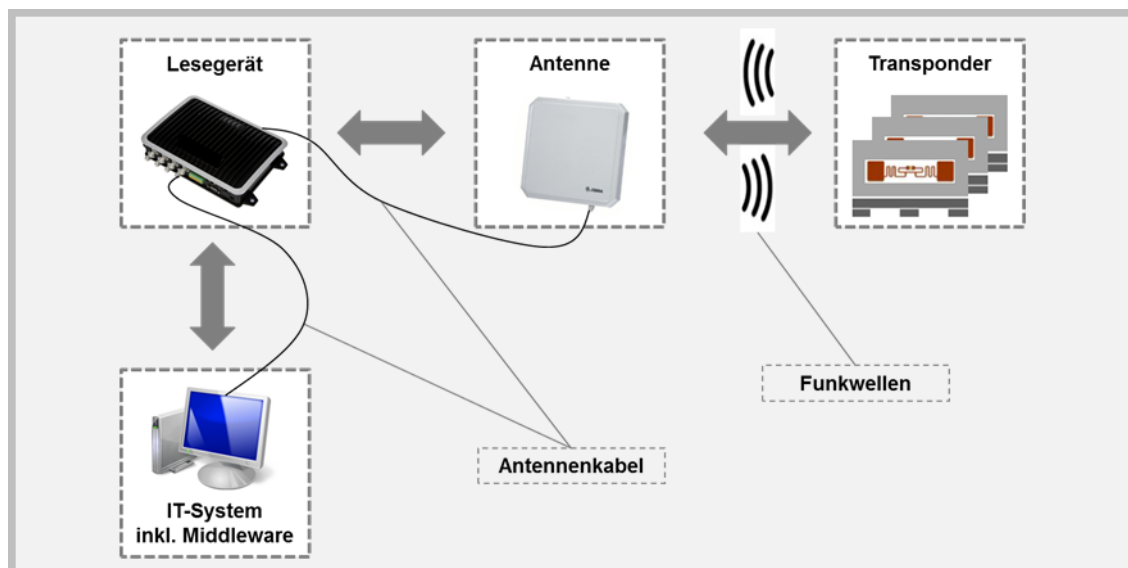


Abbildung 3-4: Hauptkomponenten der RFID-Technologie
[In Anlehnung an Helmus et al. 2009, S. 224]

Transponder

Der *RFID-Transponder* stellt den Datenträger eines RFID-Systems dar, der im Allgemeinen aus einem Koppellement, einem elektronischen Mikrochip und einem Träger oder Gehäuse besteht [Finkenzeller 2008, S. 8]. Das Koppellement ist in den meisten Fällen eine Spule, die als Antenne fungiert. Auf dem Mikrochip werden eine ID-Nummer sowie die Daten des mit dem Transponder verbundenen Objekts gespeichert. Die Transponder sind mittlerweile in den unterschiedlichsten Bauformen und Größen vorhanden (siehe Anhang A-6). Diese sind von der verwendeten Technologie und von dem jeweiligen Anwendungsgebiet abhängig [Schmidt 2006, S. 33]. Weitere wesentliche Unterscheidungsmerkmale sind, die Speicherkapazität, die Übertragungsfrequenz und die Energieversorgung des Transponders. Die einzelnen Unterscheidungsmerkmale werden in Abschnitt 3.6.2 näher erläutert.

Antenne

Die *RFID-Antenne* hat die Aufgabe, die Sendeleistung des Lesegeräts sowie das Signal des Transponders in geeigneter Form aufzunehmen und die Daten des Transponders anschließend an das Lesegerät weiterzuleiten. Hierfür werden in einigen Fällen zwei unterschiedliche Antennen benötigt, eine für das Senden und eine weitere zum Empfangen der Daten. Grundsätzlich ist jedoch eine Antenne ausreichend, um beide Aufgaben zu erfüllen. Weiterhin sind die bestehenden Ausführungen und Formen der Antennen in einer großen Bandbreite vorhanden. Bei der Auswahl der Antenne sind einige Faktoren zu berücksichtigen. Dazu zählen der Anwendungsfall (z. B. Reichweiten, Pulkfähigkeit, etc.), der Schutz vor Einflüssen (z. B. Widerstandsfähigkeit gegen Schmutz, Wasser, Temperaturen, etc.), die verwendeten Datenträger und deren Speicherkapazität sowie die verwendete Frequenz [Bartneck et al. 2008, S. 30 f.].

Lesegerät

Für das *RFID-Lesegerät* existieren mehrere Begriffe, die synonym verwendet werden: Schreib-/Lesegerät, Leser, Reader oder Interrogator. Die Begriffe Lesegerät oder Reader sollten nicht zu wörtlich genommen werden, da die Geräte ebenfalls in der Lage sind die Transponder zu beschreiben [Bartneck et al. 2008, S. 27]. Das Lesegerät ist wie bereits erwähnt mit einer oder mehreren Antennen über ein Koaxialkabel verbunden, die über Radiowellen eine Verbindung mit den in Erfassungsreichweite befindlichen Transpondern herstellen [Schmidt 2006, S. 33; Bartneck et al. 2008, S. 31]. Neben der Aktivierung des Transponders ist es die wesentliche Aufgabe des Lesegerätes, die Kommunikation zwischen dem Transponder und einem IT-System herzustellen. Hierfür ist das Lesegerät über eine serielle Schnittstelle oder eine Netzwerkanbindung mit dem IT-System verbunden [Finkenzeller 2008, S. 361]. Die Erfassungsreichweite eines Lesegeräts ist von verschiedenen Faktoren, wie z. B. den Umgebungseinflüssen (Metall, Wasser, etc.) oder der Art des Transponders abhängig [Strassner 2006, S. 57 f.]. Darüber hinaus können die Lesegeräte hinsichtlich der Größe und Bauform der Antennen in mobile und stationäre

Lesegeräte unterschieden werden. Die *mobilen Lesegeräte*, wie beispielweise Handlesegeräte, zeichnen sich dadurch aus, dass die Antenne zusammen mit dem Lesegerät in einem Gehäuse verbaut wird [Tramm, Tribowski 2010, S. 17 f.]. Im Gegensatz zu den stationären Lesegeräten sind diese wesentlich kleiner und leichter, wodurch die Bedienung beim Auslesen handlicher ist. Allerdings verfügen sie aufgrund der kleineren Antennen über eine geringere Erfassungsreichweite [Seifert, Decker 2005, S. 26 f.]. Die *stationären Lesegeräte* sind an einen festen Ort gebunden, wobei die Antenne räumlich getrennt von diesen installiert werden kann. Bei dem System ist es möglich, mehrere Antennen an ein Lesegerät anzuschließen, wodurch die Lesereichweite erhöht werden kann [Tramm, Tribowski 2010, S. 17 f.]. Die beiden hier beschriebenen Lesegeräte werden im Wesentlichen anhand der Lesedistanz, der Erkennungssicherheit, der Anzahl der Transponder im Lesebereich sowie der Abdeckung verschiedener Orientierungen der Transponder ausgewählt [Kern 2007, S. 82].

RFID-Middleware

Durch die Verwendung einer hohen Transponderanzahl kann eine große Datenmenge anfallen, die es zielgerecht zu verarbeiten gilt. Daher wird die *RFID-Middleware* als Verbindungssoftware zwischen dem Lesegerät und der Unternehmensanwendung eingesetzt und soll diese voneinander entkoppeln [Kortmann 2006, S. 25]. Der Einsatz der Middleware ist erforderlich, falls

- mehrere Lesegeräte angesteuert werden müssen,
- eine hohe Datenmenge anfällt,
- die Daten einer Plausibilitätsprüfung zu unterziehen sind und
- Daten für den Austausch mit dem Datenbanksystem aufbereitet werden müssen.

Die Middleware wird vorrangig bei komplexen Systemen eingesetzt, wie es z. B. in der Logistik von Warenhäusern und Lieferketten der Fall ist [Kern 2007, S. 183-184]. Ein Vorteil dieser Software ist, dass nicht benötigte oder fehlerhafte Informationen, wie beispielsweise doppelt erfasste Transponder, gefiltert und dadurch nicht an die Unternehmensanwendung weitergeleitet werden [Helmus et al. 2009, S. 292 ff.].

IT-Systeme

Die Unternehmensanwendungen in Form von *IT-Systemen*, die ihre Daten über die Middleware erhalten, sind z. B. Enterprise Resource Planning- (ERP) oder Lagerverwaltungssysteme (LVS). Ein *ERP-System* ist eine komplexe Anwendung, die zur Steuerung von Unternehmensprozessen eingesetzt wird und bei der Planung aller betrieblichen Ressourcen unterstützt. Hierbei handelt es sich um eine betriebswirtschaftliche Standardsoftware, welche die typischen Funktionsbereiche Finanz- und Rechnungswesen, Kostenrechnung, Vertrieb, Beschaffung, Logistik, Produktion sowie Personalwirtschaft beinhaltet. Die Logistikfunktionen bei ERP-Systemen umfassen z. B. die Bestandsführung, die Materialbedarfsrechnung, die Lagerverwaltung oder die Kommissionierung [Heiserich et al. 2011, S. 369]. Ein *LVS*, verwaltet die operativen

Lagerprozesse. Zudem ist es in der Lage, den gesamten innerbetrieblichen Materialfluss abzubilden und ist daher an die standortbezogenen Aufgaben der Intralogistik angepasst. Neben der reinen Lagerplatzverwaltung kann das LVS die Funktionen zur Kommissionierung, zur Versandabwicklung, für die internen Transporte, das Verpacken, den Wareneingang und -ausgang sowie das Palettieren übernehmen. Über Schnittstellen ist es möglich, mit anderen Systemen, wie einem technischen Steuerungssystem, zu kommunizieren, die z. B. für die Steuerung von Hochregallagern (HRL) oder RFID-Technologie eingesetzt werden können [Heiserich et al. 2011, S. 375].

Die RFID-Technologie ist allerdings nicht nur mit den dargelegten Komponenten beschreibbar, sondern insbesondere anhand der RFID-Transponder zu unterscheiden.

3.6.2 Unterscheidungsmerkmale der RFID-Technologie

Die Leistungsfähigkeit der RFID-Technologie kann wie in Abschnitt 3.6.1 bereits erwähnt, hinsichtlich der Merkmale Frequenz, Energieversorgung, Form der Datenspeicherung und Speicherfähigkeit unterschieden werden. Diese Unterscheidungsmerkmale sind in Abbildung 3-5 aufgeführt und werden im Folgenden beschrieben.

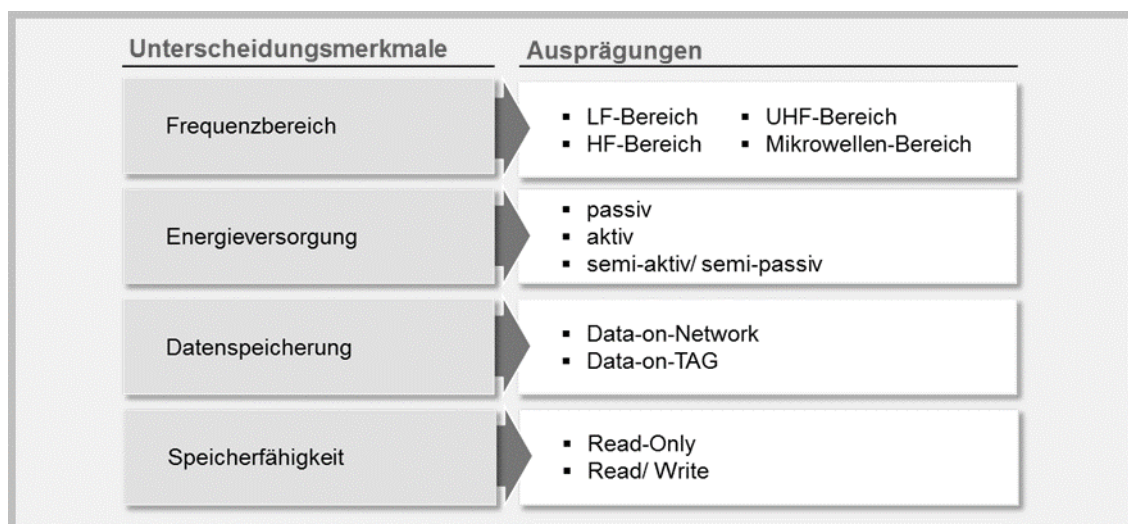


Abbildung 3-5: Unterscheidungsmerkmale der RFID-Technologie
[Eigene Darstellung]

Frequenzbereiche

Der Niederfrequenzbereich, auch als der *Low Frequency* (LF) bezeichnet, hat eine Übertragungsstärke zwischen 125 kHz und 135 kHz. Aufgrund dieser geringen Frequenz sind RFID-Systeme im LF-Bereich unempfindlicher gegenüber metallischen Umgebungseinflüssen und Wasser [Tamm, Tribowski 2010, S. 18]. Darüber hinaus zeichnen sie sich durch eine gute Temperaturverträglichkeit von mehr als 150 Grad aus. Aufgrund der geringen wirtschaftlichen Aufwendungen für den Erwerb und die Nutzung, eignen sie sich beispielweise zur Tieridentifikation [Arnold et al. 2008, S. 826 f.].

Ein weiterer Frequenzbereich existiert mit der *High Frequency* (HF). Dieser wird in vier Hochfrequenzbereiche eingeteilt, die zwischen 6,78 MHz und 40,68 MHz liegen, wobei die Trägerfrequenz 13,56 MHz beträgt. Die HF-Technologien werden häufig bei Zutrittskontrollen, zur Zeiterfassung oder als Diebstahlschutz eingesetzt, wie es in Bibliotheken der Fall ist. Im logistischen Bereich dienen sie der Behälteridentifikation und unterstützen die Pulkerfassung [Tamm, Tribowski 2010, S. 19; Arnold et al. 2008, S. 826 f.].

Die *Ultra High Frequency-Technologie* (UHF) bewegt sich in einem Frequenzbereich zwischen 868 MHz und 960 MHz und wird länderspezifisch getrennt. Während in Europa die verwendeten Frequenzen von 868 MHz bis 870 MHz reichen, werden in den USA 915 MHz verwendet. Aufgrund ihrer Reichweite von ca. fünf Metern liegt ihr Einsatzgebiet vorwiegend in den Bereichen der Logistik, wie z. B. in der Lagerwirtschaft, bei der Warenverfolgung oder in der Distribution [Tamm, Tribowski 2010, S. 19].

Die Frequenzen im 2,45-GHz-Bereich werden als *Mikrowelle* bezeichnet. Transponder, die den Mikrowellenbereich für die Übertragung nutzen, können Reichweiten von mehreren hundert Metern bis über einen Kilometer erreichen. Anwendung findet die Mikrowellentechnologie beispielsweise bei der Containerverfolgung in Hafenanlagen oder bei der Mauterfassung. Die Datenübertragung wird vor allem bei Verwendung von metallischen Gegenständen erschwert. Die verstärkenden oder abschwächenden Effekte hängen von dem Montageabstand des Transponders zum Metall ab [ten Hompel et al. 2008, S. 114].

Die Auswahl der geeigneten Frequenz ist je nach Anwendungsfall zu treffen.

Arten der Energieversorgung

Für den Betrieb eines Transponders kann z. B. neben einer externen Energieversorgung eine in den Transponder eingebaute Batterie verwendet werden. Dementsprechend können die Transponder je nach Ausführung in passive, aktive und semi-aktive/-passive Transpondern unterschieden werden [Finkenzeller 2008, S. 23 ff.].

Die *passiven Transponder* sind dadurch gekennzeichnet, dass sie keine eigene Energieversorgung besitzen. Die werden z. B. durch ein elektromagnetisches Feld mit Energie versorgt, welches von einem Lesegerät erzeugt wird. Befindet sich also ein passiver Transponder in der Reichweite eines Lesegeräts, wird dieser aktiviert. Außerhalb dieses Bereichs wird dieser wieder inaktiv und kann kein Signal senden [Franke, Dangelmaier 2006, S.20 ff.; Kortmann 2006, S. 22 f.]. Da die passiven Transponder keine Batterie benötigen, können sie in einer deutlich kleineren Bauform hergestellt werden. Des Weiteren sind sie im Vergleich zu den anderen Transpondertypen günstiger und besitzen eine längere Lebensdauer [Seifert, Decker 2005, S. 27]. Jedoch wirkt sich diese Form der Energieversorgung nachteilig auf die Speicherkapazität und Übertragungreichweite aus. Hier können nur geringe Speicherkapazitäten und kurze Übertragungreichweiten erzielt

werden [Weigert 2006, S. 25 ff.]. Die passiven Transponder bieten sehr viele verschiedene Anwendungsmöglichkeiten, wie z. B. bei Poolsystemen für Paletten (dauerhafte Anwendung) oder bei der Einzelteilverfolgung zwischen zwei Unternehmensbereichen (Einweg-Anwendung) [Schenk 2015, S. 253].

Demgegenüber stehen die *aktiven Transponder* mit Batterie, auch Stützbatterie genannt, die den Transponderchip mit Energie versorgt. Das bedeutet, dass die Energieversorgung unabhängig von dem Lesegerät erfolgt [Finkenzeller 2008, S: 23 f.]. Gelangt der aktive Transponder in das Sendefeld des Lesegeräts, erhält dieser ein bestimmtes Funksignal das ihn aktiviert. Außerhalb dieses Bereichs begibt sich der Transponder in den Energiesparmodus (Stand-by-Modus). Während der Kommunikation zwischen dem Transponder und dem Lesegerät wird die Batterie aufgeladen und versorgt den Transponder mit der notwendigen Energie [Franke, Dangelmaier 2006, S. 26 f.]. Bedingt durch die eigene Stromversorgung können diese Transponder eine wesentlich höhere Reichweite erzielen und auch bei schwächeren Signalen des Lesegerätes Daten übertragen. Zudem besitzen sie aufgrund ihrer Energiequelle eine größere Speicherkapazität als passive Transponder [Weigert 2006, S. 25 f.; Finkenzeller 2008, S. 24]. Im Gegensatz zu den passiven Transpondern haben die aktiven Transpondern wegen ihrer Batterie größere Bauform. Ein weiterer negativer Effekt ist die eingeschränkte Lebensdauer der Batterie, die die Verwendungsdauer des Transponders begrenzt. Das bedeutet, je häufiger der Transponder Daten sendet, desto kürzer ist die Lebensdauer der Batterie [Franke, Dangelmaier 2006, S. 26 f.]. Aus ihrem höheren Funktionsumfang und der größeren Bauart resultieren zudem höhere Kosten [Heiserich et al. 2011, S. 348]. Daher werden die aktiven Transponder oftmals für die Identifizierung von großen Objekten, z. B. bei Containern oder Mehrwegbehältern, eingesetzt. Aktive Transponder sind zwar aufwändiger konstruiert und somit teurer als passive. Trotzdem werden sie u. a. aufgrund ihrer geringen Störanfälligkeit in verschiedenen Bereichen eingesetzt. Vorwiegend in solchen, in denen es sich nicht um Massenwaren handelt und in denen die Preisfrage nicht die entscheidende Rolle spielt. Wichtiger ist hierbei der konkrete Nutzen in der Lieferkette. Hierzu zählen die Identifizierung von Fahrzeugen, Kennzeichnung von Mehrwegbehältern oder Bauteilen in der Industrie [Weigert 2006, S. 25 f.].

Des Weiteren existiert eine hybride Bauart von Transpondern, die als *semi-aktive* bzw. *semi-passive Transponder* bezeichnet werden. Diese besitzen ebenfalls eine Batterie, die hier aber lediglich den Datenspeicher mit Strom versorgt. Die notwendige Energie für das Senden und Empfangen der Daten wird wie bei passiven Transpondern durch das elektromagnetische Energiefeld des Lesegerätes erzeugt [ten Hompel et al. 2008, S. 105 f.]. Dies hat den Vorteil, dass das Funkwellenfeld ausschließlich die Datenübertragung und nicht zusätzlich die Stromversorgung übernehmen muss. Daraus resultiert im Vergleich zu passiven Transpondern eine höhere Reichweite, die bis zu 100 Meter betragen kann

[Helmus et al. 2009, S. 261 f.]. Außerdem besitzt dieser Transpondertyp eine nutzungsunabhängige Lebensdauer, die in Abhängigkeit von der Batterie mehr als zehn Jahre betragen kann [Seifert, Decker 2005, S. 26 f.].

Arten der Datenspeicherung

Die RFID-Systeme lassen sich weiterhin danach unterscheiden wie und wo die Informationen der erfassten Objekte gespeichert werden. Je nachdem welche Anwendung oder welches Einsatzgebiet für das RFID-System vorgesehen ist, werden die Daten entweder auf dem Transponder gespeichert oder in einer Datenbank hinterlegt [Weigert 2006, S. 27 f.].

Die zentrale Datenverwaltung in einer Datenbank wird als *Data-on-Network* bezeichnet. Hierbei wird eine eindeutige ID-Nummer auf dem Transponder gespeichert, die ein unverwechselbares Identifikationsmerkmal darstellt. Das bedeutet, dass die objektbezogenen Daten auf einem Zentralrechner in einer unternehmensinternen Datenbank gesammelt werden. Mit Hilfe der ID-Nummer, beispielsweise dem elektronischen Produktcode (EPC), können die zugehörigen Daten über ein lokales oder globales Netzwerk abgerufen werden [Tamm, Tribowski 2010, S. 19 ff.]. Dieses Konzept ermöglicht einen schnellen Datenaustausch, da lediglich die ID-Nummer zu lesen ist. Demgegenüber steht das Problem der Datenerhaltung der dynamischen Daten. Hierbei ist sicherzustellen, dass die aktuellen Zustandsdaten (z. B. der Status eines Auftrags) nach einem Systemausfall verfügbar sind [Günthner, ten Hompel 2010, S. 116 ff.].

Der entgegengesetzte Fall beschreibt mit *Data-on-Tag* die dezentrale Datenverwaltung. In diesem Kontext werden zusätzlich zu der ID-Nummer alle objektbezogenen Daten auf dem Transponder hinterlegt, welche für eine Systemsteuerung notwendig sind [Tamm, Tribowski 2010, S. 19 ff.]. Damit sind die Informationen des erfassten Objekts direkt verfügbar und müssen keiner Datenbank entnommen werden. Das bedeutet, dass das RFID-System unabhängig von einem zentralen Rechner agieren kann. Bei einer derartigen Datenverwaltung müssen die Informationen nicht nur gelesen, sondern ebenfalls ihr Status aktualisiert werden. Diese Möglichkeit besteht ausschließlich bei wiederbeschreibbaren Transpondern [Weigert 2006, S. 27 ff.]. Zudem sind die Daten des Transponders weiterhin verwendbar, selbst wenn das Erfassungsobjekt das aktuelle System verlässt. Ein Nachteil, der sich dabei ergibt, ist der höhere Aufwand bei den Lese- und Schreibvorgängen bei der Erfassung des Objekts [Günthner, ten Hompel 2010, S. 116-118].

Speicherfähigkeit

In Bezug auf die *Speicherfähigkeit* werden die Transponder in Read-Only- und Read-/Write-Transponder aufgeteilt. Die *Read-Only-Transponder* erlauben ausschließlich einen Lesezugriff auf den Transponder. Hierbei werden die Daten der max. 128 Bit großen Identifikations- oder Seriennummer bei der Herstellung des Transponders einmalig auf

dem Transponder gespeichert und sind nicht mehr veränderbar. Im Vergleich dazu können die wiederbeschreibbaren *Read-/Write-Transponder* erneut mit Daten beschrieben werden. Ihre Speicherkapazität reicht von 1 Byte bis hin zu 64 Kilobyte (KByte) [Heise-rich et al. 2011, S. 349].

Die vorangegangenen Ausführungen verdeutlichen die verschiedenen Unterscheidungsmerkmale der RFID-Technologie. Hierbei zeigen insbesondere die verschiedenen Transpondertypen, dass Unterschiede bei der Energie- und Datenübertragung zwischen dem Transponder und dem Lesegerät vorliegen. Dafür sind unterschiedliche Funktionsweisen verantwortlich die im Folgenden beschrieben werden (siehe Abschnitt 3.6.3).

3.6.3 Funktionsweise der Energie- und Datenübertragung

In diesem Abschnitt sollen die unterschiedlichen Funktionsweisen bei der Energie- und Datenübertragung zwischen Lesegerät und Transponder beschrieben werden. Dazu wird nachfolgend der Unterschied zwischen den Übertragungsverfahren sowie den drei Betriebsarten verdeutlicht. Abschließend wird ein Verfahren erläutert, welches den Vielfachzugriff auf Transponder ermöglicht.

Übertragungsverfahren

Für die Kopplung zwischen dem Lesegerät und dem Transponder existieren drei verschiedene Übertragungsverfahren. Mit dem Begriff der Kopplung werden die Funktionsweisen zur Übertragung von Informationen und Energie bezeichnet [Kortmann 2006, S. 19].

Die *kapazitive Kopplung* nutzt elektrische Felder, die durch Plattenkondensatoren entstehen. Diese werden aus den zueinander isolierten Koppelflächen im Lesegerät und Transponder gebildet. Dabei besteht die Antenne des Lesegeräts aus einer leitfähigen Fläche, auch Elektrode genannt, häufig in Form einer Metallplatte oder -folie. Wird an der Elektrode eine Spannung erzeugt, bildet sich zwischen dieser und dem Erdpotenzial ein elektrisches Feld. Die Transponderantenne hingegen setzt sich aus zwei leitfähigen Elektroden zusammen. Gelangt der Transponder in das elektrische Feld des Lesegerätes, entsteht zwischen den beiden Transponderelektroden eine elektrische Spannung. Diese dient der Energieversorgung des Transponderchips [Finkenzeller 2008, S. 55-56]. Durch die Änderung des elektrischen Feldes wird das Transpondersignal dekodiert. Aufgrund der stark schwankenden Lesedistanz zwischen dem Lesegerät und dem Transponder, hat sich dieses Übertragungsverfahren noch nicht in der Praxis durchgesetzt [Kern 2007, S. 48].

Die *induktive Kopplung* zeichnet sich dadurch aus, dass sie ein wechselndes magnetisches Feld erzeugt, welches in der Empfangsspule des Transponders eine Signalspannung hervorruft [Kortmann 2006, S. 19]. Dabei wird ein Teil des erzeugten Feldes von der Transponderantenne aufgenommen. Das bedeutet, dass dem magnetischen Feld Energie entzogen wird. Mit einer größer werdenden Entfernung zwischen dem Lesegerät und dem

Transponder nimmt die messbare Feldstärke des magnetischen Feldes ab. Solange die Spulen eng aneinander liegen, besteht eine Energieübertragung. Wird die Entfernung zu groß, ist das magnetische Feld zu schwach, um den Transponder mit Energie zu versorgen [Kern 2007, S. 50 ff.]. Die RFID-Systeme mit einer induktiven Kopplung werden beispielsweise in Bibliotheken oder für Smart Cards eingesetzt [Kern 2011; S. 21].

Neben der kapazitiven und induktiven Kopplung gibt es die *Backscatter-Kopplung*, bei der ein elektromagnetisches Feld für die Datenübertragung erzeugt wird. Dieses Verfahren wird zur Übertragung von UHF eingesetzt. Der Grund dafür ist, dass ein magnetisches Feld bei einer Reichweite ab ca. einem Meter nicht mehr ausreichend ist, um einen Transponder mit der notwendigen Energie zu versorgen. Die Funktionsweise des Übertragungsverfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass die elektromagnetischen Wellen nicht von einem Transponder zurückgesendet, sondern reflektiert werden. Dazu strahlt die Antenne des Lesegeräts zunächst eine Leistung ab, von der ein geringer Teil (Freiraumdämpfung) die Antenne des Transponders erreicht. Die am Transponder ankommende Leistung, steht der Antenne des Transponders als Spannung zur Verfügung und aktiviert diesen damit. Ein Teil der ankommenden Leistung wird von der Antenne des Transponders reflektiert und als Leistung an das Lesegerät zurückgesendet. Dabei wird die vom Transponder reflektierte Leistung in den freien Raum abgestrahlt. Ein kleiner Teil davon (Freiraumdämpfung) wird von der Antenne des Lesegerätes als Rückantwortsignal aufgenommen. Das heißt also, dass die Informationsübermittlung dadurch erfolgt, dass die Rückstrahleigenschaften, also die Reflexion vom Transponder an die Antenne des Lesegerätes, verändert werden [Finkenzeller 2008, S. 51 ff.; Kern 2007, S. 56 f.].

Betriebsarten

Die Datenübertragung zwischen einem Lesegerät und dem Transponder kann nach zwei wesentlichen Betriebsarten erfolgen, dem Duplex- und dem sequentiellen Verfahren (SEQ). Diese sind jeweils nach der Energieversorgung des Transponders und den Datenübertragungsmöglichkeiten zu unterscheiden. Weiterhin kann das Duplex-Verfahren in Halb- (HDX) und Vollduplex (VDX) differenziert werden [Kern 2007, S. 59].

Bei dem *Duplex-Verfahren* findet die Datenübertragung zwischen dem Lesegerät und dem Transponder unabhängig von der Übertragungsrichtung sowie mit einer kontinuierlichen Energieversorgung statt. Bei den *HDX-Verfahren* erfolgt die Datenübertragung von dem Transponder in die Richtung des Lesegerätes sowie umgekehrt zeitversetzt. Werden die Daten in beide Richtungen zeitgleich übertragen, so handelt es sich um das *VDX-Verfahren* [Finkenzeller 2008, S. 43].

Im Gegensatz dazu werden bei den *SEQ-Verfahren* die Daten zwischen Transponder und Lesegerät getrennt übermittelt. Das bedeutet, dass die Daten- und Energieübertragung in

die jeweilige Richtung zeitversetzt erfolgt [Finkenzeller 2008, S. 58]. Durch diese getrennte Form der Datenübertragung ist allerdings ein größerer Zwischenspeicher notwendig [Kern 2007, S. 61].

Antikollision

Bei der Pulkerfassung handelt es sich um ein Verfahren, mit dem mehrere Transponder nahezu gleichzeitig durch ein Lesegerät erfasst werden können. Hierbei ist es möglich, dass die im Ansprechbereich des Lesegerätes befindlichen Transponder zur gleichen Zeit antworten. Um die Transponder auseinanderzuhalten, wird das Verfahren der Antikollision angewendet [Finkenzeller 2012, S. 223 ff.]. Dabei gilt es zunächst zwei unterschiedliche Kommunikationsformen aufzuzeigen, um die Problematik der Kommunikationskollision zu verdeutlichen.

Bei dem *Broadcast-Verfahren* wird durch das Lesegerät ein Signal gleichzeitig an alle Transponder übertragen. Der umgekehrte Vorgang wird als *Viel-* oder *Mehrfachzugriff* bezeichnet. Hierbei werden die Daten von mehreren Transpondern, die im Lesebereich des Lesegerätes sind, an dieses übertragen. Hervorzuheben ist an dieser Stelle, dass ein Kommunikationskanal lediglich über eine bestimmte Kanalkapazität verfügt. Diese ist den Transpondern so zuzuteilen, dass die Datenübertragung von mehreren Transpondern ohne gegenseitige Störung (Kollision) durchgeführt werden kann [Finkenzeller 2008, S. 217 f.].

Um die unterschiedlichen Signale der Transponder zu trennen, werden vier der sogenannten *Multiplexverfahren* eingesetzt, die nachfolgend mit einer Kurzbeschreibung erläutert werden:

- Unter dem *Frequenzmultiplexverfahren* (FDMA) sind Techniken aufzufassen, wodurch die Kommunikationsteilnehmer auf mehrere Übertragungskanäle gleichzeitig zugreifen können. Dementsprechend erlaubt FDMA das gleichzeitige Senden von Transponderdaten an das Lesegerät.
- Bei den *Zeitmultiplexverfahren* (ZDMA) wird die gesamte zur Verfügung stehende Kanalkapazität zwischen den Transpondern aufgeteilt. Das bedeutet es wird hierbei ein Zeitfenster genutzt, in welchem lediglich ein einzelner Transponder mit dem Lesegerät kommuniziert.
- Das *Raummultiplexverfahren* (RDMA) ist eine Technik, die eine Kanalkapazität in räumlich getrennten Bereichen wiederverwendet. Hierbei kann der Lesebereich durch die Antenne des Lesegerätes gezielt verändert werden. Eine andere Möglichkeit ist es, durch Bewegung lediglich einzelne Transponder in den Lesebereich zu überführen. Darüber hinaus können in einem größeren Raum mehrere Lesegeräte bzw. Antennen installiert werden, um die Objekte einfacher zu identifizieren.
- Mit dem *Codemultiplexverfahren* (CDMA) können die Signale der Transponder analysiert und selektiv abgeschaltet werden bis nur noch ein Transponder antworten

kann. Dabei verwendet dieses Verfahren einen Algorithmus, der nach erfolgter Antwort einen Transponder ausschaltet und nach verbleibenden Transpondern sucht bis alle gelesen wurden erfordert [Finkenzeller 2008, S. 220 ff.; Kern 2007, S. 61 ff.].

Aufgrund der verschiedenen Antikollisionsverfahren bietet die RFID-Technologie den Vorteil mehrere Objekte gleichzeitig zu erfassen. Hierfür ist eine schnelle Datenübertragung wichtig, da die Erfassung mehrere Transponder ein Vielfaches der Summe der Lesezeiten einzelner Transponder erfordert [Günthner et al. 2011a, S. 51].

Die Beschreibung der Funktionsprinzipien zur Energie- und Datenübertragung zeigt u. a. die Vorteile der RFID-Technologie auf. Allerdings sind die verschiedenen Formen der Informationsübertragung gegenüber Störungen anfällig, die durch verschiedene Umgebungsbedingungen und Materialien hervorgerufen werden können. Daher werden im Folgenden die Einflussfaktoren betrachtet, die die Übertragung zwischen dem Lesegerät und Transponder stören können (siehe Abschnitt 3.6.4).

3.6.4 Einflussfaktoren auf die RFID-Technologie

Die reibungslose Funktionsweise der RFID-Technologie hängt von verschiedenen Einflussfaktoren ab, bei denen es zu Störungen kommen kann. Hierbei kann zunächst das *Material des Objekts*, auf dem der Transponder angebracht ist, unterschiedlich starke Auswirkungen haben. Diese sind abhängig von der jeweiligen Eigenschaft, die die Resonanzfrequenz des Transponders verändern kann. Insbesondere bei der UHF-Technologie können die elektromagnetischen Wellen von Applikationsmaterialien absorbiert und reflektiert werden. Bei dem Applikationsmaterial handelt es sich um das Material der Oberfläche des Kennzeichnungsobjektes. Besonders metallische Oberflächen oder Objekte üben einen Einfluss auf die Systemleistung aus. Um bei einer ungeeigneten Materialoberfläche die Beeinträchtigung zu reduzieren, kann z. B. ein Abstandsmaterial verwendet werden. Dieses befindet sich oftmals zwischen dem Applikationsmaterial und dem Transponder. Ein Einsatz des Abstandsmaterials ist ebenfalls dann erforderlich, wenn eine direkte Anbringung des Transponders nicht möglich ist [Günthner et al. 2011a, S. 20 f.]. Ein weiterer Einflussfaktor sind elektrischen Störquellen, die durch andere Geräte (z. B. Elektromotoren) hervorgerufen werden und elektromagnetische Wellen im RFID-Frequenzbereich aussenden. In vielen Fällen können diese Störungen nur mit Hilfe einer geschickten räumlichen Anordnung sowie durch Abschirmungen vermieden werden [Günthner et al. 2011a, S. 25 f.]. Weiterführend besteht durch die gegebenen *Umgebungsbedingungen* eine Vielzahl an Einflussmöglichkeiten, welche es bei der Einführung einer RFID-Technologie zu berücksichtigen gilt. Gerade im Arbeitsablauf wirken auf den Transponder mechanische Belastungen in Form von Stößen, Schwingungen, Drücke, Reibungen oder Scherkräften, welche die Transponder beschädigen sowie ablösen können. Darüber hinaus ist es bei manchen Anwendungen möglich, dass Transponder durch Öle, Reinigungsmittel, Schmierstoffe, Laugen, Säuren oder Lösungsmittel,

etc. angegriffen werden. Diese Einflüsse werden als chemische Belastung bezeichnet. Daneben können thermische Belastungen durch sehr hohe oder niedrige Temperaturen am Einsatzort die Funktionsfähigkeit des Transponders beschädigen. Abschließend sind die witterungsbedingten Einflüsse zu erwähnen, welche die Kommunikation zwischen Transponder und Lesegerät negativ beeinflussen können. Hierbei kann z. B. Wasser oder die Luftfeuchtigkeit die elektromagnetischen Wellen absorbieren und die Lesereichweite einschränken.

3.7 Gegenüberstellung der relevanten AutoID-Technologien

Im Rahmen der vorangegangenen Ausführungen zu den jeweiligen AutoID-Technologien wird deutlich, dass diese spezifische Charakteristika aufweisen und unterschiedliche Einsatzgebiete haben. Für die spätere Auswahl der am besten geeigneten Technologie sind die Merkmale anhand bestimmter Kriterien gegenübergestellt. Der Fokus liegt auf den AutoID-Technologien, die vorwiegend in der Logistik zur Verfolgung von Materialien oder Förderhilfsmitteln (FHM) eingesetzt werden. Damit entfallen folgenden Technologien: Die biometrischen AutoID-Technologien werden für das unverwechselbare und individuelle Identifizieren von Personen eingesetzt und finden daher keine Anwendung zur Verfolgung logistischer Objekte (siehe Abschnitt 3.2.). Ebenfalls nicht Gegenstand weiterer Betrachtung sind Kartensysteme, welche vorwiegend in der Finanzbranche oder bei Telekommunikationsunternehmen verwendet werden (siehe Abschnitt 3.5). Weiterführend ist OCR eine Technologie, welche für die Dokumentenüberprüfung im Finanzbereich oder zur automatischen Briefsortierung in der Logistik von Postdienstleistern eingesetzt wird. Allerdings dient sie nicht der Verfolgung von Materialien im Materialfluss und wird somit nicht weiter betrachtet (siehe Abschnitt 3.3). Abgrenzend zu den genannten AutoID-Technologien werden vorwiegend zwei Technologien innerhalb der Logistik eingesetzt, welche dazu dienen Objekte im Materialfluss zu verfolgen. Hierbei handelt es sich einerseits um die etablierten Technologien des Barcodes (siehe Abschnitt 3.4). Andererseits geht der Trend zum Einsatz von RFID-Technologien (siehe Abschnitt 3.6) [Schenk 2015, S. 251].

Entsprechend dieser Ausführung und im Hinblick auf die in Kapitel 1 beschriebenen Zielsetzung, werden daher nur die Barcode- und RFID-Technologien im weiteren Verlauf betrachtet.

Technologie Kriterien	1. Biometrie	2. OCR	3. Barcode	4. Karten	5. RFID
Lesereichweite	geringe Distanz	1 cm	bis 50 cm	direkter Kontakt	1 bis 100 m
Paralleles Auslesen	nein	nein	nein	nein	ja
Speichergröße	-	bis 100 Byte	bis 2 KByte	bis 8 MByte	16 bis 64 KByte
Sichtverbindung	erforderlich	erforderlich	erforderlich	erforderlich	nicht erforderlich
Maschinenlesbarkeit	aufwendig	gut	gut	gut	gut
Lesbarkeit durch Personen	schwer	einfach	bedingt	unmöglich	unmöglich
Einfluss von opt. Abdeckungen	möglich	totaler Ausfall	totaler Ausfall	-	kein Einfluss
Einfluss von Schmutz/Nässe	-	sehr stark	sehr stark	möglich	kein Einfluss
Einfluss von Richtung und Lage	-	gering	gering	eine Steckrichtung	kein Einfluss
Anschaffungskosten der Elektronik	sehr hoch	mittel	sehr gering	gering	mittel
Betriebskosten	keine	gering	gering	mittel (Kontakte)	keine
Unbefugte Datenänderung/ -kopie	unmöglich	leicht	leicht	unmöglich	unmöglich
Lesegeschwindigkeit	sehr gering (ca. 5 bis 10 s)	gering (ca. 3 s)	gering (ca. 4 s)	gering (ca. 4 s)	sehr schnell (ca. 0,5 s)

Abbildung 3-6: Vergleich verschiedener AutoID-Technologien

[In Anlehnung an Finkenzeller 2008, S. 8; Schmidt 2006, S. 40; Strassner 2006, S. 55]

Im Folgenden wird eine zusammenfassende Gegenüberstellung der wichtigsten Merkmale der beiden Technologien RFID und Barcode vorgenommen. Dabei sollen die Stärken und Schwächen ihrer jeweiligen Eigenschaften verdeutlicht werden (siehe Abbildung 3-6). Bei der Verfolgung von Objekten im Materialfluss, existiert eine unterschiedliche Bandbreite an Anforderungen an die jeweilige AutoID-Technologie. Bei dem Vergleich der AutoID-Technologien werden RFID-Systeme häufig durch ihre Leistungsfähigkeit hervorgehoben. Diese zeigt sich vor allem bei der Datenübertragung durch Funkwellen, bei der keine Sichtverbindung notwendig ist. Die Vorteile von RFID-Systemen lassen sich daher an der hohen Lese- und Schreibgeschwindigkeit festmachen. Mit der Wiederbeschreibbarkeit bieten sie zudem einen breiteren Einsatzbereich, wie z. B. in der Mehrweglogistik. Darüber hinaus können sie menschliche Fehlerquellen eliminieren, da die Daten nicht mehr durch das Scannen einzelner Positionen übertragen werden müssen. Aufgrund ihrer Bauweise sind sie widerstandsfähig und besitzen eine lange Lebensdauer, weshalb sie oftmals wiederverwendet werden können. Darüber hinaus ermöglichen die Antikollisionsverfahren ein simultanes Auslesen mehrerer Transponder. Ein in jedem Fall zu berücksichtigender Faktor sind die hohen Kosten, die bei einer Implementierung sowie für die Anschaffung der Transponder anfallen und die Entscheidung für RFID erschweren. Außerdem können verschiedene Störfaktoren die Leistungsfähigkeit beeinflussen, wodurch es zu Fehlern bei der Datenübertragung kommen kann [Klug 2010, S. 245; Schmid 2006, S. 39].

Im Vergleich zu RFID ist der Barcode eine weltweit verbreitete Kennzeichnungsmöglichkeit für Produkte, welche durch den hohen Standardisierungsgrad und die geringen Kosten für Unternehmen besonders attraktiv ist. Allerdings können mit der Darstellung von 1D-Strichcodes nur geringe Datenmengen codiert werden. [Deska 2005, S. 34]. 2D-Codes können sehr viel mehr Informationen auf deutlich weniger Fläche speichern als das bei 1D-Barcodes der Fall ist. Darüber hinaus sind diese nicht so störungsanfällig, da durch die Fehlerkorrektur der 2D-Code selbst bei einer teilweisen Zerstörung noch gelesen werden kann [Helmus et al. 2009, S. 207]. Trotz der Vorteile, die Barcodes grundsätzlich mit sich bringen, zeigen sie einige Schwachstellen, welche sich z. B. aus der ihrer Anfälligkeit für Zerstörungen, Feuchtigkeit und Verschmutzung ergeben. Ein weiterer Nachteil gegenüber der RFID-Technologie liegt darin, dass die Barcodes grundsätzlich nur einzeln lesbar sind, wodurch die Erfassung der Datenträger aufwendiger ist. Zudem ist die Position des Datenträgers wichtig, da ohne eine direkte Sichtverbindung oder aufgrund einer zu geringen Lesereichweite eine Erfassung nicht möglich ist [Kern 2011, S. 16].

Der hier aufgeführte Vergleich lässt keine eindeutigen Rückschlüsse auf die allgemeine Vorteilhaftigkeit einer der Technologien zu. Ein Grund dafür ist die Vielzahl unterschiedlicher Barcode- und RFID-Technologien. Der Anwendungskontext und die möglichen Ausnahmen werden bei der Abgrenzung auf der Basis technologiespezifischer Eigenschaften weitestgehend ignoriert. Gerade wegen des vielfältigen Anwendungsspektrums kann man trotz der wesentlich erweiterten Funktionen von RFID-Systemen davon ausgehen, dass Barcodes mittelfristig durch RFID nicht vollständig ersetzt werden können. Deshalb ist jeder Anwendungsfall im Einzelnen zu betrachten und eine fallspezifische Konkretisierung vorzunehmen, welches System besser geeignet ist [Schmidt 2013, S. 42 ff.; Klug 2010, S. 245].

Diesem Gedanken folgend, werden im nächsten Kapitel Ansätze für eine Vorgehensweise vorgestellt, die unter der Zuhilfenahme von ausgewählten Methoden dazu beitragen, eine AutoID-Technologie für einen konkreten Anwendungsfall auszuwählen (siehe Kapitel 4).

4. Methodik zur Auswahl von AutoID-Technologien

Für die Auswahl einer AutoID-Technologie ist eine systematische Vorgehensweise erforderlich, die durch den Einsatz ausgewählter Methoden unterstützt wird. Hierfür werden zunächst eine allgemeine Verständnisgrundlage zu Vorgehensmodellen geschaffen und die wichtigsten Aktivitäten spezifiziert (siehe Abschnitt 4.1). Im Anschluss werden weitere verwendete Methoden beschrieben, die in dieser Arbeit zur Analyse oder zur Entscheidungshilfe herangezogen werden (siehe Abschnitt 4.2).

4.1 Vorgehensmodell

Der Begriff Vorgehensmodell wird durch Seibert wie folgt definiert:

„Vorgehensmodelle beschreiben den idealtypischen Umfang und Ablauf von Aktivitäten, die zur Erreichung eines Projektziels erforderlich sind. Sie geben damit einen Rahmen vor, durch den ein Projekt strukturiert und durchgeführt werden kann. In der Regel enthalten sie Aussagen zu Projektphasen und Meilensteinen, den anzuwendenden Standards, Richtlinien, Methoden und Werkzeugen in einem Projekt“ [Seibert 2006, S. 45].

Weiterhin zeichnen sich Vorgehensmodelle dadurch aus, dass sie einen allgemeinen Rahmen zu Handeln vorgeben. Zudem müssen die Aktivitäten nachvollziehbar sein und in einem angemessenen zeitlichen Rahmen erfolgen [Obermeier et al. 2014, S. 41 ff.; Brugger 2005, S. 155 ff.]. Daran anknüpfend soll eine geeignete Vorgehensweise dargestellt werden, die im Hinblick auf die gegebene Problemstellung der vorliegenden Masterarbeit verwendet werden kann. Allerdings werden in der Literatur Vorgehensmodelle zur Auswahl von AutoID-Technologien nicht in ausreichendem Maße beschrieben. Aus diesem Grund werden zunächst die grundsätzlichen Phasen des Vorgehensmodells betrachtet. Diese Phasen stellen die zeitlichen Abschnitte eines Vorgehensmodells dar und bilden den Rahmen für die einzelnen, durchzuführenden Aktivitäten.

- Die *Vorphase*, auch als Vorprojekt- oder Initiierungsphase bekannt, erfolgt im Vorhinein zu dem eigentlichen Projekt. Grundsätzlich soll sie die Projektzielsetzung umschreiben und damit einen wesentlichen Einfluss auf den Verlauf sowie den späteren Erfolg des Projekts nehmen. Weitere typische Aufgaben sind die Situationsanalyse, die Machbarkeitsanalyse sowie erste Aufwands- und Kostenschätzungen. In diesem Rahmen gilt es vor allem, das eigentliche Projekt kritisch zu betrachten, mit den Zielen abzugleichen und gegebenenfalls abzulehnen. Bei komplexeren Projekten werden die zuvor genannten Aufgaben oftmals im Rahmen eines eigenständigen Vorprojekts durchgeführt.
- Daran anknüpfend dient die *Planungsphase* der Konkretisierung und Detaillierung der Vorphase. Hierbei soll ein detaillierter Projektplan erstellt werden, welcher verschiedene Detailpläne (z. B. Termin- und Meilensteinplanung, Ressourcenplanung, etc.) enthält.

- Nach Abschluss der Planungsphase erfolgt mit der *Realisierungsphase* die Umsetzung. Hierzu werden häufig mehrere Realisierungsphasen gebildet und beispielsweise in den Systembau, die Einführung und die Abnahme aufgeteilt.
- In der *Abschlussphase* werden alle Maßnahmen getroffen, um ein Projekt offiziell zu beenden. Dafür werden durch eine Evaluierung und Reflexion die gesetzten Projektziele überprüft und die Ergebnisse in einem Projektabschlussbericht zusammengefasst. Diese Phase sowie das Projekt enden mit der Auflösung des Projektteams [Geiger et al. 2009, S. 160-162].

Da wie bereits erwähnt keine Vorgehensmodelle zur Auswahl von AutoID-Technologie vorliegen, müssen für die Spezifizierung der Vorprojektphase nahstehende Aktivitäten herangezogen werden. Hierfür kann der Fokus auf die Aktivitäten zur Durchführung von RFID-Projekten gelegt werden. Die dabei verwendeten Vorgehensweisen basieren auf einer Vielzahl an Erfahrungswerten und können als Orientierungshilfe herangezogen werden. Hier ist zu beachten, dass aufgrund der individuellen Gegebenheiten häufig unterschiedliche Planungsansätze verwendet werden. Die Aktivitäten der verschiedenen Modelle stimmen jedoch zum Großteil überein. Die Unterschiede liegen in der zeitlichen Abfolge [Günthner et al. 2011a, S. 29 ff.]. Die inhaltlichen Schwerpunkte liegen hauptsächlich in der Aufnahme von Zielen, Rahmenbedingungen und Gegebenheiten sowie von Prozessen. Darüber hinaus gilt es Lösungskonzepte zu erstellen und die einzusetzenden Komponenten zu identifizieren. Der Nachweis über deren Funktionsfähigkeit erfolgt zumeist auf Basis einer technischen Machbarkeitsuntersuchung. Darüber hinaus werden Wirtschaftlichkeitsberechnungen zur Ermittlung der wirtschaftlichen Tragfähigkeit durchgeführt [Günthner et al. 2011a, S. 37 ff.].

Die vorgegangenen Beschreibungen zeigen, dass in Vorgehensmodellen oftmals Machbarkeitsuntersuchungen durchgeführt werden. Diese gilt es im Anschluss näher zu spezifizieren (siehe Abschnitt 4.2)

4.2 Machbarkeitsanalyse

Aus den vorherigen Erläuterungen geht hervor, dass die Prüfung der Machbarkeit ein zentraler Bestandteil der Vorphase ist und gewährleisten soll, dass bereits in der frühen Phase von Projekten die Umsetzung einer möglichen Lösung einschätzbar ist [Kern 2007, S. 4]. Konkret gilt es im Rahmen von Machbarkeitsstudien, auch Feasibility-Studie genannt, zu überprüfen, ob und inwieweit Konzepte unter Berücksichtigung der gegebenen Rahmenbedingungen grundsätzlich zu verwirklichen sind. Der Begriff *Machbarkeit* beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Projektergebnis abgenommen wird [Geiger et al. 2009, S. 105-106]. Für die Überprüfung der Machbarkeit werden häufig zwei durchzuführende Einzelanalysen betrachtet, die sich in die technische und wirtschaftliche Machbarkeit unterteilen. Das Ziel von diesen Machbarkeitsanalysen ist es, ungeeignete Lösungen anhand ausgewählter Kriterien zu selektieren und auszuschließen [Gudehus

2010, S. 94]. Im Hinblick auf die Auswahl der in Abschnitt 3.2 beschriebenen Technologien werden nachfolgend die einzelnen Aspekte und das Vorgehen bei einer Machbarkeitsprüfung aufgeführt.

Mit der Überprüfung der *technischen Machbarkeit* in Form eines Machbarkeitstests ist festzustellen, ob das Projekt vom Stand der Technik her realisierbar ist. Damit wird das Ziel verfolgt, die Hardwarekomponenten einer ausgewählten Technologie zu spezifizieren [Bartneck et al. 2008, S. 116]. Um die Tests durchzuführen, kann auf die Methoden zur Messung zurückgegriffen werden. Durch *synthetische Tests*, die in einer Laborumgebung durchgeführt werden, können einzelne Komponenten eines Systems einfach und nachvollziehbar getestet werden. Hierbei ist es von Bedeutung, dass keine Umgebungseinflüsse vorhanden sind. Der synthetische Test generiert allgemeingültige Aussagen über die Leistungsfähigkeit einzelner Komponenten und wird oft für eine Vorauswahl eingesetzt. Bei einem *teilsynthetischen Test* werden die Bedingungen einer realen Umgebung in einem Testraum nachgestellt. Der Vorteil besteht darin, dass die Bewegungen von Objekten automatisiert werden können. Damit sind mehrere Testreihen in unterschiedlichen Varianten und einer hohen Anzahl an Wiederholungen möglich. Aus diesem Grund wird diese Testmethode häufig im Zusammenhang mit Optimierungen eingesetzt. Als letzte Methode existiert der sogenannte *Praxistest*, der am geplanten Einsatzort durchgeführt wird. Hier werden die Komponenten in der realen Umgebung aufgebaut. Dadurch sind allerdings Eingriffe in die laufenden Prozesse erforderlich, womit diese Testmethode aufwendiger ist als die zuvor erwähnten [Günthner et al. 2011b, S. 47-49]. Um verlässliche Aussagen zum Einsatz der Technologie zu gewährleisten, ist die Überprüfung der technischen Durchführbarkeit in der realen Umgebung unverzichtbar [Bartneck et al. 2008, S. 116]. Zur *Durchführung des Praxistests* ist ein Konzept zu erstellen, in dem der Umfang, der Zeitraum, die Ziele und die Ergebniserwartung festgelegt werden. Das Testergebnis sollte letztendlich eine Aussage über die Auswirkung von Umwelteinflüssen treffen. Es ist wichtig, dass noch nicht in das bestehende IT-System eingegriffen wird, da sonst die laufenden Arbeitsabläufe gestört werden könnten. Deshalb muss auf eine entsprechende Software zurückgegriffen werden, mit der eine Auswertung des Tests möglich ist. Das Ergebnis dieses Tests sollte aufzeigen, ob der Einsatz der Technologie im unternehmensspezifischen Umfeld so wie geplant durchgeführt werden kann [Bartneck et al. 2008, S. 116-119]. Um die Leistungsfähigkeit eines Testsystems zu untersuchen und festzustellen, ob die Komponenten die geforderten Anforderungen erfüllen, müssen vergleichbare Zahlenwerte ermittelt werden. Hierzu können verschiedene Messgrößen herangezogen werden. Die jeweiligen Definitionen sowie Formeln sind in Anhang A-8 aufgeführt [Bartneck et al. 2008, S. 119].

Weiterführend wird im Rahmen einer Machbarkeitsuntersuchung die Überprüfung der *wirtschaftlichen Machbarkeit* vorgenommen (siehe Abbildung 4-1). Den Nachweis über die Wirtschaftlichkeit zu einer Variante zu erbringen, gilt in der Regel als Voraussetzung

für eine Investitionsentscheidung. Das Ziel dabei ist es, die Vorteilhaftigkeit einer Investitionsentscheidung zu untersuchen [Arnold, Furmans 2009, S. 284]. Der wirtschaftliche Aspekt der Machbarkeit besteht aus zwei Komponenten, der Finanzierbarkeit und der Rentabilität. Zum einen müssen für die Durchführung eines Projekts die ausreichenden Finanzmittel (z. B. Eigenkapital, Fremdkapital, Kredit) vorhanden sein, zum anderen muss die Durchführung des Projekts innerhalb eines bestimmten Zeitraums (z. B. innerhalb von drei, fünf oder zehn Jahren) ökonomische Vorteile gegenüber anderen Verwendungen derselben Finanzmittel haben. Um die Finanzierbarkeit festzustellen, müssen die Ausgaben der Investition ermittelt werden, welche einmalig im Rahmen der Anschaffung anfallen. Hinsichtlich einer AutoID-Technologie unterscheidet man zwischen den Ausgaben für Hard- und Software sowie in die für die Implementierung und Anpassung anfallenden Kosten. Für die Ermittlung der Rentabilität ist zudem der Nutzen einer Investition herzuleiten. Dieser kann z. B. aus der Steigerung der Produktivität, der Kostenreduktion durch Prozessoptimierung oder Rationalisierungseffekten bestehen. Weiterführend können zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit verschiedene Methoden verwendet werden, bei denen die Investitionskosten und der Nutzen gegenübergestellt werden (siehe Abschnitt 4.2.2) [Bartneck et al. 2008, S. 109-111].

Um die beschriebenen Aktivitäten umzusetzen werden verschiedene Methoden benötigt, die sowohl zur Analyse als auch zur Bewertung von Problemstellungen eingesetzt werden. Diese werden im Folgenden erarbeitet (siehe Abschnitt 4.2).

4.3 Methoden

Für die Durchführung der aufgeführten Aktivitäten bedarf es unterschiedlicher Methoden, welche die Analyse der vorliegenden Situation und die Auswahl einer geeigneten AutoID-Technologie unterstützen. Zur Übersicht werden die Methoden in zwei Gruppen unterteilt (siehe Abbildung 4-1). Abschnitt 4.2.1 beschreibt die Methoden, die zur Aufnahme sowie Analyse verwendet werden und in Abschnitt 4.2.2 sind die Methoden dargestellt, die zur Bewertung herangezogen werden. Die Erläuterung der jeweiligen Methoden erfolgt in den genannten Abschnitten.

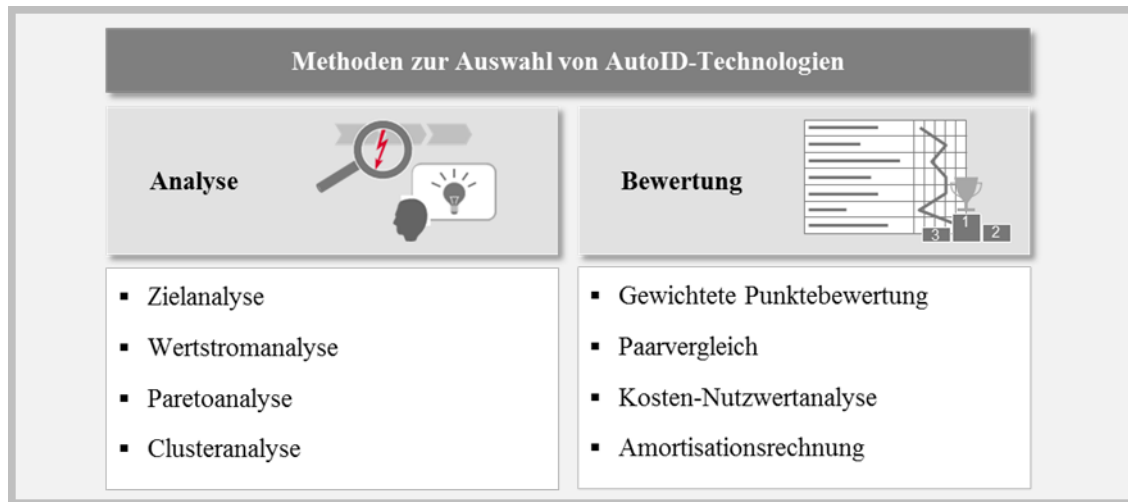


Abbildung 4-1: Übersicht der verwendeten Methoden
[Eigene Darstellung]

4.3.1 Analysemethoden

In diesem Abschnitt sollen die Methoden vorgestellt werden, die ein objektives Bild zu einer vorliegenden Situation herstellen. Dies betrifft vor allem die Aufnahme von Rahmenbedingungen und Zielen (Zielanalyse) sowie die Dokumentation von Prozessen (Wertstromanalyse). Darüber hinaus werden mit der Pareto- und Clusteranalyse Methoden beschrieben, welche für die Klassifizierung von Problemstellungen herangezogen werden können und eine bessere Übersicht gewährleisten.

Zielanalyse

Die Zielanalyse dient dazu, die benötigten Informationen sowie die bei einem Anwendungsfall gegebenen Einschränkungen zu ermitteln. Das Ergebnis sind die Rahmenbedingungen und Ziele die bei Veränderung zu berücksichtigen sind [Heinrich et al. 2014, S. 137 ff.] Um diese zu ermitteln, können verschiedene Verfahren verwendet werden. Die häufigste Form ist die Befragung von einzelnen oder mehreren Personen anhand eines individuell zu entwickelnden Frageschemas. Dafür sind im Vorhinein das Ziel der Befragung und der Aufbau des Fragebogens festzulegen [Brücher 2004, S. 21-22].

Wertstromanalyse

Die Wertstromanalyse ist ein Instrument aus dem Lean Management und dient dazu, Verschwendungen schnell und ergebnisorientiert zu identifizieren. Zusätzlich ermöglicht diese Methode eine gemeinsame Visualisierung aller Material- und Informationsflüsse in einem Wertstrom. Mit der ganzheitlichen Betrachtungsweise können die Prozesse schnell verstanden werden. Hier kann sie dazu beitragen, die Stellen im Materialfluss verdeutlichen, an denen Informationen zum Material erfasst werden. Dies ist insbesondere für die spätere Auswahl der AutoID-Technologie relevant [Pfeffer 2014, S. 4; Rother, Shook 2011, S. 3 ff.]. Die Definitionen zu den Begriffen Wertschöpfung und Verschwendung

sind in Anhang A-9 aufgeführt. Auf Basis der identifizierten und analysierten Verschwendungen (Wertstromanalyse) können verbesserte Prozessketten konzipiert werden (Wertstromdesign). Bei Letzterem liegt die Intention darauf, Verschwendungen zu eliminieren [Erlach 2010, S. 37; Bach et al. 2012, S. 224 f.; Becker 2005, S. 116]. Als Vorbereitung für die Durchführung der Wertstromanalyse gilt es zunächst einen Prozess auszuwählen und diesen abzugrenzen. Im Anschluss wird mit der Auswahl einer Produktfamilie der Betrachtungsgegenstand definiert. Diese Produktfamilie ist eine Zusammenfassung mehrerer Produkte, die bei der Herstellung mehrere Prozessschritte gemeinsam durchlaufen. Dabei ist es wichtig, diese vom Endkunden des Wertstroms aus zu bestimmen. Des Weiteren sollten die ausgewählten Produktfamilien detailliert und von anderen abgegrenzt werden [Rother, Shook 2011, S.6; Wagner, Lindner 2013, S. 10 ff.]. Mit der *klassischen Wertstromanalyse* wird der Fokus auf die Aufnahme von Produktionsschritten gerichtet. Die verknüpfenden, logistischen Tätigkeiten werden hierbei allerdings rudimentär visualisiert. Aus diesem Grund ist eine Erweiterung der Methode für eine Anwendung auf Logistikprozesse notwendig. Die Technische Universität München entwickelte im Zuge eines Forschungsprojekts die sogenannte logistikorientierte Wertstromanalyse. Hierbei wird die klassische Wertstromanalyse um physische Logistikprozesse sowie um steuernde und administrative Prozesse erweitert [Knössl 2013, S. 135 ff.].

Bei der *logistikorientierten Wertstromanalyse* werden grundsätzlich zwei aufeinanderfolgende Arbeitsschritte durchgeführt. Als erstes wird der Materialfluss flussaufwärts bei einem ersten Rundgang, d. h. ausgehend vom Kunden bis zum Lieferanten, aufgenommen. Anschließend erfolgt eine Betrachtung des zugehörigen Informationsflusses. Die notwendigen Daten können durch Primärforschung in Form von Befragungen, Beobachtungen, Zählungen oder durch eigenständige Ausführung der Prozessschritte aufgenommen werden. Bei den materialbezogenen Prozessschritten von Logistikprozessen handelt es sich um zeitliche, räumliche, mengenmäßige sowie qualitative Transformationen. Hierzu zählen bspw. das Transportieren, Fördern, Lagern, Puffern, Kommissionieren, Sammeln, Verpacken oder Prüfen. Zusätzlich bedarf es administrativer Funktionen in einem Logistikprozess, wie beispielsweise das Buchen, Etikettieren oder Übermitteln von Informationen (siehe Anhang A-10). Analog zur klassischen Wertstromanalyse gilt es den Betrachtungsgegenstand zunächst zu definieren. Bei der Analyse von Logistikprozessen steht weniger die Art der Produkte im Vordergrund, die den Prozess durchlaufen, als vielmehr die Art der Tätigkeiten, welche innerhalb des Prozesses ausgeführt werden. Aus diesem Grund werden ähnliche logistische Aufträge, sogenannte Auftragsfamilien, definiert. Hierbei handelt es sich um Aufträge, welche mittels ähnlicher Logistikaktivitäten den Prozess durchlaufen [Knössl 2013, S. 135 ff.]. Für die Darstellung

der Wertstromanalyse wird diese in fünf Bereiche unterteilt (siehe Abbildung 4-2). Hierbei handelt es sich um den Kunden, den Lieferanten, den Material- und Informationsfluss, die Steuerung und die Zeitleiste [Klevers 2009, S. 39 ff.].

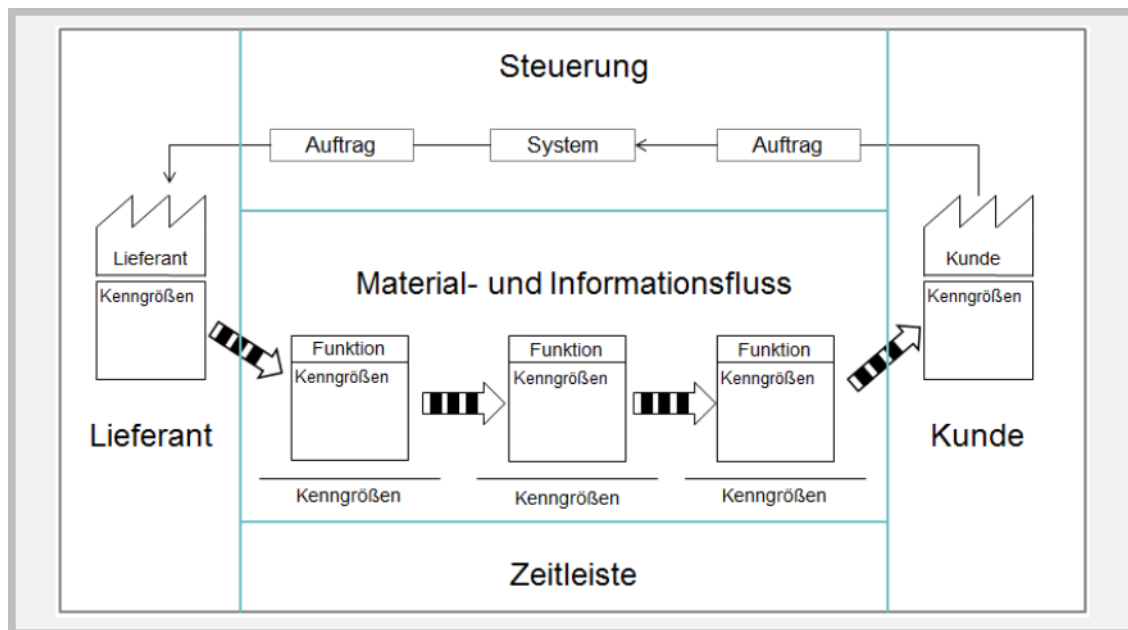


Abbildung 4-2: Aufbau der logistikorientierten Wertstromanalyse

[In Anlehnung an Knössl 2013, S. 136]

Bei der Durchführung der Wertstromanalyse wird der Wertstrom ausgehend vom Kunden bis zum Lieferanten dokumentiert und alle beinhaltenden Prozessschritte und deren Verknüpfungen grafisch festgehalten. Diese setzen sich aus Materialflüssen für die physische Bewegung der Materialien und aus Informationsflüssen für die Steuerung dieser Aktivitäten zusammen [Erlach 2010, S. 32 f.]. Die Aufnahme wird vor Ort durchgeführt und die Informationen auf einem Blatt Papier als Momentaufnahme festgehalten. D. h. der Prozess wird zu einem repräsentativen Zeitpunkt einmalig durchgeführt [Rother, Shook 2011, S. 14]. Die Material- und Informationsflüsse sowie die Steuerungslogistik werden mittels standardisierter Symbole ganzheitlich abgebildet. Hierfür werden einzelne Prozessschritte in Form von Prozess- und Datenkästen detailliert dargestellt. Die Prozess- und Datenkästen resultieren aus den einzelnen Funktionen der oben erwähnten Transformationen. Die hierbei verwendete Symbolik orientiert sich stark an der klassischen Wertstromanalyse. Hierzu kann eine Auflistung und Visualisierung aller in der Wertstromanalyse vorhandenen Symbole dem Anhang A-11 entnommen werden. Bei der anschließenden Prozessanalyse wird jede Art von Verschwendung innerhalb des Wertstroms systematisch aufgezeigt. Hierbei wird zum einem mit Hilfe der für die Logistik definierten sieben Arten von Verschwendung gezielt nach Verbesserungspotenzialen gesucht. Des Weiteren wird die Notwendigkeit jedes einzelnen Prozessschrittes aus Kundensicht hinterfragt. Für eine detaillierte Abbildung der Logistikfunktionen ist es notwendig während der Prozessaufnahme Kenngroßen (z. B. Liegezeiten eines Materials)

für die Funktionen zu ermitteln, welche Hinweise auf Verbesserungspotenziale geben. Alle identifizierten Verbesserungspotenziale werden in der Dokumentation des Ist-Zustandes mittels sogenannter Kaizen-Blitzen kenntlich gemacht (siehe Anhang A-11) [Knössl 2013, S. 141 f.].

Paretoanalyse

Die *Paretoanalyse* ist auf den italienischen Wissenschaftler Vilfredo Pareto (1848-1923) zurückzuführen. Dieser Methode liegt das Prinzip der 80/20 Regel zugrunde, welches besagt, dass 80 Prozent der Ergebnisse mit 20 Prozent des Gesamtaufwandes erreicht werden können. Die restlichen 20 Prozent der Ergebnisse benötigen mit 80 Prozent den meisten Aufwand. Heute kann diese Methode in nahezu allen Bereichen eines Unternehmens eingesetzt werden, da es sich auf eine Vielzahl von Problemstellungen anwenden lässt. Für die Durchführung der Paretoanalyse müssen zunächst alle notwendigen Daten zusammengestellt und in einer Tabelle aufbereitet werden. Des Weiteren werden die aufgeführten Mengen absteigend nach ihrer Häufigkeit sortiert und anschließend kumuliert. Daraus resultiert die Gesamtmenge aller Positionen, mit der die kumulierte prozentuale Häufigkeit berechnet werden kann. Weiterführend sind die Klassen zu bilden, deren Einteilung häufig der 80/20 Regel folgt, jedoch je Anwendungsfall spezifisch zu wählen ist. Die Prozentwerte der festgelegten Klassen sind ebenfalls zu kumulieren, aus denen dann prozentuale Grenzwerte gebildet werden. Durch einen anschließenden Wertevergleich zwischen den Grenzwerten und den relativen Häufigkeiten kann eine Klassifizierung vorgenommen werden. Darüber hinaus lassen sich die Ergebnisse der Paretoanalyse grafisch durch eine Lorenz-Kurve oder das Pareto-Diagramm darstellen [Plümer 2003, S.18 ff.; Gudehus 2010, S. 131 ff.].

Clusteranalyse

Bei der Clusteranalyse handelt es sich um ein Verfahren, bei dem einzelne Objekte zu Gruppen zusammengefasst werden, sodass die Ähnlichkeiten der Objekte innerhalb der Gruppe möglichst groß sind. Demnach sind die Ähnlichkeiten zwischen den Gruppen weitestgehend gering zu halten [Martens 2003, S. 245]. Folglich ist das Ziel beim Zusammenfassen von Objekten in homogene Gruppen, die Komplexität zu reduzieren und durch die Übersichtlichkeit, Klassifizierung oder Gruppierung eine optimale Strukturierung zu erhalten [Steinhausen, Langer 1977, S.14]. Die Clusteranalyse beginnt mit der Auswahl und Erhebung der für die Untersuchung geeigneten Variablen. Anschließend erfolgt die Bestimmung der Distanz- bzw. der Ähnlichkeitsmaße zwischen den Objekten. Nach der Festlegung der Clusteranzahl werden dann die Variablen durch das Bilden der Cluster zusammengefasst [Martens 2003, S. 245 ff.].

Neben den hier aufgeführten Methoden zur Analyse, gilt es im Folgenden die Methoden zu erarbeiten, welche beispielsweise die Bewertung der AutoID-Technologie unterstützen können (siehe Abschnitt 4.2.2).

4.3.2 Bewertungsmethoden

In diesem Abschnitt werden die Methoden beschrieben, mit denen die Bewertung und Priorisierung von Alternativen durchgeführt wird. Diese Methoden sind einerseits qualitativer Natur, wie der Paarvergleich oder die gewichtete Punktebewertung, andererseits nutzen die Kosten-Nutzwert-Analyse sowie die Amortisationsrechnung quantitative Daten.

Gewichtete Punktebewertung

Um eine Entscheidung herbeizuführen, wird häufig die gewichtete Punktebewertung genutzt, die ebenfalls unter dem Namen Nutzwertanalyse bekannt ist. Bei diesem relativen Verfahren werden zunächst die Alternativen hinsichtlich definierter Kriterien mit Punkten bewertet, um ihre Wertigkeit zu quantifizieren. Da ein einheitliches Punktesystem vorliegt, resultiert aus einer hohen Punktzahl eine große Wertigkeit. Zusätzlich wird für jedes Kriterium ein Gewichtungsfaktor ermittelt. Dieser kann z. B. aus einem paarweisen Vergleich resultieren. Anschließend werden die Punktzahlen je Kriterium mit diesem Gewichtungsfaktor multipliziert und die einzelnen Kriterien für jede Alternative separat zu einer Gesamtsumme addiert. Damit ist es möglich, die Gesamtwertigkeit der jeweiligen Alternativen zu vergleichen [Lindemann 2009, S. 187].

Paarvergleich

Um eine Punktebewertung zu erstellen, müssen die betrachteten Kriterien zunächst gewichtet werden. Hierfür stellt der *paarweise Vergleich* die Kriterien in einer Matrix gegenüber. Dabei wird jedes alternative Kriterium mit jedem anderen verglichen und anhand einer definierten Skala bewertet. Die Bewertungsskala umfasst in der Regel eine Punktespanne von null bis zwei Punkten, die in das Schnittfeld von zwei Kriterien eingetragen werden können. Der eingetragene Wert null besagt, dass das Kriterium der Spalte überwiegt, beim Wert eins sind die Kriterien gleich wichtig und mit dem Wert zwei ist das Zeilenkriterium wichtiger. Anschließend kann über die Zeilensumme der Punkte für jedes Kriterium eine Rangfolge unter den Kriterien erstellt werden. Um abschließend die Reihenfolge zu ermitteln, müssen die absoluten Punkte zunächst addiert und dann durch den gebildeten Gesamtwert dividiert werden. Zur Durchführung dieses Bewertungsprozesses können sowohl einzelne Personen befragt als auch Diskussionsrunden mit mehreren Teilnehmern durchgeführt werden. Dafür sind nachfolgende Schritte zu befolgen:

1. Fragestellung definieren
2. Potentielle Alternativen finden
3. Paarweiser Vergleich der Alternativen
4. Auswertung jeder Alternative
5. Rangfolge der Alternative ermitteln [Drews, Hillebrand 2010, S. 131 f.]

Kosten-Nutzwert-Analyse

Wie bereits in Abschnitt 4.1 erwähnt, können für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit einer Investition die Kosten- und Nutzenwerte verglichen werden. Eine Methode, die dazu verwendet werden kann, ist die *Kosten-Nutzwert-Analyse*. Hier ist aus Anwendersicht die Variante mit dem höchsten Nutzwert zu wählen. Wird der Fall aus wirtschaftlicher Sichtweise betrachtet, ist die kostengünstigste Variante zu wählen. Deshalb muss ein Konsens geschaffen werden, der beide Aspekte berücksichtigt. Diesen Gedanken folgend, werden die quantifizierten Nutzenwerte den monetären Kosten gegenübergestellt. Dafür wird zuerst der Quotient aus den beiden Dimensionen für jede der betrachteten Alternativen gebildet. Anschließend erfolgt die Gegenüberstellung der Kosten und Nutzwerte in dem sogenannten zweidimensionalen Kosten-Nutzwert-Diagramm, woraus das Kosten-Nutzwert-Verhältnis ersichtlich wird (siehe Anhang A-12) [Woyczekowsky 2014, S. 14-15; Diez 2011, S. 51-52].

Statische Amortisationsrechnung

Eine weitere Methode zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit einer Investition ist die statische *Amortisationsrechnung*. Hierbei wird nach der Durchschnittsmethode ermittelt, nach wie vielen Jahren die Kosten durch die zu erwartenden Einsparungen der Investition gedeckt werden. Für die Ermittlung der Amortisationszeit werden die Anschaffungskosten und die durchschnittlichen Kosteneinsparungen (Kapitalrückfluss) ins Verhältnis gesetzt (siehe Abbildung 4-3). Dabei gilt, je kürzer die Investitionsdauer, desto sicherer wird der Rückfluss der Anschaffungskosten. Daraus resultiert, dass das Investitionsvorhaben mit der kürzesten Amortisationszeit aufgrund des geringen Risikos als vorteilhaft angesehen wird [Schroeter 2002, S. 297].

$$\text{Amortisationszeit} = \frac{\text{Anschaffungskosten}}{\text{durchschnittliche Kosteneinsparung}}$$

Abbildung 4-3: Amortisationsrechnung zur Ermittlung der Amortisationszeit
[In Anlehnung an Schroeter 2002, S. 297]

Gemeinsam mit den einleitenden Ausführungen zu den wesentlichen Begriffen der Logistik (siehe Kapitel 2), der Beschreibung und Abgrenzung der unterschiedlichen AutoID-Technologien (Kapitel 3) sowie den erarbeiteten Ansätzen der zu verwendenden Methodik (siehe Kapitel 4) gelten diese Ergebnisse als Basis für die nachfolgende Konzeptionierung (siehe Kapitel 5).

5. Vorgehensmodell zur Auswahl von AutoID-Technologien

Entsprechend der in Kapitel 1 beschriebenen Zielsetzung wird im Rahmen dieser Abschlussarbeit eine Machbarkeitsstudie durchgeführt, deren Fokus auf der Auswahl von geeigneten AutoID-Technologien für die intralogistischen Prozesse von Sondermaschinenbauunternehmen gerichtet ist. Um in diesem Zusammenhang eine zielorientierte Auswahl zu gewährleisten, ist die Konzeptionierung eines systematischen Vorgehensmodells erforderlich.

Hierfür werden zunächst Anforderungen an das Vorgehensmodell erarbeitet (siehe Abschnitt 5.1). Anschließend erfolgt die Konzeptionierung des Vorgehensmodells zur Auswahl und Bewertung einer AutoID-Technologie (siehe Abschnitt 5.2).

5.1 Ermittlung von Anforderungen an das Vorgehensmodell

Der anwendungsorientierte Einsatz des Vorgehensmodells zur Auswahl von AutoID-Technologien für die Intralogistik erfordert die Erfüllung verschiedener Anforderungen (siehe Abschnitt 4.1) und in Abbildung 5-1 dargestellt sind.

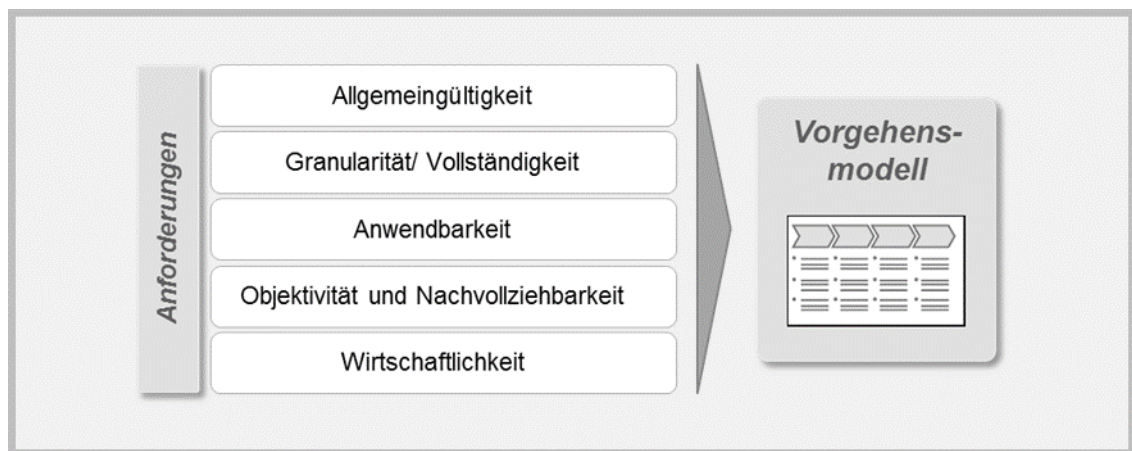


Abbildung 5-1: Anforderungen an das Vorgehensmodell
[Eigene Darstellung]

Zum einen soll das Modell weitgehend *allgemeingültig* sein, um auf verschiedene Prozesse der Intralogistik eines Sondermaschinenbauunternehmens anwendbar zu sein. Außerdem muss eine ausreichende *Granularität/ Vollständigkeit* bei der Darstellung der abzuarbeitenden Aktivitäten bestehen, welche dem Anwender konkrete Handlungsanweisungen zur Verfügung stellen. Eine weitere Anforderung besteht in der *Anwendbarkeit*, des entwickelten Modells. Dieser Prämisse soll durch das Nutzen geeigneter Verfahren für die Ermittlung der notwendigen Ausgangsdaten sowie durch die Anwendung des Modells in Kapitel 6 nachgekommen werden. Eine weitere Anforderung, die bei der

Konzeptionierung des Modells berücksichtigt werden soll, ist die Sicherstellung der *Objektivität und Nachvollziehbarkeit* bei der Auswahl der Technologie, wodurch die Möglichkeit zur Manipulation der Ergebnisse und subjektiver Einzelentscheidungen verhindert werden soll. Die letzte Anforderung umfasst die *Wirtschaftlichkeit* der Technologieauswahl. Trotz aller Ansprüche, die mit diesem Modell einhergehen, soll der Aufwand bei der Durchführung in einem angemessenen Zeitrahmen bleiben. Die Anwendung des Vorgehensmodells strebt zudem einen einfachen Arbeitsablauf an. Dies soll zum einen durch die Festlegung effizienter und standardisierter Aktivitäten sowie der zur Verfügung stehenden Methoden und Werkzeuge realisiert werden (siehe Abschnitt 4.3.2). In diesem Kontext fungiert das Vorgehensmodell inkl. der damit einhergehenden Methoden und Werkzeuge als methodische Unterstützung für die Anwender.

Ausgehend von den dargelegten Anforderungen wird im Anschluss die Konzeptionierung des Vorgehensmodells durchgeführt (siehe Abschnitt 5.2).

5.2 Konzeptionierung des Vorgehensmodells

Als Ausgangsbasis für die Entwicklung des Vorgehensmodells dienen die im zweiten und dritten Kapitel aufgezeigten theoretischen Grundlagen zur Logistik und zu den einzelnen AutoID-Technologien. Auf Letzteres beziehend, stehen aufgrund ihrer technischen Funktionalität sowie ihres Anwendungsgebietes die beiden AutoID-Technologien Barcode und RFID im Fokus dieser Arbeit (siehe Abschnitt 3.7). Darüber hinaus bedarf es für eine strukturierte Gestaltung des Vorgehensmodells sinnvoll ineinandergreifender Aktivitäten. Diesbezüglich erfolgt in dieser Arbeit eine Fokussierung auf die Aktivitäten der Vorphase, welche als Orientierungshilfe herangezogen und entsprechend der vorliegenden Problemstellung adaptiert werden. Hierbei werden die einzelnen Aktivitäten im weiteren Verlauf der Arbeit als eigenständig Phasen dargestellt. In Anlehnung an die Aktivitäten der Vorphase sowie an die in Kapitel 1 aufgeführte Zielsetzung gliedert sich der Aufbau des Vorgehensmodells in die fünf Phasen *Situationsanalyse*, *ID-Punkte-Auswahl*, *Technologieauswahl*, *technische Machbarkeitsanalyse* und *wirtschaftliche Machbarkeitsanalyse*, deren zusammenfassende Darstellung in Abbildung 5-2 erfolgt.

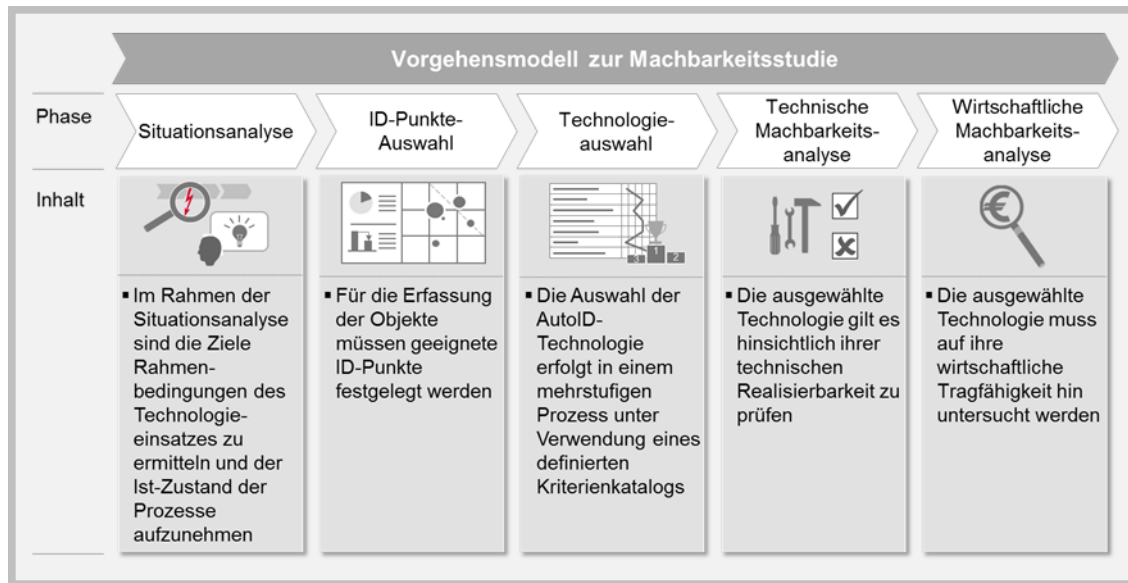


Abbildung 5-2: Aufbau des Vorgehensmodells

[Eigene Darstellung]

Der Aufbau folgt dem Gedanken, dass ohne die Festlegung der Technologiekomponenten keine konkrete technische Machbarkeitsuntersuchung durchgeführt werden. Weiterhin können die ID-Punkte- und die Technologieauswahl nur dann vorgenommen werden, wenn die Gegebenheiten eines spezifischen Anwendungsfalls geklärt sind. Diesen Gedanken folgend werden die beiden Aktivitäten ID-Punkte-Auswahl und Technologieauswahl zwischen der Situationsanalyse und vor der Machbarkeitsanalyse angeordnet. Die detaillierte Beschreibung der dem Konzept zu Grunde liegenden Inhalte wird innerhalb der jeweiligen Phasen des Vorgehensmodells vorgenommen.

Zur Umsetzung der jeweiligen Aktivitäten werden die in Abschnitt 4.3 aufgeführten Methoden herangezogen. Das Vorgehensmodell beginnt mit der Situationsanalyse, welche nachfolgend beschrieben wird (siehe Abschnitt 5.2.1).

5.2.1 Situationsanalyse

Mit der Situationsanalyse soll die Grundlage für die im späteren Verlauf der Arbeit durchzuführende Auswahl der ID-Punkte und der AutoID-Technologie geschaffen werden. Die Analyse ist größtenteils als eine Aufnahme des Ist-Zustandes zu verstehen und zielt darauf ab, alle notwendigen Daten zu ermitteln. Hierfür setzt sich diese Phase aus zwei Bestandteilen zusammen. Zum einen die Ermittlung der unternehmensseitigen Rahmenbedingungen und Ziele, zum anderen die Dokumentation und Analyse der relevanten Logistikprozesse.

Zielanalyse

Die Intention der Zielanalyse ist es, die wesentlichen Ziele und Anforderungen an den Nutzen der Technologie sowie die Rahmenbedingungen des Unternehmens festzuhalten.

Darüber hinaus gilt es einen ersten Eindruck von der aktuellen Situation in der Intralogistik zu erhalten. Um diese Daten in einer strukturierten Form zu ermitteln, wird ein Fragekatalog verwendet (siehe Abschnitt 4.3.1). Die Basis für die Fragebogenentwicklung bilden die in Kapitel 2 und 3 aufgeführten theoretischen Grundlagen. Formal gliedert sich der Fragebogen in einen *allgemeinen*, einen *technologiebezogenen* und einen *kostenbezogenen Teil*, dem jeweils mehrere Fragen zugeordnet sind. Der allgemeine Teil soll dazu beitragen, die befragte Person an die Thematik heranzuführen und damit ein Verständnis über die aktuelle Situation zu erlangen. Hierfür sollen die einzelnen Fragen auf folgende Punkte eingehen:

- Vorhandene AutoID-Technologien für logistische Anwendungen.
- Zufriedenheit mit der aktuellen Identifikation und Datenerfassung.
- Allgemeine Probleme innerhalb der Intralogistik.
- Aktuelle und zukünftige Projekte, die im Zusammenhang mit einer AutoID-Technologie stehen.

Mit dem technologiebezogenen Teil des Fragebogens werden die Anforderungen an einen Technologieeinsatz erhoben:

- Ziel des Technologieeinsatzes.
- Zu identifizierende Objekte (Material, Verpackung, Ladungsträger).
- Prozesse, in denen die AutoID von Objekten umgesetzt werden soll.
- Verfügbares Budget.

Im abschließenden Teil sind die Fragen bezüglich der Kosten zu klären. Hier soll mit dem Erfragen des zu Verfügungen stehenden Budgets der Projektrahmen eingegrenzt und die spätere Entscheidungsfindung unterstützen werden. Der entwickelte Fragebogen ist in Anhang B-1 abgedruckt. Wie darin ersichtlich ist, handelt es sich bei dem überwiegenden Teil des Fragebogens um offene Fragen. Damit soll sichergestellt werden, dass der Befragte nicht in seinen Antwortmöglichkeiten eingeschränkt wird und letztendlich ein umfassendes Bild entsteht. Um die gegebenen Antworten des Befragten zu überprüfen und nachzuvollziehen, ist es bei den offenen Fragen zu empfehlen, die Methode der 5W anzuwenden und fünfmal nach dem *Warum* zu fragen. Dadurch können die Rahmenbedingungen und Ziele genauer spezifiziert und komplexe Sachverhalte übersichtlich aufgeschlüsselt werden. Um alle relevanten Rahmenbedingungen und Ziele zu ermitteln, müssen die Stakeholder des Projektes befragt werden. Dies können sowohl potentielle Anwender als auch verantwortliche Führungskräfte sein, die über ein fundiertes Wissen des Untersuchungsbereichs verfügen. Darüber hinaus sollte sich unter den befragten Personen jemand befinden, der eine Entscheidungsbefugnis für die Abstimmung der Rahmenbedingungen und Ziele besitzt.

Im Anschluss an die Aufnahme der Rahmenbedingungen und Ziele gilt es, diese übersichtlich und idealer Weise tabellarisch abzubilden. Im Anschluss sind die erfassten

Rahmenbedingungen und Ziele auf Widerspruchsfreiheit und Vollständigkeit zu analysieren.

Anknüpfend an die Ergebnisse der Zielanalyse, kann der vom Unternehmen mit AutoID zu versiehende Prozess untersucht werden. Dieser Schritt erfolgt mit Hilfe der logistikorientierten Wertstromanalyse, welche nachfolgend erläutert wird.

Prozessaufnahme

Wie bereits im einleitenden Teil dieses Kapitels erwähnt wird, ist für eine Technologieauswahl eine umfassende Betrachtung der ausgewählten Prozesse sowohl auf materieller und administrativer als auch steuerungstechnischer Ebene notwendig. Aus diesem Grund ist eine Standardprozessanalyse nicht ausreichend, da diese die notwendigen globalen Zusammenhänge und erforderlichen Prozesscharakteristika nicht vollständig und übersichtlich abbildet. Dies betrifft insbesondere die gemeinsame Darstellung der Material- und der dazugehörigen Informationsflüsse. Aufgrund ihrer guten Visualisierungsmöglichkeit wird die in Abschnitt 4.2.1 beschriebene logistikorientierten Wertstromanalyse als Methode herangezogen. Ein Vorteil der Methode ist, dass sie über eine eigene Datensammlungs- und Auswertungsmethodik verfügt, welche die anschließende Analyse des aufgenommenen Wertstroms vereinfacht. Hinsichtlich dieser Analyse, welche für die Auswahl der AutoID-Technologie sowie der ID-Punkte die notwendigen Daten bereitstellen soll, gilt es allerdings einige Anpassungen für die Prozesse der Intralogistik vorzunehmen.

In Anlehnung an die obige Beschreibung werden zunächst einige Adaptionen hinsichtlich einer verbesserten Visualisierung des Wertstroms vorgenommen. Diese tragen dazu bei, den logistikorientierten Wertstrom standardisiert und ganzheitlich abzubilden. Der Fokus liegt vor allem auf den Prozessbausteinen, welche in Bezug auf die in Anhang A-10 aufgeführten Transformationen mit den wichtigsten Kennwerten für die Prozessanalyse ausgestaltet werden. Die bereits dargestellten Transformationen orientieren sich hauptsächlich an den grundlegenden logistischen Funktionen, welche aus den Aufgaben der Logistik abgeleitet werden (siehe Abschnitt 2.1). Demnach stehen die Funktionen der räumlichen und zeitlichen Transformation von Objekten zur Verfügung. Darüber hinaus werden die qualitativen Transformationen einbezogen, welche das Ver-, Ent- und Umpacken sowie das Prüfen von Materialien umfassen und auf die Produktqualität abzielt. Weiterführend werden mit den administrativen Funktionen die Tätigkeiten abgebildet, die mit dem Materialfluss eng verknüpft sind. Dabei handelt es sich um das Buchen, Etikettieren, Dokumentieren, Übermitteln von Informationen sowie die Erzeugung von Aufträgen. Anhand standardisierter Prozessattribute werden die für diese Arbeit relevanten Prozessbausteine beschrieben, wodurch eine hohe Transparenz und gute Vergleichbarkeit erzielt werden kann. Im Hinblick auf die AutoID von Objekten sind neben zeitbezogenen Kennzahlen, welche Hinweise für Optimierungspotentiale liefern können, vor allem die Daten zu den Hilfsmitteln relevant. Beispielsweise kann mit der

Erhebung der zugehörigen Daten ermittelt werden, welche Hilfsmittel im Fokus der Betrachtung stehen sollen. Für eine übersichtliche Darstellungsweise werden sowohl die unterschiedlichen Prozessschritte als auch die verschiedenen Teilprozesse farblich hervorgehoben. Insgesamt kann mit diesen spezifischen Attributen eine genauere Prozessbeschreibung erfolgen, die es zudem ermöglicht, Kennzahlen zu berechnen und den Ressourcenbedarf abzuschätzen. Die detaillierte Ausführung der adaptierten Prozessbausteine kann aus Abbildung 5-3 entnommen werden.

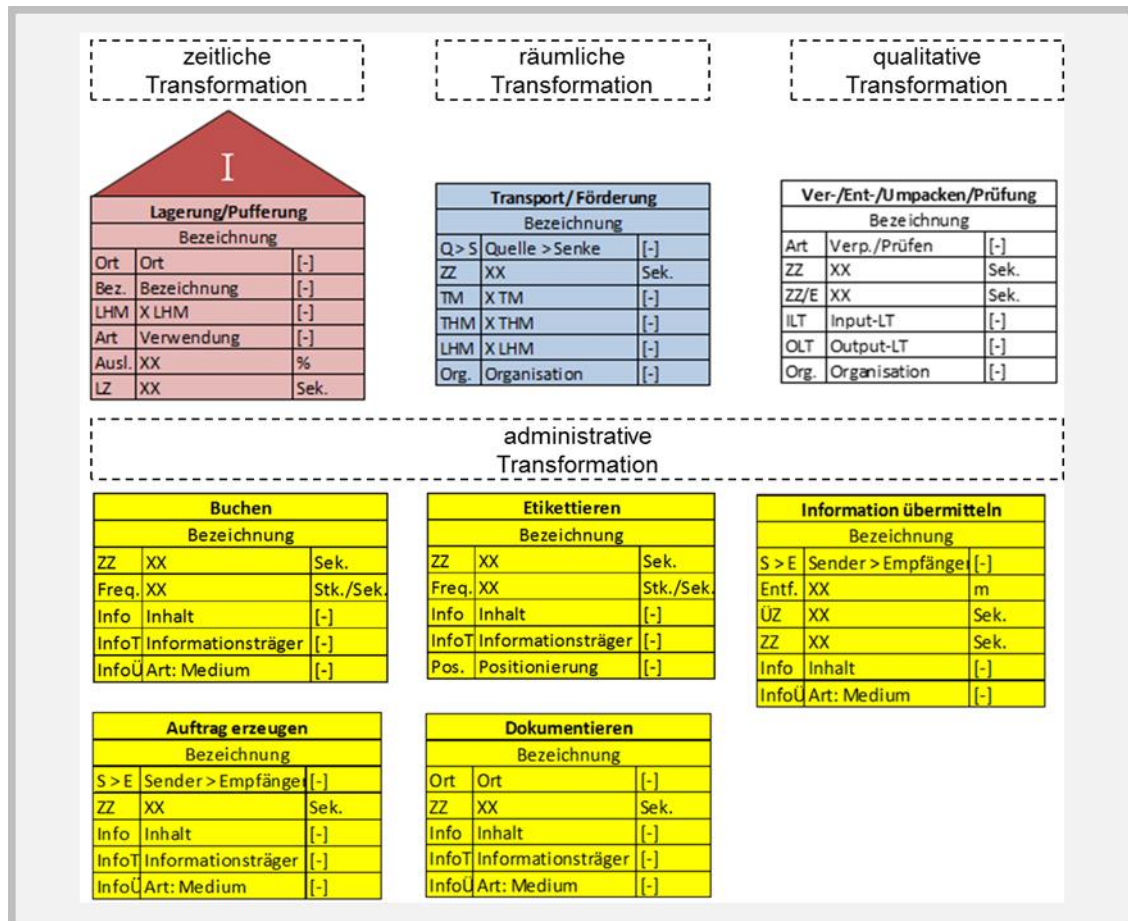


Abbildung 5-3: Adaptierte Prozessbausteine zur Wertstromaufnahme
[In Anlehnung an Günthner et al. 2013b, S. 226 ff.]

Darüber hinaus gilt es festzulegen, in welcher Form die Prozessbausteine in den Wertstrom einzuzeichnen sind, welches vor allem die administrative Transformation betrifft. Hierbei wird eine Unterscheidung hinsichtlich der Tätigkeiten der Materialflussmitarbeiter getroffen. Die administrativen Tätigkeiten, die ein Mitarbeiter nur zu einem bestimmten Zeitpunkt im Materialfluss durchführt und die demnach nicht parallel zu diesem stattfinden, sind in die Materialflussbahn einzuzeichnen. Alle Tätigkeiten, die ein Mitarbeiter parallel zum Materialfluss ausübt, sowie diejenigen Prozessschritte, die durch das System automatisiert ausgeführt werden, werden dementsprechend oberhalb der Materialflussbahn eingezeichnet.

In Anlehnung an die wesentlichen Adaptionen der logistikorientierten Wertstromanalyse wird nachfolgend die Vorgehensweise zur Aufnahme des Wertstroms beschrieben. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass der Wertstrom bereits im Zuge der Zielanalyse durch das Unternehmen vorgegeben ist, weshalb die Aufgabe der Wertstromaufnahme nicht durchzuführen ist. Für eine standardisierte Aufnahme des Wertstroms bedarf es einer systematischen Vorgehensweise, welche die vollständige Erhebung der qualitativen als auch quantitativen Daten unterstützt. Darauf bezugnehmend, sind fünf Arbeitsschritte notwendig (siehe Abbildung 5-4). Die ersten drei Schritte zielen auf die Erfassung der Prozessschritte des Material- und Informationsflusses, wohingegen der vierte Schritt die Zusammenhänge zwischen diesen Prozessschritten herstellen soll. Der fünfte Arbeitsschritt, die Übertragung des aufgenommenen Wertstroms in eine Software, ist lediglich als eine Empfehlung anzusehen. Allerdings trägt dies dazu bei, die Ergebnisse der Wertstromaufnahme anderen Personen leichter zugänglich zu machen.

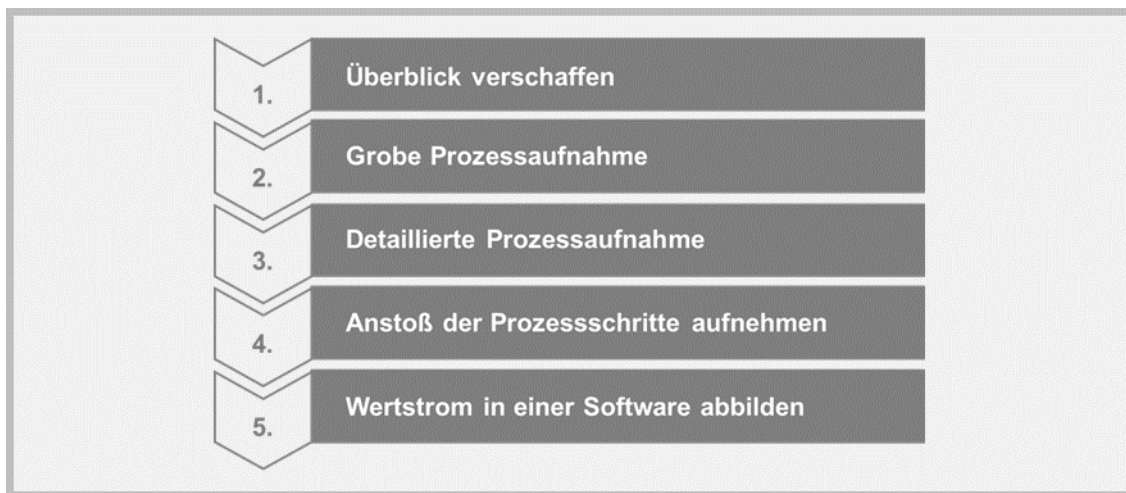


Abbildung 5-4: Vorgehensweise der Prozessvisualisierung
[Eigene Darstellung]

Im *ersten Schritt*, der als eine Art Schnelldurchgang zu verstehen ist, sind die Prozessbausteine vor Ort, in einer rudimentären Art, mit Papier und Stift zu erfassen. Hierdurch soll in erster Linie ein grundsätzlicher Überblick über den Ablauf des Wertstroms geschaffen werden. Sowohl bei diesem als auch in den nachfolgenden Schritten ist es wichtig, die Aufnahme rückwärtsgerichtet durchzuführen. Damit ist gemeint, dass die Aufnahme vom Kunden ausgeht und entgegen der Materialflussrichtung erfolgt. Um den vorherigen Prozessschritt zu identifizieren, können Mitarbeiter des aktuellen Prozessschrittes oder Führungskräfte befragt werden. Dabei gilt es zu beachten, dass die Informationen stets zu überprüfen sind. Ein Vorteil, die Aufnahme rückwärtsgerichtet durchzuführen, besteht darin, dass die Notwendigkeit des jeweiligen Prozessschrittes hinterfragt wird. Viel wichtiger ist jedoch der Punkt, dass bei dieser Vorgehensweise kein Materialfluss vergessen wird, denn oftmals fließen diese aus unterschiedlichen Strömen zusammen.

Der darauffolgende *zweite Schritt* besteht aus einer groben Prozessaufnahme, die zunächst darauf abzielt, die einzelnen Prozessbausteine des Wertstroms abzubilden. Darüber hinaus können vereinzelt erste Attribute inklusive deren Werte festgehalten werden. Wie im ersten Arbeitsschritt sind hier ebenfalls die aufgenommenen Prozessschritte und Informationen zu hinterfragen.

Die detaillierte Prozessaufnahme bildet den *dritten Arbeitsschritt*, um den Wertstrom zu erfassen. Hierbei sind die Informationen während eines erneuten Durchlaufs in die adaptierten Datenkästen eines jeden Prozessschrittes einzutragen. Die Aufnahme der Informationen kann durch das Befragen von Mitarbeitern, das Beobachten von Tätigkeiten, das Beschaffen aus bestehenden Unterlagen oder das Berechnen von Zahlenwerten erfolgen. Außerdem besteht für den Fall, dass gesetzliche oder unternehmensinterne Einschränkungen bei der Informationserhebung vorliegen (z. B. Zeiterfassung einer Mitarbeitertätigkeit), die Möglichkeit der eigenständigen Bearbeitung. Hierbei können die benötigten Informationen für die zu analysierende Tätigkeit in Form der selbstständigen Ausführung erhoben werden.

Im *vierten Schritt* gilt es den Zeitpunkt und die Art des Prozessschrittanstoßes aufzunehmen. Das Ziel hierbei ist es, den Zusammenhang zwischen den einzelnen Prozessschritten aufzuzeigen. Eine detaillierte Beschreibung der neun Symbole, mit denen ein Anstoß der Prozessschritte erfolgt, kann im Anhang A-11 nachgeschlagen werden. Hierbei ist ausgehend von dem betrachteten Prozessschritt zu untersuchen, wie dieser durch den vorherigen Prozessschritt initiiert wird. Dabei kann die Prozessdurchführung in Form einer bestimmten Logik gestartet werden. Diese kann z. B. im Fluss erfolgen, wenn eine Tätigkeit direkt im Anschluss einer vorangegangenen Tätigkeit beginnt. Weiterhin ist es möglich, dass die Prozessdurchführung mit der Übermittlung bestimmter Informationen beginnt, z. B. durch einen Auftrag aus dem System.

Die Informationen aus den zuvor durchgeführten Arbeitsschritten sind abschließend mit dem *fünften Arbeitsschritt* in einer Visualisierungssoftware abzubilden. Hierzu werden mit der Software Microsoft Visio eigene Standardshapes entwickelt. Damit soll es für weitere Aufnahmen möglich sein, alle Prozessbausteine, Anstoß- sowie unterstützenden Symbole aus einer standardisierten Vorlage wiederzuverwenden. Diese Shapes gleichen den bereits in Abbildung 5-4 dargestellten Prozessbausteinen sowie den Steuerungssymbolen.

Prozessanalyse

Infolge der transparenten Darstellung des gesamten Wertstroms sind die ermittelten Prozessschritte und Informationen zu analysieren. Zum einen richtet sich der Fokus hierbei auf die gezielte Suche nach Schwachstellen und Verschwendungen, insbesondere derer, die im Zusammenhang mit der Einführung einer AutoID-Technologie stehen können. Die Verschwendungen können dabei sowohl auf den Gesamtprozess bezogen vorkommen als

auch innerhalb der einzelnen Prozessschritte existieren. Zum anderen kann durch die Analyse ermittelt werden, welche Schnittstellen und Komponenten im Wertstrom für die Auswahl einer AutoID-Technologie von Relevanz sind.

Die Ermittlung der Schwachstellen kann beispielsweise auf der Basis von Wissen und Erfahrungen der Prozessbeteiligten erfolgen. Hierbei gilt es die geschilderten Probleme und Auffälligkeiten im Prozess festzuhalten. Des Weiteren kann eine systematische Identifizierung der Schwachstellen über die sieben Arten der Verschwendung vorgenommen werden (siehe Anhang A-9). Dabei handelt es sich um Verschwendungen in Form von Überlieferungen, Wartezeiten, überflüssigen Transporten, undefinierten Prozessen, (überdimensionierten) Beständen, unnötigen Tätigkeiten oder Fehlern (falsches Produkt, falscher Ort, falsche Zeit/ Menge/ Qualität). Darüber hinaus dienen die Kenngrößen in den Datenkästen als Anhaltspunkt für etwaige Verschwendungen, die innerhalb eines Prozessschrittes zum Tragen kommen. Um hierbei die Übersichtlichkeit zu gewährleisten wird empfohlen, die Verschwendungen in einer Tabelle, mit einer fortlaufenden Nummerierung, der Art der Verschwendung und deren Beschreibung festzuhalten.

Schnittstellenanalyse

Grundsätzlich ist in der hier angewandten logistikorientierten Wertstromanalyse eine Ermittlung der Schnittstellen und Komponenten des Wertstroms nicht erforderlich. Im Hinblick auf die ID-Punkte- und Technologieauswahl gilt es diese jedoch zu berücksichtigen. Unter Schnittstellen sind einerseits die Übergänge zu anderen Organisationsbereichen zu verstehen, an denen eine Objektidentifizierung vorgenommen werden kann. Auf der anderen Seite betrifft dies die systemseitigen Schnittstellen, d. h. die Übergänge vom Materialfluss zu den administrativen parallelen Tätigkeiten. Um die organisatorischen Schnittstellen zwischen den Organisationsbereichen im Wertstrom zu erkennen, kann als Hilfsmittel ein Werksplan herangezogen werden. Dieser trägt dazu bei, die betrachteten Organisationsbereiche besser zu visualisieren. Im Wertstrom sind die der Organisationsbereiche, z. B. vom Wareneingang in das Lager, zu kennzeichnen, indem jeder Organisationsbereich durch eine farbliche Hintergrundmarkierung abgehoben wird. Darüber hinaus ist jede Schnittstelle unter der Nennung der Organisationsbereiche festzuhalten sowie die Gesamtanzahl an Schnittstellen zu bilden. Dieser Punkt spielt vor allem bei der Auswahl der ID-Punkte eine wichtige Rolle (siehe Kapitel 5.2.2). Wie eingangs erwähnt, müssen die Schnittstellen zu bestehenden IT-Systemen ebenfalls ermittelt werden. Diese dienen als Informationsgrundlage für eine spätere Integration der ausgewählten AutoID-Technologie in die bestehenden Anwendungen. Im Hinblick auf das Datenmanagement stellt sich die Frage, welche Daten gespeichert werden sollen und wie diese Daten mit den Daten in den IT-Systemen verknüpft sind:

- Wo sind informatorische Schnittstellen?
- Welche IT-Systeme werden an diesen Schnittstellen verwendet?
- Welche Daten werden an den Systemschnittstellen erfasst?
- Wie werden die Daten an den Systemschnittstellen erfasst?

Die Ergebnisse der einzelnen Bestandteile der Prozessanalyse tragen dazu bei, alle notwendigen Daten zu erheben, um in den beiden folgenden Phasen eine ID-Punkte- und Technologieauswahl vorzunehmen.

5.2.2 ID-Punkte-Auswahl

Das Ziel dieses Abschnittes ist es, eine Systematik zu erarbeiten, die für ein Unternehmen die relevanten ID-Punkte im Materialfluss identifiziert. Denn die Objekte können nur identifiziert werden, wenn deren Informationen an bestimmten Punkten im Materialfluss erfasst werden (siehe Abschnitt 3.6). Damit stellt die Auswahl von ID-Punkten die Basis für die anschließende Technologieauswahl dar und ist ein zentrales Element des Vorgehensmodells. Hierbei liefern sowohl die Menge an ID-Punkten als auch der Ort der ID-Punkte entscheidende Hinweise auf die Einsatzfähigkeit einer AutoID-Technologie.

Aufgrund dessen stellt sich die grundlegende Frage, an welcher Stelle im Prozess eine Erfassung von Objekten gegeben sein muss, um eine ausreichende oder optimale Dokumentation der Objektdaten sicherzustellen. Eine ausreichende Dokumentation kann z. B. darin bestehen, die Kenntnis darüber zu haben, in welchem Organisationsbereich ein Objekt verweilt. Andererseits kann ein Unternehmen infolge einer granulareren Erfassung nicht nur den Objektstandort genauer eingrenzen, sondern detailliertere Kennzahlen erheben, die Schwachstellen in ihrem Prozess verdeutlichen. Im Hinblick auf den Auswahlprozess sollen die ID-Punkte ermittelt werden, bei denen ein optimales Verhältnis aus Kosten und Nutzen vorliegt. Das Ergebnis dieser Phase sind somit ausgewählte ID-Punkte, nicht die Technologie und in welcher Form eine Identifizierung durchgeführt wird. Hierbei gilt es die Anforderungen (siehe Abschnitt 5.2.1) an ein Vorgehensmodell zu beachten

Allgemeine ID-Punkte-Ermittlung

Als Basis für die systematische ID-Punkte-Auswahl wird die logistikorientierte Wertstromanalyse herangezogen (siehe Abschnitt 5.2.1). Dies geschieht vor dem Hintergrund der Fragestellung, wo im Materialfluss eine Erfassung der Objekte erfolgen kann. Diesbezüglich liefert die logistikorientierte Wertstrommethode mit den Prozessbausteinen der zeitlichen, räumlichen und qualitativen sowie administrativen Transformationen Anhaltspunkte, an welchen Stellen diese Erfassung vorgenommen werden kann. Darüber hinaus werden im Rahmen der Prozessanalyse organisatorische Bereichsschnittstellen identifiziert, an denen ebenfalls eine Erfassung von Objekten erfolgen kann. Daher gilt es, aus den Prozessbausteinen der genannten Transformationen sowie mit den Bereichsschnittstellen als mögliche ID-Punkte den Lösungsraum zu bilden. Mit Blick auf die

Allgemeingültigkeit des Vorgehensmodells können diese unabhängig von den bestehenden Gegebenheiten eines Unternehmens auf Basis der standardisierten Wertstromanalyse identifiziert werden. In Anlehnung an den gewählten Betrachtungsschwerpunkt werden nachfolgend die jeweiligen ID-Punkte in vier Typen kategorisiert und spezifiziert, an denen später eine Erfassung von FHM erfolgen kann.

Der *erste ID-Punkt-Typ* resultiert aus dem Prozessbaustein des Puffer- und Lagerprozesses. Dieser beschreibt die zeitliche Transformation eines Objektes, welches sich z. B. in einem Lager oder auf einer Bereitstellungsfläche befindet. Hieraus lässt sich ableiten, dass im Wertstrom eine Erfassung an allen Puffer-/Lagerflächen erfolgen kann. Der *zweite ID-Punkt-Typ* basiert auf dem Prozessbaustein des Förderns bzw. Transportierens. Um eine Erfassung zu ermöglichen, kommen bei diesem Typen alle Fördermittel, die in einem betrachteten Wertstrom genutzt werden, als ID-Punkte in Frage (siehe Abschnitt 2.1). Mit der Darstellung der räumlichen Transformationen erfolgt die Erfassung von der Aufnahme des FHM bis zu dessen Abgabe. Der *dritte ID-Punkt-Typ* umfasst eine Zusammensetzung aus mehreren Prozessbausteinen. Hierzu zählen sowohl die qualitativen Transformationen des Ver-/Entpackens, des Umpackens und des Prüfens als auch die prozessorientierten administrativen Transformationen wie das Buchen und Etikettieren. Dieser ID-Punkt-Typ ist von besonderer Bedeutung, da an dieser Stelle im Wertstrom Objekte voneinander getrennt oder zusammengeführt werden. Die Orte, an denen diese Formen der Transformation stattfinden, werden im Folgenden als Bearbeitungsstationen bezeichnet und befinden sich im Regelfall an den Warenein-/ausgängen sowie Lagerein-/ausgängen. Daher wird dieser ID-Punkt-Typ als die Erfassung an Bearbeitungsstationen bezeichnet. Der *vierte ID-Punkt-Typ* ist ein Resultat der Schnittstellenanalyse und betrachtet die Ein- und Ausgänge von organisatorischen Unternehmensbereichen. Die Schnittstelle bezeichnet z. B. den Übergang vom Wareneingang in das Lager. In der Regel sind diese durch Rolltore abgegrenzt oder müssen durch das Unternehmen definiert werden. Somit ergeben sich insgesamt die in Abbildung 5-5 aufgelisteten vier ID-Punkt-Typen.

ID-Punkt-Typen	Beschreibung
ID-Punkt-Typ 1	Erfassung an Pufferflächen
ID-Punkt-Typ 2	Erfassung an Fördermitteln
ID-Punkt-Typ 3	Erfassung an Bearbeitungsstationen
ID-Punkt-Typ 4	Erfassung an organisatorischen Schnittstellen

Abbildung 5-5: Übersicht der vier allgemeinen ID-Punkt-Typen
[Eigene Darstellung]

Weiterführend besteht die Möglichkeit, dass die ID-Punkt-Typen hinsichtlich der Erfassungsgranularität einzeln, in verschiedenen Kombinationen oder gemeinsam für die ID-Punkte-Auswahl herangezogen werden. Um die alle möglichen Kombination der vier ID-Punkt-Typen zu erarbeiten, wird auf die Methode des gezielten Systematisierens zurückgegriffen (siehe Anhang A-13). Bei der vorliegenden Problemstellung handelt es sich bei dem Variationsmerkmal um die vier ID-Punkt-Typen. Dabei werden alle ID-Punkt-Typen in einer Kreuztabelle (Primärmatrix) gegenübergestellt und miteinander kombiniert. Die Vergleichsfelder desselben ID-Punkt-Typs sind dabei nicht zu füllen. Somit ergeben sich aus der in Abbildung 5-6 dargestellten Primärmatrix zunächst sechs Variationsmöglichkeiten. In der zweiten Stufe (Sekundärmatrix) erfolgt die gleiche Vorgehensweise wie in der ersten Stufe. Hier werden jedoch nicht die ID-Punkt-Typen gegenübergestellt, sondern die in der Primärmatrix generierten Variationsmöglichkeiten. Die in grau markierten Lösungen stellen die bereits vorhandenen Kombinationen aus der ersten und zweiten Stufe dar.

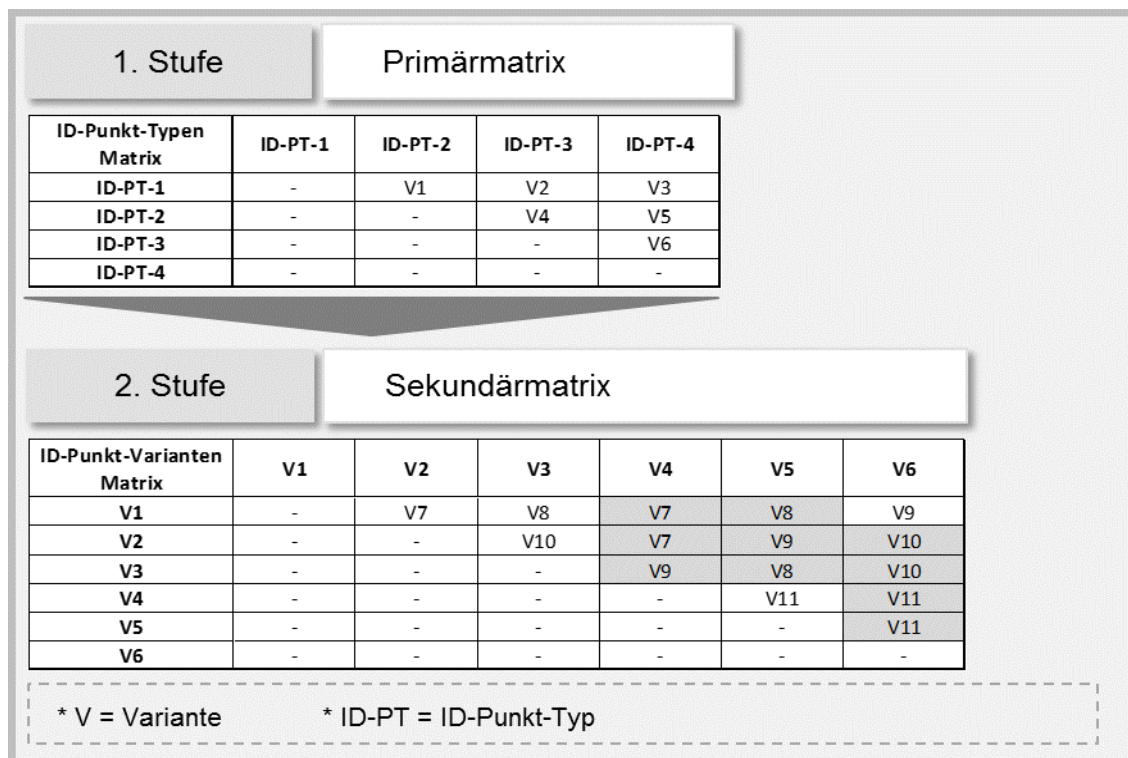


Abbildung 5-6: Systematik zur Ermittlung der ID-Punkt-Varianten
[Eigene Darstellung]

Als Resultat des Systematisierens ergeben sich aus der Kombination der bestehenden vier ID-Punkt-Typen elf weitere Varianten. Damit bestehen für den Auswahlprozess insgesamt 15 ID-Punkt-Varianten, welche in Abbildung 5-7 dargestellt werden. Diese reichen von einer Erfassung der einzelnen ID-Punkt-Typen, die im Folgenden durch die Varianten 12 bis 15 gekennzeichnet sind, bis zu der sehr granularen Erfassung mit der Variante neun, bei der alle ID-Punkt-Typen als ID-Punkt einbezogen werden.

ID-Punkt-Varianten	Erfassung an Pufferflächen	Erfassung an Fördermitteln	Erfassung an Bearbeitungsstationen	Erfassung an organisatorischen Bereichsschnittstellen
Variante 1	✓	✓		
Variante 2	✓		✓	
Variante 3	✓			✓
Variante 4		✓	✓	
Variante 5		✓		✓
Variante 6			✓	✓
Variante 7	✓	✓	✓	
Variante 8	✓	✓		✓
Variante 9	✓	✓	✓	✓
Variante 10	✓		✓	✓
Variante 11		✓	✓	✓
Variante 12	✓			
Variante 13		✓		
Variante 14			✓	
Variante 15				✓

Abbildung 5-7: Übersicht der ID-Punkt-Varianten
[Eigene Darstellung]

Die hier verwendete Methodik zeigt, dass die ID-Punkt-Varianten unabhängig von den Gegebenheiten eines Unternehmens identifiziert werden können. Darüber hinaus werden jedoch unternehmensspezifische Daten benötigt, die einen maßgeblichen Einfluss auf die Auswahl der geeignetsten ID-Punkt-Variante haben. Dementsprechend erfolgt nach der allgemeinen ID-Punkte-Ermittlung die an einem Unternehmen orientierte Bestimmung der ID-Punkte.

Unternehmensspezifische ID-Punkte-Auswahl

Im Anschluss an die Ermittlung der 15 allgemein möglichen ID-Punkt-Varianten gilt es, zunächst die zugehörigen Mengen der potentiellen ID-Punkte festzustellen, die in einem Unternehmen vorliegen. Diese Mengen bilden eine notwendige Grundlage für die Entscheidung über die ID-Punkt-Varianten.

Für die Bestimmung dieser ID-Punkt-Mengen werden analog zu dem zuvor ausgeführten Schritt der Variantenbildung die Ergebnisse der Wertstromanalyse herangezogen (siehe Kapitel 5.2.1). Hierbei richtet sich der Blick vor allem auf die Anzahl der Prozessbausteine sowie Schnittstellen, welche für die vier ID-Punkt-Typen im betrachteten Wertstrom existieren. Ergänzend ist zu beachten, dass nicht alle Prozessbausteine und Schnittstellen als Eingangsgrößen für die Mengenermittlung in Betracht gezogen werden können. Eine Ausgrenzung einzelner ID-Punkte kann verschiedene Gründe haben, was folgendes Beispiel verdeutlichen soll. Plant ein Unternehmen seine Lieferanten über eine AutoID-Technologie einzubinden und in seinen Wertstrom zu integrieren, kann eine automatische Objekterfassung innerhalb des betrachteten Unternehmens erstmals bei der

Entladung vorgenommen werden. Dies ist nur möglich, wenn die zu erfassenden Objekte bereits mit den notwendigen Datenträgern ausgestattet sind. Ist der Lieferant hierzu nicht in der Lage, kann eine Identifikation der Objekte erst dann erfolgen, wenn der Wareneingang gebucht ist.

Ferner ist eine weitere Besonderheit zu beachten, welche den Prozessbaustein des Förderns/ Transportierens betrifft. Hierbei kann es vorkommen, dass die Menge der Prozessbausteine nicht die Anzahl an tatsächlich eingesetzten Fördermitteln widerspiegelt. Diese Problematik resultiert daraus, dass in einem Organisationsbereich mehrere Fördermittel die Förderung von Objekten übernehmen. Dementsprechend können bei der Betrachtung eines Förder-/Transportprozesses mehrere Fördermittel und nicht nur der einzelne Prozessbaustein einen potentiellen ID-Punkt darstellen. Infolge dieses Sonderfalls bedarf es hinsichtlich der Mengenermittlung einer Ausnahmeregelung. Daher wird die Anzahl an Fördermitteln, welche im betrachteten Wertstrom eingesetzt werden, als relevante Menge definiert. Im Anschluss an die Ermittlung der ID-Punkt-Mengen je ID-Punkt-Typ werden diese auf die 15 ID-Punkt-Varianten übertragen. Insgesamt ergeben sich daraus die potentiellen ID-Punkt-Mengen je ID-Punkt-Variante, die für die weiteren Ermittlungen relevant sind.

Anknüpfend an die Ermittlung der ID-Punkt-Mengen ist es erforderlich festzustellen, welche der 15 ID-Punkt-Varianten für ein Unternehmen infrage kommen. Grundsätzlich hat ein Unternehmen die Möglichkeit die ID-Punkt-Variante auszuwählen, welche aufgrund ihrer hohen Granularität bei der Objekterfassung den höchsten Nutzen bringt. Dieser Zustand bedeutet allerdings, dass die Kosten bei einer derartigen Entscheidung in der Regel deutlich höher sind. Das Vorgehensmodell sieht jedoch die Auswahl der am besten geeigneten ID-Punkte-Variante vor. Hierfür wird die Methode der Kosten-Nutzwert-Analyse herangezogen (siehe Abschnitt 4.2). Dementsprechend werden im Folgenden die Kategorien zu den Bewertungsdimensionen ID-Punkt-Nutzen und ID-Punkt-Kosten erarbeitet.

Für die Ermittlung des ID-Punkt-Nutzens werden zunächst die Nutzenkategorien definiert. Wie eingangs erläutert, besteht ein Grund für die Nutzung einer AutoID-Technologie darin, Transparenz über die Abläufe in einem Unternehmen herzustellen (siehe Abschnitt 3.1). Diese wird in der Regel über die Informationen generiert, welche mit einem Betrachtungsgegenstand, in dem Fall mit dem zu verfolgenden Objekt, verknüpft sind. Bei diesen Objektinformationen kann es sich z. B. um die Bezeichnung eines FHM oder um den Start- und Zielort eines Materials handeln. Auf Basis dieser Überlegungen beschreibt eine Nutzenkategorie die Menge an erfassbaren Informationen, welche aus der Identifikation eines Objektes gewonnen werden. Diese Kategorie wird im weiteren Verlauf als *Informationsdichte* bezeichnet. Für die Ermittlung der Informationsdichte ist es wichtig festzustellen, wie häufig die Informationen über die Objekte erfasst werden

können. Im Allgemeinen erfolgt dies an jedem ID-Punkt im Materialfluss. Dementsprechend kann hierfür die Menge an ID-Punkten aus dem vorherigen Planungsschritt herangezogen werden. In Anlehnung an den obigen Gedankengang ist die Menge an ID-Punkten mit der Menge an Informationen, welche mit diesen gewonnen werden kann, äquivalent. Die maximale Informationsmenge besteht demnach bei der ID-Punkt-Variante, welche die meisten ID-Punkte beinhaltet. Zur Vergleichbarkeit der ID-Punkt-Varianten wird die Informationsdichte für jede Variante als die Relation zwischen der Menge an Informationen, die mit einer betrachteten ID-Punkt-Variante gewonnen werden kann, und der Menge an Informationen, die maximal erhoben werden kann, definiert.

Ein weiterer Baustein auf dem Weg zur Transparenz der Prozesse ergibt sich durch das Auswerten von Kennzahlen. In der Logistik nehmen Kennzahlen eine wichtige Rolle ein, da sie z. B. Aussagen über Kosten, Leistungen oder Qualität liefern und sich sowohl zur Kontrolle als auch für zukünftige Planungen eignen (siehe Abschnitt 2.1). Bezugnehmend auf die im Wertstrom verwendeten Prozessbausteine können daher verschiedene operative Kennzahlen der zeitlichen, räumlichen und qualitativen Transformation erhoben werden. In Anlehnung an die Transformationen werden die drei Kennzahlengruppen *Förder-/Transportkennzahlen*, *Puffer-/Lagerkennzahlen* sowie *Kennzahlen der qualitativen Operationen* gebildet, denen die jeweiligen Einzelkennzahlen zugeordnet werden können. Eine Auflistung aller existierenden innerbetrieblichen Logistikkennzahlen ist an dieser Stelle nicht zielführend. Daher gilt es anzumerken, dass die Kennzahlen je nach Bedarf des Unternehmens entsprechend der aufgeführten Gruppierung eingetragen werden können. Eine Übersicht an potentiellen Kennzahlen, die im Rahmen dieser Betrachtung verwendet werden können, ist in Anhang A-2 aufgeführt. Neben den oben erwähnten Kennzahlengruppen können zudem Werte zur Durchlaufzeit eines Objektes erhoben werden. Dies gilt sowohl für einzelne Abschnitte als auch über den gesamten Prozess. Infolgedessen wird als weitere Kennzahlengruppe die der *Durchlaufzeit* identifiziert (siehe Abbildung 5-8).

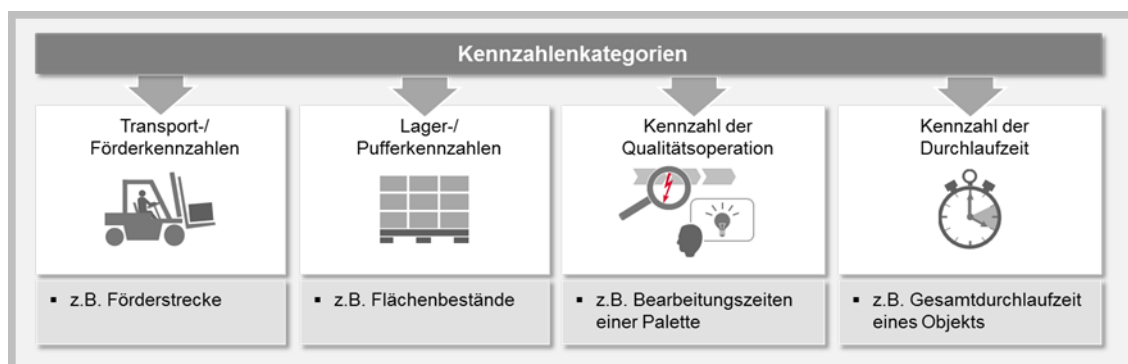


Abbildung 5-8: Kennzahlengruppierung

[Eigene Darstellung]

Damit die Kennzahlen als Nutzenkategorie fungieren können, werden diese im nächsten Schritt den vier ID-Punkt-Typen zugeordnet. Hierdurch wird festgestellt, welche Kennzahlen grundsätzlich durch einen ID-Punkt-Typen mit einer AutoID-Technologie erhoben werden können. Hierbei ist jede der ausgewählten Kennzahlen einzeln zu betrachten. Beispielsweise kann die Kennzahl Förderzeit auf zwei Arten erhoben werden. Einerseits ist dies möglich, indem ein Fördermittel als ID-Punkt fungiert und die Zeit von der Aufnahme bis zur Abgabe des Objektes festhält. Andererseits kann die Förderzeit dadurch ermittelt werden, dass die Zeit vom Austritt aus einer Pufferfläche bis zu dem Eintritt in die andere Pufferfläche betrachtet wird. In dem beschriebenen Beispiel kann die Förderzeit sowohl durch den ersten ID-Punkt-Typ als auch zweiten ermittelt werden. In Anlehnung daran ist eine Kennzahlenzuordnung vorzunehmen, wie es exemplarisch in Abbildung 5-9 der Fall ist. Hierbei steht der eingetragene Wert eins dafür, dass eine Kennzahl mit einem ID-Punkt-Typen ermittelbar ist, wohingegen der Wert null besagt, dass die Kennzahl nicht ermittelt werden kann. Aufsummiert ergeben die Einzelwerte die Anzahl an erfassbaren Kennzahlen für jeden ID-Punkt-Typ. Gemessen an der Anzahl der maximal ermittelbaren Kennzahlen ergibt sich je ID-Punkt-Typ die ermittelbare Anzahl an Kennzahlen in Prozent.

Kennzahlenkategorie	Kennzahlentyp	ID-Punkt-Typ 1	ID-Punkt-Typ 2	ID-Punkt-Typ 3	ID-Punkt-Typ 4
Transport-/ Förderkennzahlen	Kennzahl 1	1	...	...	...
	Kennzahl 2	1	...	...	...
	...	0	...	...	...
Lager-/ Pufferkennzahlen	...	1	...	...	...
	...	1	...	...	...
	...	1	...	...	...
Kennzahlen der Qualitätsoperationen	...	0	...	...	...
	...	0	...	...	...
	...	1	...	...	...
Kennzahlen der Durchlaufzeit	...	1	...	...	...
	...	1	...	...	...
	Kennzahl n	1	...	...	...
Anzahl nicht ermittelbarer Kennzahlen		3	...	...	...
Anzahl ermittelbarer Kennzahlen		9	...	...	...
Anzahl ermittelbarer Kennzahlen [in Prozent]		75 %	...	...	...

Abbildung 5-9: Beispiel für die Systematik zur Kennzahlenzuordnung
[Eigene Darstellung]

Nachfolgend gilt es, die ermittelten Kennzahlenmengen zu den vier ID-Punkt-Typen entsprechend der Übersicht in Abbildung 5-7 auf die 15 ID-Punkt-Varianten zu übertragen. Damit wird festgestellt, welche Variante den größten Nutzen für ein Unternehmen erzielen kann. An diese allgemeine Festlegung anknüpfend, ist die Relevanz der Kennzahlen für ein Unternehmen einzubinden. Das bedeutet, dass die ermittelbaren Kennzahlen dem Unternehmen nur dann einen Nutzen stiften, wenn es diese wirklich benötigt. Dementsprechend sind zwei Schritte erforderlich. Das Unternehmen muss zunächst festlegen,

welche Kennzahlen es unbedingt erfassen möchte. Im weiteren Verlauf wird dann von sogenannten Festkennzahlen gesprochen. Dementsprechend werden alle ID-Punkt-Varianten aus der weiteren Betrachtung ausgeschlossen, die keine Festkennzahlen bereitstellen können. Darüber hinaus sind alle übrigen Kennzahlen, die einen Mehrwert generieren, aber aus Sicht des Unternehmens nicht notwendigerweise erfasst werden müssen, als Wunsch Kennzahlen zu bezeichnen. Im zweiten Schritt ist mit den Methoden des paarweisen Vergleichs und der Paretoanalyse (siehe Kapitel 4.3.2) eine Priorisierung der Kennzahlen vorzunehmen. Dabei werden die Kennzahlen mit dem paarweisen Vergleich zunächst miteinander verglichen und durch das Unternehmen in eine Reihenfolge gebracht. Anschließend werden die Kennzahlen mit der Paretoanalyse kategorisiert und den resultierenden Klassen Gewichtungswerte zugeordnet. In Anlehnung an die gewichtete Punktebewertung wird die ermittelte Gewichtung der Einzelkennzahlen mit den zugeordneten Kennzahlenmengen der 15 ID-Punkt-Varianten multipliziert. Die prozentualen Werte, welche aus dieser Vorgehensweise resultieren, werden in dem Vorgehensmodell als *Kennzahlenerfassbarkeit* bezeichnet. Anhand der einzelnen prozentualen Werte kann abgelesen werden, welche ID-Punkt-Variante den größten Nutzen in dieser Nutzenkategorie für ein Unternehmen birgt.

Die Nutzendimension kann also im Wesentlichen aus den beiden Kategorien Informationsdichte sowie Kennzahlenerfassbarkeit gebildet werden (siehe Abbildung 5-10). Um folglich einen Nutzwert zu berechnen, sind die beiden eigenständigen prozentualen Werte miteinander zu verknüpfen.

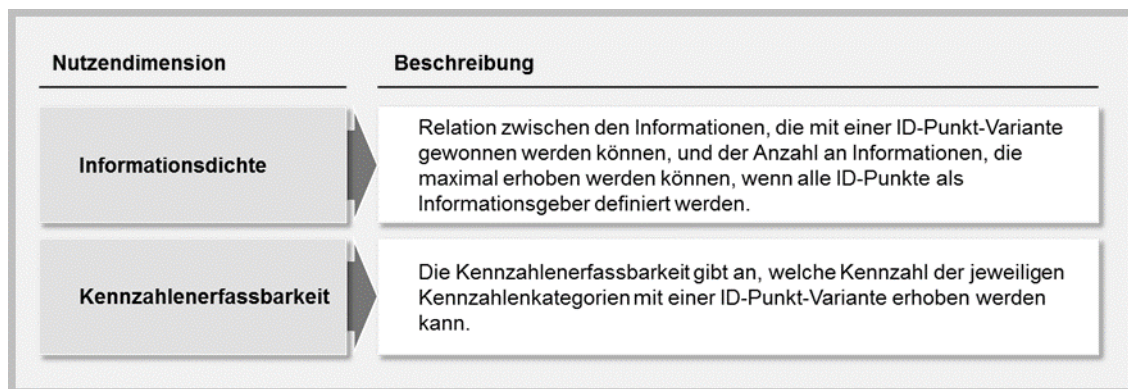


Abbildung 5-10: Zusammenfassende Darstellung der Nutzendimensionen
[Eigene Darstellung]

Weiterführend gilt es, die Kategorien für die Dimension der ID-Punkt-Kosten zu ermitteln. Diese basieren in der Regel auf den anfallenden Kosten, welche für die Einführung einer AutoID-Technologie zu tragen sind (siehe Abschnitt 4.1). Dabei handelt es sich zum einen um die Kosten der AutoID-Komponenten, welche den Aufwand für die Hardwarekomponenten beziffern. Zum anderen sind die Kosten für die Implementierung von Relevanz, da diese den Aufwand für die Installation der technischen Komponenten darstellen. Darüber hinaus umfassen die Kosten zur Realisierung einer Schnittstellen-

anbindung den Aufwand, um die AutoID-Komponenten in das Netzwerk des Unternehmens zu integrieren.

Hinsichtlich der Forderung nach Wirtschaftlichkeit bei einer späteren Anwendung dieses Vorgehensmodells würde eine detaillierte Kostenermittlung aufgrund der Vielzahl an ID-Punkt-Varianten sowie der noch nicht ausgewählten AutoID-Technologie einen zu hohen Aufwand bedeuten. Aus diesem Grund werden in diesem Planungsschritt die groben Kosten anhand von Schätzungen ermittelt. Ein weiterer Aspekt, den es hier zu beachten gilt, ist, dass sich die Kosten für die betrachteten AutoID-Technologien zum Teil deutlich unterscheiden. Infolgedessen wird für das weitere Vorgehen empfohlen, die Kostendimension für jede Technologie separat zu betrachten. In Anlehnung an diese Überlegungen sind zunächst die Einsatzmengen für die drei Kostenkategorien grob abzuschätzen. Dafür werden zur Bestimmung der Hardwarekosten die Komponentenmengen, für die Kosten der Schnittstellenanbindung die Anzahl der notwendigen Schnittstellen und für die Kosten des Implementierungsaufwands die Arbeitstage für jeden ID-Punkt-Typen festgelegt.

Zu diesen Mengenangaben können die Kosten für die jeweilige AutoID-Technologie durch Recherchen, Dokumentenanalysen oder Interviews ermittelt werden. Diese werden dann den ID-Punkt-Typen zugewiesen, sodass sich ID-punktspezifische Kosten für jede AutoID-Technologie ergeben. Die geschätzten Kosten sind anschließend auf die verschiedenen ID-Punkt-Varianten mit ihren ID-Punkt-Mengen zu übertragen, woraus die Gesamtkosten einer ID-Punkt-Variante resultieren. Abschließend liegt damit die zweite Dimension der Kosten-Nutzwert-Analyse vor, mit der im Folgenden die Auswahl der einzelnen ID-Punkt-Varianten vorgenommen werden kann.

In Anlehnung an die in Abschnitt 4.3.2 beschriebene Methode der Kosten-Nutzwert-Analyse werden die einzelnen Kosten- und Nutzenwerte für jede ID-Punkt-Variante gemeinsam in einem Kosten-Nutzwert-Diagramm abgebildet. Damit eine verzerrte Darstellung der Einzelwerte vermieden wird, gilt es, die beiden Achsen der jeweiligen Dimensionen einheitlich zu skalieren. Darüber hinaus erlaubt die intervallskalierte Darstellung mittels der Anwendung des Diagonalverfahrens (siehe Anhang A-12) eine Ermittlung der besten ID-Punkt-Variante. Dafür wird die gestrichelt dargestellte Diagonale von rechts unten nach links oben verschoben (siehe Abbildung 5-11). In dem vorliegenden Beispiel wäre demnach die ID-Punkt-Variante 1 aufgrund ihres optimalen Verhältnisses aus Kosten und Nutzen zu wählen.

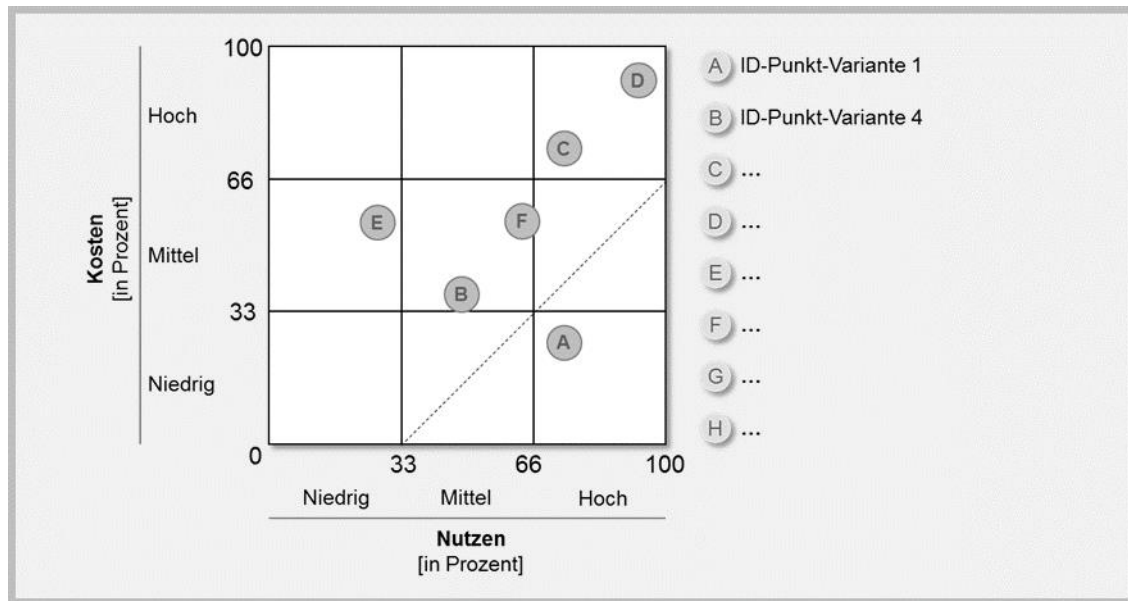


Abbildung 5-11: Kosten-Nutzwert-Diagramm zur Auswahl von ID-Punkt-Varianten
[Eigene Darstellung]

In Bezug auf die im Rahmen der Grobkostenermittlung vorgenommene Trennung der AutoID-Technologien ist dementsprechend je AutoID-Technologie ein Kosten-Nutzwert-Diagramm zu erstellen. Die Betrachtung der unterschiedlichen Kosten-Nutzen-Diagramme kann dazu führen, dass beispielsweise für die RFID- und Barcode-Technologie verschiedene ID-Punkt-Varianten vorteilhaft sind. Falls dieser Fall eintreten sollte, bestehen zwei Handlungsoptionen. Einerseits ist eine getrennte Betrachtung der AutoID-Technologien für unterschiedliche Varianten möglich. Dies kann jedoch dazu führen, dass die direkte Vergleichbarkeit zwischen den Technologien verloren geht. Andererseits besteht die Möglichkeit die betrachteten AutoID-Technologien hinsichtlich der jeweils favorisierten ID-Punkt-Varianten zu vergleichen. Sollte letztere Handlungsoption gewählt werden, steigt zwar der Aufwand bei der in Kapitel 5.2.3 aufgeführten Technologieauswahl, allerdings wird dadurch keine potentielle Lösung ausgeschlossen und die Technologien sind weiterhin vergleichbar.

Im Anschluss an die Auswahl der ID-Punkt-Variante gilt es in der nächsten Phase für die ID-Punkte die am besten geeignete AutoID-Technologie zu ermitteln. Dementsprechend wird im Folgenden das Vorgehen zur Auswahl einer AutoID-Technologie dargestellt (siehe Abschnitt 5.2.3).

5.2.3 Technologieauswahl

Infolge der festgelegten ID-Punkt-Variante sieht das Vorgehensmodell die systematische Auswahl einer AutoID-Technologie für einen betrachteten Wertstrom vor. Um dies zu gewährleisten, sind mehrere Arbeitsschritte notwendig, auf die nachfolgend eingegangen wird.

Kriterienkatalog zur Technologieauswahl

Ein erster Bestandteil dieser Phase ist es, geeignete Kriterien zur Bewertung durch definierte Merkmalsausprägungen zu ermitteln. Die in diesem Kontext betrachteten AutoID-Technologien umfassen neben dem 1D- und 2D-Barcode die RFID-Technologien RF, HF, UHF und MW (siehe Abschnitt 3.7). Zur Bewertung der genannten AutoID-Technologien wird ein standardisierter Kriterienkatalog konzeptioniert. Dieser besteht weitestgehend aus den gängigen Bewertungskriterien der Literatur, die jedoch voneinander unabhängig sein müssen (siehe Kapitel 3). Denn durch Überschneidungen werden Kriterien mehrfach bewertet, woraus eine Verfälschung des Gesamtergebnisses resultieren kann. Dafür werden zunächst sämtliche Kriterien der relevanten AutoID-Technologien gesammelt und doppelte Nennungen eliminiert. Um die Komplexität der Kriterien zu reduzieren und eine übersichtliche Sortierung zu erhalten, wird eine Clusteranalyse verwendet (siehe Abschnitt 4.3.1). Dabei werden die Kriterien in der Clusteranalyse zusammengefasst, die sich anhand bestimmter Merkmale ähneln. Die Gruppierung der Kriterien erfolgt in die Kategorien Leistung, Technologiebeeinflussung, Aufwand, Kosten und Sicherheit (siehe Abbildung 5-12). Die Kategorie *Leistung* umfasst dabei alle Kriterien, die die technische Leistungsfähigkeit der AutoID-Technologien abbilden können. Die Kategorie *Einflussfaktoren* beinhaltet die Unterkriterien, die einen negativen Einfluss auf die Einsatzfähigkeit der Systeme ausüben. Des Weiteren soll mit der Kategorie *Aufwand* sowohl der Aufwand für die Einführung und Wartung einer Technologie als auch derjenige Aufwand, welcher bei der Identifikation eines Objektes durch einen Mitarbeiter besteht, betrachtet werden. In der Kategorie *Sicherheit* werden die Technologien hinsichtlich der Beeinträchtigung durch Manipulation sowie der Zugriffsbeschränkungen für zu schützende Daten aufgeführt. Abschließend fasst die Kategorie *Kosten* die monetären Aufwendungen für die Komponenten und Installation einer Technologie sowie die des laufenden Betriebs zusammen. Eine detaillierte Darstellung des Kriterienkatalogs ist in Anhang B-2 abgebildet.

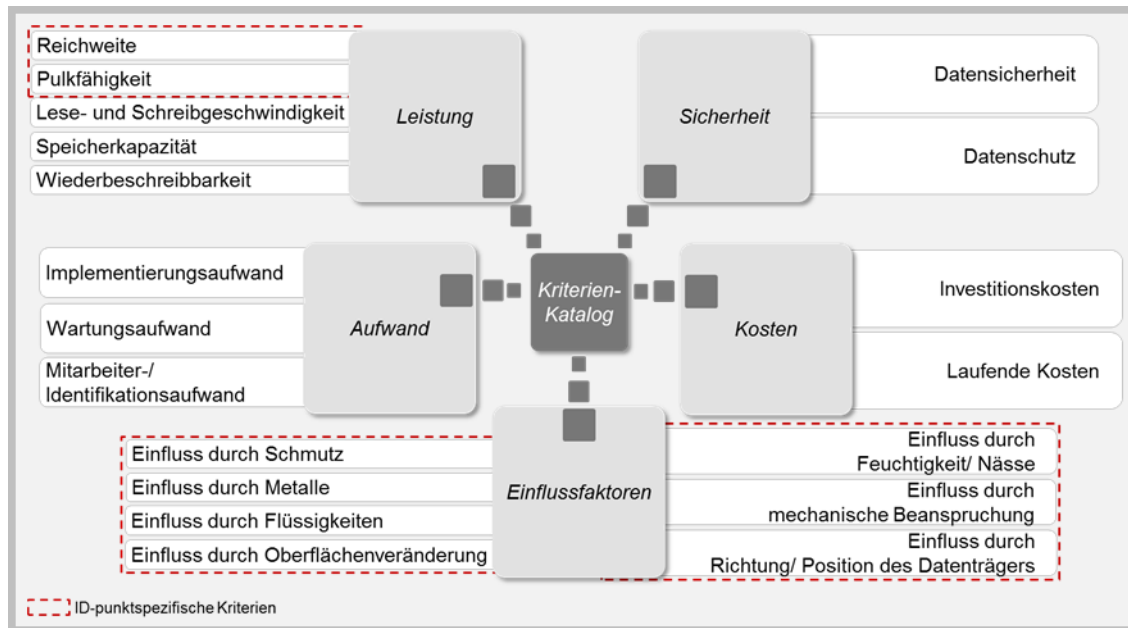


Abbildung 5-12: Bestandteile des Kriterienkatalogs

[Eigene Darstellung]

Der konzipierte Kriterienkatalog wird im Rahmen des Vorgehensmodells als methodische Unterstützung für die Auswahl einer AutoID-Technologie verwendet. Ausgehend von den erarbeiteten Kriterien ist zu überlegen, wie diese unternehmensspezifisch bewertet werden können. Die Kriterien, welche folglich direkt am ID-Punkt bewertet werden können, werden als ID-punktspezifische Kriterien bezeichnet (siehe Abbildung 5-12). Weiterhin werden alle übrigen Kriterien als allgemeine Bewertungskriterien aufgeführt. Zwei Kriterien, die an einem ID-Punkt von besonderer Bedeutung sind, sind die Reichweite und die Pulkfähigkeit aus der Kategorie Leistung. Mit diesen kann einerseits überprüft werden, inwieweit es notwendig ist, mehrere Objekte im Pulk zu erfassen, andererseits trägt dies zur Bestimmung der notwendigen Erfassungsreichweiten bei. Darüber hinaus können die Kriterien aus der Kategorie Einflussfaktoren ebenfalls direkt am ID-Punkt analysiert werden. Beispielsweise kann geprüft werden, ob metallische Gegenstände am ID-Punkt vorhanden sind, welche einen Einfluss auf die Technologie haben können (siehe Abschnitt 3.6.4).

ID-punktspezifische Technologiebewertung

In Anlehnung an die oben beschriebene Differenzierung der Bewertungskriterien erfolgt zunächst die Darstellung der ID-punktspezifischen Technologiebewertung. Wesentlicher Bestandteil der nachfolgenden Bewertungssystematik ist die gewichtete Punktebewertung (siehe Abschnitt 4.3.2). Hierfür gilt es zunächst die Gewichtungsfaktoren für die ID-punktspezifischen Kriterien zu bestimmen. Dazu wird jeder der ausgewählten ID-Punkte separat untersucht. Das Ziel hierbei ist es eine ID-punktspezifische Gewichtung für die jeweiligen Kriterien der AutoID-Technologien zu generieren. Um dies umzusetzen wird

eine Bewertungsskala erstellt, mit der eine einfache Ausführung und standardisierte Bewertung der ID-punktspezifischen Kriterien möglich ist. Diese erfolgt unter der Verwendung einer einheitlichen Skala, welcher sowohl quantitative als auch qualitative Ausprägungsstufen (z. B. gering, mittel, hoch) zugrunde liegen. Dabei sind die Ausprägungsstufen so gestaltet, dass sie eine Objektivität der Bewertung wiedergeben und weitestgehend keine subjektive Beeinflussung zulassen. Nachfolgend sind die Ausprägungsstufen der Kriterien zur ID-punktespezifischen Bewertung Abbildung 5-13 zu entnehmen.

Kategorie	Unterkategorien	Bewertungspunkte				
		0 Punkte	1 Punkte	2 Punkte	3 Punkte	4 Punkte
Leistung	Reichweite	keine Relevanz	Geringe Relevanz (≤ 1 m)	Mittlere Relevanz (2 - 3 m)	Hohe Relevanz (4 - 5 m)	Sehr hohe Relevanz (> 5 m)
	Pulzfähigkeit	1 Objekt bei Erfassung	2 – 3 Objekte bei Erfassung	4 – 5 Objekte bei Erfassung	6 – 7 Objekte bei Erfassung	> 7 Objekte bei Erfassung
Einflussfaktoren	Einfluss durch Schmutz	keine Relevanz	geringe Relevanz	mittlere Relevanz	hohe Relevanz	sehr hohe Relevanz
	Einfluss durch Metalle	keine Relevanz	geringe Relevanz	mittlere Relevanz	hohe Relevanz	sehr hohe Relevanz
	Einfluss durch Flüssigkeiten	keine Relevanz	geringe Relevanz	mittlere Relevanz	hohe Relevanz	sehr hohe Relevanz
	Einfluss durch Feuchtigkeit/Nässe	keine Relevanz	geringe Relevanz	mittlere Relevanz	hohe Relevanz	sehr hohe Relevanz
	Einfluss durch Oberflächenveränderungen	keine Relevanz	geringe Relevanz	mittlere Relevanz	hohe Relevanz	sehr hohe Relevanz
	Einfluss durch mechanische Beanspruchung/ Verschleiß	keine Relevanz	geringe Relevanz	mittlere Relevanz	hohe Relevanz	sehr hohe Relevanz
	Einfluss durch Richtung/ Position des Datenträger	keine Relevanz	geringe Relevanz	mittlere Relevanz	hohe Relevanz	sehr hohe Relevanz

Abbildung 5-13: Bewertungsskala zur Durchführung der ID-Punkt-Analyse
[Eigene Darstellung]

Zur Unterstützung dieser fachlichen Bewertung wird ein ID-Punkt-Analysebogen erstellt, welcher die in Abbildung 5-13 dargelegten Kriterien enthält (siehe Anhang B-3). In den Kopfdaten sind zunächst die Daten des zu analysierenden ID-Punktes (ID-Punkt-Typ, ID-Punkt-Nr., ID-Punkt-Bezeichnung, Organisationsbereich und Ansprechpartner der Analyse) sowie des Mitarbeiters einzutragen, der die Untersuchung durchführt. Um die Nachvollziehbarkeit der Bewertung zu gewährleisten, ist neben den zu vergebenen Punkten anhand der einzelnen Ausprägungsstufen aus der Skala eine kurze schriftliche Begründung anzugeben. Die vergebenen Bewertungspunkte zu den einzelnen Analysen, stellen die jeweiligen Gewichtungsfaktoren im Rahmen der ID-punktspezifischen Technologiebewertung dar. Die Menge der durchzuführenden Analysen richtet sich nach der Anzahl der identifizierten ID-Punkte der gewählten ID-Punkt-Variante.

Anknüpfend an die Ermittlung der Gewichtungsfaktoren ist die Punktebewertung der AutoID-Technologien erforderlich. Dieser Schritt soll verdeutlichen, wie gut die jeweilige

AutoID-Technologie ein betrachtetes Kriterium erfüllt. Hierfür wird ebenfalls ein Scoring-Modell aufgestellt, welches die gleichen Kriterien betrachtet wie das für die ID-Punkt-Analyse. Allerdings enthält es Ausprägungsstufen, welche die Funktionsfähigkeit der AutoID-Technologien fokussieren (siehe Abbildung 5-14). Dieser Bewertungsteil ist unabhängig von den ID-Punkten und lediglich einmalig für die Technologien vorzunehmen, da sich deren grundsätzliche Funktionsfähigkeit nicht verändert.

Kategorie	Unterkategorien	0 Punkte	1 Punkte	2 Punkte	3 Punkte	4 Punkte
Leistung	Reichweite	Taktiler Verfahren	kurze Reichweite (≤ 1 m)	mittlere Reichweite (2 - 3m)	hohe Reichweite (4 - 10 m)	sehr hohe Reichweite (> 10 m)
	Pulzfähigkeit*	1 Datenträger (nicht Pulzfähig)	2 – 3 Datenträger	4 - 5 Datenträger	6 – 7 Datenträger	> 7 Datenträger
Einflussfaktoren	Einfluss durch Schmutz	nicht funktionsfähig	hoher Einfluss	mittlerer Einfluss	geringer Einfluss	kein Einfluss
	Einfluss durch Metalle	nicht funktionsfähig	hoher Einfluss	mittlerer Einfluss	geringer Einfluss	kein Einfluss
	Einfluss durch Flüssigkeiten	nicht funktionsfähig	hoher Einfluss	mittlerer Einfluss	geringer Einfluss	kein Einfluss
	Einfluss durch Feuchtigkeit/ Nässe	nicht funktionsfähig	hoher Einfluss	mittlerer Einfluss	geringer Einfluss	kein Einfluss
	Einfluss durch Oberflächenveränderungen	nicht funktionsfähig	hoher Einfluss	mittlerer Einfluss	geringer Einfluss	kein Einfluss
	Einfluss durch mechanische Beanspruchung/ Verschleiß	nicht funktionsfähig	hoher Einfluss	mittlerer Einfluss	geringer Einfluss	kein Einfluss
	Einfluss durch Richtung/ Position des Datenträger	Sehr hoher Einfluss (direkter Sichtkontakt)	hoher Einfluss	mittlerer Einfluss	geringer Einfluss	Kein Einfluss (Positions-unabhängig)

Abbildung 5-14: Bewertungsskala zur ID-punktspezifischen Bewertung
[Eigene Darstellung]

Unter Berücksichtigung der jeweiligen technologischen Funktionsfähigkeiten der einzelnen AutoID-Technologien, welche als Merkmalsausprägungen dem Kriterienkatalog in Anhang B-2 zu entnehmen sind, werden die einzelnen AutoID-Technologien bewertet. Dafür kann zur Steigerung der Objektivität und Nachvollziehbarkeit ebenfalls eine Begründung abgegeben werden. Im Anschluss werden diese Werte in die Tabellen der jeweiligen ID-Punkte eingetragen. Durch die Multiplikation der ID-punktspezifischen Gewichtungen und der Erfüllungsgrade der einzelnen AutoID-Technologien ergibt sich eine eindeutige Rangfolge für jeden analysierten ID-Punkt. Im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung werden die einzelnen Ergebniswerte der jeweiligen ID-Punkte zusammengefasst. Als Resultat entsteht für jede AutoID-Technologie ein Ergebniswert über alle ID-Punkte, welcher die endgültige Rangfolge der ID-punktspezifischen Technologiebewertung widerspiegelt.

Allgemeine Technologiebewertung

Im Gegensatz zu den ID-punktspezifischen Bewertungskriterien müssen die allgemeinen Kriterien nicht entsprechend der bestehenden Gegebenheiten in einem Unternehmen bewertet werden. Dafür kann eine Spezifizierung indirekt durch eine unternehmensindividuelle Gewichtung der betrachteten Kriterien erfolgen. Um diese Kriteriengewichtung zu erhalten, wird ein Paarvergleich verwendet (siehe Kapitel 4.3.2). Die miteinander verglichenen und priorisierten Kriterien sind anschließend mit der Paretoanalyse in vier Klassen einzuteilen. Dies ist notwendig, da bei der Bewertungsskala zur Bewertung der zuvor durchgeführten ID-Punkt-Analyse maximal vier Punkte vergeben werden. Diesem Gedanken folgend werden die Kriterien der Klasse A mit vier Punkten, der Klasse B mit drei Punkten, der Klasse C mit zwei Punkten und der Klasse D mit einem Punkt bewertet. Damit ergeben sich für die beiden separaten Bewertungssystematiken die gleichen Gewichtungsfaktoren, wodurch die Ergebniswerte der ID-punktspezifischen und allgemeinen Technologiebewertung miteinander verknüpft werden können. Die erzielte Gewichtung geht im weiteren Verlauf in die gewichtete Punktebewertung ein. Um die allgemeine Punktebewertung der AutoID-Technologien durchzuführen, ist eine weitere Skala zu bilden, welche die Kriterien bewertbar macht (siehe Abbildung 5-15).

Kategorie	Unterkategorien	Bewertungspunkte				
		0 Punkte	1 Punkte	2 Punkte	3 Punkte	4 Punkte
Leistung	Lese- und Schreibgeschwindigkeit	sehr gering (> 5 sec.)	gering	mittel	schnell	sehr schnell (ca. 0,5 sec.)
	Speicherkapazität	< 64 Bit	64 Bit – 512 Bit	64 Byte – 512 Byte	512 Byte – 4 KByte	> 4 KByte
	Wiederbeschreibbarkeit	nicht möglich	-	-	-	möglich
Sicherheit	Datensicherheit	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
	Datenschutz	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
Kosten	Investitionskosten	sehr hoch	hoch	mittel	gering	sehr gering
	Laufende Kosten	sehr hoch	hoch	mittel	gering	sehr gering
Aufwand	Implementierungsaufwand	sehr hoch	hoch	mittel	gering	sehr gering
	Wartungsaufwand	sehr hoch	hoch	mittel	gering	sehr gering
	Mitarbeiteraufwand	sehr hoch	hoch	mittel	gering	sehr gering

Abbildung 5-15: Skala zur Bewertung der Technologiekriterien
[Eigene Darstellung]

Die Bewertung der AutoID-Technologien wird unter Berücksichtigung der jeweiligen technologischen Funktionsfähigkeiten durchgeführt (siehe Anhang B-2). Das Resultat aus der Multiplikation der Erfüllungsgrade und der Gewichtung ist die Rangfolge der

allgemeinen Technologiebewertung. Ausgehend von den beiden separaten Ergebniswerten der allgemeinen und ID-punktspezifischen Technologiebewertung, sind diese im Hinblick auf eine endgültige Auswahl zusammenzuführen.

Ergebnisauswertung

Mittels der beiden zuvor durchgeführten Bewertungssystematiken existieren für jede Technologie zwei Ergebniswerte, die für die ID-punktspezifische sowie die der allgemeinen Technologiebewertung. Erfolgt ein Vergleich der jeweiligen Resultate, wird deutlich, dass durch die Summierung der einzelnen ID-punktspezifischen Punktebewertungen ein deutlich höherer Ergebniswert vorliegt als bei der allgemeinen Technologiebewertung. Würden diese beiden Werte einfach miteinander addiert, könnte das Ergebnis der allgemeinen Bewertung im Extremfall keinen Einfluss auf die Technologieauswahl nehmen. Aus diesem Grund müssen die beiden Ergebniswerte angeglichen werden. Dafür wird der Mittelwert der ID-punktspezifischen Bewertung errechnet. Als Resultat dieser mehrstufigen Bewertungssystematik entsteht für jede AutoID-Technologie ein Ergebniswert, welcher im Vergleich die endgültige Rangfolge der Technologiebewertung widerspiegeln. Es ist die Technologie zu bevorzugen, welche den höchsten Ergebniswert erzielt.

Damit sind nach dieser Phase, die geeignetste AutoID-Technologie sowie deren Einsatzpunkte ausgewählt. Obwohl die AutoID-Technologie nach gegebenen Möglichkeiten so unternehmensspezifisch wie möglich ausgewählt wird, muss deren Einsatzfähigkeit für den betrachteten Wertstrom eruiert werden. Dementsprechend wird in der nachfolgenden Phase die technische Machbarkeitsanalyse durchgeführt (siehe Abschnitt 5.2.4).

5.2.4 Technische Machbarkeitsanalyse

In der Phase der technischen Machbarkeitsanalyse ist die in Abschnitt 5.2.3 ausgewählte Technologie auf ihre Anwendbarkeit hin zu prüfen. Das Ziel hierbei ist es, neben der Konkretisierung der notwendigen Technologiekomponenten die Technologieauswahl durch eine standardisierte Vorgehensweise zu evaluieren.

Im Hinblick auf die in Abschnitt 4.1 beschriebenen Grundlagen zur technischen Machbarkeit soll in diesem Vorgehensmodell der Praxistest als Untersuchungsmethode verwendet werden. Dieser ist besonders geeignet, da die ausgewählte AutoID-Technologie direkt an den festgelegten ID-Punkten unter realen Bedingungen getestet werden kann und somit ortsabhängige Aussagen über deren Einsatzfähigkeit liefert. Grundsätzlich sollten für die technische Machbarkeitsuntersuchung die in Abbildung 5-16 dargestellten Schritte durchgeführt werden.

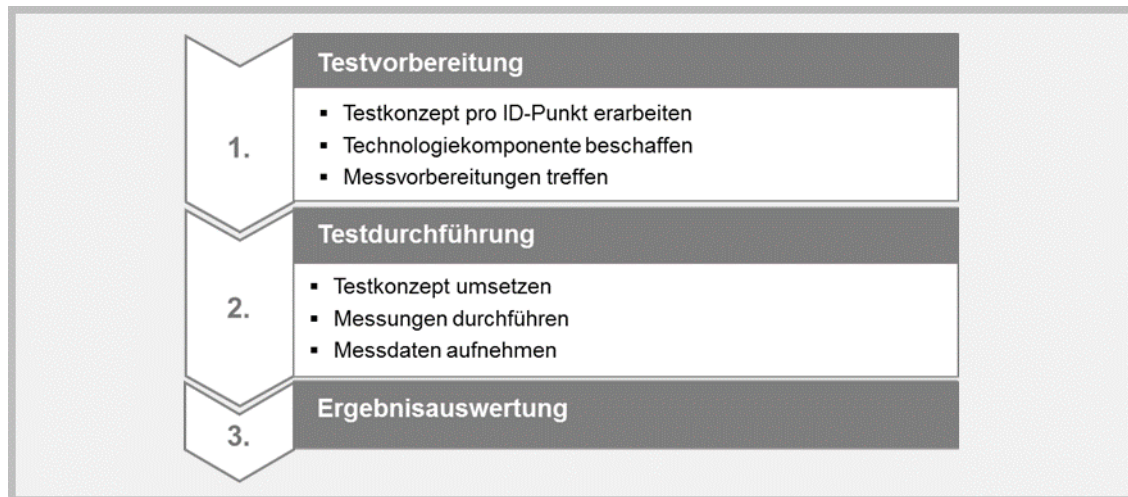


Abbildung 5-16: Vorgehen bei der technischen Machbarkeitsuntersuchung
[Eigene Darstellung]

In der *Vorbereitung zur Testdurchführung* ist ein Konzept für jeden einzelnen ID-Punkt zu erstellen. Die Erstellung eines solchen Konzepts dient zur Planung eines möglichen Ablaufs der Objekterfassung sowie der Festlegung von zu beschaffenden AutoID-Komponenten für den Test. Die Planung des Ablaufs ist vom jeweiligen ID-Punkt-Typen und seinen individuellen Gegebenheiten abhängig. In diesem Zusammenhang gilt es, die grundsätzliche Form der Erfassung festzulegen. Exemplarisch betrachtet kann das bedeuten, den ID-Punkt für die Objektidentifikation mit stationären oder mobilen Lesegeräten auszustatten. Darüber hinaus sollte geplant werden, wie diese zu platzieren sind, und wie viele entsprechend ihrer technischen Funktionsfähigkeit benötigt werden. Als Orientierungshilfe werden die in Abschnitt 5.2.3 ermittelten Daten der ID-Punkt-Analyse, welche z. B. Informationen über notwendige Reichweiten und Umgebungsbedingungen enthalten, herangezogen. Weiterführend sind für das Testkonzept verschiedene Testszenarien zu definieren. Diese können beispielsweise anhand unterschiedlicher Abstände bei der Erfassung zwischen Objekt und Lesegerät aufgestellt werden oder den Einsatz verschiedener Störfaktoren (z. B. andere FHM oder Materialien) beinhalten. Neben den obig aufgezeigten Beispielen zur Erstellung eines Testkonzepts existieren zahlreiche weitere Möglichkeiten, welche u. a. von den individuellen Anforderungen der jeweiligen ID-Punkt-Typen abhängig sind. Dieser Aspekt sowie die verschiedenen AutoID-Technologien tragen dazu bei, dass eine Vielzahl an unterschiedlichen Testkonzepten im Vorfeld der werden kann. Daher wird empfohlen, ein spezialisiertes Beratungsunternehmen oder den Technologieanbietern hinzuzuziehen. Diese müssen über die notwendige Expertise verfügt und die benötigten Komponenten für eine Testdurchführung bereitstellen können. Basierend auf dem erstellten Konzept, sind im zweiten Schritt die Testkomponenten von Technologieanbietern zu beschaffen. Da es sich um einen Praxistest handelt, sollte bei der Testvorbereitung eine Abstimmung mit dem Betriebsrat und den Führungskräften erfolgen. Des Weiteren ist im Rahmen der Testvorbereitung die Messvorbereitung

durchzuführen. Dies betrifft neben der Festlegung der Messwerte (siehe Abschnitt 4.2) auch die Erstellung eines Aufnahmedokuments, um die Ergebnisse festzuhalten und auszuwerten. Darüber hinaus sind alle weiteren Komponenten bereitzustellen, die bei der Testdurchführung notwendig sind, wie bspw. das betrachtete Erfassungsobjekt oder Kennzeichnungsmaterialien (Maßband, Thermometer, etc.).

Die anschließende *Testdurchführung* hat unter dem zuvor festgelegten Konzept zu erfolgen. Die Resultate der technischen Machbarkeitsuntersuchung sind daraufhin mit Hilfe des Aufnahmedokuments auszuwerten. Sollte die *Ergebnisauswertung* bzw. der Test zeigen, dass die Technologie entsprechend des aufgestellten Testkonzepts wider Erwarten nicht funktioniert, müssen verschiedene Überprüfungen vorgenommen werden. Hierfür gilt es zunächst das erstellte Testkonzept mit seinen Szenarien sowie die Technologiekomponenten zu überprüfen. Ist das Erfassungskonzept beispielsweise nicht richtig umgesetzt worden, ist der Test mit demselben Erfassungskonzept zu wiederholen. Andernfalls muss ein neues Erfassungskonzept erstellt werden um auszuschließen, dass die ausgewählte AutoID-Technologie nicht eingesetzt werden kann. Darüber hinaus ist festzustellen, ob die AutoID-Komponenten für das negative Ergebnis verantwortlich sind. Ist das der Fall, sollte der Test mit anderen Komponenten durchgeführt werden. Fallen die Ergebnisse erneut negativ aus, ist die Technologie als nicht-funktionsfähig zu erklären. Ist die Technologie tatsächlich an mehreren getesteten ID-Punkten ungeeignet, stehen drei Handlungsoptionen zur Verfügung (siehe Abbildung 5-17). Neben dem *Ausschluss des ID-Punkts* sind die *Änderung der Technologieauswahl* sowie die *Änderung der ID-Punkt-Variante* zu nennen.

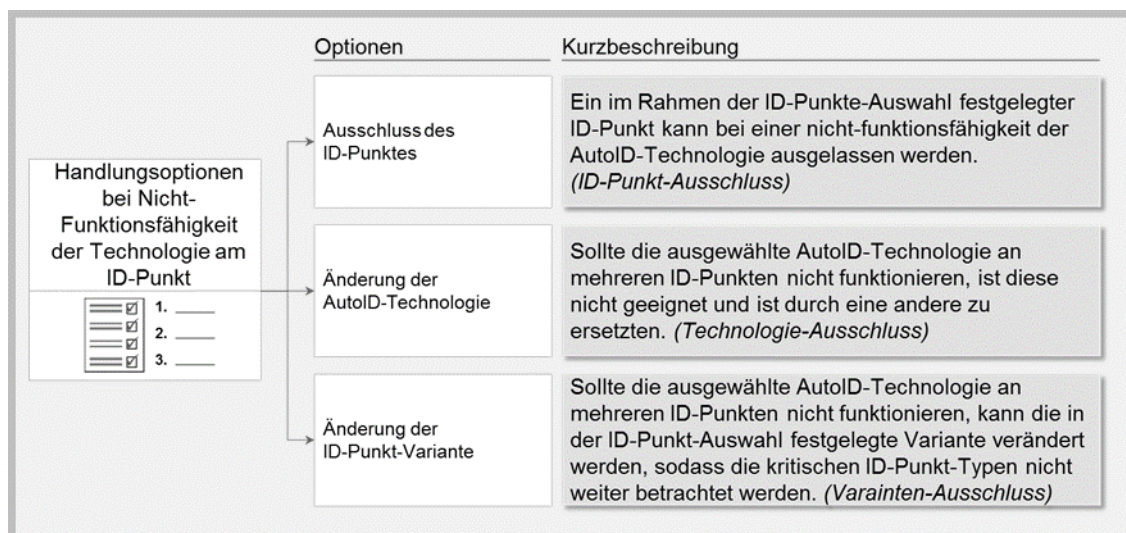


Abbildung 5-17: Handlungsoptionen bei Nicht-Funktionsfähigkeit
[Eigene Darstellung]

Wird die AutoID-Technologie als funktionsfähig getestet, ist im Anschluss an die technische Machbarkeitsuntersuchung die wirtschaftliche Machbarkeit zu prüfen (siehe Abschnitt 5.2.5).

5.2.5 Wirtschaftliche Machbarkeitsanalyse

Als abschließendes Element wird anknüpfend an die technische die wirtschaftliche Machbarkeitsanalyse durchgeführt. Hierbei wird ermittelt, ob die zuvor als funktionsfähig erklärte AutoID-Technologie die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, welche innerhalb der Zielanalyse ermittelt werden, erfüllen kann (siehe Abschnitt 5.2.1). Für die Durchführung dieser Untersuchung wird die Methode der Amortisationsrechnung herangezogen (siehe Abschnitt 4.3.2). Um die Amortisationszeit zu ermitteln, gilt es zunächst die Investitionskosten für die AutoID-Technologie zu bestimmen.

Die wesentlichen Kosten, welche bei der Einführung einer AutoID-Technologie anfallen umfassen neben den Hard- und Softwarekosten die Kosten für die Implementierung der Technologie (siehe Abschnitt 4.2). Diese basieren vor allem auf den im Rahmen der technischen Machbarkeitsanalyse identifizierten Komponenten sowie den dafür festgelegten Preisen. Da bereits im vorherigen Abschnitt 5.2.4 empfohlen wird, mit einem Beratungsunternehmen bzw. Technologieanbieter zusammenzuarbeiten, können diese gleichzeitig detaillierte Preise der endgültigen Komponenten nennen. Um den Markt dennoch zu konsultieren, können darüber hinaus Marktrecherchen oder Experteninterviews zur Preisorientierung verwendet werden. Sind die notwendigen Daten ermittelt, können die Investitionskosten bestimmt werden.

Weiterführend sind die durchschnittlichen Kosteneinsparungen zu errechnen, welche den Kapitalrückfluss aus der getätigten Investition darstellen. Diese Einsparungen sind aus dem Nutzen herzuleiten, welcher aus der Einführung der ausgewählten AutoID-Technologie resultiert. Hierfür ist herauszuarbeiten, welche Vorteile durch die ausgewählte AutoID-Technologie hervorgerufen werden können (siehe Abschnitt 5.2.1). Beispielsweise kann durch den Einsatz von RFID das manuelle Erfassen der Wareneingänge entfallen. Zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit ist vor allem der quantifizierbare Nutzen in Form von Einsparungen von Relevanz, da dieser den Investitionskosten quantitativ gegenübergestellt werden kann. Weiterhin kann der qualitative Nutzen der Technologieeinführung als Argumentationshilfe aufgeführt oder über geeignete Indikatoren quantifiziert werden.

Abgeschlossen wird die Amortisationsrechnung durch den Vergleich von Investitionskosten und Kosteneinsparungen (siehe Abschnitt 4.2). Wird der errechnete Wert von Unternehmen als vorteilhaft angesehen, ist die Technologie auch aus wirtschaftlicher Sicht in den betrachteten Wertstrom zu implementieren.

5.2.6 Zusammenfassende Darstellung des Vorgehensmodells

Nachfolgend an die detaillierte Beschreibung der Phasen des Vorgehensmodells sowie der verwendeten Methoden und die Hilfsmittel, wird zusammenfassend das Vorgehensmodell auf einer hochaggregierten Betrachtungsebene veranschaulicht (siehe Abbildung 5-18).

Das Vorgehensmodell beginnt mit der Aufnahme der unternehmensseitigen Ziele und Anforderungen, welche die Rahmenbedingungen für die Technologieauswahl festlegen. Abgeschlossen wird die Phase der Situationsanalyse mit den Ergebnissen aus der logistikorientierten Wertstromanalyse, die wesentliche Daten für die anschließende ID-Punkte- und Technologieauswahl bereitstellt. Weiterführend erfolgt in der Phase der ID-Punkte-Auswahl die Konkretisierung der ID-Punkt-Varianten, welche unternehmensspezifisch bewertet werden. Auf Basis einer ausgewählten ID-Punkt-Variante wird die Technologieauswahl durchgeführt. Dafür können neben einem standardisierten Kriterienkatalog ebenfalls verschiedene Bewertungsskalen verwendet werden. Abschließend wird die ausgewählte Technologie im Hinblick auf eine sich an die Machbarkeitsstudie anschließende Implementierung mit den Phasen der technischen sowie wirtschaftlichen Machbarkeit evaluiert. Zusammenfassend liegt mit der Konzeptionierung dieses Vorgehensmodells eine ganzheitliche und systematische Vorgehensweise zur Machbarkeitsstudie von AutoID-Technologien vor.

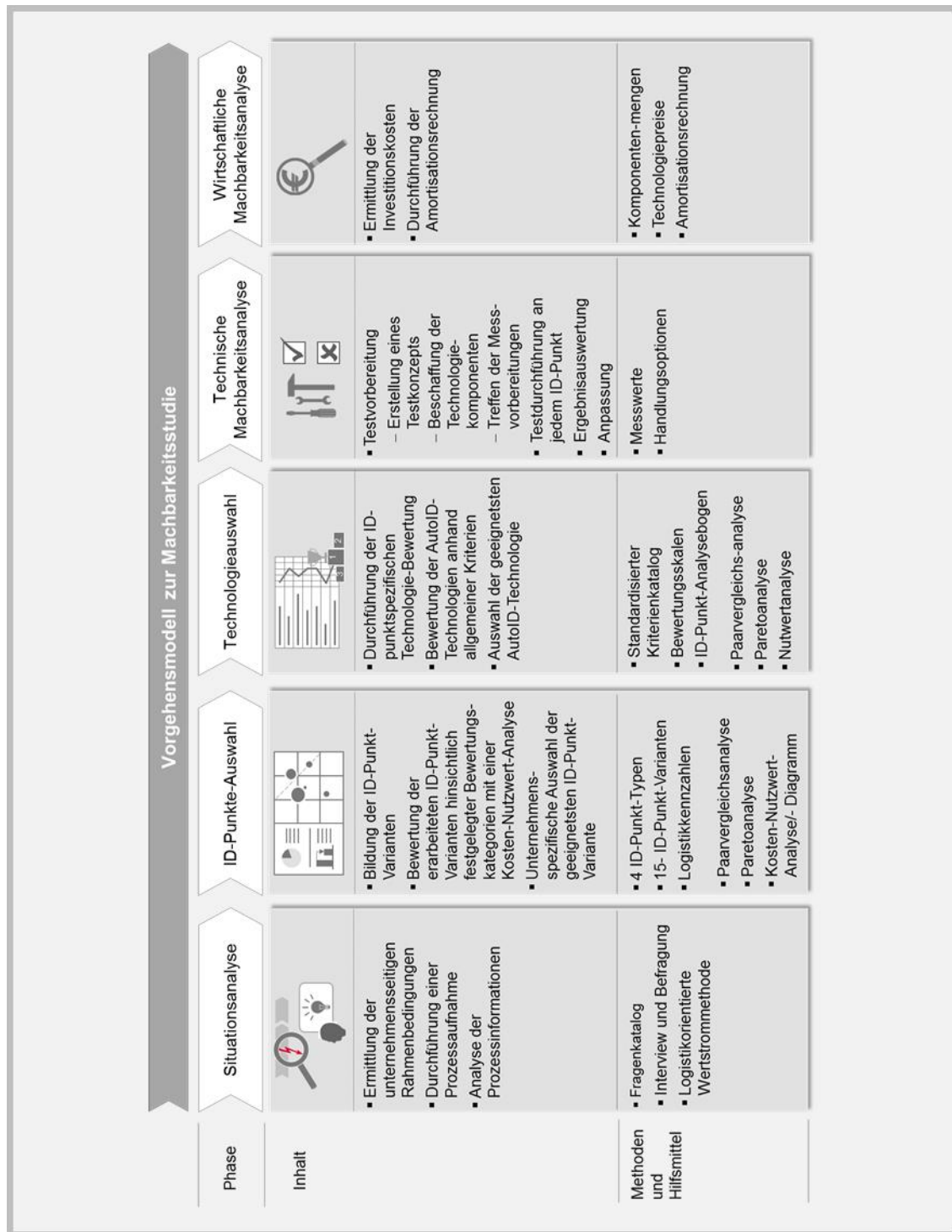


Abbildung 5-18: Vorgehensmodell zur Auswahl von AutoID-Technologien
 [Eigene Darstellung]

Im Anschluss an die vorgenommene Konzeptionierung wird im nachstehenden Kapitel die Anwendung des Vorgehensmodells am Beispiel der Windmüller und Höscher KG vorgenommen (siehe Kapitel 6). Dies dient der Überprüfung der entwickelten Vorgehensweise und soll zudem zeigen inwieweit diese in der Unternehmenspraxis umgesetzt werden kann.

6. Anwendung des Konzepts am Beispiel der Windmüller und Hölscher KG

Um die praktische Anwendbarkeit festzustellen und den zielorientierten Einsatzes des in Kapitel 5 konzeptionierten Vorgehensmodells sicherzustellen wird dieses am Beispiel der Windmüller und Hölscher KG angewandt. Einleitend erfolgt zunächst eine Unternehmensbeschreibung (siehe Abschnitt 6.1). Daran anknüpfend werden die einzelnen Phasen des Vorgehensmodells hinsichtlich eines konkreten Anwendungsfalls in der Intralogistik des Sondermaschinenbauunternehmens umgesetzt (siehe Abschnitt 6.2.). Abschließend erfolgt auf Basis der Ergebnisse eine Bewertung des umgesetzten Konzepts (siehe Abschnitt 6.3).

6.1 Beschreibung der Windmüller und Hölscher KG

Die Windmüller & Hölscher KG ist ein mittelständiges deutsches Familienunternehmen und wurde 1869 von dem Ingenieur Hermann Hölscher sowie dem Kaufmann Gottfried Windmüller in Lengerich gegründet. Die Ursprünge des Unternehmens liegen in der Herstellung von Papierspitztüten für Apotheken. Seitdem hat sich W&H zu einem international tätigen Systemlieferanten von Maschinen zur Herstellung flexibler Verpackungen entwickelt und ist darüber hinaus zum Weltmarktführer avanciert. Der Hauptsitz des Unternehmens befindet sich immer noch am Gründungsstandort in Lengerich in Westfalen.

Das Portfolio des Unternehmens unterteilt sich in drei Produktbereiche mit insgesamt sieben Produktsegmenten und mehr als 50 unterschiedlichen Maschinentypen. Die drei Produktbereiche sind in Maschinen für Druck und die Veredelung, die Verarbeitung sowie die Extrusion unterteilt. Innerhalb des Produktbereichs 1 werden die Flexodruckanlagen (z. B. Vistaflex) und Tiefdruckanlagen (z. B. Heliostar) gefertigt. Das Produktportfolio des Produktbereichs 2, welcher die Verarbeitungsmaschinen herstellt, umfasst neben Schlauchmaschinen (Schläuche), Bodenleger (Säcke) sowie FFS-Maschinen (Form, Füllen, Schließen). Die Hauptfunktionen dieser Maschinen liegen in der Verarbeitung von flexiblen Materialien, welche für die Herstellung von verwendungsfertigen Leergebinden benötigt werden. Im Produktbereich 3 erfolgt die Herstellung der Extrusionsmaschinen, welche in Blasfolienanlagen (VAREX II, OPTIMEX und AQUAREX) und Gießfolienanlagen (FILMEX) sowie Wicklermaschinen (FILMATIC) unterteilt werden können. Diese werden zur Verarbeitung thermoplastischer Kunststoffe eingesetzt und produzieren Mono- und Mehrschichtfolien. Die mehr als 5000 Kunden von W&H, welche aus mehr als 131 Ländern kommen, sind zum Großteil Hersteller flexibler Verpackungsmaterialien und entstammen sowohl der Konsumgüterbranche als auch der Industrie.

Im Geschäftsjahr 2015 erwirtschaftete W&H einen Umsatz von 660 Millionen Euro, welcher im Vergleich zum Vorjahr um 5,6 Prozent gestiegen ist. Weiterhin beträgt die derzeitige Mitarbeiteranzahl ca. 2.200 Personen, die auf 15 Standorte verteilt in den unterschiedlichsten Bereichen arbeiten. Zu diesen Standorten zählen sowohl Produktionsstandorte als auch Service- und Vertriebsgesellschaften. Des Weiteren gehören die Tochterunternehmen Exakt Maschinenbau GmbH & Co. KG, der Garant Maschinenhandel, die W&H-Ausbildungs GmbH, Bag Solutions world wide Machinery zur Gewebesackherstellung sowie die IS, Industrial Supply Machinery Trade GmbH & Co. KG zur W&H-Gruppe. Darüber hinaus ist das Unternehmen durch zahlreiche weitere Tochtergesellschaften in insgesamt 90 Ländern vertreten [Statista 2016; o.S.; Windmüller & Hölscher KG 2016, o.S.].

Die Aufbauorganisation von W&H gliedert sich funktional in die drei Produktbereiche, den Vertrieb, den Service und das Personalwesen. Als Schnittstellen fungieren in dem Unternehmen die Querschnittsfunktionen Materiallogistik, der Einkauf sowie die IT. Der Fokus dieser Masterarbeit ist die Materiallogistik. Dieser Bereich untergliedert sich in die Funktionsbereiche Mechanische Fertigung und Montageversorgung. Von Relevanz ist der zuletzt genannte Bereich, der u. a. mit dem Zentrallager sowie dem Wareneingang die Intralogistik umfasst. Hier soll auch das Vorgehensmodell angewendet werden [Windmüller & Hölscher KG 2016, o.S.].

6.2 Anwendung des Vorgehensmodells

Das Ziel des folgenden Abschnittes ist es, das entwickelte Vorgehensmodell auf die spezifische Problemstellung in der Intralogistik von W&H anzuwenden und zu pilotieren. Abschließend werden Handlungsempfehlungen aus den gewonnenen Erkenntnissen geben.

6.2.1 Situationsanalyse

Das Vorgehensmodell startet mit der Situationsanalyse. Um die Rahmenbedingungen für die vorliegende Problemstellung zu ermitteln, werden als Erstes die Rahmenbedingungen und Ziele gemäß der in Abschnitt 5.2.1 beschriebenen Zielanalyse erhoben.

Zielanalyse

Als wesentlicher Ansprechpartner mit hoher Entscheidungsbefugnis wird der Leiter der Montageversorgung identifiziert, welcher nach dem konzipierten Fragebogen befragt wird (siehe Anhang B-1). Die daraus resultierenden Erkenntnisse werden in Anhang C-1 dargestellt. Im Folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse der Befragung wiedergegeben. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt werden im betrachteten Wertstrom keine AutoID-Technologien zur Verfolgung von Material oder FHM verwendet. Dies betrifft hauptsächlich die Buchung der Einlagerung von Materialien im Lager anhand von gedruckten

1D-Barcodes. Diese sind entweder direkt am Material oder auf der Umverpackung angebracht. Neben der mangelnden Materialverfolgung sind oftmals zu wenig HRL-Paletten an den Bedarfsorten vorhanden, um das Material zu transportieren. Hieraus ist die Anforderung erwachsen, dass HRL-Paletten als ID-Objekt verwendet werden sollen. Das Ziel, welches mit dem Einsatz einer AutoID-Technologie verfolgt werden soll, ist es, zu jedem Zeitpunkt die Informationen über den aktuellen Standort und den Status des Materials abrufen zu können und demzufolge eine höhere Transparenz zu schaffen. Weiterhin soll der Technologieeinsatz dazu beitragen, Suchvorgänge nach Material und nach benötigten Ladungsträgern zu reduzieren. Aufgrund einer räumlichen Trennung des Wareneingangs vom Zentrallager sieht das Unternehmen für den dazwischen stattfindenden Materialfluss den größten Bedarf eines Technologieeinsatzes. Hierzu soll der Fokus auf die großvolumigen Kaufteile gelegt werden, die nachfolgend als Kaufteile-Groß bezeichnet werden.

Um den Prozess *Kaufteile-Groß* zwischen dem Wareneingang und Lager abzubilden, wird nachfolgend eine logistikorientierte Wertstromanalyse durchgeführt.

Prozessaufnahme

Im Anschluss an die Ermittlung der unternehmensseitigen Zielsetzung und deren Aufbereitung erfolgt die sachgerechte und standardisierte Aufnahme des Wertstroms. Hinsichtlich der großen Komplexität dieser Prozessaufnahme wäre eine ausführliche Erläuterung der einzelnen Prozessschritte nicht zielführend und würde den Rahmen dieser Dokumentation übersteigen. Aus diesem Grund wird im Weiteren eine formlose Prozessbeschreibung dargelegt, welche die wesentlichen Aspekte des Wertstroms aufzeigen soll. Zur grafischen Unterstützung der Prozessbeschreibungen werden in diesem Abschnitt grobe Abbildungen der Materialflüsse dargestellt. Eine detaillierte Visualisierung des vollständigen Wertstroms inklusive des Material- und Informationsflusses ist dem Anhang C-2 zu entnehmen.

Grundsätzlich wird der Prozess durch die internen Kunden der Endmontage infolge eines Bedarfs nach Material initiiert. Dieser erzeugt zunächst einen Materialbereitstellungsauftrag, welcher unter Berücksichtigung der Informationen zur Materialverfügbarkeit aus dem *LVS* einen automatischen Bestellvorschlag im *ERP-System* generiert. Die zuständigen Disponenten im Einkauf setzen diese in eine bedarfsorientierte Bestellung um und geben sie an den Lieferanten weiter. Die Kommunikation erfolgt hauptsächlich über das Lieferantenportal *Pool4Tool*. Der Lieferant prüft die erhaltene Bestellung und teilt W&H die Entscheidung in Form einer Annahme oder Ablehnung mit. Bevor das Material geliefert wird, kündigt der Lieferant, wenn ihm möglich seine geplante Lieferung elektronisch an.

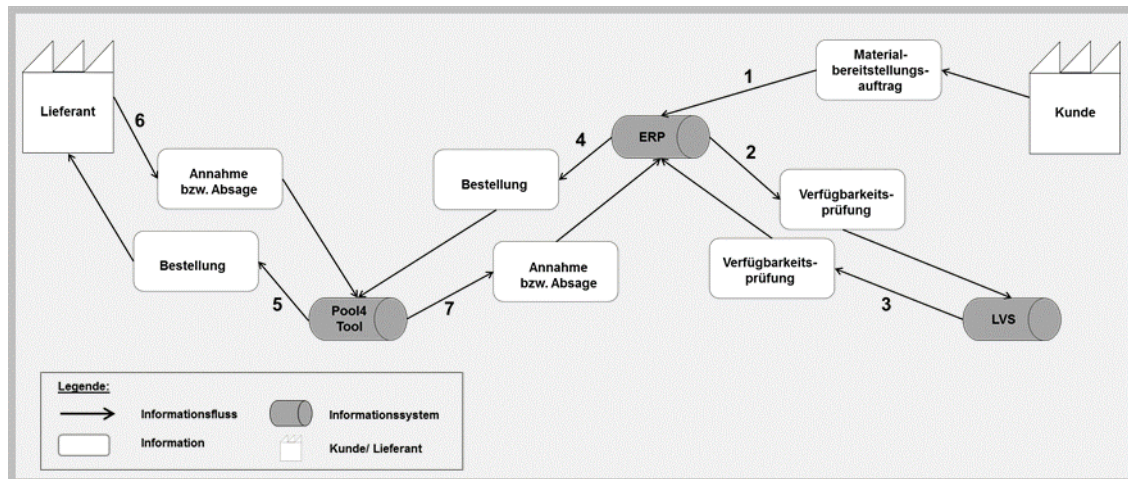


Abbildung 6-1: Steuerung des Wertstroms Kaufteile-Groß
[Eigene Darstellung]

Der Materialfluss beginnt mit dem zuliefererabhängigen Transport der Materialien durch einen Spediteur vom Lieferanten zu W&H. Bei der Ankunft am Wareneingang werden die Lieferpapiere übergeben und nach einer erfolgten Mengenkontrolle quittiert. Im Anschluss werden die angelieferten Materialien im Regelfall auf der Pufferfläche Kaufteile-Groß zwischengelagert. Vor der Weiterbearbeitung muss ein Sachbearbeiter die Annahme des Lieferscheins durchführen, welchen er den angelieferten Materialien entnimmt. Hierbei wird die Lieferung der Bestellung dem Lieferanten anhand der Lieferschein- oder Bestellnummer bestätigt. Im Idealfall erfolgt direkt nach der Annahme die Wareneingangsbuchung der Materialien an der Bearbeitungsstation Kaufteile-Groß. Nach Abschluss der Rückmeldung aller Materialien des FHM werden Lieferschein und Material wieder zusammengeführt. Die anschließende Wareneingangsbuchung umfasst dabei folgende Tätigkeiten: Zunächst wird eine Wareneingangsprüfung in Form einer Sicht-, Mengen- und Papierprüfung durchgeführt. Abhängig von der Materialgröße wird dieses anschließend auf eine HRL-Palette umgepackt, von der drei unterschiedlichen Formen vorhanden sind (P-/M-/T-Palette)². Um die anschließende Buchung durchzuführen, wird die Lieferscheinnummer manuell eingegeben. Die zwei in dem Zuge erstellten Etiketten werden auf dem Material und einer separaten Karte (Einlageretikett) angebracht. Des Weiteren wird manuell ein innerbetrieblicher Transportzettel mit Start- und Zielort erstellt, welcher als Informationsträger dem IBT dient. Je nach Füllgrad der Palette wird entweder weiteres Material zugeführt oder sie wird bereitgestellt. Dabei kann diese auf dem Bereitstellungspuffer der Fläche Kaufteile-Groß oder auf die Bereitstellungsfläche für den IBT bereitgestellt werden. Die Entscheidung hängt vom Flächenfüllgrad der jeweiligen Bereitstellungsfläche ab.

² Spezialanfertigung für die Fächergrößen des HRL (L x B x H): P-Palette (1200 mm x 800 mm x 144 mm), M-Palette (1200 mm x 1700 mm x 144 mm), T-Palette (1200 mm x 2500 mm x 144 mm).

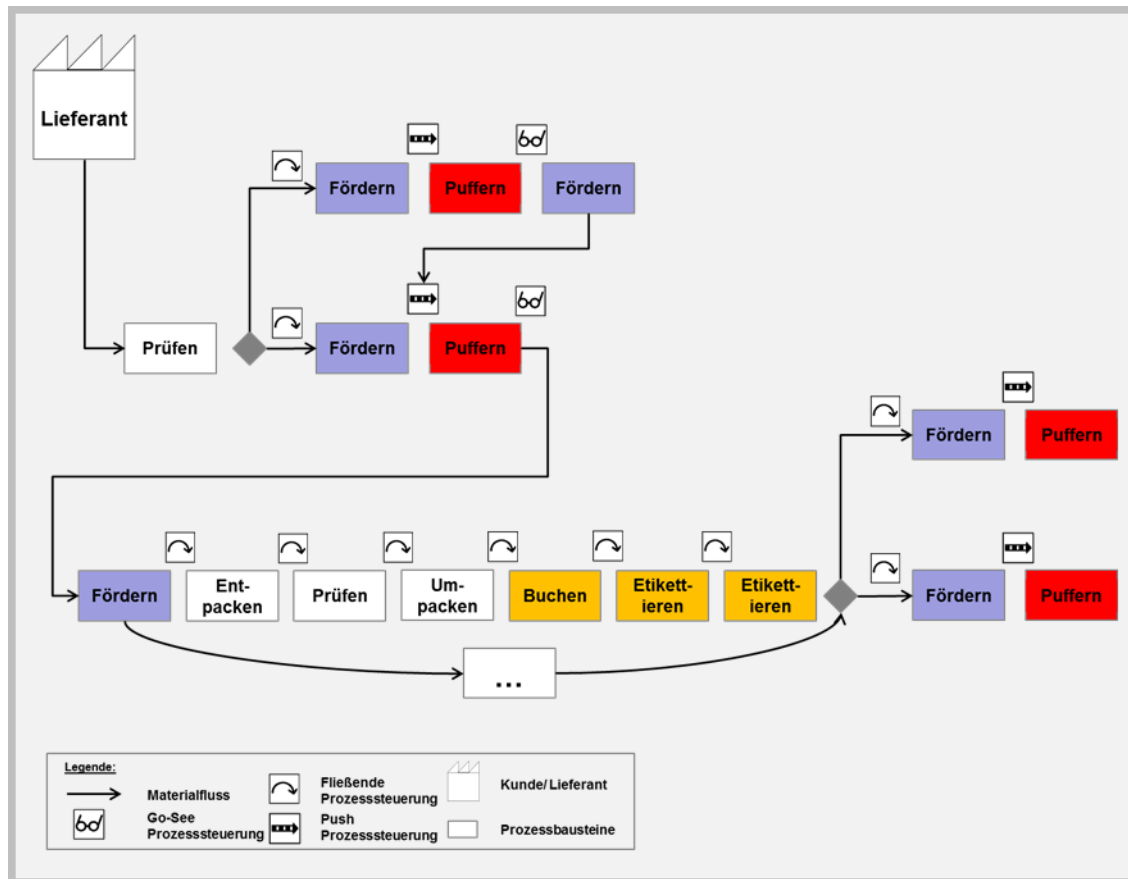


Abbildung 6-2: Materialfluss – Wareneingang Kaufteile-Groß
[Eigene Darstellung]

Aus diesen Bereitstellungsflächen wird die Lagerpalette mit Hilfe eines Gabelstaplers von einem Mitarbeiter auf einen Anhänger gefördert, auf dem sowohl Groß- als auch Kleinteile liegen. Nachdem der Anhänger vollständig befüllt ist, wird dieser in einem geplanten, aber stark schwankenden Takt alle 30 Minuten mit einem Trecker zum Zentrallager gefördert. Hierbei puffert das Material vor der Durchführung des IBTs im Wareneingang sowie vor dem Entladen am Zentrallager auf dem Anhänger. In der Entladezone des Zentrallagers werden die Ladungsträger von intuitiv organisierten Staplerfahrern entladen und zur Einlagerungsstation des automatischen HRL gefördert. Bei Bedarf werden diese zuvor auf einer Bereitstellungsfläche im Außenbereich des Zentrallagers zwischengepuffert.

Die auf dem Förderband platzierte Lagerpalette wird durch einen Lagermitarbeiter mittels Sichtkontrolle geprüft. Dabei werden insbesondere die Anzahl der Einlageretiketten mit der Materialmenge verglichen. Die Lagerzugangsbuchung im LVS erfolgt durch das Scannen des Einlageretiketts. Ist der Buchungsvorgang abgeschlossen, wird die Lagerpalette über die Fördertechnik zum Lagerplatz gefördert und verweilt dort so lange, bis die Auslagerung angestoßen wird. Die Auslagerung und die Lieferung der Materialien an die Montage ist entsprechend des in der Anforderungsaufnahme festgelegten Wertstroms nicht mehr Teil der weiteren Betrachtung und wird somit nicht abgebildet.

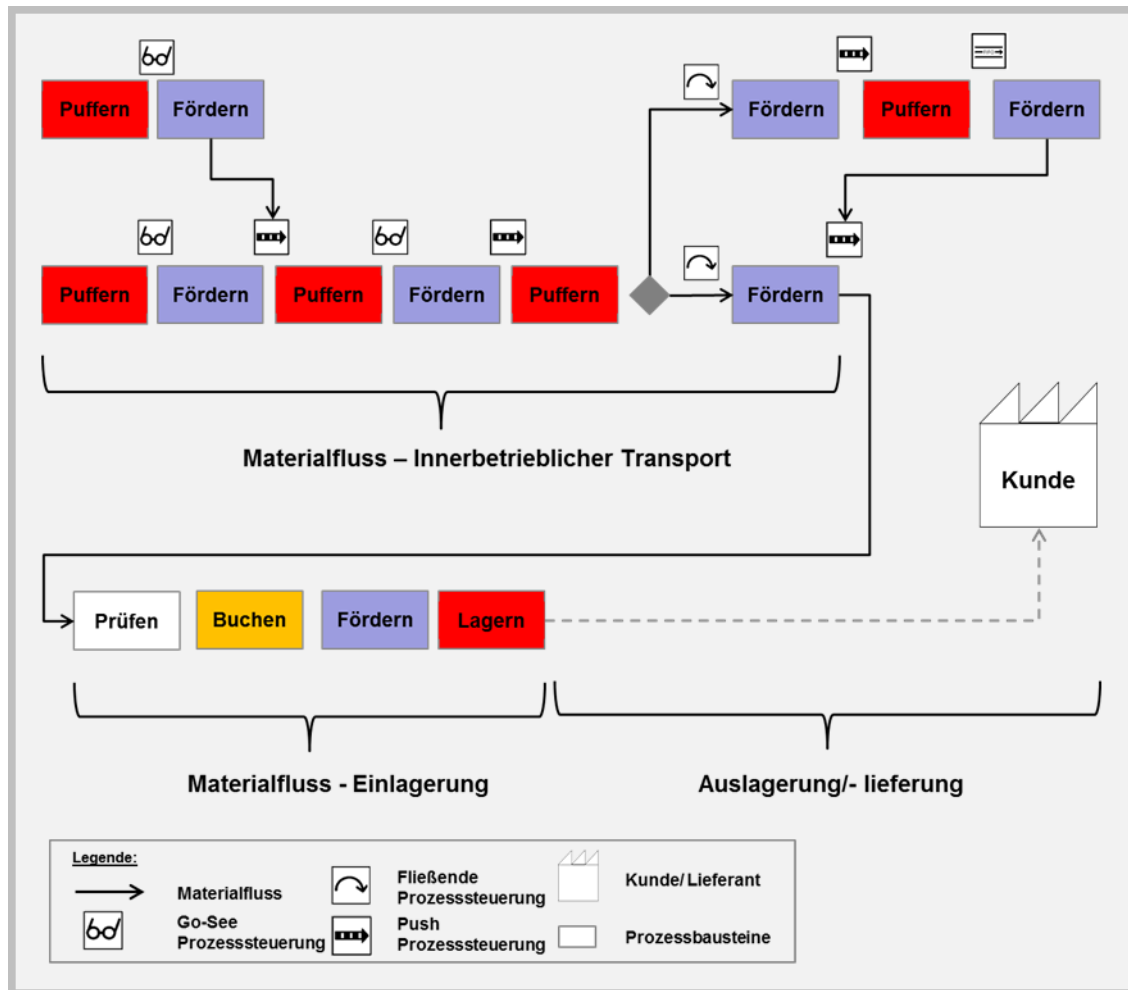


Abbildung 6-3: Materialfluss – Innerbetrieblicher Transport und Einlagerung der Kaufteile- Groß

[Eigene Darstellung]

Prozessanalyse

Anknüpfend an die transparente Darstellung des betrachteten Wertstroms, können die aufgenommenen Informationen analysiert werden. Hierbei richtet sich der Fokus zunächst auf die Schwachstellen. Für die Ermittlung der Schwachstellen des aufgenommenen Wertstroms wird dieser hinsichtlich der Verschwendungsarten untersucht (siehe Abschnitt 5.2.1). Das Ergebnis zeigt, dass insgesamt 27 Verschwendungen im betrachteten Wertstrom vorliegen. Diese ergeben sich hauptsächlich durch unnötige Transportvorgänge zwischen Pufferflächen. Des Weiteren sind die Pufferflächen häufig überfüllt, sodass Ausweichmöglichkeiten geschaffen werden müssen. Ein besonders wichtiger Aspekt, der zu langen Liegezeiten an den Bearbeitungsstationen des Wareneingangs führt, sind fehlende HRL-Paletten. Darüber hinaus besteht keine Möglichkeit, die physischen Materialbewegungen nachzuvollziehen, sodass zum Teil lange Suchzeiten nach Material vorliegen. Eine Auflistung aller identifizierten Verschwendungen sowie allgemeinen Schwachstellen ist in Anhang C-3 gegeben.

Schnittstellenanalyse

Im Hinblick auf die Ermittlung der ID-Punkte werden unter Zuhilfenahme des Werkplans und der Wertstromaufnahme alle organisatorischen Bereichsschnittstellen, die im Materialfluss relevant sind, ermittelt. Die grafische Darstellung dessen ist in Anhang C-4 nachzuvollziehen. Dementsprechend existieren im Wertstrom drei Schnittstellen, die zu betrachten sind. Die erste Schnittstelle, in Form eines Rolltors, wird bei der Anlieferung der Materialien von einem Gabelstapler durchfahren, um diese in der Bereitstellungsfläche Kaufteile-Groß abzustellen. Des Weiteren durchfährt der traktorgeführte Anhänger beim IBT ein zweites Rolltor, um die Materialien zum Zentrallager zu transportieren. Die letzte und dritte Schnittstelle kennzeichnet das Rolltor zwischen Entladezone vor dem Zentrallager und dem Zentrallager selbst.

Neben den organisatorischen Bereichsschnittstellen spielen die informatorischen Schnittstellen in Form der verwendeten IT-Systemen hinsichtlich der Implementierung einer AutoID-Technologie eine zentrale Rolle. Insgesamt existieren zwei informatorische Schnittstellen im betrachteten Wertstrom: Bei der Wareneingangsbuchung sowie der Lagerzugangsbuchung. Die wichtigsten IT-Systeme, die dabei verwendet werden, sind das ERP-System (SAP/R3) und das LVS. Das SAP/R3 wird in der Intralogistik vorrangig zur Wareneingangsbuchung verwendet. Dieses leitet alle notwendigen Materialinformationen an das LVS weiter. Während des Buchungsvorgangs im Wareneingang wird bereits im SAP/R3 der Lagerzugang erzeugt, obwohl das Material physisch noch nicht im Lager vorhanden ist. Die im LVS gespeicherten Materialbewegungsdaten werden über Nacht an das SAP R/3 übertragen. Das LVS hingegen bildet alle materialwirtschaftlichen Prozesse ab, die im Lager durchgeführt werden. Dazu zählen u. a. die Ein- und Auslagerung, die Lagerverwaltung, sowie die Materialsteuerung und Disposition.

Weiterführend sind die wichtigsten Objekte im betrachteten Wertstrom die Förder- und Transportmittel sowie die Ladungsträger, welche in Abbildung 6-5 dargestellt werden. Dazu zählen die zwölf Fördermittel, aufgeteilt in Gabelstapler und Handgabelhubwagen sowie die Ladungsträger in Form von 11.643 HRL-Paletten in den Größen P, M und T. Zur Ermittlung der jeweiligen Mengen werden einerseits bestehende Dokumente, wie die Kennzahlenberichte der Intralogistik, analysiert, darüber hinaus wurde eine Bestandsaufnahme in Form einer Zählung durchgeführt.

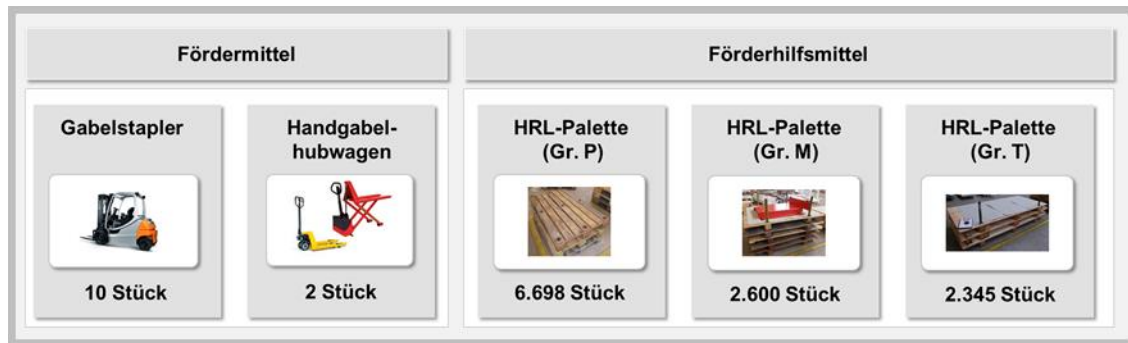


Abbildung 6-4: Logistische Objekte des betrachteten Wertstroms (Kaufteile-Groß)
[Eigene Darstellung]

Mit den vorliegenden Ergebnissen der Situationsanalyse wird nachfolgend die Phase der ID-Punkte-Auswahl durchlaufen.

6.2.2 ID-Punkte-Auswahl

Innerhalb der Phase der ID-Punkte-Auswahl soll festgelegt werden, an welchen Stellen im Materialfluss des betrachteten Wertstroms eine Erfassung der HRL-Paletten (siehe Abschnitt 6.2.1) erfolgen soll. Basierend auf den in Abschnitt 5.2.2 ermittelten 15 ID-Punkt-Varianten, welche aus der Kombination der vier ID-Punkt-Typen Erfassung an Pufferfläche, Fördermitteln, Bearbeitungsstationen und organisatorischen Bereichsschnittstellen bestehen, werden zunächst die Mengen der potentiellen ID-Punkte ermittelt. Aus der Betrachtung der unterschiedlichen Prozessbausteine der in Abschnitt 6.2.1 durchgeführten Wertstromanalyse ergibt sich die in Abbildung 6-5 dargestellten Mengen der potentiellen ID-Punkte. Insgesamt können dabei zunächst 32 Prozessbausteine sowie drei organisatorische Bereichsschnittstellen identifiziert werden. Des Weiteren ist anhand des Wertstroms ersichtlich, dass eine Identifikation das erste Mal an der Bearbeitungsstation Kaufteile-Groß im Rahmen der Wareneingangsbuchung erfolgen kann, da die Lieferanten die Ladungsträger nicht mit AutoID-Technologie ausstatten. Aus diesem Grund reduziert sich die Anzahl der potentiellen ID-Punkte um diejenigen, die vor der erwähnten Bearbeitungsstation liegen (siehe Abschnitt 6.2.1). Somit bleiben für die weitere Betrachtung 21 Prozessbausteine und zwei organisatorische Bereichsschnittstellen bestehen. Aufgrund der im Konzeptteil erläuterten Problematik bei dem Förder-/Transportprozess ist die Anzahl der Prozessbausteine dieses ID-Punkt-Typs durch die Menge der im Wertstrom verwendeten Fördermittel zu ersetzen, welche im Rahmen der Wertstromanalyse (siehe Abschnitt 6.2.1) bereits ermittelt werden. Insgesamt ergeben sich nach dem Vorgehensmodell für den Wertstrom Kaufteile-Groß in Summe 24 potentielle ID-Punkte.

Zu verwendende ID-Punkt-Mengen		
ID-Punkt-Typ (ID-PT)	Potentielle ID-Punkte	Anzahl zu erfassende Punkte
ID-PT-1	Pufferflächen	7
ID-PT-2	Fördermittel	12
ID-PT-3	Bearbeitungsstationen	3
ID-PT-4	Bereichsschnittstellen	2
Summe:		24

Abbildung 6-5: Ermittlung der potentiellen ID-Punkt-Mengen
[Eigene Darstellung]

Weiterführend ist anhand der ID-Punkt-Mengen zu ermitteln, welche der 15 ID-Punkt-Varianten für den betrachteten Wertstrom geeignet ist. An dieser Stelle sieht das Vorgehensmodell vor, eine Kosten-Nutzwert-Analyse durchzuführen. Hierfür werden als Erstes die Werte für die Nutzendimension errechnet, welche die beiden in Abschnitt 5.2.1 festgelegten Kategorien Informationsdichte und Kennzahlenerfassbarkeit beinhaltet.

Für die Ermittlung der *Informationsdichte* werden zunächst die aufgenommenen Prozessbausteine betrachtet und deren Anzahl dokumentiert. Dabei werden nur die Prozessbausteine gezählt, welche bei der Verfolgung einer einzelnen HRL-Palette im betrachteten Wertstrom die Informationen zu Material und der Palette bereitstellen können (siehe Abschnitt 6.2.1). Aus dieser Zählung geht hervor, dass höchstens 15-mal die Informationen zum Status der HRL-Palette sowie des Materials erhoben werden können. In Bezug auf die vier ID-Punkt-Typen ergibt sich, dass die Informationen fünfmal an den Pufferflächen, sechsmal durch Fördermittel, dreimal an den Bearbeitungsstationen und zweimal an den Bereichsschnittstellen erfasst werden können. Die geringste Informationsdichte mit jeweils zwei ID-Punkten haben die ID-Punkt-Variante 14 (Erfassung an den Bearbeitungsstationen) und die ID-Punkt-Variante 15 (Erfassung an den Bereichsschnittstellen) vorzuweisen (siehe Abbildung 6-6). Die detaillierte Mengenermittlung für jede ID-Punkt-Variante ist in Anhang C-6 aufgeführt.

Informationsdichte pro ID-Punkt-Variante		
ID-Punkt-Varianten	Summe	Verteilung in %
Variante 1	11	73%
Variante 2	7	47%
Variante 3	7	47%
Variante 4	8	53%
Variante 5	8	53%
Variante 6	4	27%
Variante 7	13	87%
Variante 8	13	87%
Variante 9	15	100%
Variante 10	9	60%
Variante 11	10	67%
Variante 12	5	33%
Variante 13	6	40%
Variante 14	2	13%
Variante 15	2	13%

Abbildung 6-6: Ergebnis aus der Ermittlung der Informationsdichte
[Eigene Darstellung]

Im weiteren Verlauf wird die zweite Kategorie der Nutzendimension, die *Kennzahlenerfassbarkeit*, ermittelt. In Anlehnung an die Erkenntnisse aus der Prozessanalyse werden die wesentlichen Kennzahlen gemeinsam mit dem Unternehmen festgelegt und den Kennzahlenkategorien zugeordnet (siehe Abbildung 6-7). Hierbei stellt sich heraus, dass aus Sicht des Unternehmens keine Festkennzahlen vorliegen und somit nur Wunschkennzahlen bestehen.

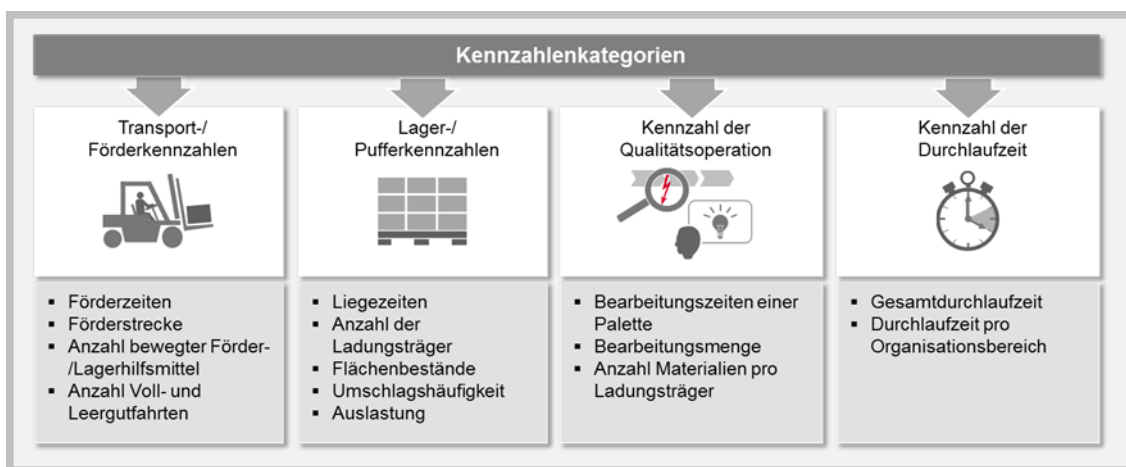


Abbildung 6-7: Kennzahlen zur Ermittlung der Kennzahlenerfassbarkeit
[Eigene Darstellung]

Weiterhin gilt es, die Kennzahlen zu priorisieren, da nicht jede Kennzahl für W&H den gleichen Mehrwert stiftet. Hierzu wird gemeinsam mit dem Leiter der Montageversorgung eine Priorisierung über den paarweisen Vergleich vorgenommen. Der durchgeführte Paarvergleich ergibt, dass insbesondere die Bearbeitungszeiten pro Bearbeitungsprozess und pro Palette relevant sind. Wie im konzeptionierten Vorgehensmodell erarbeitet, werden im Anschluss mit der Paretoanalyse die Gewichtungsfaktoren der jeweiligen Kennzahlen ermittelt. Die ermittelte Gewichtung der Einzelkennzahlen wird mit den zugeordneten Kennzahlenmengen der 15 ID-Punkt-Varianten multipliziert. Somit können

die gewichteten ermittelbaren Kennzahlen für jede ID-Punkt-Variante bestimmt werden (siehe Abbildung 6-8). Eine detaillierte Berechnung ist in Anhang C-7 abgebildet. Die Ermittlungsmethodik zeigt, dass insbesondere die ID-Punkt-Varianten sieben und neun den größten Nutzen hinsichtlich der priorisierten Kennzahlen liefern.

Kennzahlenerfassbarkeit pro ID-Punkt-Variante		
ID-Punkt-Varianten	gewichtete Anzahl Kennzahlen	Verteilung in %
Variante 1	40	87%
Variante 2	41	89%
Variante 3	36	78%
Variante 4	27	59%
Variante 5	17	37%
Variante 6	16	35%
Variante 7	45	98%
Variante 8	40	87%
Variante 9	45	98%
Variante 10	41	89%
Variante 11	27	59%
Variante 12	36	78%
Variante 13	17	37%
Variante 14	16	35%
Variante 15	6	13%

Abbildung 6-8: Ergebnis aus der Ermittlung der Kennzahlenerfassbarkeit
[Eigene Darstellung]

Aus der Zusammenfassung der Informationsdichte und Kennzahlenerfassbarkeit ergibt sich der Gesamtnutzen einer jeden ID-Punkt-Variante. Darüber hinaus war es der Wunsch des Unternehmens, dass die Teilnutzenwerte der Kennzahlenerfassbarkeit doppelt so wichtig sind wie die der Informationsdichte. Dabei werden die in blau dargestellten Werte mit der vorgegebenen Gewichtung multipliziert. Der Wert im grünen Rahmen stellt den gemittelten Ergebniswert dar (siehe Abbildung 6-9). Darüber hinaus zeigt der dargestellte Ausschnitt, dass infolge der Berechnungen ID-Punkt-Variante neun W&H den größten Nutzen stiftet.

Ergebnis der Nutzendimension	Gewichtung	Variante 6	Variante 7	Variante 8	Variante 9	Variante 10
Informationsdichte	1	27%	87%	87%	100%	60%
Kennzahlenerfassbarkeit	2	35%	98%	87%	98%	89%
Ergebnis		32%	94%	87%	99%	79%

Diagramm zur Berechnung des Ergebnisses:

- Informationsdichte (27%) × Gewichtung 1 = 27%
- Kennzahlenerfassbarkeit (35%) × Gewichtung 2 = 70%
- 27% + 70% = 97%
- 97% / 3 = 32%

Abbildung 6-9: Ergebnis aus der Ermittlung des ID-Punkt-Nutzens
[Eigene Darstellung]

Im weiteren Verlauf gilt es im Rahmen der Kosten-Nutzen-Analyse die Dimension der ID-Punkt-Kosten zu ermitteln. Hierzu erfolgt eine grobe Einschätzung der Kosten, welche sowohl für einen möglichen Einsatz der Barcode- als auch der RFID-Technologie zu ermitteln sind (siehe Abschnitt 5.2.2). Um die ungefähre Anzahl an benötigten Komponenten für die jeweilige Technologie festzulegen, erfolgt ein Expertengespräch mit einem

Technologieanbieter. Anhand der daraus gewonnenen Informationen werden zunächst jedem der vier ID-Punkt-Typen die Komponentenmengen zugeordnet. Eine detaillierte Darstellung der hier folgenden Beschreibung ist dem Anhang C-8 zu entnehmen. Bei der RFID-Technologie werden die Pufferflächen, die Gabelstapler sowie die Bearbeitungsstation im Lager grundsätzlich mit einem Lesegerät und mehreren Antennen ausgestattet. An der Bearbeitungsstation im Wareneingang wird empfohlen, mit einem RFID-Handheld zu arbeiten, um die Verheiratur von Material und Ladungsträger zu vereinfachen. Ebenfalls mit einem Handheld ausgestattet werden die Handförderfahrzeuge, welche zur Überbrückung von kurzen Distanzen genutzt werden. Die organisatorischen Bereichsschnittstellen können mit sogenannten RFID-Gates realisiert werden, welche in der Regel aus vier Antennen und einem Lesegerät bestehen (siehe Anhang A-7). Bei der Barcode-Technologie sollen an jedem der vier ID-Punkt-Typen jeweils Mobile Datenerfassungsgeräte verwendet werden. Diese sind zum einen nicht stationär gebunden und können zum anderen über den Bildschirm verschiedene Aktionen ausführen. Darüber hinaus werden die grobe Anzahl an Schnittstellen sowie der Implementierungsaufwand in Arbeitstagen geschätzt. Die Preise für die jeweiligen Komponenten entstammen sowohl dem Expertengespräch als auch einer Internetrecherche. Anschließend werden die Gesamtkosten der jeweiligen Technologie aus der Multiplikation von ID-Punkt-Menge, Komponentenmenge und -preisen für jede der 15 ID-Punkt-Varianten und jede AutoID-Technologie gebildet. Die Abbildung 6-10 zeigt einen Ausschnitt der Gesamtkosten für RFID. Hier stellt ID-Punkt-Variante neun mit geschätzten 89.352,58 Euro die kostenintensivste Möglichkeit dar, wohingegen ID-Punkt-Variante 14 mit 8.800,- Euro die kostengünstigste Alternative ist.

Gesamtkosten pro ID-Punkt-Variante (RFID)		
ID-Punkt-Varianten	Gesamtkosten (in Euro)	Gesamtkosten (in %)
Variante 1	61.475,00 €	69%
Variante 2	31.025,00 €	35%
Variante 3	41.302,58 €	46%
Variante 4	48.050,00 €	54%
Variante 5	58.327,58 €	65%
Variante 6	27.877,58 €	31%
Variante 7	70.275,00 €	79%
Variante 8	80.552,58 €	90%
Variante 9	89.352,58 €	100%
Variante 10	50.102,58 €	56%
Variante 11	67.127,58 €	75%
Variante 12	22.225,00 €	25%
Variante 13	39.250,00 €	44%
Variante 14	8.800,00 €	10%
Variante 15	19.077,58 €	21%

Abbildung 6-10: Ergebnis der Grobkostenschätzung für RFID
[Eigene Darstellung]

Mit den generierten Ergebniswerten der Kosten- und Nutzendimension kann nachfolgend das in Abschnitt 5.2.2 dargestellte Kosten-Nutzwert-Diagramm erstellt werden. Für eine gleichskalierte Darstellungsweise werden die Achsen in Prozent dargestellt und die jeweiligen prozentualen Ergebniswerte in das Diagramm übertragen. Nach den festgelegten

Bewertungsfeldern liegen für die RFID-Technologie die ID-Punkt-Varianten zwei, drei, zehn und zwölf in einem Bereich, der für W&H attraktiv ist (siehe Abbildung 6-11). In Anlehnung daran ist die Variante neun die mit dem höchsten Nutzen und den höchsten Kosten. Die Anwendung des Diagonalverfahrens zeigt, dass durch ein Verschieben der Diagonalen von rechts unten nach links oben ID-Punkt-Variante zwei W&H als geeignete Lösung zu empfehlen ist. Diese umfasst die ID-Punkte mit der Erfassung an Pufferflächen und Bearbeitungsstationen.

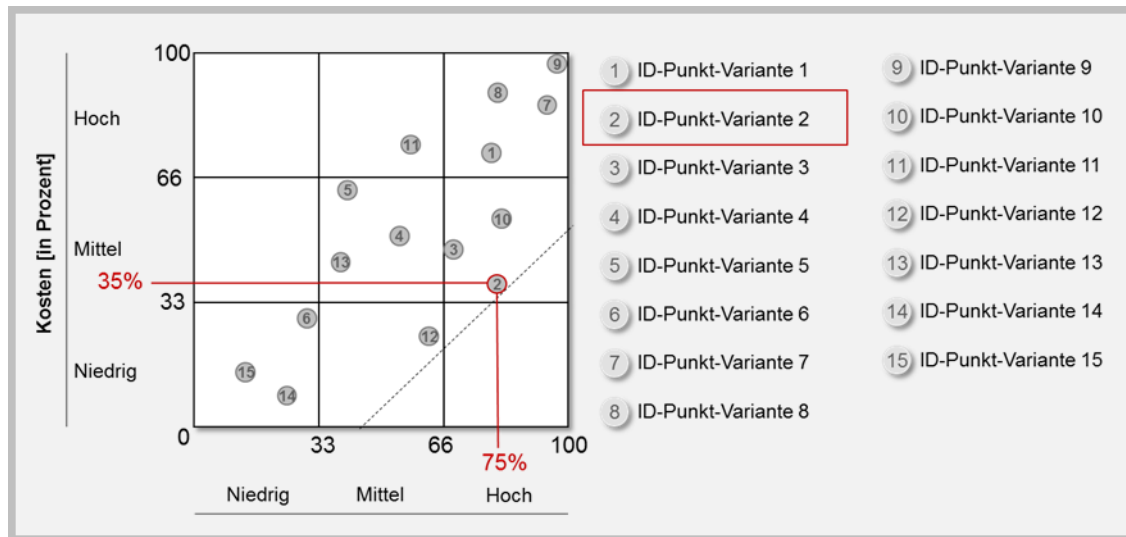


Abbildung 6-11: Kosten-Nutzen-Diagramm zur ID-Punkte-Auswahl
[Eigene Darstellung]

Die identische Vorgehensweise für den Kosten-Nutzen-Vergleich wird ebenfalls für die Barcode-Technologie angewandt. Hieraus resultiert, dass ebenfalls ID-Punkt-Variante zwei die geeignetste Option darstellt, wobei die Kosten hierfür bei 28.900 Euro liegen. Alle detaillierten Berechnungen sowie Ergebnisse befinden sich in Anhang C-9.

Auf Basis der präsentierten Ergebnisse entscheidet sich W&H dazu, einen detaillierten Technologievergleich für die ID-Punkt-Variante zwei mit zehn ID-Punkten, bestehend aus Pufferflächen und Bearbeitungsstationen, durchzuführen. Zur besseren Einordnung werden die ausgewählten ID-Punkte auf die betrachteten Logistikflächen im Werksplan abgetragen (siehe Anhang C-10).

6.2.3 Technologieauswahl

In Anlehnung an die in Abschnitt 6.2.3 durchgeführte ID-Punkte-Auswahl werden in dieser Phase des Vorgehensmodells die beiden AutoID-Technologien RFID (LF, HF, UHF, MW) und Barcode (1D, 2D) hinsichtlich der ID-Punkt-Variante zwei miteinander verglichen. Zur Technologieauswahl werden der in Abschnitt 5.2.2 erarbeitete Kriterienkatalog sowie die Bewertungsskalen für die AutoID-Technologien herangezogen.

Im ersten Schritt dieser Phase werden die identifizierten ID-punktspezifischen Kriterien verwendet, um die erste Technologiebewertung anhand des erstellten ID-Punkt-Analysebogens durchzuführen. Dazu wird jeder ID-Punkt einzeln betrachtet und mittels der Kriterien analysiert. Die jeweiligen Bewertungspunkte werden der Bewertungsskala (siehe Abschnitt 5.2.3) entnommen und entsprechend den Ausprägungsstufen vergeben. Exemplarisch werden in Abbildung 6-12 die Ergebnisse der Bewertung von *ID-Punkt-Nr. 1* der *Bearbeitungsstation 1* im Wareneingang dargestellt.

ID-Punkt-Typ	Bearbeitungsstation	ID-Punkt-Nr.	1
ID-Punkt-Bezeichnung	Bearbeitungsstation 1 – Kaufteile (groß)	Organisationsbereich	Wareneingang
Kriterium	Begründung	Merkmalsausprägung	Punkte
Reichweite	Die Erfassungsreichweite ist an diesem ID-Punkt von mittlerer Relevanz, da der Kommissionierer bis zum Erfassungsobjekt einen Weg von 3 Metern zurücklegen muss.	Mittlere Reichweite ist notwendig (bis 3m)	2
Pulkfähigkeit	Die Pulkfähigkeit hat an diesem Punkt keine Relevanz, da der Kommissionierer lediglich einen Ladungsträger pro Vorgang bearbeitet.	Nicht relevant	0
Einfluss durch Schmutz	An der Kommissionierstation kommt es nur zu leichten Verschmutzungen, da beim Umpacken der Teile sowie beim Transport Staub aufgewirbelt wird.	Geringe Relevanz	1
Einfluss durch Metalle	In der Nähe der Erfassungsfläche befinden sich z.T. metallische Gegenstände wie Gitterboxen. Zudem können die Materialien aus Metall bestehen. Dies hat für die Erfassung keine hohe Relevanz, da an der Kommissionierstation bei Barcode und RFID mit einem Handheld gearbeitet werden kann.	Geringe Relevanz	1
Einfluss durch Flüssigkeiten	Ab und an werden an dieser Station Wareneingänge erfasst, bei denen die Materialien Flüssigkeiten (z.B. Öl, Reinigungsmittel, etc.) enthalten. Dies hat für die Erfassung keine hohe Relevanz, da an der Kommissionierstation bei Barcode und RFID mit einem Handheld gearbeitet werden kann.	Geringe Relevanz	1
Einfluss durch Feuchtigkeit/Nässe	Aufgrund von geöffneten Toren besteht die Gefahr, dass eine leicht erhöhte Luftfeuchtigkeit vorliegt.	Geringe Relevanz	1
Einfluss durch Oberflächenveränderungen	Geringer Einfluss durch Strahlung durch das nebenstehende Rolltor und die im Gebäude befindlichen Fenster.	Geringe Relevanz	1
Einfluss durch mechanische Beanspruchung	Hier besteht die Gefahr einer mechanischen Beanspruchung des Datenträgers nur durch den Transport mit einem Handgabelhubwagen zur Kommissionierfläche. Dieser wird allerdings aufgrund der geringen Anfahrtschwindigkeit als gering eingestuft.	Geringe Relevanz	1
Einfluss von Richtung und Lage des Datenträgers	Hat hier einen mittleren Einfluss, da der Datenträger von allen Seiten mit einem Handheld zugänglich ist und erfasst werden kann.	Mittlere Relevanz	2

Abbildung 6-12: Bewertungsergebnisse für ID-Punkt 1 – Bearbeitungsstation 1
[Eigene Darstellung]

Die Ergebnisse der zehn ID-Punkt-Analysen fließen anschließend als Gewichtung in die einzelnen gewichteten Punktebewertungstabellen ein. Weiterführend erfolgt die Bewertung der AutoID-Technologien mit der in Abschnitt 5.2.3 dargestellten Bewertungsskala, um den Erfüllungsgrad der ID-punktspezifischen Kriterien zu ermitteln. Die Tabellen zur Ermittlung der Ergebniswerte sind in Anhang C-11 aufgeführt. Das in Abbildung 6-13 dargestellte Ergebnis der gewichteten Punktebewertung zeigt, dass z. B. bei ID-Punkt-Nr. 1 die UHF-Technologie mit 26 Punkten mit einem geringen Abstand vor den anderen RFID-Technologien liegt. Um ein Gesamtergebnis für alle ID-Punkte zu erhalten, werden

die Resultate der anderen ID-Punkt-Bewertungen mit diesem addiert. Insgesamt zeigt das Ergebnis, dass die UHF-Technologie auf Basis der ID-punktspezifischen Bewertung am besten geeignet ist. Darüber hinaus ist zu erkennen, dass die Barcode-Technologie bei keinem Einzelergebnis vorne liegt. Das liegt beispielsweise daran, dass aufgrund der Größe der Pufferflächen hohe Reichweiten erforderlich sind, zum Teil starke Verschmutzung an den ID-Punkte vorliegen oder die Position des Datenträgers eine entscheidende Rolle bei der Erfassung spielt.

Ergebnis der gewichteten Punktebewertung zur Technologieauswahl (ID-punktbezogen)									
ID-Punkt-Nr.	ID-Punkt-Typ	ID-Punkt-Bezeichnung	Organisationsbereich	Barcode		RFID			
				1D-Barcode	2D-Barcode	LF	HF	UHF	MW
ID-Punkt 1	Bearbeitungsstation	Kommissionierstation 1 - Kaufteile (groß)	Wareneingang	14	18	23	25	26	23
ID-Punkt 2	Bearbeitungsstation	Kommissionierstation 2 - Kaufteile (groß)	Wareneingang	14	18	23	25	26	23
ID-Punkt 3	Pufferfläche	Materialbereitstellungsfläche IBT - Kaufteile (groß)	Wareneingang	21	26	31	31	48	45
ID-Punkt 4	Pufferfläche	Materialbereitstellungsfläche IBT - Groß- und Kleinteile	Wareneingang	22	28	36	44	56	51
ID-Punkt 5	Pufferfläche	Pufferfläche 1 - Anhänger IBT (WE)	Wareneingang	33	42	51	56	67	60
ID-Punkt 6	Pufferfläche	Pufferfläche 2 - Anhänger IBT (WE)	Wareneingang	33	42	51	56	67	60
ID-Punkt 7	Pufferfläche	Pufferfläche 1 - Anhänger IBT (LA)	Lagervorzone	33	42	51	56	67	60
ID-Punkt 8	Pufferfläche	Pufferfläche 2 - Anhänger IBT (LA)	Lagervorzone	33	42	51	56	67	60
ID-Punkt 9	Pufferfläche	Materialbereitstellungsfläche - Lagervorzone	Lager	24	32	44	51	62	55
ID-Punkt 10	Bearbeitungsstation	Bearbeitungsstation - Einlagerung (HRL)	Lager	25	33	41	42	47	47
Summe				252	323	402	442	533	484
Rangfolge				6	5	4	3	1	2

Abbildung 6-13:Ergebnistabelle – ID-punktspezifische Bewertung der Technologiekriterien

[Eigene Darstellung]

Im Anschluss wird die Technologiebewertung auf Basis der allgemeinen Bewertungskriterien durchgeführt. Dafür wird zunächst die Bewertung der Kriterien anhand der in Abschnitt 5.2.3 aufgestellten Bewertungsskala vorgenommen. Neben den Leistungskriterien zur Lese- und Schreibgeschwindigkeit, der Speicherkapazität und Wiederbeschreibbarkeit werden hier die Kriterien der Sicherheit, der Kosten und des Aufwandes betrachtet. Ein Ausschnitt eines Bewertungsbogens befindet sich in Anhang C-12. Anknüpfend an die Bewertung der Kriterien der jeweiligen AutoID-Technologie, sind diese durch das Unternehmen zu priorisieren. Hierfür werden die Kriterien zunächst mit dem Paarvergleich gegenübergestellt. Weiterhin wird mit der Paretoanalyse eine Einteilung der priorisierten Kriterien in die in Abschnitt 5.2.3 aufgestellten vier Klassen vorgenommen. Hierbei ist zu erkennen, dass W&H vor allem die Sicherheitskriterien in Form von Datensicherheit und Datenschutz wichtig sind, gefolgt vom Mitarbeiteraufwand für die Durchführung der Identifikation (siehe Anhang C-13). Mit dem Übertragen der Gewichtung in die Punktebewertung können die Nutzwerte der einzelnen AutoID-Technologien ermittelt werden. Die einzelnen Werte der in Abbildung 6-14 dargestellten Ergebnistabelle zeigen, dass die RFID-Technologie, aufgrund ihrer technischen Eigenschaften, einen deutlichen Vorsprung gegenüber dem Barcode hat. Insbesondere zeigt sich dieser in Form

der Sicherheitskriterien. Hier sind die Datenträger der RFID-Technologie nicht so einfach zu manipulieren wie die beim Barcode. Hinsichtlich des von W&H als sehr wichtig empfundenen Mitarbeiteraufwandes gewinnt die RFID-Technologie ebenfalls. Im Gegensatz zu dem ID-punktspezifischen Ergebnis liegen hier die LF- und HF-Technologie vor der UHF-Technologie. Das resultiert vor allem daraus, dass die Kosten für UHF höher sind als bei LF und HF.

Ergebnis der Punktebewertung zur allgemeinen Technologieauswahl							
Kriteriengruppe	Kriterien	Barcode		RFID			
		1D-Barcode	2D-Barcode	LF	HF	UHF	MW
Leistung	Lese- und Schreibgeschwindigkeit	2	4	6	6	6	6
	Speicherkapazität	0	1	1	2	3	3
	Wiederbeschreibbarkeit	0	0	4	4	4	4
Sicherheit	Datensicherheit	4	8	12	12	12	12
	Datenschutz	0	0	12	12	12	12
Kosten	Investitionskosten	12	9	6	6	3	3
	Laufende Kosten	4	4	12	12	8	8
Aufwand	Implementierungsaufwand	9	9	3	3	3	3
	Wartungsaufwand	3	3	1	1	1	1
	Mitarbeiteraufwand/ Identifikationsaufwand	4	4	12	12	12	12
Summe		22	26	53	54	48	48
Rangfolge		5	4	2	1	3	3

Abbildung 6-14:Ergebnistabelle – Allgemeine Bewertung der Technologiekriterien
[Eigene Darstellung]

Für die abschließende Auswahl der einzusetzenden AutoID-Technologie werden die Werte zu den ID-punktspezifischen und allgemeinen Bewertungsergebnissen angeglichen (siehe Abschnitt 5.2.3). Hieraus resultiert, dass vor allem die RFID-Technologien einen deutlichen Vorsprung vor den beiden Barcode-Technologien haben. Darüber hinaus zeigt Abbildung 6-15, dass die vier RFID-Technologien von dem unternehmerischen Nutzen nah beieinanderliegen. Den höchsten Punktwert erzielt auf Basis der vorliegenden Bewertungssystematik die UHF-Technologie. Der Grund dafür liegt vor allem in den Ergebnissen der ID-Punkt-Analyse. Diese haben eindeutig gezeigt, dass die UHF-Technologie für die speziellen Gegebenheiten an den einzelnen ID-Punkten am besten geeignet ist. Daher entscheidet W&H die Technologie zu fokussieren.

Endergebnis der Technologieauswahl						
Punktebewertungen	Barcode		RFID			
	1D-Barcode	2D-Barcode	LF	HF	UHF	MW
1 - ID-punktbezogene Technologiebewertung	23	29	40	44	53	48
2 - Allgemeine Technologiebewertung	22	26	53	54	48	48
Summe	45	55	93	98	101	96
Rangfolge	6	5	4	2	1	3

Abbildung 6-15: Endergebnis der Technologieauswahl
[Eigene Darstellung]

In Folge dieser Auswahl kann an dieser Stelle noch keine Aussage zu der tatsächlichen Funktionsfähigkeit der UHF-Technologie getätigt werden. Deshalb wird nach dem Vorgehensmodell im nachfolgenden Abschnitt die technische Machbarkeit an den ausgewählten ID-Punkten untersucht.

6.2.4 Technische Machbarkeitsuntersuchung

Auf Basis der Ergebnisse aus den beiden vorangegangenen Abschnitten wird in dieser Phase der Machbarkeitsstudie die Funktionsfähigkeit der RFID-Technologie getestet. Da eine technische Untersuchung mit einem hohen Aufwand verbunden ist und im Rahmen der Anwendung das erstellte Konzept überprüft werden soll, erfolgt der Test in dieser Masterarbeit lediglich an einem ausgewählten ID-Punkt. Um den Arbeitsablauf der Mitarbeiter nicht in großem Maße zu unterbrechen, wurde mit dem Teamleiter für den Wareneingang vereinbart, den Test an *ID-Punkt-Nr. 3* (Pufferfläche; Materialbereitstellungsfläche IBT – Kaufteile Groß) durchzuführen (siehe Anhang C-10).

In Anlehnung an die in Abschnitt 5.2.3 erarbeitete Vorgehensweise erfolgt zunächst die Vorbereitung des Tests. Hierfür werden die ermittelten Daten der in Abschnitt 6.2.3 durchgeführten ID-Punkt-Analyse herangezogen. Dabei sind insbesondere die Flächenabmessungen von Bedeutung, welche in diesem Fall eine Länge von acht Metern und eine Breite von 1,5 Metern beträgt. Des Weiteren ist die Pufferfläche von Rangierflächen für die Bereitstellung und Entnahme der HRL-Paletten umgeben. Direkt an dieser Fläche angrenzend, befindet sich eine der beiden Bearbeitungsstationen, welche durch eine Trennwand räumlich separiert ist. Somit sind bereits einseitig Möglichkeiten für eine Schnittstellenanbindung für die UHF-Technologie gegeben. Anhand dieser Daten und Erkenntnisse wird nachfolgend das Testkonzept erstellt.

Auf Basis der Flächengröße sowie des umliegenden Platzangebots wird festgelegt, dass eine dauerhafte Erfassung der HRL-Paletten erfolgen soll. Das bedeutet, dass alle in der Fläche befindlichen HRL-Paletten über den Zeitraum erfasst werden, in der sich diese in der Pufferfläche befinden. Um dies zu gewährleisten, können die benötigten Antennen

sowohl links als auch rechts von der Längsseite platziert werden. Der Vorteil dieser Positionierung ist, dass die Staplerfahrer beim Bereitstellen sowie bei der Entnahme aus der Pufferfläche nicht behindert werden. Im Hinblick auf die Testdurchführung wird als Testobjekt die HRL-Palette vom Typ P ausgewählt. Damit eine höhere Erfassungsqualität erzielt werden kann, soll diese mit zwei RFID-Transpondern ausgestattet werden, welche an den gegenüberliegenden Füßen anzubringen sind. Des Weiteren werden wegen der vorhandenen Schnittstellenanbindung das Lesegerät und die Antenne linksseitig von der Pufferfläche aufgestellt.

In Anlehnung an das grundlegende Testkonzept werden unterschiedliche Testszenarien erarbeitet, welche nachfolgend beschrieben werden. *Szenario eins* soll zunächst die Funktionsfähigkeit der verwendeten Transponder prüfen. Dies erfolgt ohne Montage der Transponder an der HRL-Palette. Das *zweite Szenario* umfasst den Test in Verbindung mit einer P-Palette. Um die maximale Reichweite der Antennen zu ermitteln, soll hierbei der Abstand zwischen Testobjekt und Antenne bei jeder Messung um 50 cm erhöht werden. Hierbei werden zudem unterschiedliche Antennen eingesetzt, die sich in ihrer Reichweite unterscheiden. In *Szenario drei* wird untersucht, wie sich störende Faktoren auf die Erfassung auswirken. Hierfür sollen sowohl eine P-Palette, als auch eine Gitterboxpalette im Wechsel zwischen Antenne und Transponder platziert werden. Das *vierte Szenario* soll die Pulkfähigkeit überprüfen, weshalb zwei P-Paletten mit jeweils zwei Transpondern ausgestattet werden. Die Messung in der Pufferfläche werden dabei mit verschiedenen Abständen zu der Antenne vorgenommen.

Um den Test mit den verschiedenen Szenarien durchzuführen, müssen die zuvor erwähnten Komponenten sowie eine Testsoftware beschafft werden. Dafür wird der bereits in Abschnitt 6.2.3 erwähnte Technologieanbieter kontaktiert. Dieser hat anhand der dargelegten Situationsbeschreibung ein RFID-Testpaket bereitgestellt, welches die in Abbildung 6-16 dargestellten Komponenten beinhaltet.






RFID-Komponenten		Kurzbeschreibung
	4 x UHF-Transponder	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schlitztransponder zur Befestigung an metallischen Gegenständen ▪ Größe (B x T x H): 30 x 26 x 5 mm
	1 x RFID-Antenne (Mid Range)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mid-Range-Antenne ▪ Größe (B x T x H): 156 x 126 x 36 mm ▪ Inkl. 3m Antennenkabel
	1 x RFID-Antenne (Long Range)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Long-Range-Antenne ▪ Größe (B x T x H): 270 x 270 x 45 mm ▪ Inkl. 3m Antennenkabel
	1 x RFID-Reader	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Für den Einsatz in rauer, metallischer Industrieumgebung ▪ 4 Antennenanschlüsse ▪ Größe (B x T x H): 241,7 x 157,3 x 67 mm
	1 x Middleware	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zur Überwachung der Readerleistung ▪ Lesen- und Schreiben von Transponderinformationen ▪ Daten werden zur Auswertung in Datenbank gesammelt

Abbildung 6-16: Komponenten aus dem RFID-Testpaket
[Eigene Darstellung]

Hinsichtlich der Testdurchführung sollen die in Anhang A-8 beschriebenen Messwerte ermittelt werden, welche Aufschluss über die Leistungsfähigkeit der UHF-Technologie liefern sollen. Für die Auswertung der Leistungsdaten sowie des beschriebenen Testszenarios wird eine entsprechende EXCEL-Tabelle erstellt. Darüber hinaus werden für die Anbringung der On-Metall-Tags vier Metallplatten gefertigt, welche zusätzlichen Schutz bieten sollen, falls z. B. ein Gabelstapler mit dem Zinken gegen den Transponder stößt. Die Dokumentationen zum nachfolgenden Test befinden sich in Anhang C-14.

Um den Test durchzuführen, werden die beiden Antennen jeweils an einem Stativ mit Standfuß befestigt. Damit können sowohl die Höhe als auch der Winkel der Antenne justiert werden. Als Schnittstelle zwischen Messgerät und Laptop wird zum Auslesen der Daten die Middleware des Technologieanbieters eingesetzt. Hinsichtlich der Reichweitenmessung werden mit einem Maßband sowie Klebeband die erwähnten Abstände festgelegt. Für diesen Test werden die RFID-Transponder innenliegend an die Metallplatte angebracht und anschließend gemeinsam an den Außenseiten der beiden diagonal gegenüberliegenden Holzfüße montiert. Für die Einstellung der Antennenhöhe und des Winkels wird zunächst eine Messung zur Positionierung der Antennen durchgeführt. Dazu wird die Antenne so lange in verschiedenen Winkeln und Höhen eingestellt, bis sie die Transponder an dem Testobjekt erfassen kann. Der Abstand zwischen Antenne und Testobjekt beträgt während dieser Messung 50 cm. Da die Messungen in dem gleichbleibend temperierten Wareneingang stattfinden, werden Messabweichungen durch Temperaturunterschiede ausgeschlossen. Daran anknüpfend werden die zuvor geplanten

Szenarien getestet, deren Ergebnisse sowie notwendige Anpassungen während der Messung nachfolgend beschrieben werden. Die Ergebnistabellen zu den Szenarien zwei bis vier befinden sich in Anhang C-14 dieser Masterarbeit.

Szenario eins zeigt, dass die vier eingesetzten Transponder einzeln und bei Pulkerfassung funktionsfähig sind. Hiermit können zudem die eindeutigen ID-Nummer der jeweiligen Transponder festgehalten werden, um diese für die weiteren Tests voneinander unterscheiden zu können (siehe Abbildung 6-17).

	Ild.- Nr.	Transponder-Nr.	Transponder- erfassung	Leserate (30 sec.)	Anzahl erfassbarer Transponder	Anzahl erfasster Transponder	Lese- quote
Szenario 1	1	2009150500a010414707d25	ja	8	4	4	100%
	2	200915050050240232027aa	ja	8			
	3	2009150500502460800c76	ja	8			
	4	2009150500c14896fff0003	ja	8			

Abbildung 6-17: Ergebnisse aus Szenario 1

[Eigene Darstellung]

Im *zweiten Szenario* wird die maximale Reichweite mit der verwendeten Mid-Range-Antenne ermittelt. Dabei wird nach jeder Messung der Abstand zwischen Antenne und Palette um jeweils 50 cm erhöht. Dieser Vorgang erfolgt so lange, bis die beiden Transponder nicht mehr durch die Antenne erfasst werden können. Die erfassten Werte zeigen, dass die Identifizierung der einzelnen P-Palette bis zu drei Meter möglich ist. Hierbei werden bei einem Abstand von 50 cm beide RFID-Transponder ausgelesen. Über diese Reichweite hinaus kann lediglich der zur Antenne gerichtete RFID-Transponder identifiziert werden. Demzufolge kann die Mid-Range-Antenne nicht die Anforderungen des aufgestellten Testkonzeptes mit zwei Antennen an jeder Seite der Pufferfläche erfüllen. Im Vergleich zu dem bereits durchgeführten Szenario wird nachfolgend lediglich die Antenne ausgetauscht und durch eine UHF-Long-Range-Antenne ersetzt. In diesem Fall werden wieder beide Transponder, bei einer sukzessiven Erhöhung des Abstands um 50 cm, ausgelesen. Die maximale Empfangsreichweite beträgt dieses Mal bis zu 5,5 Meter. Dabei ist die Erfassung ebenfalls nur mit dem zur Antenne gerichteten Transponder möglich. Daraus resultiert, dass mit zwei Long-Range-Antennen auf jeder Seite der Pufferfläche eine Erfassung der einzelnen P-Palette unabhängig von deren Position erfolgen kann.

Im Gegensatz zum zweiten Szenario soll in *Szenario drei* eine weitere P-Palette als Störquelle zwischen Antenne und der mit Transpondern ausgestatteten P-Palette platziert werden. Hierbei wird ebenfalls der Abstand beider Paletten zur Antenne sukzessive um 50 cm erhöht. Allerdings resultiert aus der Messung, dass keiner der beiden Transponder erfasst werden kann, wenn eine weitere Palette ohne Abstand direkt vor dem Transponder des zu erfassenden Testobjektes liegt. Wird der Abstand zwischen den beiden Paletten

auf 5 cm erhöht, ist eine Erfassung, wie bereits in Szenario zwei erwähnt, bis zu 5,5 Metern mit dem zur Antenne gerichteten Transponder möglich. Das gleiche Resultat stellt sich ein, wenn anstatt einer P-Palette als Störquelle eine Gitterbox aus Metall verwendet wird.

Mit diesen Erkenntnissen soll im *vierten Szenario* die Identifikation von zwei P-Paletten erfolgen, welche wiederum mit jeweils zwei Transpondern ausgestattet sind. Der Abstand zwischen den beiden Paletten beträgt dafür 5 cm. Bei einem Abstand von 50 cm zur ersten Palette A, können deren beide Transponder sowie der von Palette B zur Antenne gerichtete Transponder erkannt werden. Mit einer Erhöhung des Abstandes sind jeweils die beiden zur Antenne gerichteten Transponder lesbar. Der maximale Abstand beträgt dabei für Palette A wieder 5,5 Meter. Hierbei kann Palette B nicht mehr von der Antenne erfasst werden. Dazu müsste auf der rechten Seite der Pufferfläche eine weitere Antenne positioniert werden.

In Folge des durchgeführten Tests ist festzuhalten, dass bei diesem Testkonzept die Identifikation der Transponder mehrerer Paletten mit jeweils zwei Antennen auf jeder Seite der Pufferfläche unter Einhaltung bestimmter Restriktionen möglich ist. Dies ist der Fall, wenn zwischen den Paletten ein Abstand von jeweils 5 cm eingehalten wird. Angesichts der gewonnenen Erkenntnisse, dass die UHF-Technologie nur unter bestimmten Rahmenbedingungen eingesetzt werden kann, wird W&H geraten, genauere Tests durchzuführen.

6.2.5 Wirtschaftliche Machbarkeitsuntersuchung

An die technische Machbarkeitsuntersuchung anknüpfend, erfolgt die Phase der wirtschaftlichen Machbarkeitsanalyse. In Bezug auf die Empfehlung hat sich W&H jedoch dazu entschieden, vor der Durchführung der Wirtschaftlichkeitsanalyse zunächst genauere Tests durchzuführen. Exemplarisch wird deshalb die wirtschaftliche Machbarkeitsanalyse anhand der im Testkonzept verwendeten Technologiekomponenten durchgeführt (siehe Anhang C-15). Das Ergebnis dieser Analyse zeigt, dass die ermittelte Investitionshöhe unter dem in den Anforderungen veranschlagten Budget von 200.000 Euro liegt.

6.3 Erkenntnisse der Anwendung bei W&H

Die Anwendung des konzeptionierten Vorgehensmodells hat gezeigt, dass in kürzester Zeit eine logische Auswahl bezüglich der ID-Punkte im Materialfluss sowie der am besten geeigneten Technologie durchgeführt werden

Die zu Beginn durchgeführte Zielanalyse mit Hilfe des erstellten Fragebogens kann neben der Konkretisierung der unternehmensseitigen Problemstellung einen wesentlichen Beitrag zu den Rahmenbedingungen und der Zielsetzung der Machbarkeitsstudie liefern. Hier kann beispielweise die Anforderung genannt werden, dass die HRL-Paletten als ID-

Objekt verwendet werden sollen. Weiterhin können durch die Anpassung der logistikorientierten Wertstromanalyse alle notwendigen Daten zu den logistischen Objekten sowie zu der Anzahl organisatorischer und informationstechnischer Schnittstellen erhoben. Mit Blick auf die ID-Punkte-Auswahl stellt die logistikorientierte Wertstromanalyse zudem die Mengen an Prozessbausteinen bereit, mit der die Anzahl an zu betrachtenden ID-Punkten je ID-Punkt-Typ ermittelt werden kann. Des Weiteren bestätigen die Ergebniswerte der Kosten-Nutzwert-Analyse, insbesondere die der Nutzendimension, dass eine sehr unternehmensspezifische Auswahl der ID-Punkte möglich ist. Hierzu trägt auf der einen Seite die Anzahl der jeweiligen ID-Punkt-Typen bei. Auf der anderen Seite ist die verwendete Gewichtungssystematik zur Priorisierung der vom Unternehmen ausgewählten Kennzahlen ein wichtiger Faktor. Weiterführend hat die Phase der Technologieauswahl gezeigt, dass infolge der zweigeteilten Bewertungssystematik alle Bewertungskriterien eingebunden werden können. Vor allem mit den ID-punktspezifischen Kriterien des Vorgehensmodells, welche mit dem ID-Punkt-Analysebogen direkt am ID-Punkt untersucht werden, können die ortsbedingten Gegebenheiten umfangreich berücksichtigt werden. Darüber hinaus bekommen die allgemeinen Technologiekriterien durch die unternehmensseitige Priorisierung einen individuellen Charakter. Der aufgrund von zeitlichen Rahmenbedingungen exemplarisch durchgeführte Test an dem ID-Punkt-Typ Pufferfläche hat noch einmal verdeutlicht, dass mehrere Tests an allen ID-Punkten erforderlich sind, um die ausgewählte AutoID-Technologie vollständig zu evaluieren.

Abschließend kann in Bezug auf das Anwendungsbeispiel festgehalten werden, dass das entwickelte Vorgehensmodell auch zukünftig in der Praxis verwendet werden kann, um die Auswahl von AutoID-Technologien für zuvor identifizierte ID-Punkte vorzunehmen.

7. Zusammenfassung

In der vorliegenden Masterarbeit wird die Durchführung einer Machbarkeitsstudie zur Auswahl einer AutoID-Technologie für die Intralogistik anhand eines allgemeingültigen Vorgehensmodells dargestellt und an einem Praxisbeispiel der W&H KG evaluiert.

Mit der Abgrenzung der gängigsten AutoID-Technologien hinsichtlich ihrer grundlegenden Funktionsweise und des Anwendungsgebietes hat sich gezeigt, dass insbesondere der Barcode und RFID zwei Technologien sind, die in der Intralogistik eine große Bedeutung haben. Aus diesem Grund wurden die beiden Technologien in dieser Arbeit fokussiert. Im Hinblick auf die Konzeptionierung des Vorgehensmodells wurde festgestellt, dass keine standardisierte Vorgehensweise bezüglich der Auswahl von AutoID-Technologien vorliegt. Vor diesem Hintergrund wurden fünf Phasen identifiziert, die den Auswahlprozess von AutoID-Technologien unterstützen und die Ausgangsbasis für das Vorgehensmodell bilden. Diese Phasen umfassen die Situationsanalyse, die ID-Punkte-Auswahl, die Technologieauswahl sowie die technische und die wirtschaftliche Machbarkeitsanalyse.

Im Hinblick auf die Situationsanalyse können die unternehmensspezifischen Vorgaben erhoben werden, welche die Rahmenbedingungen (z. B. FHM als ID-Objekt) für die Technologieauswahl darstellen. Durch die Adaption der logistikorientierten Wertstromanalyse kann der betrachtete Wertstrom, in dem die Objekte erfasst werden sollen, in einer standardisierten Art und Weise aufgenommen werden. Mit Fokus auf die Auswahl von AutoID-Technologien können mit der Prozessanalyse die wesentlichen Schwachstellen sowie Einsatzmöglichkeiten ermittelt werden und zeigt die wichtigsten logistischen Objekte im Materialfluss auf. Damit wird eine wichtige Voraussetzung geschaffen, die ID-Punkte im Materialfluss festzulegen und die einzusetzende AutoID-Technologie zu ermitteln.

Hinsichtlich der Fragestellung, wo im Materialfluss eine Identifizierung von Objekten erfolgen kann, werden im konzeptionellen Teil vier ID-Punkt-Typen abgeleitet. Diese orientieren sich an den Transformationen der logistikorientierten Wertstromanalyse und bestehen aus der Erfassung an Pufferflächen, an Fördermitteln, an Bearbeitungsstationen sowie an organisatorischen Bereichsschnittstellen. Infolge der Kombination dieser vier ID-Punkt-Typen konnten insgesamt 15 unterschiedliche ID-Punkt-Varianten generiert werden, welche die Grundlage für die ID-Punkte-Auswahl bilden. Die anschließende ID-Punkt-Auswahl zeigte, dass vor allem die erarbeiteten Nutzendimensionen Informationsdichte und Kennzahlenerfassbarkeit zwei wichtige Bestandteile darstellen, die in der Praxis relevant sind. In diesem Zusammenhang sind die Treiber des ID-Punkt-Nutzens die jeweiligen ID-Punkt-Mengen einer ID-Punkt-Variante sowie die infolge der Gewichtungssystematik festgelegte Priorisierung der erfassbaren Kennzahlen. Weiterhin sieht das Vorgehensmodell vor, die ID-Punkt-Kosten getrennt für jede AutoID-Technologie zu

ermitteln. Infolgedessen entstehen im vorliegenden Anwendungsbeispiel zwei Kosten-Nutzwert-Vergleiche, die jedoch dieselbe ID-Punkt-Variante priorisieren.

Der zentrale Bestandteil des Vorgehensmodells ist die unternehmensspezifische Auswahl der geeigneten AutoID-Technologie. In diesem Zusammenhang dient der erarbeitete Kriterienkatalog, welcher die Merkmalsausprägungen der betrachteten AutoID-Technologien enthält und gegenüberstellt, als Bewertungsgrundlage. Die zweigeteilte Bewertung orientiert sich zum einen an den ID-punktspezifischen Kriterien, die mit einem ID-Punkt-Analysebogen direkt am ID-Punkt untersucht werden. Zum anderen an den allgemeinen Technologiekriterien, welche über eine Gewichtungssystematik für den jeweiligen Anwendungsfall zu priorisieren sind. Daraus geht hervor, dass neben individuellen Gegebenheiten der jeweiligen ID-Punkte auch die Anforderungen des Unternehmens in die Technologieauswahl einfließen.

Im Sinne der technischen Machbarkeitsanalyse wird in der nächsten Phase die ausgewählte Technologie hinsichtlich ihrer Funktionsfähigkeit evaluiert. Zur Prüfung dessen wird exemplarisch ein Testkonzept mit unterschiedlichen Szenarien für einen ausgewählten ID-Punkt bei W&H erarbeitet. Der durchgeführte Test hat gezeigt, dass die Komponenten der zuvor ausgewählten Technologie unter bestimmten Rahmenbedingungen am betrachteten ID-Punkt eingesetzt werden können. Im Anschluss folgt in der letzten Phase die wirtschaftliche Machbarkeitsanalyse, die auf Basis der vorliegenden Daten der technischen Machbarkeitsuntersuchung exemplarisch durchgeführt wurde. Diese zeigte ebenfalls, dass die Technologie unter Beachtung der vorliegenden Rahmenbedingungen eingeführt werden kann.

Insgesamt wird mit dem erarbeiteten Vorgehensmodell eine standardisierte, allgemeingültige und reproduzierbare Vorgehensweise zur Verfügung gestellt, die für sämtliche Prozesse der Intralogistik verwendet werden kann. Damit haben Unternehmen die Möglichkeit, nicht nur die geeignetsten ID-Punkte auszuwählen, sondern sind darüber hinaus in der Lage, Technologieempfehlungen auszusprechen. Des Weiteren kann das Vorgehensmodell dank des logischen Auswahlprozesses sowie durch die vorgegebenen Methoden in kürzester Zeit angewendet werden.

8. Literaturverzeichnis

Arndt, Holger (2015): Logistikmanagement. Wiesbaden: Springer-Fachmedien.

Arnold, Dieter; Isermann, Heinz; Kuhn, Axel; Tempelmeier, Horst; Furmans, Kai (Hrsg.) (2008): Handbuch Logistik, 3., neu bearbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Arnold, Dieter; Furmans, Kai (2009): Materialfluss in Logistiksystemen, 6., erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Bach, Norbert; Brehm, Carsten; Buchholz, Wolfgang; Petry, Thorsten (2012): Wertschöpfungsorientierte Organisation. Architekturen – Prozesse - Strukturen. Wiesbaden: Springer Gabler Verlag.

Bartneck, Norbert; Klaas, Volker; Schönherr, Holger (Hrsg.) (2008): Prozesse optimieren mit RFID und Auto-ID. Grundlagen, Problemlösungen und Anwendungsbeispiele. Erlangen: Publicis Corporate Publishing Verlag.

Baumgarten, Helmut (Hrsg.) (2008): Das Beste der Logistik. Innovationen, Strategien, Umsetzungen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Becker, Torsten (2005): Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Brugger, Ralph (2005): IT-Projekte strukturiert realisieren. Situationen analysieren, Lösungen konzipieren – Vorgehen systematisieren, Sachverhalte visualisieren – UML und EPKs nutzen, 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner | GWV Fachverlage GmbH.

Brücher, Heide (2004): Leitfaden Wissensmanagement. Von der Anforderungsanalyse bis zur Einführung. Zürich: vdf Hochschulverlag AG.

Deska, B. (2005): RFID und Barcode – Partner oder Konkurrenz. In: Logistik-Praxis; Institut für Materialfluss und Logistik (Hrsg.) Software in der Logistik. Schwerpunkt RFID. München, S. 32-38.

Diez, Oliver (2011): Mittelfristige Strategieplanung zu Sicherung eines nachhaltigen Unternehmenserfolges. Berlin: Pro BUSINESS GmbH.

Drews, Günthner; Hillebrand, Norbert (2010): Lexikon der Projektmanagement-Methoden 2. Auflage. Freiburg: Haufe-Lexware GmbH & Co.KG.

Durchholz, Janina; Günthner, Willibald. A. (2015): Leitlinien für eine schlanke Logistik. In: Günthner, Willibald A.; Durchholz, Janine; Klenk, Eva; Boppert, Julia (Hrsg.): Schlanke Logistikprozesse: Handbuch für Planer. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, S. 11-15.

Erlach, Klaus (2010): Wertstromdesign: Der Weg zur schlanken Fabrik, 2., bearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Finkenzeller, Klaus (2008): RFID-Handbuch. Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC, 5., aktualisierte und erweiterte Auflage. München: Carl Hanser Verlag.

Finkenzeller, Klaus (2012): RFID-Handbuch. Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC, 6. Auflage. München: Carl Hanser Verlag.

Fortmann, Klaus Michael; Kallweit, Angela (2007): Logistik, 2., aktualisierte Auflage. Stuttgart: W. Kohlhammer GmbH.

Franke, Werner; Dangelmaier, Wilhelm (Hrsg.) (2006): RFID - Leitfaden für die Logistik. Anwendungsgebiete, Einsatzmöglichkeiten, Integration, Praxisbeispiele. Wiesbaden: Gabler Verlag.

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik – IML (2016): AutoID-Systeme - RFID: AutoID, aufgerufen am 06. Juli 2016 von: http://www.impl.fraunhofer.de/de/themengebiete/informationslogistik_und_assistenzsysteme/autoid.html.

Geiger, Ingrid Katharina; Romana, Roger; Gubelmann, Josef; Badertscher, Kurt; Pifko, Clarisse (2009): Projektmanagement – Zertifizierung nach IMPA (3.0) - Ebenen D und C. Grundlagen und Kompetenzelemente, Methoden und Techniken mit Zahlreichen Beispielen, 2., überarbeitete Auflage. Zürich: Compendio Bildungsmedien AG.

Greiling, Michael; Dudek, Matthias (2009): Schnittstellenmanagement in der integrierten Versorgung: Eine Analyse der Informations- und Dokumentationsabläufe. Stuttgart: W. Kohlhammer GmbH.

Götz, Tobias (2010): SAP-Logistikprozesse mit RFID und Barcode, 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Bonn: Galileo Press, 2010.

Gudehus, Timm: Logistik. Grundlagen – Strategien – Anwendungen, 4., aktualisierte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Günthner, Willibald A.; Schneider, Oliver (2009): RFID-Einsatz in der Baubranche: Entwicklung eines RFID-Systems mit mobilen Gates auf Baustellen zur schnellen Identifikation und Verfolgung von Betriebsmitteln zwischen Baustellen und Werken. Abschlussbericht: AiF RFID im Bau. Forschungsbericht: Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München.

Günthner, Willibald; ten Hompel, Michael (Hrsg.) (2010): Internet der Dinge in der Intralogistik. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Günthner, Willibald A. (Hrsg.); Fruth, Andreas; Xiang Wang, Kai (2011a): Technikleitfaden für RFID-Projekte. München: RFID-Anwenderzentrum München, Technische Universität München.

Günthner, Willibald A. (Hrsg.); Atz, Thomas; Klaubert, Cornelia; Salfer, Michael (2011b): RFID-MachLog: Methodik für UHF-RFID-Machbarkeitsstudien. Forschungsbericht: Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München.

Günthner, Willibald A.; Boppert, Julia; Durchholz, Janine (2013a): Lean Logistics im Wandel – neue Aufgaben, Partner und Rahmenbedingungen. In: Günthner, Willibald A. & Boppert, Julia (Hrsg.): Lean Logistics. Methodisches Vorgehen und praktische Anwendung in der Automobilindustrie. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, S. 27-33.

Günthner, Willibald A.; Durchholz, Janine; Klenk, Eva; Boppert, Julia. (Hrsg.) (2013b): Schlanke Logistikprozesse: Handbuch für Planer. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.

Heinrich, Lutz J.; Riedl René; Stelzer, Dirk (2014): Informationsmanagement. Grundlagen, Aufgaben, Methoden, 11., vollständig überarbeitete Auflage. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.

Heiserich, Otto-Ernst; Helbig, Klaus; Ullmann, Werner (2011): Logistik. Eine Praxisorientierte Einführung, 4., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag.

Helmus, Manfred; Meins-Becker; Anica; Laußat, Lars; Kelm, Agnes (Hrsg.) (2009): RFID in der Baulogistik. Forschungsbericht zum Projekt „Integriertes Wertschöpfungsmodell mit RFID“. Wiesbaden: Vieweg+Teubner | GWV Fachverlage GmbH.

ten Hompel, Michael; Büchter, Huber; Franzke Ullrich: Identifikationssysteme und Automatisierung. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2008.

ten Hompel, Michael; Sadowsky, Volker; Beck, Maria: Kommissionierung. Materialflusssysteme 2 – Planung und Berechnung der Kommissionierung in der Logistik. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2011.

ten Hompel, Michael (Hrsg.); Heidenblut, Volker (2011): Taschenlexikon Logistik. Abkürzungen, Definitionen und Erläuterungen der wichtigsten Begriffe aus Materialfluss und Logistik, 3., bearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Kern, Christian (2007): Anwendung von RFID-Systemen, 2., verbesserte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Kern, Christian (2011): RFID für Bibliotheken. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Kersten, Wolfgang; Wittmann, Jochen (Hrsg.) (2013): Kompetenz, Interdisziplinarität und Komplexität in der Betriebswirtschaftslehre, Wiesbaden: Springer Fachmedien.

- Klug, Florian (2010): Logistikmanagement in der Automobilindustrie. Grundlagen der Logistik im Automobilbau, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Kortmann, Markus (2006): RFID. Einsatz in der Produktionslogistik, Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller e. K.
- Klenk, Eva; Klevers, Markus; Günthner, Willibald A (2013): Symbole und Prozesse für die logistikorientierte Wertstromanalyse. In: Günthner, Willibald A.; Durchholz, Janine; Klenk, Eva; Boppert, Julia (Hrsg.): Schlanke Logistikprozesse: Handbuch für Planer. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, S. 225-236.
- Klevers, Thomas (2009): Wertstrom-Mapping und Wertstrom-Design: Verschwendung erkennen - Wertschöpfung steigern. München: FinanzBuch Verlag GmbH.
- Knössl, Tobias (2013): Logistikorientierte Wertstromanalyse. In: Günthner, Willibald A.; Boppert, Julia (Hrsg.): Lean Logistics. Methodisches Vorgehen und praktische Anwendung in der Automobilindustrie. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag S. 135-143.
- Lindemann, Udo (2009): Methodische Entwicklung technischer Produkte. Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden, 3., korrigierte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Martens, Jul (2003): Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows, 2., völlig überarbeitete und erweiterte Auflage. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.
- Martin, Heinrich (2011): Transport- und Lagerlogistik. Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik, 8., überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner | GWV Fachverlage GmbH.
- Mau, Markus (2003): Supply Chain Management. Prozessoptimierung entlang der Wertschöpfungskette. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Obermeier, Stefan; Fischer, Herbert; Fleischmann, Albert; Dirndorfer, Max (2014): Geschäftsprozesse realisieren. Ein praxisorientierter Leitfaden von der Strategie bis zur Implementierung, 2., aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Pfeffer, Matthias (2014): Bewertung von Wertströmen: Kosten-Nutzen-Betrachtung von Optimierungsszenarien. Wiesbaden: Springer Gabler Verlag.
- Plümer, Thomas: Logistik und Produktion. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, 2003.
- Rother, Mike; Shook, John (2011): Sehen lernen: mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen. Mülheim an der Ruhr: Lean Management Institute.
- Schenk, Michael (Hrsg.) (2015): Produktion und Logistik mit Zukunft. Digital Engineering and Operation. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

- Schmidt, Dirk (2006): RFID im Mobile Supply Chain Event Management. Anwendungsszenarien, Verbreitung und Wirtschaftlichkeit. Wiesbaden: Gabler Verlag | GWV Fachverlage GmbH.
- Schmidt, Malte (2013): Migration vom Barcode zur passiven RFID-Technologie in der automobilen Logistik. Exemplarische Untersuchung am Beispiel eines Automobilherstellers. Göttingen: Cuvillier Verlag.
- Schroeter, Bernhard (2002): Operatives Controlling. Aufgaben, Objekte, Instrumente. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2002.
- Seibert, S. (2006): Das aktuelle Stichwort: V-Modell XT. In: projektMANAGEMENT, S. 45–49.
- Seidl, Jörg (2011): Multiprojektmanagement. Übergreifende Steuerung von Mehrprojektsituationen durch Projektportfolio- und Programmmanagement, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Seifert, Wolfgang; Decker, Josef (Hrsg.) (2005): RFID in der Logistik. Erfolgsfaktoren für die Praxis. Hamburg: Deutscher Verkehrs-Verlag GmbH.
- Steinhausen, Detlef; Langer, Klaus (1977): Clusteranalyse. Einführung in Methoden und Verfahren der automatischen Klassifikation. Berlin, New York: Walter de Gruyter & Co.
- Steinschaden, Johannes (1998): Lehrgang Konstruktionsmethodik, Dornbirn: Fachhochschule Vorarlberg GmbH.
- Strassner, Martin (2005): RFID im Supply Chain Management. Auswirkungen und Handlungsempfehlungen am Beispiel der Automobilindustrie. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Statista (2016): Windmüller & Hölscher KG: Umsatz in 2015, aufgerufen am 09. September 2016 von: <http://de.statista.com/unternehmen/109900/windmoeller-hoelscher-kg>.
- Tamm, Gerrit; Tribowski, Christoph (2010): RFID- Informatik im Fokus. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Wagner, Karl. W.; Lindner, Alexandra M. (2013): WPM - Wertstromorientiertes Prozessmanagement: Effizienz steigern - Verschwendung reduzieren - Abläufe optimieren. München: Carl Hanser Verlag.
- Weigert, Sebastian (2006): Radio Frequency Identification (RFID) in der Automobilindustrie. Chancen, Risiken, Nutzenpotenziale. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag | GWV Fachverlage GmbH.
- Windmüller & Hölscher KG (2016): Unternehmen, aufgerufen am 09. September 2016 von: <http://www.wuh-lengerich.de/de/unternehmen/>.

Womack, James P.; Jones, Daniel T. (2013): *Lean Thinking: Ballast abwerfen, Unternehmensgewinne steigern*, 3., aktualisierte und erweiterte Auflage. Frankfurt am Main: Campus Verlag GmbH.

Woyzechowski, Nicolai (2014): *Die Zukunft der Elektromobilität in Deutschland: Sind eine Million Elektrofahrzeuge bis 2020 ein realistisches Ziel der Bundesregierung*. Hamburg: Diplomica Verlag GmbH.

A. Anhang

Anhang A: Ergänzung zu den theoretischen Grundlagen

Anhang A-1: Begriffsdefinition Prozess

Ein *Prozess* ist eine Struktur die aus einer Vielzahl von Aktivitäten besteht, welche in einer logischen Folge angeordnet sind. Dabei hat jeder Prozess einen messbaren, definierten In- sowie Output und soll durch die Transformation von Objekten einen Mehrwert für den Kunden schaffen. Der Input ist eine Eingangsgröße, welche den Prozess auslöst und gleichzeitig aus dem Output des vorgelagerten Prozessschritts resultiert. Dieser auslösende Faktor kann das Beenden einer Aufgabe, ein veränderter Umweltzustand (z. B. Erreichen der Mindestbevorratungsmenge) oder ein festgelegter Zeitpunkt sein. Als Kunden des Prozesses werden alle Personen bzw. Organisationseinheiten bezeichnet, die eine erbrachte Leistung durch den vorgelagerten Prozess erhalten. Demzufolge stellt der Output die Ausgangsgröße (z. B. einen Artikel oder eine Dienstleistung) eines Prozesses dar. Dieser Zusammenhang wird oftmals als Kunden-Lieferantenbeziehung bezeichnet [Mau 2003, S. 49-50; Greiling, Dudek 2009, S. 68; Becker 2005, S. 5 f.]

Anhang A-2: Ausschnitt wichtiger Intralogistischer Kennzahlen

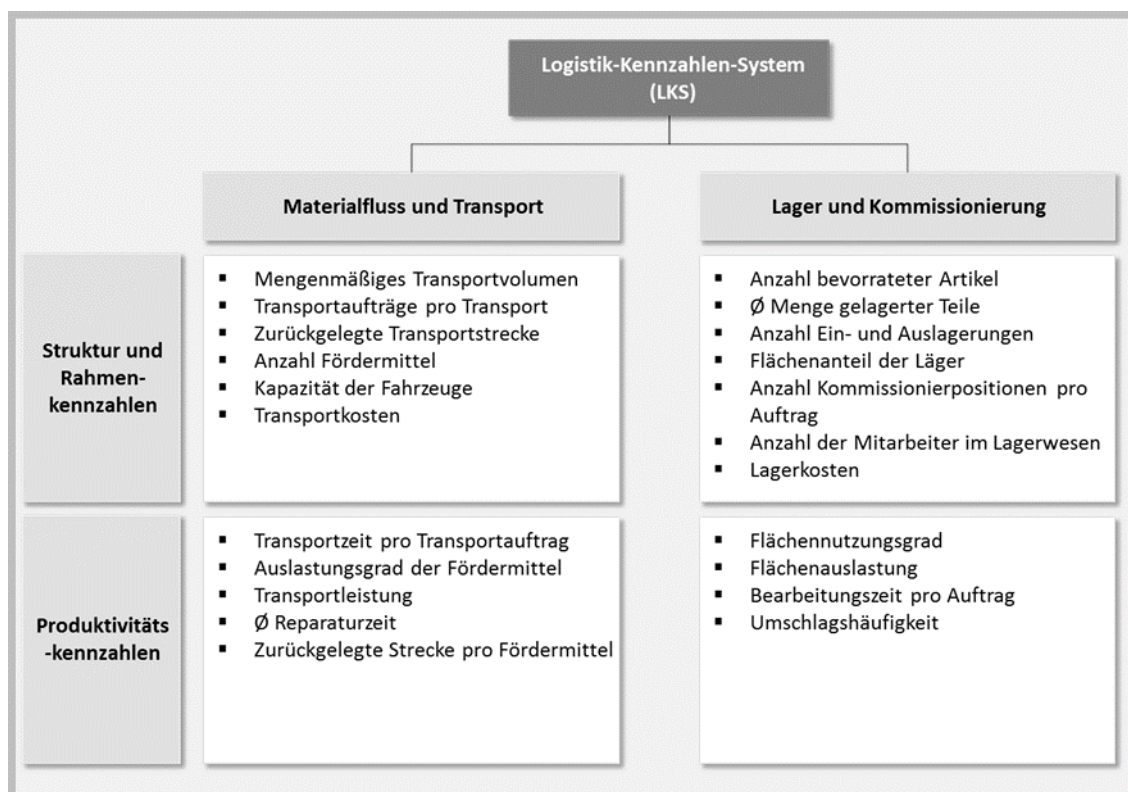


Abbildung A-1: Ausschnitt des Logistik-Kennzahlen-Systems

[In Anlehnung an Plümer 2003, S. 38 f.]

Anhang A-3: Extralogistik und Interlogistik

Neben der Intralogistik kann eine Differenzierung in zwei weitere logistische Netzwerke vorgenommen werden. Die *Extralogistik* verweist auf die außerbetrieblichen Logistiknetzwerke zwischen den Betrieben eines Unternehmens. Hierbei handelt es sich um die Beschaffungs- oder Versorgungssysteme der Betriebe, die Distributions- oder Verteilsysteme für die Fertigwaren sowie die Entsorgungssysteme für Produktionsabfall und Verpackungsreste. Darüber hinaus umfasst die *Interlogistik* die Logistiknetze aller Unternehmen und Wirtschaftsteilnehmer. Darunterfallen sowohl die Industrie- und Handelsunternehmen, als auch die Dienstleister sowie Verkehrsbetriebe [Gudehus 2010, S. 550 f.].

Anhang A-4: Wesentliche Begriffe der innerbetrieblichen Logistik

Der *innerbetriebliche Transport* (IBT) bezeichnet die Beförderung von Gütern innerhalb betrieblicher Grenzen, um den Raum zwischen Transportursprung (Quelle) und dem Transportziel (Senke) zu überbrücken [Arnold et al. 2008, S. 393 f.]. Für die Durchführung des innerbetrieblichen Transports werden unterschiedliche Fördermittel eingesetzt. Bei den *Fördermitteln* wird zwischen den Stetigförderern und Unstetigförderern, die einen diskontinuierlichen Materialfluss erzeugen (z. B. Gabelstapler), unterschieden [Plümer 2003, S. 62 f.]. Um die Transportierfähigkeit einzelner Materialien herzustellen und zur Einheitenbildung, werden *Förderhilfsmittel* (FHM) eingesetzt. Wird diese Hilfsmittel zur Lagerung verwendet, wird von *Ladehilfsmitteln* (LHM) gesprochen. Hierbei kann eine Unterteilung in unterfahrbare (z. B. Europaletten) und nicht unterfahrbare (z. B. Vollwandbehälter) FHM vorgenommen werden [Plümer 2003, S. 77 f.]. Zu den beschriebenen Fördermitteln und FHM wird an dieser Stelle ein Ausschnitt der wesentlichen technischen Funktionselemente dargestellt (siehe Abbildung A-2).

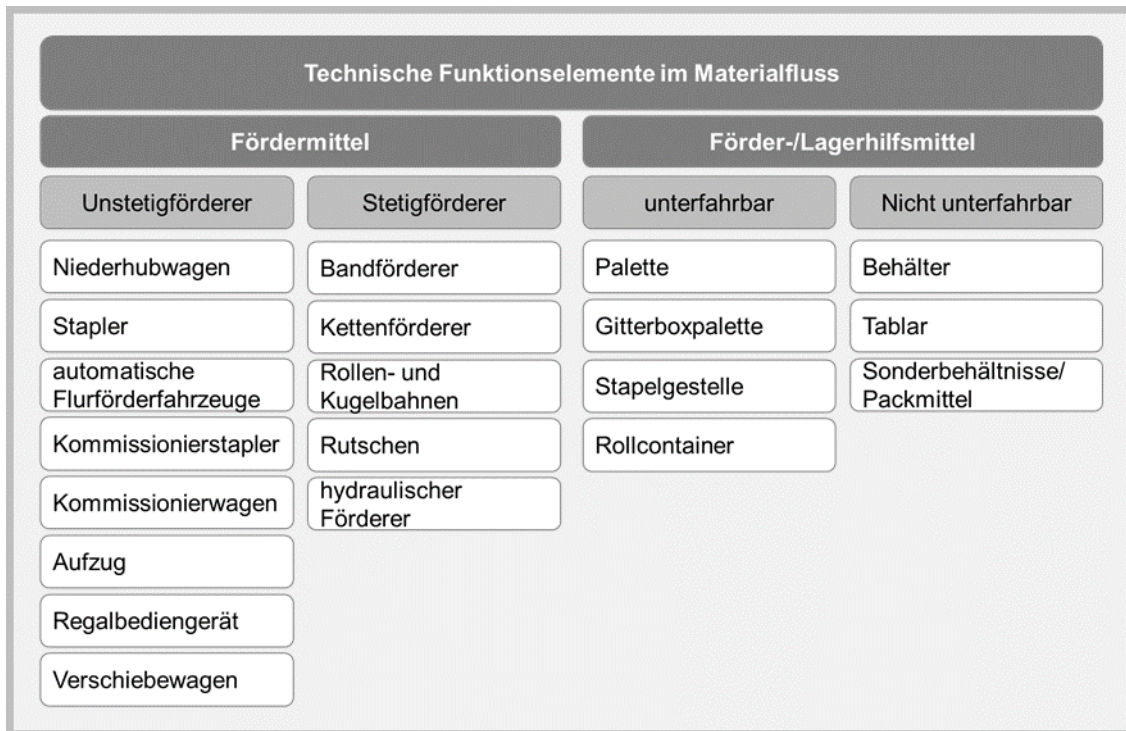






Abbildung A-2: Ausschnitt von technischen Funktionselementen im Materialfluss
 [In Anlehnung an ten Hompel et al. 2011, S. 44; Plümer 2003, S. 77]

Anhang A-5: Übersicht verschiedener Barcodes

Code	Beispiel	alphanumerisch	Kleinbuchstaben	Mehrbreitencode	Fehlertoleranz	Prüfziffernpflicht	fortlaufend	Informationsdichte
Code 2/5	 124(3)	X	X	X	↗	X	X	↘
Code 2/5 interleaved	 0 6 7 8 9 1 2 1	X	X	X	↘	X	✓	↗
Code 39	 * C O D E 3 9 *	✓	X	X	→	✓	X	→
EAN 13	 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 8	X	X	✓	↗	✓	✓	↗

Legende:

✓ Ja X Nein ↗ gut/hoch → normal/durchschnittlich ↘ gering/schlecht

Abbildung A-3: Übersicht verschiedener 1D-Barcodes
 [In Anlehnung an ten Hompel et al. 2008, S.57]

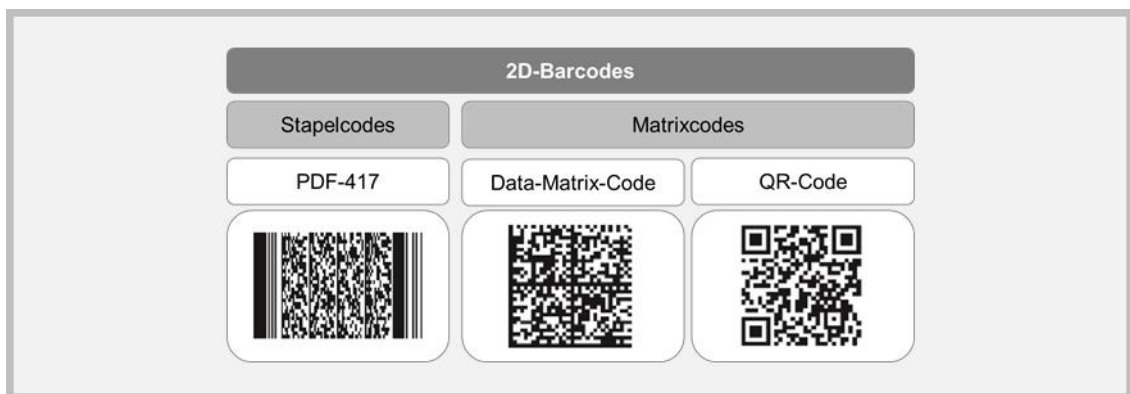


Abbildung A-4: Typische 2D-Barcodes
 [Eigene Darstellung; ten Hompel et al. 2008, S.75 ff.]

Anhang A-6: Bauformen von Transpondern


Transponderbauformen	Beschreibung	Typische Anwendungen
Glasgehäuse	 In dem 12 bis 32 mm langen Glasröhrchen befindet sich einer auf einem Träger montierter Mikrochip sowie ein Chipkondensator. Für die mechanische Stabilität sind die inneren Komponenten in einem Weichkleber eingebettet.	Zur Identifizierung von Tieren wird der Transponder unter die Haut injiziert
Plastikgehäuse	 Beinhaltet nahezu die gleichen Komponenten wie ein Glastransponder. Der unterschied besteht in der größeren Spule, womit eine größere Funktionsreichweite erzielt werden kann.	Anwendung bei besonders hoher mechanischer Beanspruchung (z.B. in Autoschlüsseln für die Wegfahrsperre)
Schlüssel und Schlüsselanhänger	 Ausgangsbasis für diesen Transpondertyp ist in der Regel ein Transponder im Plasticpackage, der dann in einen Schlüsselknopf eingegossen bzw. eingespritzt wird.	Anwendungsgebiete mit besonders großen Sicherheitsanforderungen (z.B. Wegfahrsperren, Türschließsysteme)
Smart Label	 Unter Smart Label ist eine papierdünne Transponderbauform zu verstehen. Hierbei wird die Transponderspule auf eine nur 0,1 mm dicke Plastikfolie aufgebracht. Diese Folie wird häufig mit einer Papierschiicht laminiert und mit einem Kleber beschichtet	Die Selbstklebeetiketten sind dünn und flexibel genug, um sie auf Gepäckstücke, Pakete und Waren aller Art aufzukleben.

Abbildung A-5: Verschiedene Bauformen von RFID-Transpondern

[Eigene Darstellung; Finkenzeller 2008, S. 14 ff.]

Anhang A-7: Beispiele für den Einsatz von RFID-Lesegeräten und -Antennen

Die in Abschnitt 3.6.1 beschriebenen Lesegeräte und Antennen können durch unterschiedliche Kombinationen verschiedene Erfassungskonzepte bilden (siehe Abbildung A-6). Hierzu werden nachfolgend die Erfassungskonzepte Mobile Erfassungsgeräte, RFID-Gate und RFID-Gabelstapler beschrieben. *Mobile Datenerfassungsgeräte* (MDE) sind flexibel einsetzbar. Diese verfügen neben der Funktion der Datenerfassung in den meisten Fällen über eine integrierte Tastatur mit Display, womit weitere Daten erfasst und eingegeben werden können. Ein *RFID-Gate* besteht aus einem torartigen Aufbau. An diesem sind ein oder mehrere Auslesegeräte und Antennen angebracht. Eingesetzt werden diese beispielsweise für die Dokumentation von Warenein- und -ausgängen im Handel. Bei einer Durchfahrt durch das RFID-Gate werden die Objekte automatisch erfasst. Des Weiteren können zur Erfassung von Objekten während eines Transports, Gabelstapler mit RFID-Antennen ausgestattet werden. Diese *RFID-Gabelstapler* können z. B. seitlich am Mast angebracht werden [Günthner, Schneider 2009, S. 99 ff.].

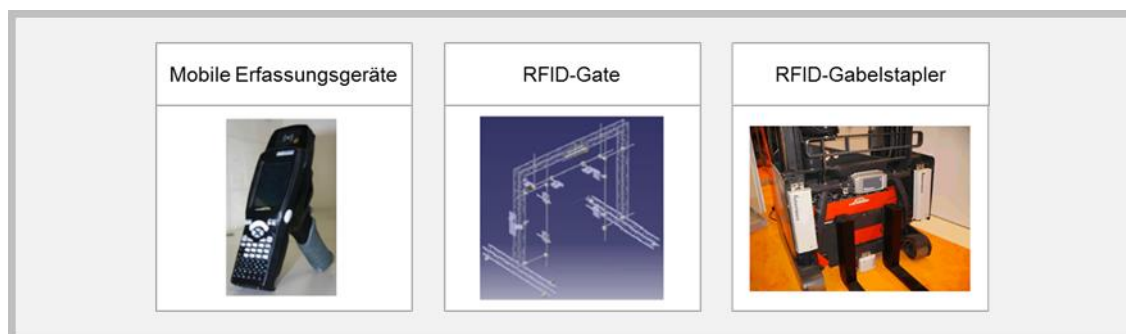


Abbildung A-6: Übersicht verschiedener Erfassungskonzepte

[Eigene Darstellung; Günthner, Schneider 2009 S. 99 ff.]

Anhang A-8: Messgrößen zur Analyse der technischen Machbarkeit

Wie bereits in Abschnitt 4.1 beschreiben werden bei der Untersuchung der technischen Machbarkeit oftmals Messgrößen verwendet. Hierbei können z. B. die Leserate, die Lesequote und die Lesereichweite herangezogen werden [Günthner et al. 2011a, S. 54 ff.].

Die *Leserate* ist eine auf die Zeit (t) bezogene Größe die z. B. wiedergeben kann, wie viele Lesungen in der Sekunde getätigt werden können. Dabei kann die Zeitkomponente durch einen Vorgang (n) ersetzt werden.

$$\text{Leserate} = \frac{\text{Anzahl der Lesungen pro Transponder}}{t \text{ oder } n}$$

Abbildung A-7: Formel der Leserate

[In Anlehnung an Günthner et al. 2011a, S. 54 ff.].

Mit der *Lesequote* wird die Anzahl der erfassten Datenträger im Verhältnis zu den erfassbaren Datenträgern beschrieben.

$$\text{Lesequote} = \frac{\text{Anzahl erfaster Transponder}}{n}$$

Abbildung A-8: Formel der Lesequote

[In Anlehnung an Günthner et al. 2011a, S. 54 ff.].

Anhand der *Lesereichweite* kann die maximale Entfernung ermittelt werden in der ein Datenträger, unter der Verwendung der maximal erlaubten Ausgangsleistung des Systems, noch ausgelesen werden kann [Günthner et al. 2011a, S. 54 ff.]. Hierbei ist vor allem zu beachten, dass die Versuche statistisch auswertbar und gegen Zufallsergebnisse abgesichert sind. Dafür ist es erforderlich, dass die Versuche in unveränderter Form wiederholt werden [Günthner et al. 2011, S. 86].

Anhang A-9: Ergänzende Begriffsdefinitionen zur Wertstromanalyse

Um den Kundenwunsch zu erfüllen bedarf es oftmals einen hohen Aufwand. Dieser setzt sich aus wertschöpfender und nicht wertschöpfender Tätigkeit, der Verschwendung von Ressourcen sowie dem Kapital zusammen [Günthner et al. 2013a, S. 29 f.].

Der Begriff der *Wertschöpfung* bezeichnet das Schaffen eines vom Kunden definierten Mehrwertes, für den dieser bereit ist zu zahlen. Dieser Mehrwert kann z. B. in einem Produkt oder in einer Dienstleistung bestehen [Bach et al. 2012, S. 3]. Weiterführend bedeutet den Wert zu identifizieren, genau festzuhalten welches Produkt bzw. welche Dienstleistung die Bedürfnisse des Kunden erfüllt [Womack, Jones 2013, S.24 ff.]. Dieser Definition folgend ist anzunehmen, dass wertschöpfende Aktivitäten vor allem in den Prozessen vorkommen, bei denen eine direkte Veränderung an dem Produkt vorgenommen wird. Die Logistik jedoch, nimmt keine physischen Veränderungen an dem Produkt vor. Sie erbringt gemäß den 7 R's vielmehr einen Servicewert. Demnach resultiert aus der Verknüpfung der Produktions- und Logistikprozesse eine wertschöpfende Prozesskette. Somit leistet die Logistik ebenfalls einen Beitrag zur Wertschöpfung. Dementsprechend sind die logistischen Tätigkeiten nicht als Verschwendung zu pauschalisieren. Die Zielsetzung jeden wirtschaftlichen Handelns ist es, Verschwendungen zu eliminieren und gleichzeitig den Anteil der wertschöpfenden Tätigkeit zu erhöhen [Günthner et al. 2013a, S. 29 f.].

Grundsätzlich stellen *Verschwendungen* jedwede Art Hindernisse dar, die durch Aufwendungen bei der Umsetzung von Verbesserungen zu überwinden sind [Erlach 2010, S. 12]. Darüber hinaus bestehen sieben Arten von Verschwendungen, die spezifisch auf die Eigenschaften der Logistikprozesse angepasst sind. Dabei handelt es sich um Verschwendungen in Form von

- Überlieferungen,
- Wartezeiten,
- überflüssige Transporte,
- undefinierte Prozesse,
- (überdimensionierte) Bestände,
- unnötige Tätigkeiten sowie
- Fehler [Durchholz, Günthner 2013, S. 12].

Anhang A-10: Übersicht der logistischen Transformationsarten

Transformationsart	Logistische Grundfunktion	Synonyme	Symbol	Vorher	Nachher
Räumliche Transformation	Transportieren/Fördern	Bewegen			
Zeitliche Transformation	Puffern (kurze Zeit)				$\Delta t \downarrow$
	Lagern (lange Zeit)				$\Delta t \uparrow$
Transformationsart	Logistische Grundfunktion	Synonyme in der Praxis	Symbol	Vorher	Nachher
Qualitative Transformation	Ver-/Entpacken	Auspacken, Einpacken, Umreifen, Strecken			
	Prüfen (Menge, Qualität, Information)	Kontrollieren, Identifizieren			

Abbildung A-9: Räumliche, zeitliche und qualitative Transformationen
[Günthner et al. 2013b, S. 226 ff.]

Logistische Grundfunktion	Synonyme in der Praxis	Symbol	Vorher	Nachher
Buchen	Vereinnahmen			
Etikettieren	Bezetteln, Labeln			
Auftrag erzeugen	Kommissionierauftrag/ Versandauftrag erstellen			
Dokumentieren	Papiere unterschreiben, Papiere archivieren			
Information übermitteln				

Abbildung A-10: Administrative Transformationen
[Günthner et al. 2013b, S. 226 ff.]

Anhang A-11: Symbolik der logistikorientierten Wertstromanalyse

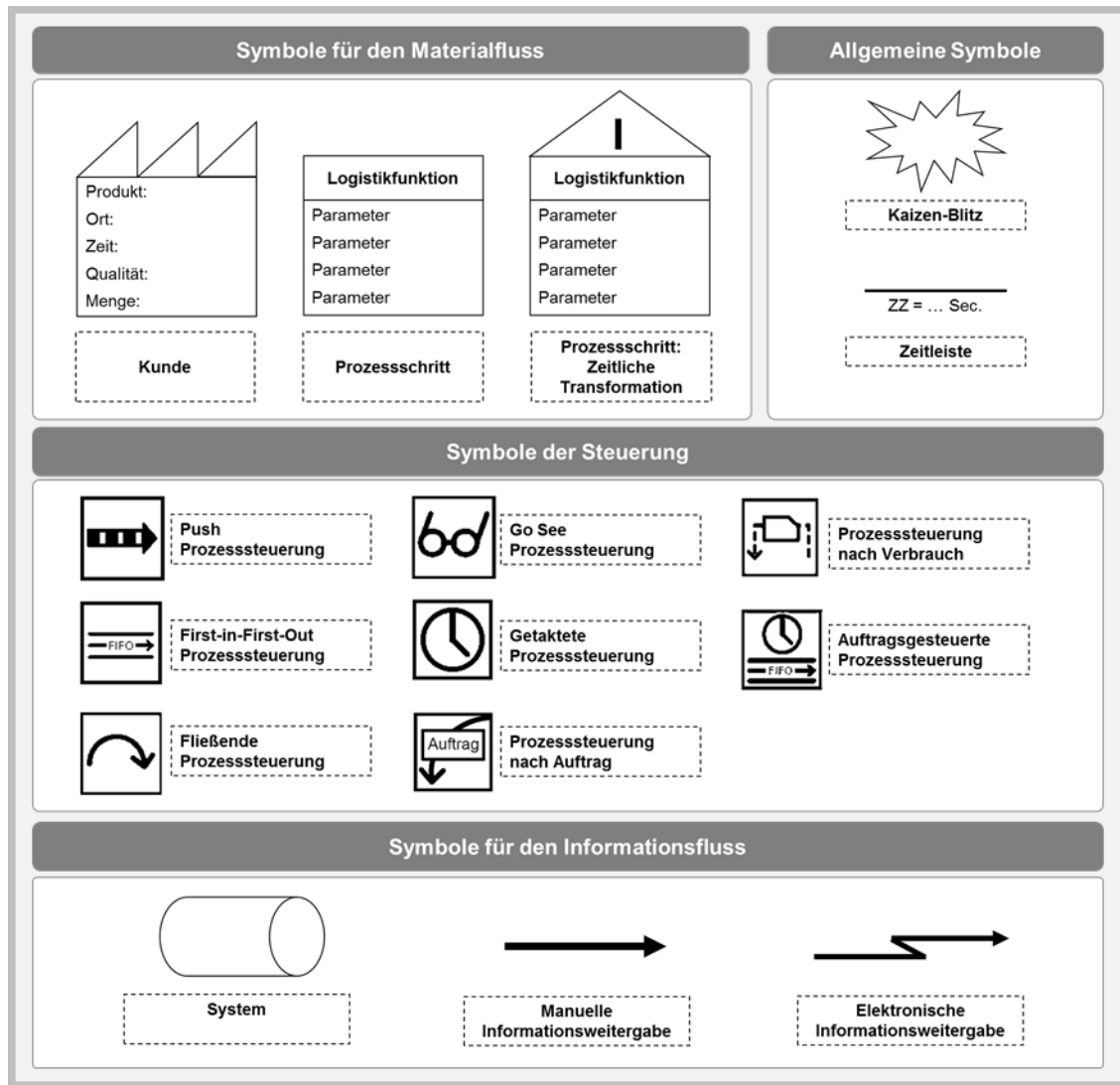


Abbildung A-11: Symbolik der logistikorientierten Wertstromanalyse
 [In Anlehnung an Klenk et al. 2013, S: 137]

Anhang A-12: Ergänzung zur Kosten-Nutzwert-Analyse

Abbildung A-12 zeigt die beispielhafte Darstellung für das in Abschnitt 4.2 beschriebene Kosten-Nutzwert-Diagramm. Hierbei stellen die blauen Punkte die jeweiligen Alternativen der Betrachtung dar. Die Auswertung der besten Alternative kann nach der Nachbarschaftsbeziehung erfolgen. Hat ein Punkt einen rechtsliegenden Nachbarn, so bedeutet dies höhere Kosten. Diese sollten nur akzeptiert werden, wenn der rechtsliegende Punkt über dem Ausgangspunkt, also höher im Diagramm liegt und somit einen höheren Nutzwert hat [Woycezkowsky 2014, S. 14 f.; Diez 2011, S. 51 f.].

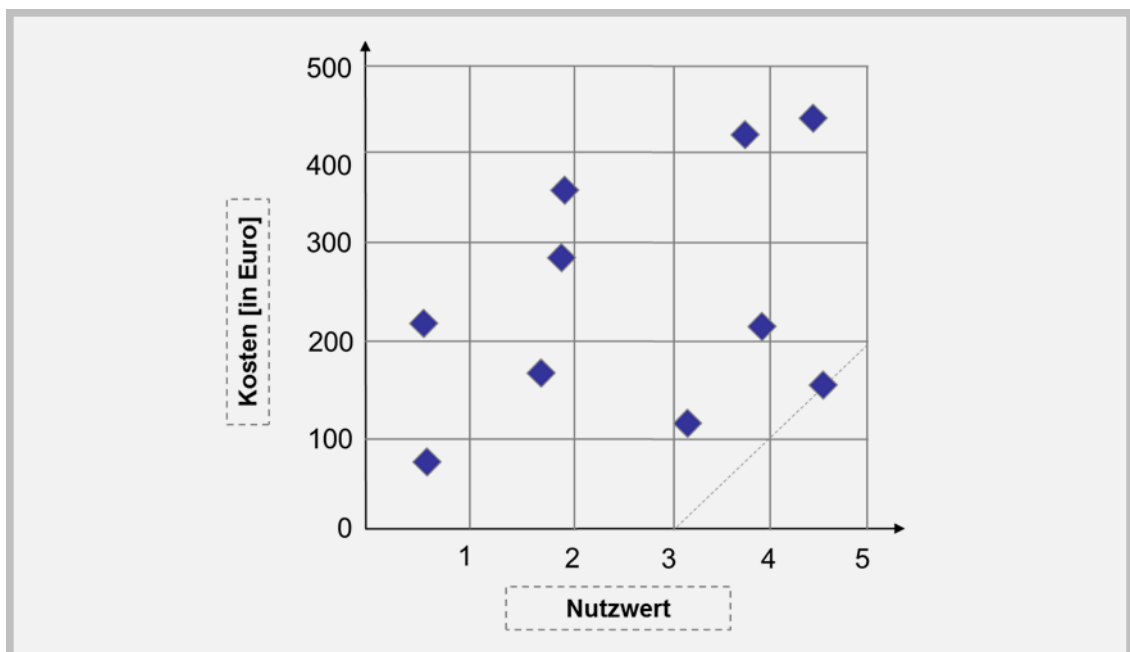


Abbildung A-12: Beispiel eines Kosten-Nutzwert-Diagramms

[In Anlehnung an Woycezkowsky 2014, S. 15; Diez 2011, S. 52; Seidl 2011, S. 63]]

Darüber hinaus besteht zur Priorisierung der besten Alternative eine andere Möglichkeit mit einer Methode aus der Portfolioplanung. Die Portfoliodarstellung wird vorwiegend in Projekten eingesetzt, um verschiedene Kennwerte wie z. B. den Projektnutzen und die Projektkosten darzustellen. Hier erlaubt die Anwendung des Diagonalverfahrens, bei einer intervallskalierten Darstellung, die Ermittlung von zu priorisierenden Alternativen. Um die attraktivste Alternative zu finden, bewegt man eine orthogonale Linie zur Diagonalen von rechts unten nach links oben [Seidl 2011, S. 63 ff.].

Anhang A-13: Methode des Systematisierens

Sind bei einer Problemstellung ein oder mehrere kennzeichnende Merkmale erkennbar, dann kann durch eine systematische Variation der Ausprägungen dieser Merkmale ein möglichst breites Lösungsfeld generiert werden. Die Breite des Lösungsfeldes ist abhängig von der übergeordneten Systematik sowie den Restriktionen dazugehöriger Variationsmöglichkeiten. Als häufigste Anwendungsfelder dieser Methode sind Wirkprinzipien, Wirkstrukturen, technische Prozesse oder auch Organisationsstrukturen zu nennen. Das Ziel ist es, eine umfassende Bearbeitung des Lösungsfeldes zu erreichen. Als Hilfsmittel können Konstruktionskataloge oder Ordnungsschemata herangezogen werden [Steinschaden 1998, S. 14-15].

Anhang B: Ergänzungen zum Vorgehensmodell

Anhang B-1: Fragebogen zur Aufnahme der Unternehmensanforderungen

A. Interviewpartner

Unternehmen

Abteilung

Position

B. Allgemeine Fragen

Findet bereits heute eine automatische Identifikation und Datenerfassung innerhalb der Logistik statt?

JA NEIN

Wenn ja: Wo, Wie und Warum findet diese statt?

In wie weit sind Sie mit der aktuellen Identifikation und Datenerfassung zufrieden?

überhaupt nicht zufrieden

vollkommen zufrieden

Wo sehen Sie aktuelle Probleme innerhalb der Intralogistik?

Wie würden sie die genannten Probleme gerne lösen?

C. Technologiebezogene Fragen

Was soll generell mit dem Einsatz einer AutoID-Technologie erreicht werden?

Welche der genannten Punkte ist Ihnen besonders wichtig? Warum sind Ihnen die genannten Punkt wichtig?

Welche Informationen sollen durch AutoID bereitgestellt werden?

Welche der genannten Informationen sind für Sie besonders relevant?

Welche Objekte sollen mit Hilfe von AutoID identifiziert werden?

Mit welcher Granularität sollen diese erfasst werden?

Material 1 6

Verpackungen (z. B. Karton) 1 6

Förderhilfsmittel (z. B. Palette, Behälter) 1 6

(1= selten; 6 = sehr häufig)

Werden die genannten Objekte heute schon gekennzeichnet? JA NEIN

Wenn ja: Wie werden diese gekennzeichnet? (Was ist der Kennzeichnungsgrund?)

Werden die Förderhilfsmittel im betrachteten Wertstrom auch von anderen Unternehmen genutzt?

D. Kostenbezogene Fragen

Wie hoch ist der Wert der zu erfassenden Objekte (Förderhilfsmittel/ Material)?

Welches Budget steht Ihnen für die Implementierung einer AutoID-Technologie in den betrachteten Wertstrom zur Verfügung?

Anhang B-2: Kriterienkatalog zur Abgrenzung der AutoID-Technologien

Kategorie	Kriterien	RFID				2D-Barcode	1D-Barcode	MW
		LF	HF	UHF	MW			
Leistung	Reichweite	weniger als 1 m	bis zu 3 m	bis zu 15 m	bis zu 0,5 m	bis zu 0,5 m	mehr als 15 m	
	Pulkfähigkeit	nicht möglich	möglich	möglich	nicht möglich	nicht möglich	möglich	
	Lese- und Schreibgeschwindigkeit	schnell 0,5 s	schnell 0,5 s	schnell 0,5 s	gering 3 s	gering 4 s	schnell 0,5 s	
	Speicherkapazität	ca. 128 Bit	bis 72 Kbit	bis 1 Mbit	bis 2 KByte	1 bis 100 Byte	bis 1 Mbit	
	Wiederbeschreibbarkeit	möglich	möglich	möglich	nicht möglich	nicht möglich	möglich	
	Einfluss durch Schmutz	keinen Einfluss	keinen Einfluss	keinen Einfluss	eingeschränkte Funktionsfähigkeit	eingeschränkte Funktionsfähigkeit	keinen Einfluss	
	Einfluss durch Metalle	keinen Einfluss	geringer Einfluss	geringer Einfluss	keine Einfluss	keine Einfluss	keinen Einfluss	
	Einfluss durch Flüssigkeiten	geringer Einfluss	geringer Einfluss	geringer Einfluss	keine Einfluss	keine Einfluss	eingeschränkte Funktionsfähigkeit	
	Einfluss durch Feuchtigkeit/ Nässe	keinen Einfluss	eingeschränkte Funktionsfähigkeit	eingeschränkte Funktionsfähigkeit	eingeschränkte Funktionsfähigkeit	eingeschränkte Funktionsfähigkeit	eingeschränkte Funktionsfähigkeit	
	Einfluss durch Oberflächenveränderung	sehr geringer Einfluss	sehr geringer Einfluss	sehr geringer Einfluss	eingeschränkte Funktionsfähigkeit	eingeschränkte Funktionsfähigkeit	sehr geringer Einfluss	
Technologie-beeinflussung	Einfluss durch mechanische Beanspruchung	geringer Einfluss	geringer Einfluss	geringer Einfluss	eingeschränkte Funktionsfähigkeit	eingeschränkte Funktionsfähigkeit	geringer Einfluss	
	Einfluss durch Richtung/ Position des Datenträgers	hoher Einfluss [Reichweite]	kein Einfluss	kein Einfluss	hoher Einfluss [Sichtkontakt]	hoher Einfluss [Sichtkontakt]	kein Einfluss	
	Datensicherheit	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	gering	sehr gering	sehr hoch	
	Datenschutz	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr gering	sehr gering	sehr hoch	
	Investitionskosten	hoch	hoch	sehr hoch	gering	gering	sehr hoch	
	Laufende Kosten	gering	gering	gering	hoch [Etrikettenkosten]	hoch [Etrikettenkosten]	gering	
	Implementierungsaufwand	hoch	hoch	hoch	gering	gering	hoch	
	Wartungsaufwand	gering	gering	gering	gering	gering	gering	
	Mitarbeiter-/Identifizierungsaufwand	gering	sehr gering	sehr gering	sehr hoch	sehr hoch	sehr gering	
	Sicherheit							
Kosten								
Aufwand								

Tabelle A-1: Kriterienkatalog zur Abgrenzung der AutoID-Technologien [Eigene Darstellung]

Anhang B-3: ID-Punkt-Analysebogen

In den **Kopfdaten** des ID-Punkt-Analysebogens sind folgende Informationen zu vermerken:

- **ID-Punkt-Typ** (z.B. Pufferfläche)
- **ID-Punkt-Nr.** (orientiert sich am Materialfluss)
- **ID-Punkt-Bezeichnung** (z.B. Bereitstellungfläche IBT)
- **Organisationsbereich** in dem sich der ID-Punkt befindet
- **Daten** zur aufnehmenden Person

ID-Punkt-Typ		ID-Punkt-Nr.	
ID-Punkt-Bezeichnung		Organisationsbereich	
Mitarbeiter		Datum	

Kriterium	Erkenntnisse/ Begründung	Merkmalsausprägung	Punkte
Reichweite			
Pulzfähigkeit			
Einfluss durch Schmutz			
Einfluss durch Metalle			
Einfluss durch Flüssigkeiten			
Einfluss durch Feuchtigkeit/ Nässe			
Einfluss durch Oberflächenveränderungen			
Einfluss durch mechanische Beanspruchung			
Einfluss von Richtung und Lage des Datenträgers			

Vorgegebene **Untersuchungskriterien** der ID-Punkt-Analyse

Erkenntnisse der Untersuchung als **Begründung** für die Punktevergabe

Einzutragende **Merkmalsausprägung** und **Bewertungspunkte** aus der Bewertungsskala

Abbildung A-13: ID-Punkt-Analysebogen zur Bewertung von ID-Punkten
 [Eigene Darstellung]

Anhang C: Ergänzungen zur Modellanwendung

Anhang C-1: Ergebnisse der Anforderungsaufnahme

Erkenntnisse zur aktuellen Situation	
1	Hohe Unzufriedenheit über die aktuelle Form der Objekterfassung (Material und Förder-/Lagerhilfsmittel)
2	Aktuell ist keine Möglichkeit gegeben den Standort von Materialien zwischen Wareneingang und Lager nachzuvollziehen
3	Benötigte Hochregallagerpaletten sind nicht immer in ausreichender Menge am Ort des Bedarfs vorhanden
4	Flächen- und Platzprobleme in den Logistikflächen
5	Hohe Durchlaufzeiten zwischen Wareneingang und Lager
6	Die Informationsweitergabe zwischen den operativen Mitarbeitern bezüglich des Zielortes, erfolgt durch einen händisch erstellten innerbetrieblichen Transportzettel , mit Material und Hochregallagerpaletten versehen sind
Erkenntnisse zu den Zielen des Technologieeinsatzes	
1	Mit einer AutoID-Technologie sollen Standortinformationen zu jedem Zeitpunkt im System abrufbar sein
2	Suchaufwende nach Material und Hochregallagerpaletten sollen verringert werden
3	Transparenz über Liegezeiten in den Flächen sowie die Anzahl der bewegten Hochregallagerpaletten soll gegeben sein
4	Das AutoID-System soll die Auftragssteuerung erleichtern
Erkenntnisse zu den Anforderungen	
1	Die AutoID-Technologie soll im Materialfluss zwischen Wareneingang und Hochregallager eingesetzt werden – der Fokus liegt vor allem auf den großvolumigen Kaufteilen mit über 100 Einlagerungen pro Tag
2	Die AutoID-Technologie muss an den Hochregallagerpaletten angebracht werden können, da W&H diese als Identifikationsobjekt verwenden möchte
3	Das Budget für die AutoID-Technologie beträgt für den festgelegten Prozess 200.000 Euro

Abbildung A-14: Ergebnisse der Anforderungsaufnahme
[Eigene Darstellung]

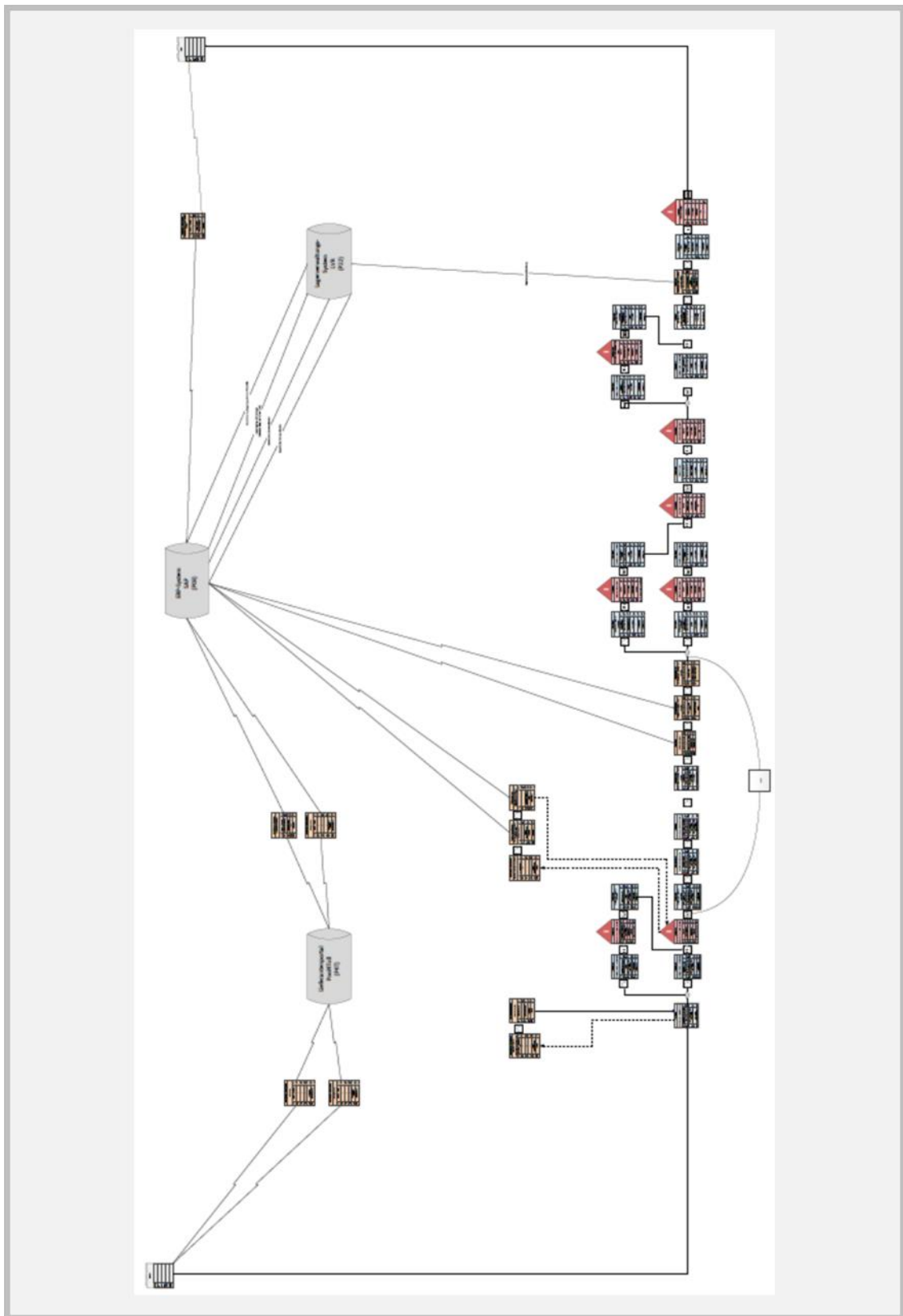
Anhang C-2: Darstellungen des aufgenommenen Wertstroms

Abbildung A-15: Gesamtansicht des aufgenommenen Wertstroms
[Eigene Darstellung]

Der nachfolgende Ausschnitt zeigt die Prozessschritte der Wareneingangsbuchung an der Bearbeitungsstation im Wareneingang.

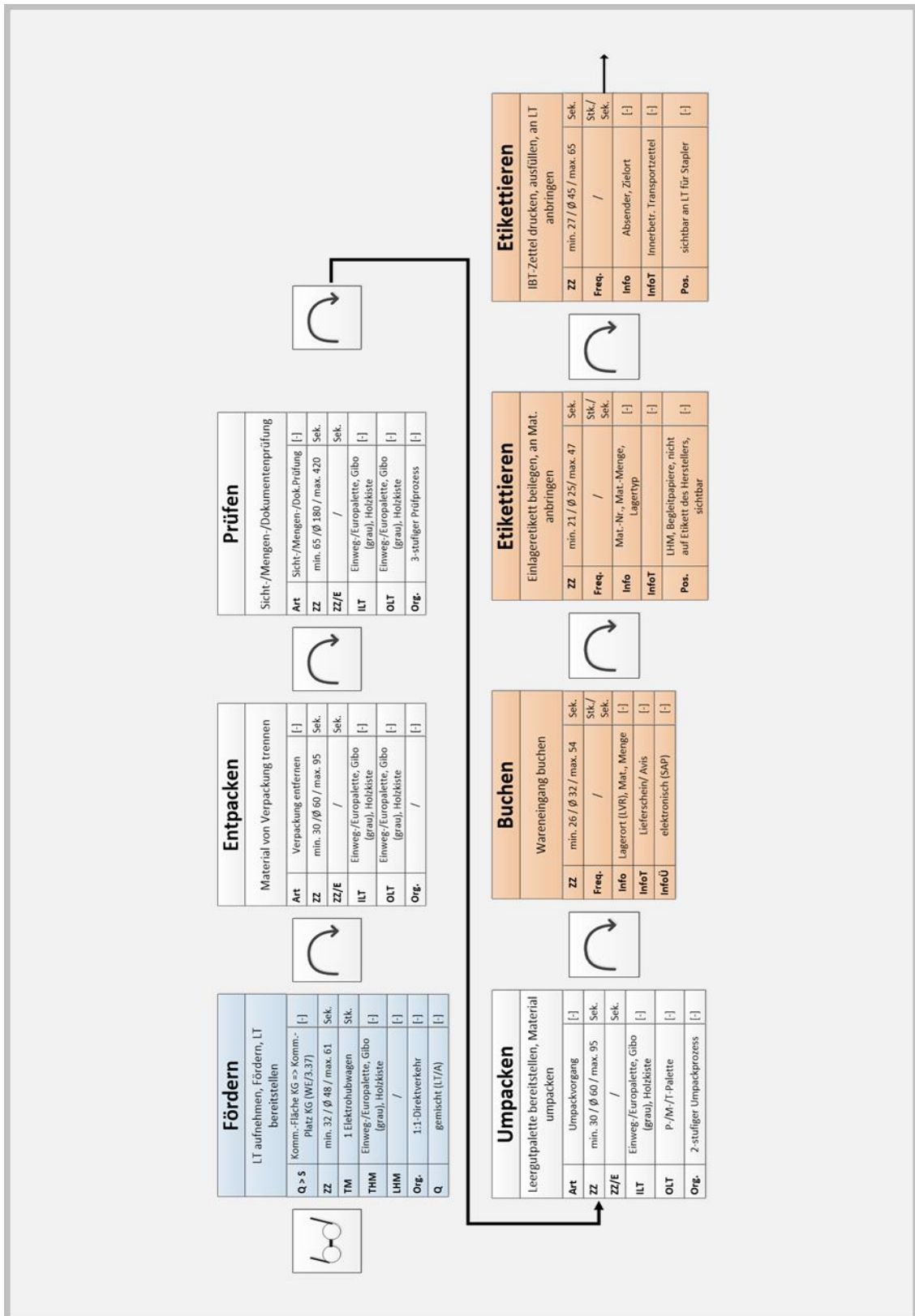


Abbildung A-16: Ausschnitt der Wertstromaufnahme aus dem Wareneingang [Eigene Darstellung]

Anhang C-3: Ergebnisse der Prozessanalyse

Nummer	Art der Verschwendung	Beschreibung	Bereich	Verursachender Prozessschritt
001	V7	Lieferschein wird mit einem Datumsstempel versehen aber die Anlieferung des Pakets im System noch nicht als erhalten gebucht	M-MW	Dokumentieren
002	V1	Transport von Annahmehbereich des Wareneingangs zu einem unnötigen Puffer	M-MW	Fördern
003	V2	Lange Liegezeiten in den Pufferflächen aufgrund unkoordinierter Anlieferung	M-MW	Puffern
004	V1	Transport von unnötigem Puffer in die Bereitstellungsfläche Kaufteile-Groß	M-MW	Fördern
005	V2	nicht genügend Fläche in der Bereitstellungsfläche Kaufteile-Groß der Bearbeitungsstation	M-MW	Puffern
006	V7	Unkoordinierte Anlieferung führt zu hohe Bestände	M-MW	Puffern
007	V2	Lange Liegezeiten in der Pufferfläche aufgrund unkoordinierter Anlieferung	M-MW	Puffern
008	V6	Nur der Lieferschein wird betrachtet – keine Bearbeitung des Materials	M-MW	Entpacken
009	V7	häufig Handhaben beim Umpacken auf eine Lagerpalette, da Karton nicht lagerfähig sind	M-MW	Umpacken
010	V4	fehlender Bestand an Lagerpaletten	M-MW	Umpacken
011	V4	keine feste Pufferfläche für Leergut in räumlicher Nähe	M-MW	Umpacken
012	V2	Sehr hohe Bearbeitungszeiten weil jeder Mitarbeiter eine komplette Palette bearbeitet	M-MW	Puffern
013	V2	Prozessschrittanstoß erst wenn eine Lagerpalette mit dem IBT-Schein versehen ist	M-MW	Prozessanstoß
014	V1	Transport von Bereitstellungsfläche Kaufteile-Groß in unnötigem Puffer	M-MW	Fördern
015	V6	Möglichkeit gegeben die Palette direkt auf den Anhänger für den IBT zu fördern	IBT	Fördern
016	V2	hohe Liegezeiten - Puffer entsteht aufgrund von unnötigen Prozessschritten	IBT	Puffern
017	V6	Möglichkeit gegeben die Palette direkt auf den Anhänger für den IBT zu fördern	IBT	Fördern
018	V2	Keine Regelung über Zeitpunkt und Taktung des IBTs	IBT	Puffern
019	V6	unnötiger Puffer - entsteht nur aufgrund der unnötigen Tätigkeiten	IBT	Puffern
020	V4	Individuelle Entscheidungsfreiheit über Anstoß-Zeitpunkt des nachgelagerten Prozessschritts; keine feste Taktung (Traktor)	IBT	Fördern
021	V2	Hohe Liegezeiten, da das Material bzw. die Arbeitslast gepusht wird und keine Abstimmung stattfindet	IBT	Puffern
022	V6	Prozessschritt notwendig, weil Mitarbeiter Verantwortung wechselt	Lager	Fördern
023	V6	Prozessschritt notwendig, weil Mitarbeiter Verantwortung wechselt	Lager	Puffern
024	V1	Transport zu unnötigem Puffer in Lageraußenfläche	Lager	Fördern
025	V2	Hohe Liegezeiten in der Außenfläche im Lager	Lager	Puffern
026	V1	Transport vom unnötigem Puffer zum Einlagerungs-Förderband	Lager	Fördern
027	V2	Hohe Liegezeiten auf dem Einlagerungs-Förderband	Lager	Puffern
028	V6	z.T. Lange Prüfzeiten beim Einlagerungsvorgang (Mengenprüfung)	Lager	Prüfen

Art der Verschwendung	Berechnung	Anzahl
V1	Überlieferung	5
V2	Wartezeit	10
V3	Überflüssige Transporte	0
V4	unnötige Prozesse	3
V5	Überdimensionale Bestände	0
V6	unnötige Tätigkeit	7
V7	Fehler bezogen auf die Aufgabe der Logistik	2
V8	schlechte Ergonomie	0
V9	fauch. genutzte Mitarbeiterpotenziale/Talente	0
Gesamt		27

Tabelle A-2: Verschwendungsmatrix der Prozessanalyse

[Eigene Darstellung]



Abbildung A-17: Prozessschrittübergreifende Schwachstellen

[Eigene Darstellung]

Anhang C-4: Darstellung der organisatorischen Bereichsschnittstellen innerhalb der betrachteten Logistikbereiche

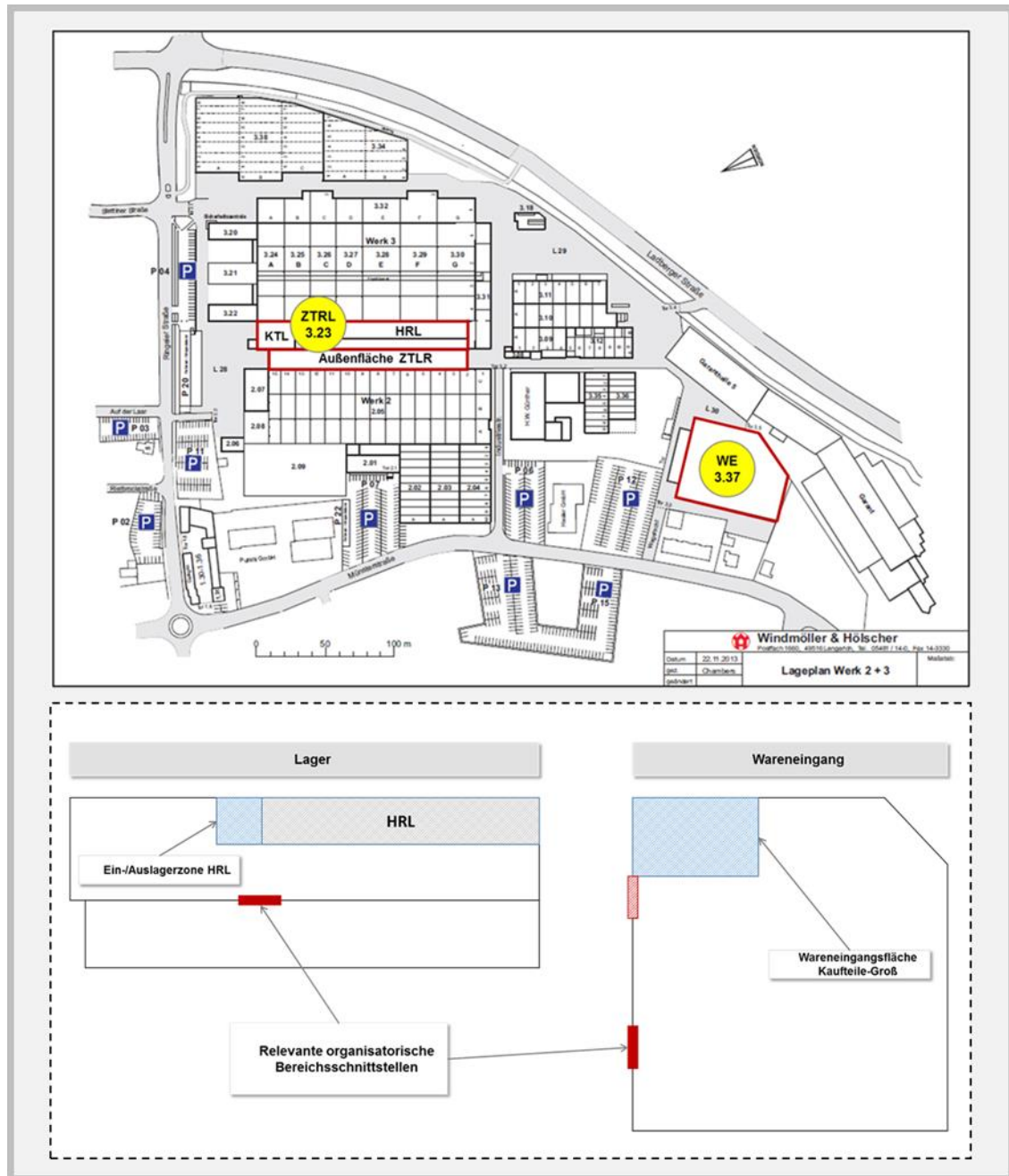


Abbildung A-18: Relevante organisatorischen Bereichsschnittstellen
 [Eigene Darstellung]

Anhang C-5: Ermittlung der ID-Punkt-Mengen je ID-Punkt-Variante

ID-Punkt-Typ (ID-PT)	Potentielle ID-Punkte	Anzahl zu erfassende Punkte
ID-PT-1	Pufferflächen	7
ID-PT-2	Transport-/Fördermittel	12
ID-PT-3	Bearbeitungsstationen	3
ID-PT-4	Bereichsschnittstellen	2
Summe:		24

Zuordnung der ID-Punkt-Mengen zu den Varianten

ID-Punkt-Varianten	Menge der zu erfassende ID-Punkte je Variante				Summe
	ID-PT-1	ID-PT-2	ID-PT-3	ID-PT-4	
V1	7	12			19
V2	7		3		10
V3	7			2	9
V4		12	3		15
V5		12		2	14
V6			3	2	5
V7	7	12	3		22
V8	7	12		2	21
V9	7	12	3	2	24
V10	7		3	2	12
V11		12	3	2	17
V12	7				7
V13		12			12
V14			3		3
V15				2	2

Abbildung A-19: Berechnung der ID-Punkten-Mengen je ID-Punkt-Variante
[Eigene Darstellung]

Anhang C-6: Ergänzung zur Ermittlung der Informationsdichte

Eingangsgrößen - Informationsmenge			Prozess- Informationen
ID-Punkt-Typ	Potentielle ID-Punkte		
ID-PT-1	Pufferflächen		5
ID-PT-2	Transport-/Fördermittel		6
ID-PT-3	Bearbeitungsstationen		2
ID-PT-4	Bereichsschnittstellen		2
Summe:			15

Zuordnung der Prozess-
informationen zu den ID-
Punkt-Varianten

ID-Punkt-Varianten	Anzahl der Informationen pro ID-Punkt-Variante				Summe
	ID-PT-1	ID-PT-2	ID-PT-3	ID-PT-4	
Variante 1	5	6	0	0	11
Variante 2	5	0	2	0	7
Variante 3	5	0	0	2	7
Variante 4	0	6	2	0	8
Variante 5	0	6	0	2	8
Variante 6	0	0	2	2	4
Variante 7	5	6	2	0	13
Variante 8	5	6	0	2	13
Variante 9	5	6	2	2	15
Variante 10	5	0	2	2	9
Variante 11	0	6	2	2	10
Variante 12	5	0	0	0	5
Variante 13	0	6	0	0	6
Variante 14	0	0	2	0	2
Variante 15	0	0	0	2	2

Abbildung A-20: Berechnung der Informationsdichte
[Eigene Darstellung]

Anhang C-7: Ermittlung der Kennzahlenerfassbarkeit

Kennzahltyp	Kennzahl	Erfassungsmöglichkeiten			
		ID-PT-1	ID-PT-2	ID-PT-3	ID-PT-4
Transport-/ Förderkennzahlen	Transportzeit	1	1	0	0
	Transportstrecke	1	1	0	0
	Anzahl bewegter Förder-/Lagerhilfsmittel	1	1	0	0
	Anzahl Förder-/Lagerhilfsmittel pro Transporteinheit	0	1	0	0
	Anzahl Voll-/Leergutfahren	0	1	0	0
Lager-/ Pufferkennzahlen	Liegezeiten	1	0	0	0
	Flächenbestände	1	0	0	0
	Umschlaghäufigkeit	1	0	0	0
	Flächenauslastung	1	0	0	0
Kennzahlen der Qualitätsoperationen	Bearbeitungszeit pro Ladungsträger	0	0	1	0
	Bearbeitungszeit pro Bearbeitungsschritt	0	0	0	0
	Bearbeitungszeit pro Bearbeitungsprozess	1	0	1	0
Kennzahlen der Durchlaufzeit	Gesamtdurchlaufzeit	1	1	1	1
	Durchlaufzeit je Organisationsbereich	1	1	1	1
Anzahl nicht ermittelbarer Kennzahlen		4	7	10	12
Anzahl ermittelbarer Kennzahlen		10	7	4	2
Summe aller Kennzahlen		15	15	15	15
Menge in %		67%	47%	27%	13%

Parameter	Kürzel
Nicht ermittelbar	0
ermittelbar	1

Festlegung über die Kürzel ob eine Kennzahl mit dem ID-Punkt-Typen ermittelbar ist oder nicht

Die Gesamtanzahl an ermittelbaren Kennzahlen für jeden ID-Punkt-Typen wird im nächsten Schritt auf die ID-Punkt-Varianten übertragen

Abbildung A-21: Festlegung der ermittelbaren Kennzahlen
 [Eigene Darstellung]

Anforderung	Transportzeit	Transportstrecke	Anzahl bewegter Ladungsträger	Anzahl Ladeeinheiten pro Transporeinheit	Anzahl Voll-/Leergutfahren	Liegezeiten	Flächenbestände	Umschlaghäufigkeit	Flächenauslastung	Bearbeitungszeit pro Ladungsträger	Bearbeitungszeit pro Bearbeitungsschritt	Bearbeitungszeit pro Bearbeitungsprozess	Gesamtdurchlaufzeit	Durchlaufzeit pro Organisationsbereich	Zeilesumme	% bezogen auf Spaltensumme	Rangfolge
Transportzeit	2	0	0	0	0	0	1	0	2	1	2	0	1	1	10	5,5%	12
Transportstrecke	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	1	1	5	2,7%	13
Anzahl bewegter Ladungsträger	2	2	1	2	2	2	0	2	1	2	1	1	1	1	19	10,4%	3
Anzahl Ladeeinheiten pro Transporeinheit	2	2	1	2	0	0	0	0	0	2	0	1	1	1	11	6,0%	9
Anzahl Voll-/Leergutfahren	2	2	0	0	1	1	0	0	0	2	0	2	2	2	11	6,0%	9
Liegezeiten	2	2	0	2	1	1	1	0	1	0	2	0	1	1	13	7,1%	6
Flächenbestände	1	1	0	2	2	1	1	1	0	2	0	0	0	0	11	6,0%	9
Umschlaghäufigkeit	2	2	2	2	2	2	1	0	0	2	0	1	1	1	17	9,3%	4
Flächenauslastung	0	2	0	2	2	1	1	2	0	2	0	1	1	1	14	7,7%	5
Bearbeitungszeit pro Ladungsträger	1	2	1	2	2	2	2	2	0	2	1	1	1	1	21	11,5%	1
Bearbeitungszeit pro Bearbeitungsschritt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3	1,6%	14	
Bearbeitungszeit pro Bearbeitungsprozess	2	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	21	11,5%	1
Gesamtdurchlaufzeit	1	1	1	1	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	13	7,1%	6
Durchlaufzeit pro Organisationsbereich	1	1	1	1	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	13	7,1%	6

2 = Zeilenkriterium ist wichtiger als Spaltenkriterium
 1 = beide sind gleich wichtig
 0 = Zeilenkriterium ist wichtiger als Spaltenkriterium

Abbildung A-22: Paarvergleich zur Priorisierung der Kennzahlen [Eigene Darstellung]

Anforderung	Zeilesumme	%-Kennzahlbewertung	Kumulierte Häufigkeiten	Rang	Klasse	Gewichtung	Paretowert	%-Wert	Kum. Anteil	Klasse	Gewichtung
Bearbeitungszeit pro Ladungsträger	21	11,5%	11,5%	1	A	5	Paretowert 60	60%	0%	A	5
Bearbeitungszeit pro Bearbeitungsprozess	21	11,5%	23,1%	2	A	5	Paretowert 30	30%	60%	B	3
Anzahl bewegter Ladungsträger	19	10,4%	33,5%	3	A	5	Paretowert 10	10%	90%	C	1
Umschlaghäufigkeit	17	9,3%	42,9%	4	A	5	Summe: 100%				
Flächenauslastung	14	7,7%	50,5%	5	A	5					
Liegezeiten	13	7,1%	57,7%	6	A	5					
Gesamtdurchlaufzeit	13	7,1%	64,8%	13	B	3					
Durchlaufzeit pro Organisationsbereich	13	7,1%	72,0%	14	B	3					
Flächenbestände	11	6,0%	78,0%	7	B	3					
Anzahl Ladeeinheiten pro Transporeinheit	11	6,0%	84,1%	8	B	3					
Anzahl Voll-/Leergutfahren	11	6,0%	90,1%	10	C	1					
Transportzeit	10	5,5%	95,6%	9	C	1					
Transportstrecke	5	2,7%	98,4%	11	C	1					
Bearbeitungszeit pro Bearbeitungsschritt	3	1,6%	100,0%	12	C	1					

Gewichtungsfaktoren für die ausgewählten Kennzahlen

Abbildung A-23: Paretoanalyse zur Gewichtung der Kennzahlen [Eigene Darstellung]

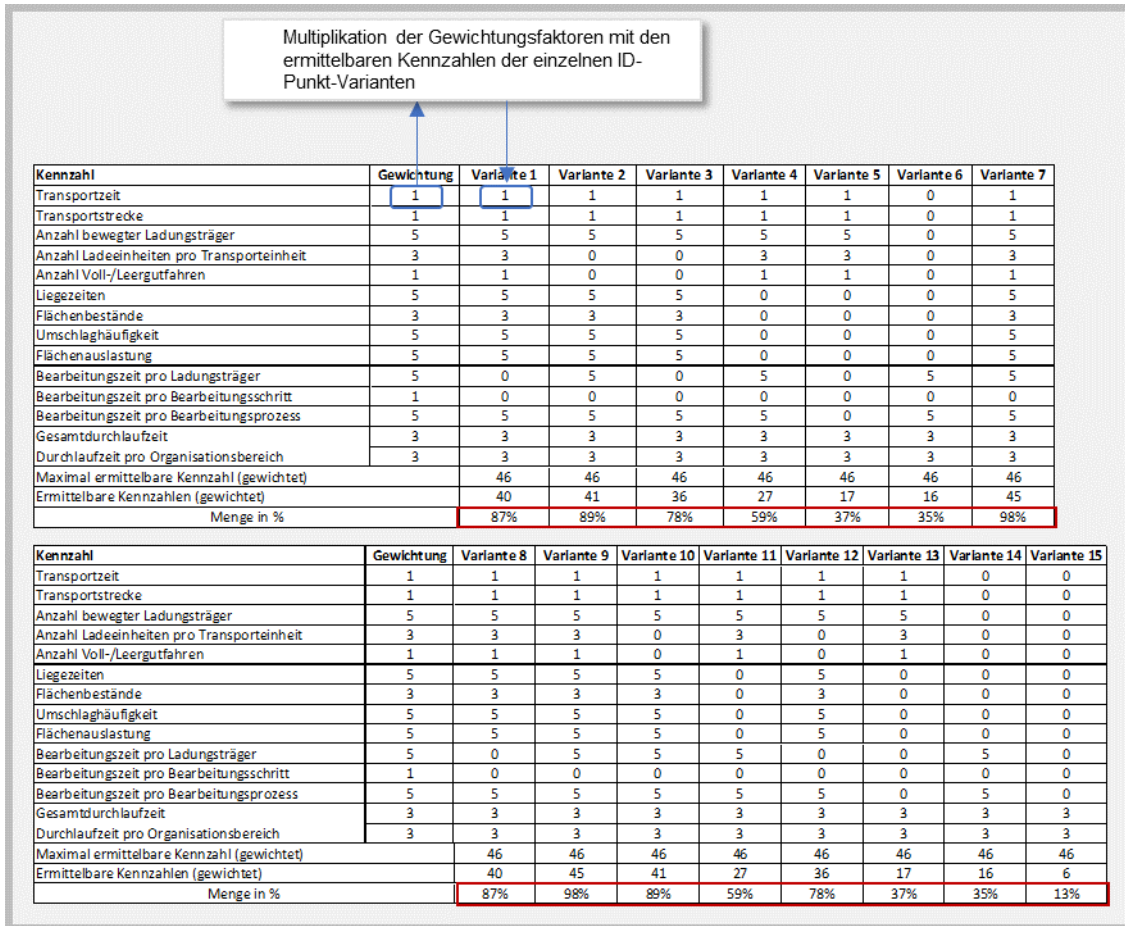


Abbildung A-24: Ermittlung der gewichteten Kennzahlenerfassbarkeit
 [Eigene Darstellung]

Anhang C-8: Ermittlung der ID-Punkt-Kosten für RFID und Barcode

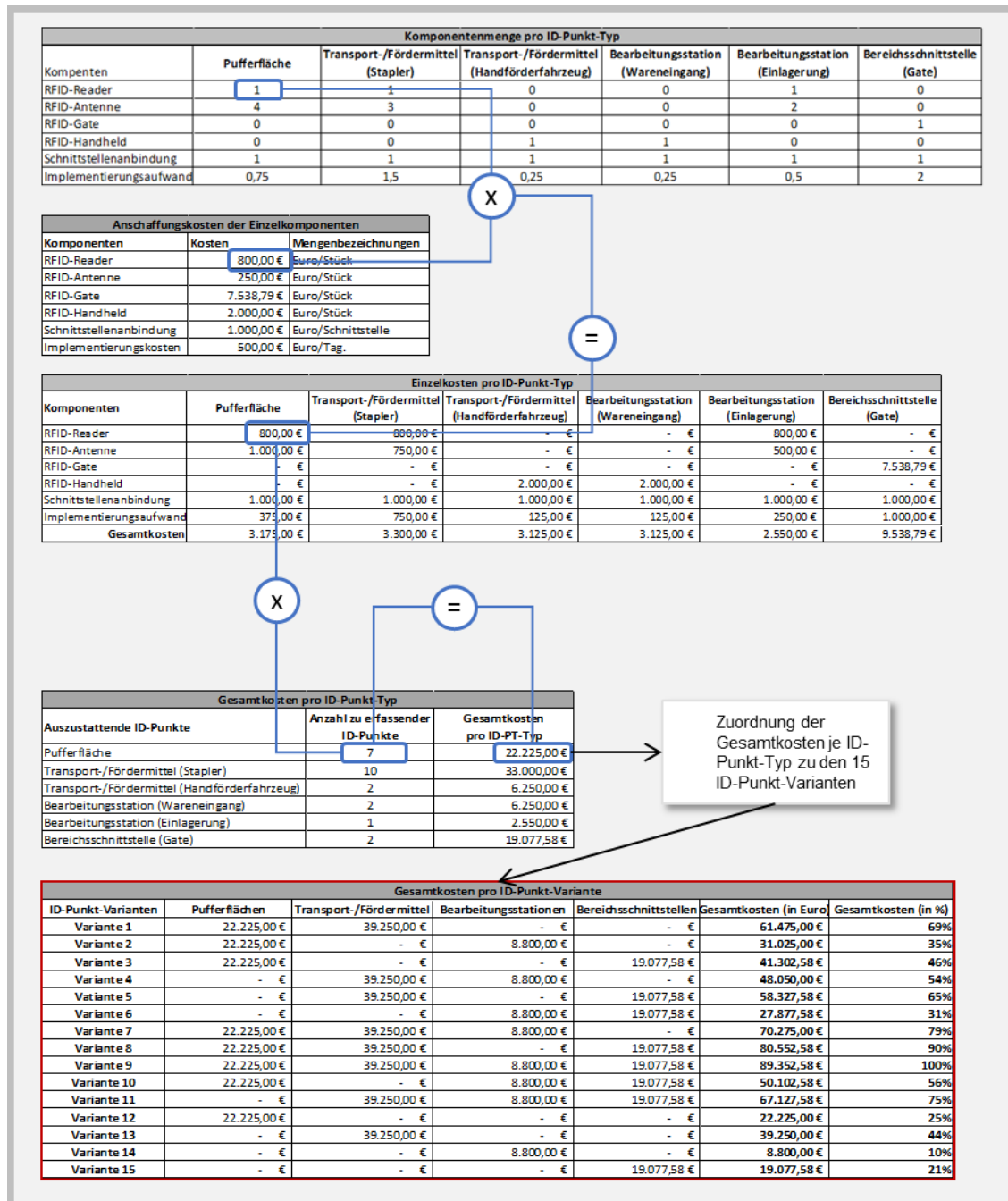


Abbildung A-25: Systematik zur Ermittlung der ID-Punkt-Kosten (RFID)
[Eigen Darstellung]

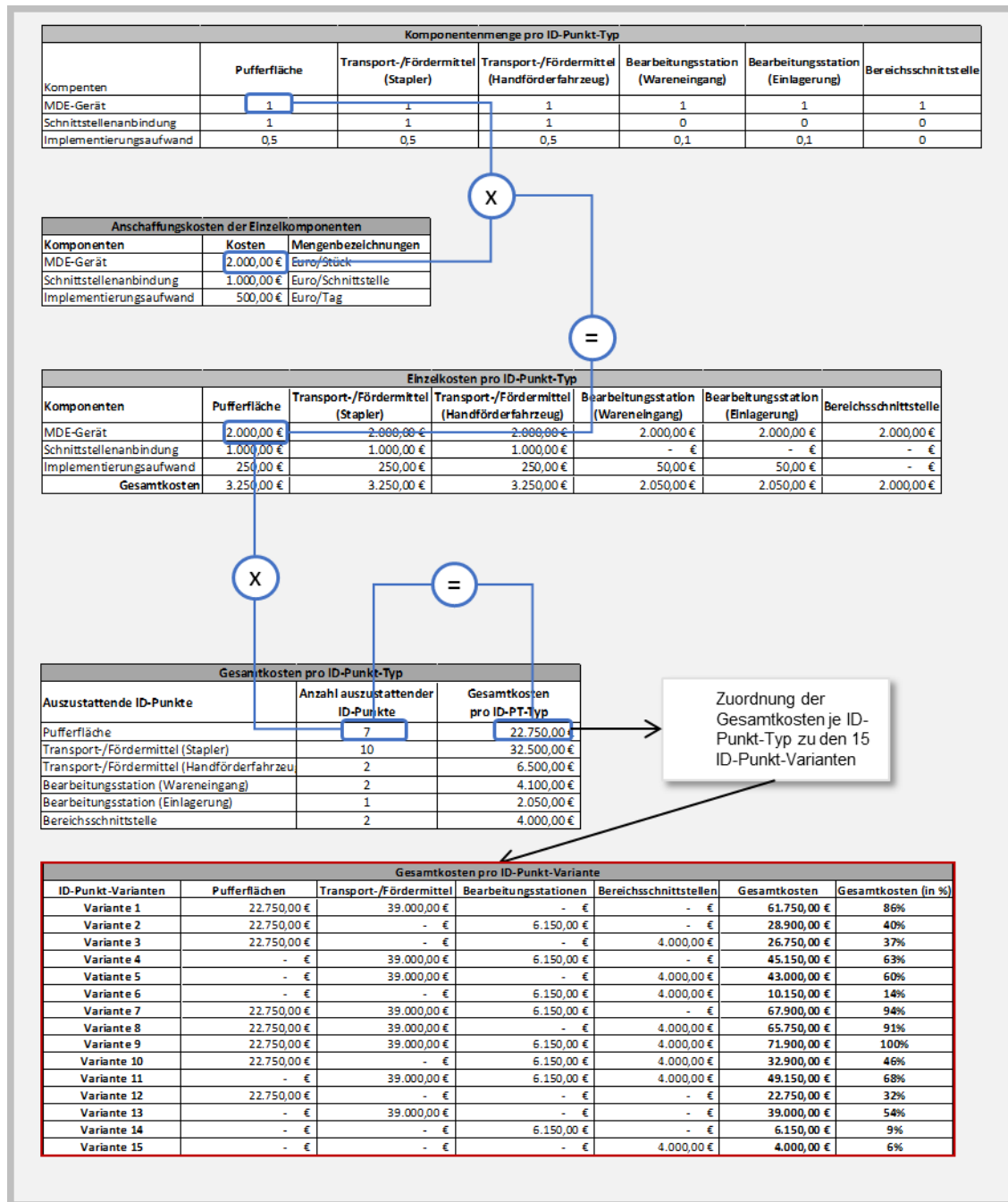


Abbildung A-26: Systematik zur Ermittlung der ID-Punkt-Kosten (Barcode)
[Eigen Darstellung]

Anhang C-9: Kosten-Nutzwert-Vergleich für RFID und Barcode

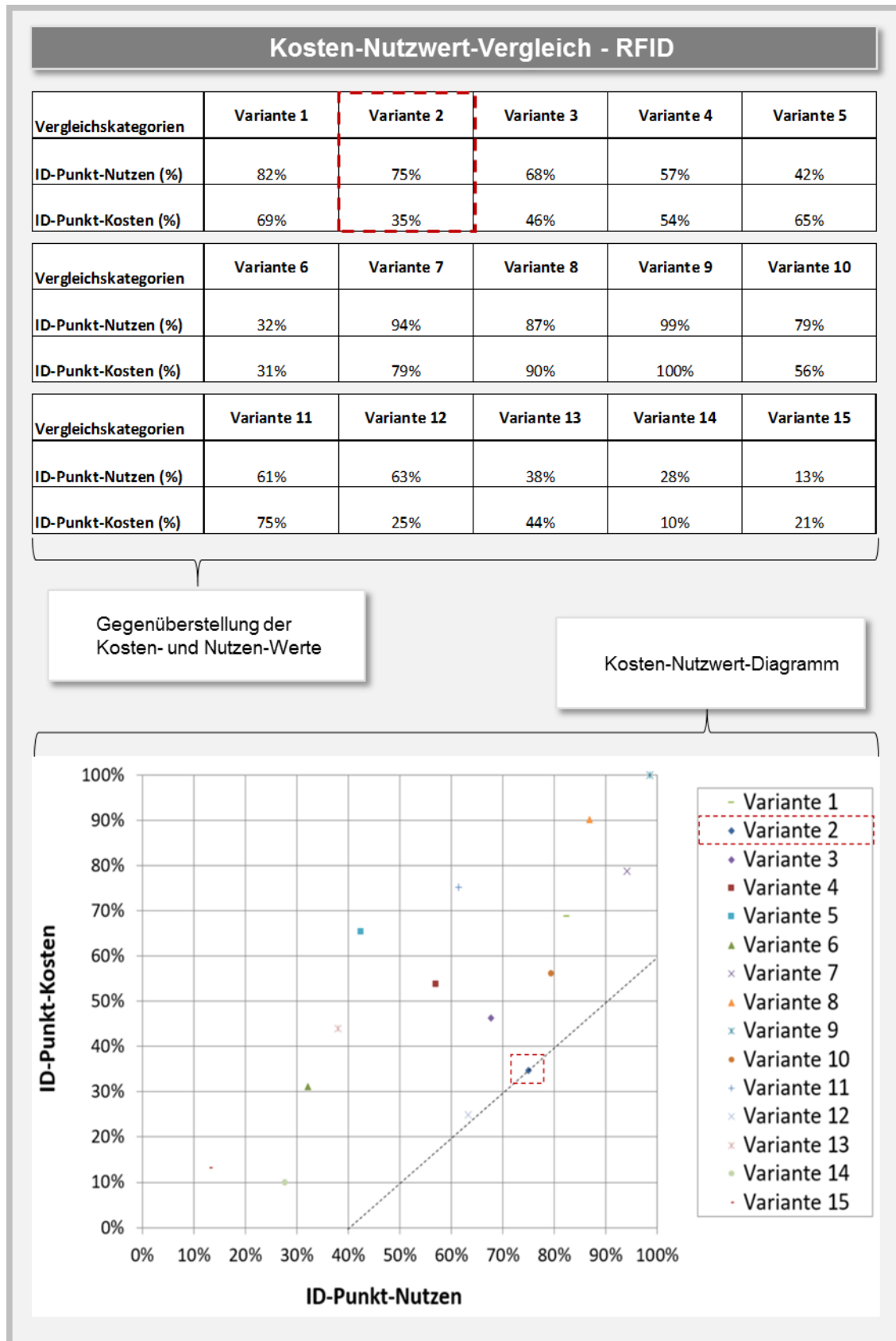


Abbildung A-27: Durchführung des Kosten-Nutzen-Vergleichs (RFID)
 [Eigen Darstellung]

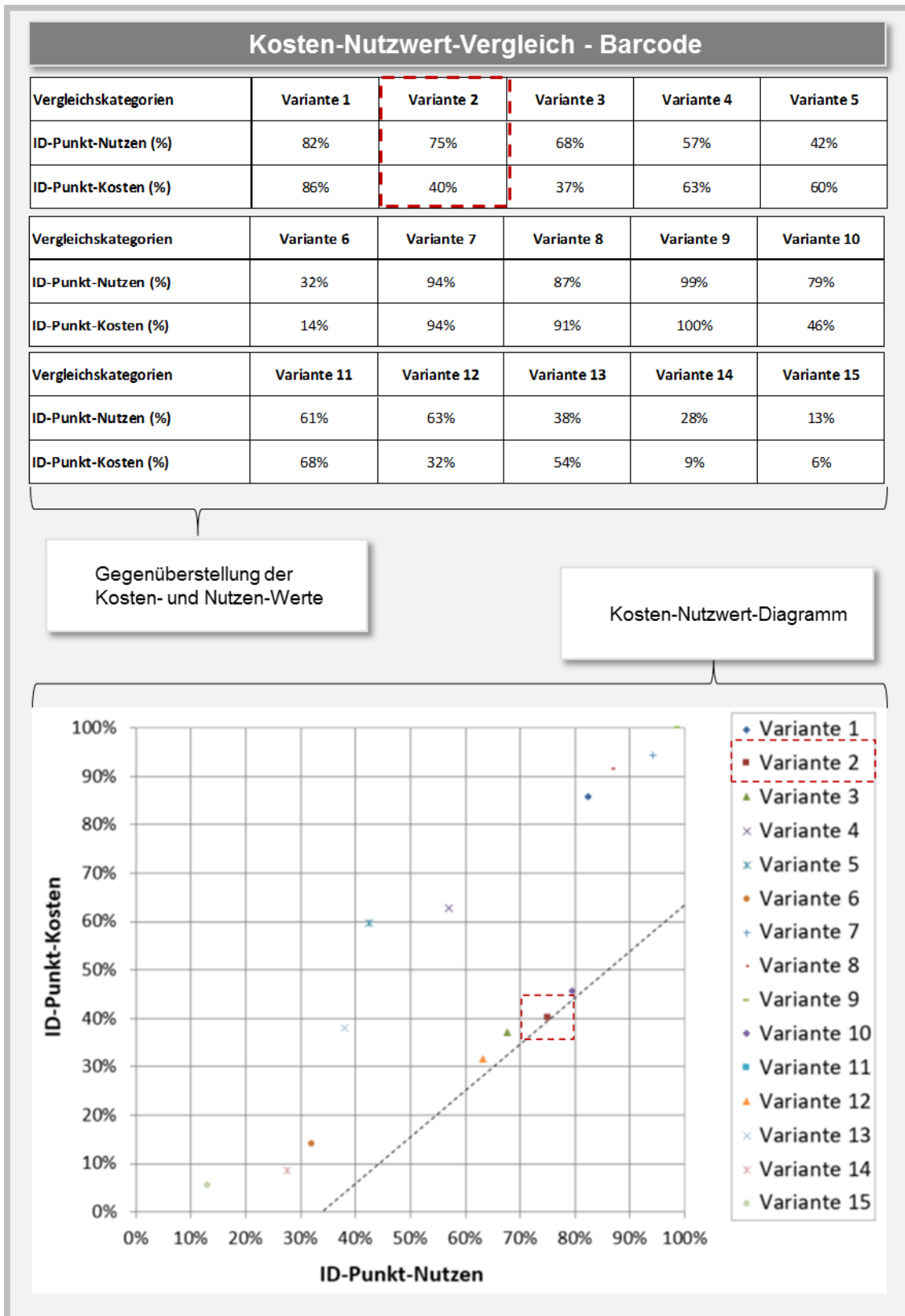


Abbildung A-28: Durchführung des Kosten-Nutzen-Vergleichs (Barcode)
 [Eigen Darstellung]

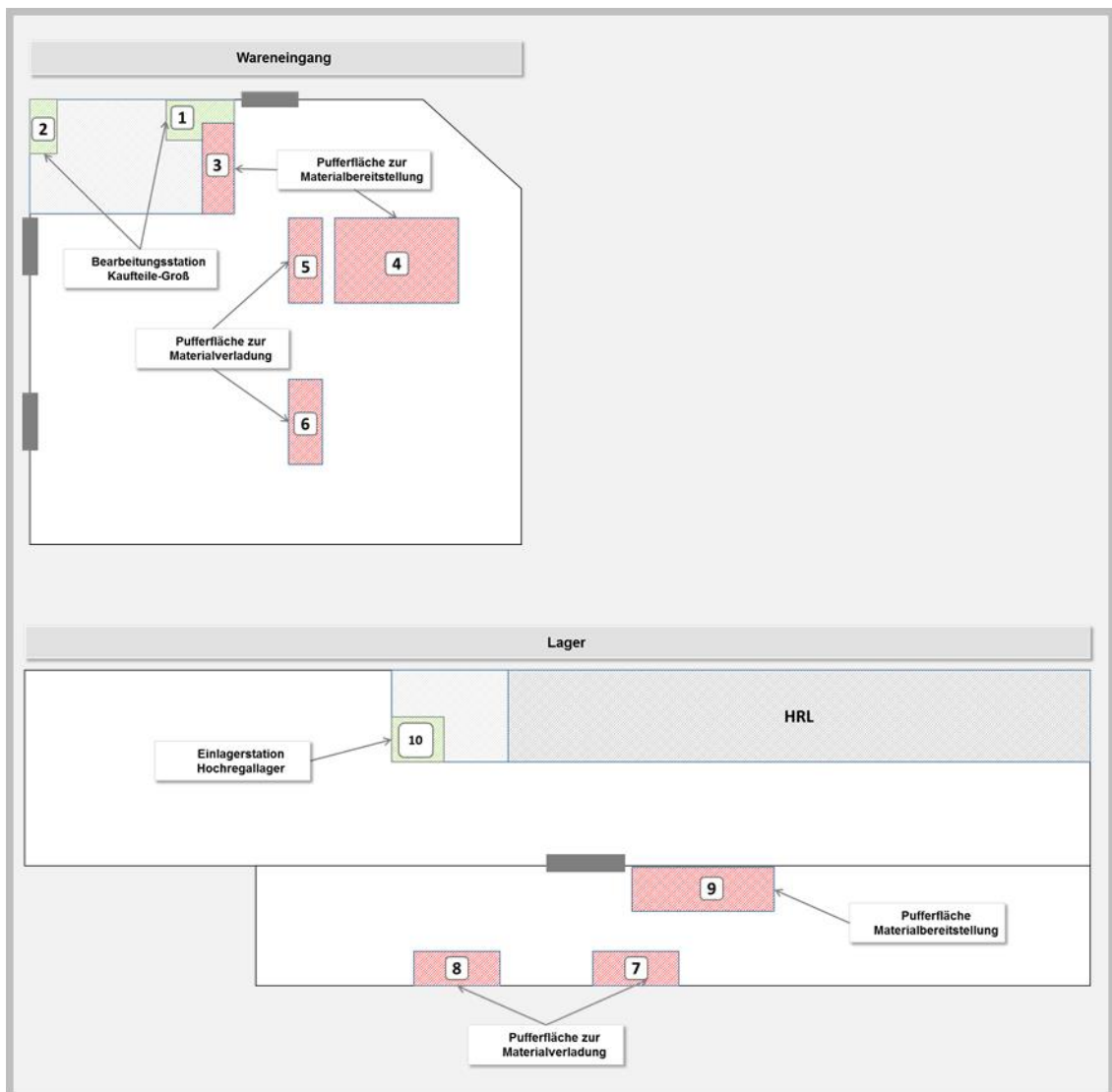
Anhang C-10: Darstellung der ausgewählten ID-Punkte

Abbildung A-29: Darstellung der ausgewählten ID-Punkte
[Eigen Darstellung]

Anhang C-11: Ergänzungen der ID-punktspezifischen Technologiebewertung

Nachfolgend ist die Tabelle mit den bewerteten Erfüllungsgraden zu sehen, welche aus der Bewertungsskala aus Abschnitt 5.2.3 resultieren. Im Weiteren werden diese in die gewichtete Punktebewertung einfließen, woraus die Ergebniswerte für jeden ID-Punkt und jede Technologie ermittelt werden.

Punktebewertung zur Technologieauswahl (ID-Punktbezogen ohne Technologiebetrachtung)							
Kriteriengruppe	Kriterien	Barcode		RFID			
		1D-Barcode	2D-Barcode	LF	HF	UHF	MW
ID-Punktbezogene Leistungskriterien	Reichweite	1	1	1	2	3	3
	Pulffähigkeit	0	0	0	1	3	3
Technologiebeeinflussende Kriterien	Einfluss durch Schmutz	1	2	4	4	4	4
	Einfluss durch Metalle	4	4	2	1	1	1
	Einfluss durch Flüssigkeiten	4	4	3	3	1	0
	Einfluss durch Feuchtigkeiten/ Nässe	1	2	4	3	2	0
	Einfluss durch Oberflächenveränderung	1	2	3	3	3	3
	Einfluss durch Mechanische Beanspruchung/ Verschleiß	1	2	3	3	3	3
	Einfluss von Richtung/ Position des Datenträgers	0	0	1	2	3	3

Tabelle A-3: Bewertung der AutoID-Technologie
[Eigene Darstellung]

Gewichtete Punktebewertung - ID-Punkt 1 (Bearbeitungsstation 1 - Wareneingang)							
Kriteriengruppe	Kriterien	ID-Punktbezogene Kriteriengewichtung	Barcode				
			1D-Barcode		2D-Barcode		
			Erfüllungsgrad	Teilnutzen	Erfüllungsgrad	Teilnutzen	
Leistungskriterien	Reichweite	2	1	2	1	2	
	Pulffähigkeit	0	0	0	0	0	
Kriterien der Beeinflussung	Einfluss durch Schmutz	1	1	1	2	2	
	Einfluss durch Metalle	1	4	4	4	4	
	Einfluss durch Flüssigkeiten	1	4	4	4	4	
	Einfluss durch Feuchtigkeiten/ Nässe	1	1	1	2	2	
	Einfluss durch Oberflächenveränderung	1	1	1	2	2	
	Einfluss durch Mechanische Beanspruchung/ Verschleiß	1	1	1	2	2	
	Einfluss von Richtung/ Position des Datenträgers	2	0	0	0	0	
Summe	Summe der Teilnutzenwerte		14		18		
Rangfolge			5		4		

Gewichtete Punktebewertung - ID-Punkt 1 (Bearbeitungsstation 1 - Wareneingang)						
Kriteriengruppe	Kriterien	ID-Punktbezogene Kriteriengewichtung	RFID			
			LF		HF	
			Erfüllungsgrad	Teilnutzen	Erfüllungsgrad	Teilnutzen
Leistungskriterien	Reichweite	2	1	2	2	4
	Pulffähigkeit	0	0	0	1	0
Kriterien der Beeinflussung	Einfluss durch Schmutz	1	4	4	4	4
	Einfluss durch Metalle	1	2	2	1	1
	Einfluss durch Flüssigkeiten	1	3	3	3	3
	Einfluss durch Feuchtigkeiten/ Nässe	1	4	4	3	3
	Einfluss durch Oberflächenveränderung	1	3	3	3	3
	Einfluss durch Mechanische Beanspruchung/ Verschleiß	1	3	3	3	3
	Einfluss von Richtung/ Position des Datenträgers	2	1	2	2	4
Summe	Gewichtung aus der ID-Punktanalyse		23		25	
Rangfolge			3		2	

Gewichtete Punktebewertung - ID-Punkt 1 (Bearbeitungsstation 1 - Wareneingang)						
Kriteriengruppe	Kriterien	ID-Punktbezogene Kriteriengewichtung	RFID			
			UHF		MW	
			Erfüllungsgrad	Teilnutzen	Erfüllungsgrad	Teilnutzen
Leistungskriterien	Reichweite	2	3	6	3	6
	Pulffähigkeit	0	3	0	3	0
Kriterien der Beeinflussung	Einfluss durch Schmutz	1	4	4	4	4
	Einfluss durch Metalle	1	1	1	1	1
	Einfluss durch Flüssigkeiten	1	1	1	0	0
	Einfluss durch Feuchtigkeiten/ Nässe	1	2	2	0	0
	Einfluss durch Oberflächenveränderung	1	3	3	3	3
	Einfluss durch Mechanische Beanspruchung/ Verschleiß	1	3	3	3	3
	Einfluss von Richtung/ Position des Datenträgers	2	3	6	3	6
Summe			26		23	
Rangfolge			1		3	

Abbildung A-30: Auszug der gewichteten Punktebewertung – ID-Punkt 1
[Eigene Darstellung]

Anhang C-12: Ergänzung zur allgemeinen Technologiebewertung

Nachfolgend ist exemplarisch ein Bewertungsbogen der Bewertung der UHF-Technologie dargestellt. Dieser zeigt neben den Kriterien die Begründung der Punktevergabe, um die Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten, sowie die vergebene Punktzahl. Diese Bewertungsmethodik wird bei allen Technologien vorgenommen.

Technologie	RFID (UHF)	
Kriterium	Begründung	Punkte
Lese- und Schreibgeschwindigkeit	Da in diesem Einsatzszenario auf dem Datenträger lediglich die ID-Nummer gespeichert werden soll, wird eine überschaubare Menge an Daten benötigt, die mit den Lesegeräten der RFID-Technologie schneller ausgelesen werden kann als bei Barcodes	3
Speicherkapazität	RFID-Transponder können im Vergleich zu den Barcodes noch mehr Informationen speichern. Die Speicherkapazität beträgt zwischen 512 Bit und 4 KByte.	3
Wiederbeschreibbarkeit	Bei allen RFID-Technologien besteht die Möglichkeit, die auf dem Datenträger gespeicherten Daten zu ändern bzw. nochmals neue Daten aufzuspielen	4
Datensicherheit	Im Vergleich zum Barcode sind die Datenträger der RFID-Technologie nicht so einfach zu manipulieren, da sie nicht optisch kopiert werden können und ein größerer Aufwand für die Manipulation besteht.	3
Datenschutz	Mit der RFID-Technologie besteht die Möglichkeit einer Zugriffsbeschränkung für bestimmte Personen festzulegen.	3
Investitionskosten	Die Anfangsinvestition in die einzelnen Komponenten und in die Infrastruktur sind deutlich höher als bei der Barcode-Technologie. Hier ist zusätzlich eine Anfangsausstattung aller Ladungsträger notwendig, womit die Anfangsinvestition höher ist. Diese sind auch teurer als die LF- und HF-Komponenten.	1
Laufende Kosten	Im Gegensatz zur Barcode-Technologie sind lediglich defekte Transponder oder neue Ladungsträger mit Transpondern auszustatten. Hier sind die Transponderkosten höher als bei den LF- und HF-Komponenten.	2
Implementierungsaufwand	Der Implementierungsaufwand ist im Vergleich zu Barcode-Technologien hoch. Hier sind insbesondere die Anwendungen an die bestehenden Gegebenheiten anzupassen.	1
Wartungsaufwand	Um die Funktionsfähigkeit der Lesegeräte und Transponder zu gewährleisten müssen diese mindestens einmal im Jahr gewartet werden. Hier ist aufgrund der Menge der Wartungsaufwand hoch.	1
Mitarbeiter-/Identifizierungsaufwand	Der Aufwand für die Mitarbeiter ist lediglich vorhanden wenn RFID-Handhelds eingesetzt werden. Ansonsten ist nur der Aufwand für die Ausstattung neuer Paletten mit Transpondern vorhanden.	3

Abbildung A-31: Bewertungsbogen zur allgemeine Technologiebewertung (UHF)
[Eigene Darstellung]

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Zusammenfassung der oben dargestellten Punktevergabe, welche für jede AutoID-Technologie vorgenommen wird.

Punktebewertung zur allgemeinen Technologieauswahl							
Kriteriengruppe	Kriterien	Barcode		RFID			
		1D-Barcode	2D-Barcode	LF	HF	UHF	MW
Wertstrombezogene Leistungskriterien	Lese- und Schreibgeschwindigkeit	1	2	3	3	3	3
	Speicherkapazität	0	1	1	2	3	3
	Wiederbeschreibbarkeit	0	0	4	4	4	4
Kriterien der Prozesssicherheit	Datensicherheit	1	2	3	3	3	3
	Datenschutz	0	0	3	3	3	3
Kostenkriterien	Investitionskosten	4	3	2	2	1	1
	Laufende Kosten	1	1	3	3	2	2
Aufwandskriterien	Implementierungsaufwand	3	3	1	1	1	1
	Wartungsaufwand	3	3	1	1	1	1
	Mitarbeiteraufwand/ Identifikationsaufw	1	1	3	3	3	3

Tabelle A-4: Zusammenfassung der Punktevergabe
[Eigene Darstellung]

Anhang C-13: Paarvergleich und Paretoanalyse zu den Bewertungskriterien

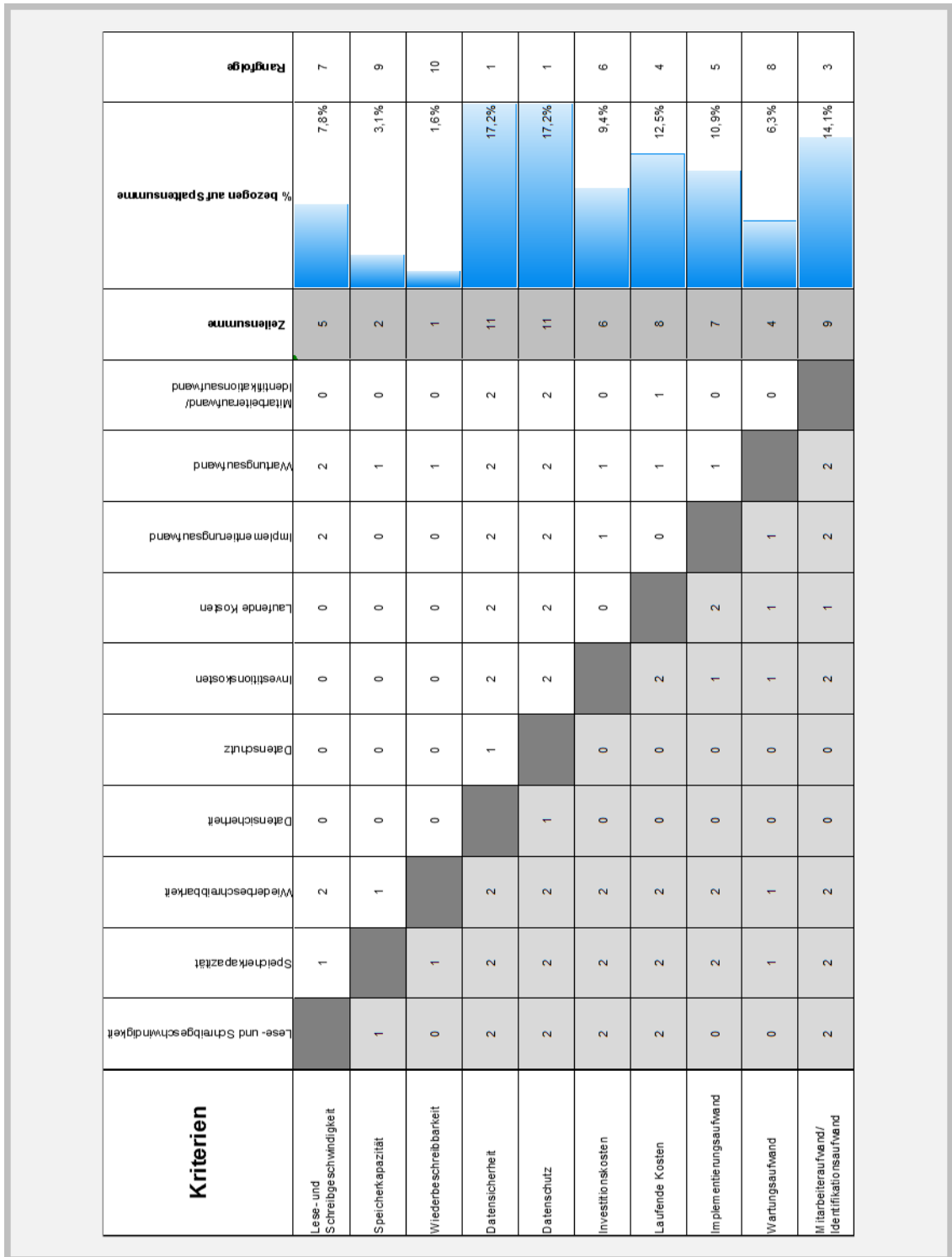


Abbildung A-32: Paarvergleich der allgemeinen Technologiebewertungskriterien

[Eigene Darstellung]

Anforderung	Zeilensumme	%-Kennzahlbewertung	Kumulierte Häufigkeiten	Rang	Klasse	Gewichtung
Datensicherheit	11	17,2%	17,2%	1	A	4
Datenschutz	11	17,2%	34,4%	1	A	4
Mitarbeiteraufwand/ Identifikationsaufwand	9	14,1%	48,4%	3	A	4
Laufende Kosten	8	12,5%	60,9%	4	A	4
Implementierungsaufwand	7	10,9%	71,9%	5	B	3
Investitionskosten	6	9,4%	81,3%	6	B	3
Lese- und Schreibgeschwindigkeit	5	7,8%	89,1%	7	C	2
Wartungsaufwand	4	6,3%	95,3%	8	D	1
Speicherkapazität	2	3,1%	98,4%	9	D	1
Wiederbeschreibbarkeit	1	1,6%	100,0%	10	D	1

Paretowert	%-Wert	Kum. Anteil	Klasse	Gewichtung
Paretowert 60	70%	0%	A	4
Paretowert 25	15%	70%	B	3
Paretowert 10	10%	85%	C	2
Paretowert 5	5%	95%	D	1
Summe:		100%		

Abbildung A-33: Paarvergleich der allgemeinen Technologiebewertungskriterien
[Eigene Darstellung]

Anhang C-14: Dokumentation zur technischen Machbarkeitsanalyse

ID-Punkt-Nr.	ID-Punkt-Typ	ID-Punkt-Bezeichnung	Ort
3	Pufferfläche	Bereitstellungsfläche IBT - Großteile	Wareneingang
Komponenten	Bezeichnung	Anzahl	
Transponder	Passiver UHF-Transponder (On-Metal-Tag)	4	
Antenne 1	UHF-Mid-Range-Antenne	1	
Antenne 2	UHF-Wide-Range-Antenne	1	
Reader	Stationäre RFID-Reader	1	
Hochregallagerpalette	P-Palette	2	
Gitterboxpalette	Gitterbox	1	
Antennenposition (x-Richtung)	0		
Antennenposition (y-Richtung)	50 cm		
Antennewinkel (Grad = alpha)	0 Grad		
Außentemperatur	24 Grad		
Störfaktoren	keine		
Besonderheiten	keine		

Abbildung A-34: Ausgangsdaten zum durchgeführten Machbarkeitstest

[Eigene Darstellung]

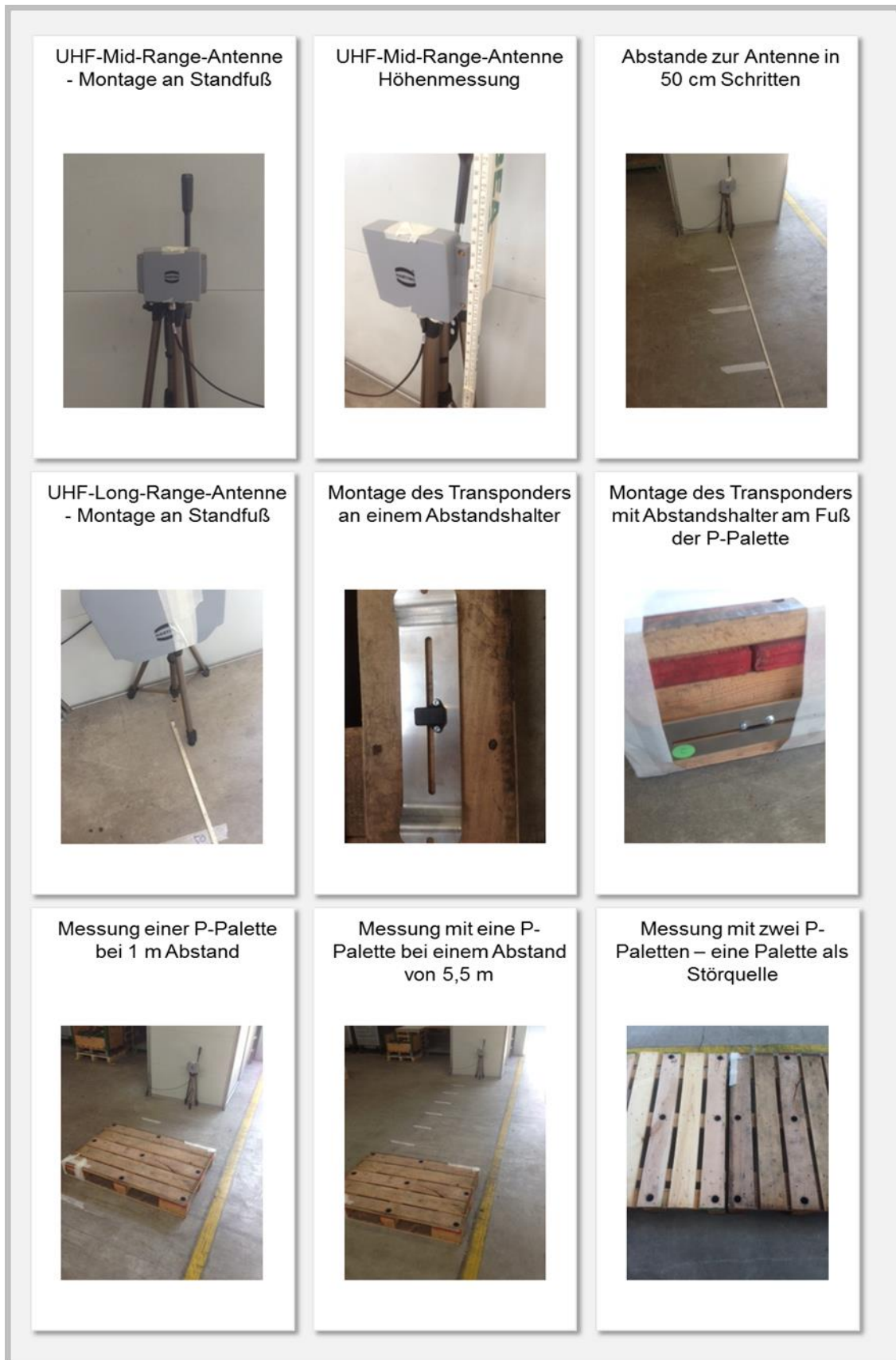


Abbildung A-35: Bilddokumentation der Testvorbereitung und -durchführung
[Eigene Darstellung]

	UHF-Mid-Range-Antenne							
	Entfernung [m]	Ifd.- Nr.	Transponder-Nr.	Transpondererfassung	Leserate (bei 60 sec.)	Anzahl erfassbarer Transponder	Anzahl erfasster Transponder	Lesequote
Szenario 2	0,5	1	2009150500a010414707d25	ja	5	2	2	100%
		2	200915050050240232027aa	ja	5			
	1	1	2009150500a010414707d25	ja	5	2	1	50%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
	1,5	1	2009150500a010414707d25	ja	5	2	1	50%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
	2	1	2009150500a010414707d25	ja	5	2	1	50%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
	2,5	1	2009150500a010414707d25	ja	2	2	1	50%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
	3	1	2009150500a010414707d25	ja	2	2	1	50%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
	3,5	1	2009150500a010414707d25	nein	0	2	0	0%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
	4	1	2009150500a010414707d25	nein	0	2	0	0%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
Szenario 2	0,5	1	2009150500a010414707d25	ja	12	2	2	100%
		2	200915050050240232027aa	ja	12			
	1	1	2009150500a010414707d25	ja	12	2	1	100%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
	1,5	1	2009150500a010414707d25	ja	11	2	1	50%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
	2	1	2009150500a010414707d25	ja	8	2	1	50%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
	2,5	1	2009150500a010414707d25	ja	8	2	1	50%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
	3	1	2009150500a010414707d25	ja	7	2	1	50%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
	3,5	1	2009150500a010414707d25	ja	8	2	0	0%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
	4	1	2009150500a010414707d25	ja	7	2	0	0%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
	4,5	1	2009150500a010414707d25	ja	9	2	0	0%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
	5	1	2009150500a010414707d25	ja	5	2	1	50%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
	5,5	1	2009150500a010414707d25	ja	3	2	1	50%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
	6	1	2009150500a010414707d25	nein	0	2	0	0%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
	6,5	1	2009150500a010414707d25	nein	0	2	0	0%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			

Abbildung A-36: Ergebnisse zu Testszenario 2
[Eigene Darstellung]

UHF-Long-Range-Antenne								
1 P-Palette als Störpalette ohne Abstand zur Transponder-Palette								
Entfernung [m]	lfd.-Nr.	Transponder-Nr.	Transpondererfassung	Leserate (bei 60 sec.)	Anzahl erfassbarer Transponder	Anzahl erfasster Transponder	Lesequote	
Szenario 3	1,5	1	2009150500a010414707d25	nein	0	2	0	100%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
	2	1	2009150500a010414707d25	nein	0	2	0	100%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
	3	1	2009150500a010414707d25	nein	0	2	0	100%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
3	1	2009150500a010414707d25	nein	0	2	0	100%	
	2	200915050050240232027aa	nein	0				
3,5	1	2009150500a010414707d25	nein	0	2	0	50%	
	2	200915050050240232027aa	nein	0				
3,5	1	2009150500a010414707d25	nein	0	2	0	50%	
	2	200915050050240232027aa	nein	0				

UHF-Long-Range-Antenne							
1 P-Palette als Störpalette mit 0,5 cm Abstand zur Transponder-Palette							
Entfernung [m]	lfd.-Nr.	Transponder-Nr.	Transpondererfassung	Leserate (bei 60 sec.)	Anzahl erfassbarer Transponder	Anzahl erfasster Transponder	Lesequote
1,5	1	2009150500a010414707d25	ja	11	2	1	50%
	2	200915050050240232027aa	nein	0			
2	1	2009150500a010414707d25	ja	8	2	1	50%
	2	200915050050240232027aa	nein	0			
2,5	1	2009150500a010414707d25	ja	8	2	1	50%
	2	200915050050240232027aa	nein	0			
3	1	2009150500a010414707d25	ja	7	2	1	50%
	2	200915050050240232027aa	nein	0			
3,5	1	2009150500a010414707d25	ja	6	2	1	50%
	2	200915050050240232027aa	nein	0			
4	1	2009150500a010414707d25	ja	7	2	1	50%
	2	200915050050240232027aa	nein	0			
4,5	1	2009150500a010414707d25	ja	4	2	1	0%
	2	200915050050240232027aa	nein	0			
5	1	2009150500a010414707d25	ja	5	2	1	50%
	2	200915050050240232027aa	nein	0			
5,5	1	2009150500a010414707d25	ja	2	2	1	50%
	2	200915050050240232027aa	nein	0			
6	1	2009150500a010414707d25	nein	0	2	0	0%
	2	200915050050240232027aa	nein	0			
6,5	1	2009150500a010414707d25	nein	0	2	0	0%
	2	200915050050240232027aa	nein	0			

Abbildung A-37: Ergebnisse zu Testszenario [Eigene Darstellung]

UHF-Long-Range-Antenne								
2 P-Palette mit je 2 Transpondern und einem Abstand von 0,5 cm zwischen den Paletten								
Palette	Entfernung [m]	lfd.-Nr.	Transponder-Nr.	Transpondererfassung	Leserate (bei 60 sec.)	Anzahl erfassbarer Transponder	Anzahl erfasster Transponder	Lesequote
A	0,5	1	2009150500a010414707d25	ja	8	2	2	75%
		2	200915050050240232027aa	ja	8			
B	1,35	3	2009150500502460800c76	ja	8	2	1	75%
		4	2009150500c1489efff003	nein	0			
A	1	1	2009150500a010414707d25	ja	8	2	2	75%
		2	200915050050240232027aa	ja	8			
B	1,85	3	2009150500502460800c76	ja	8	2	1	75%
		4	2009150500c1489efff003	nein	0			
A	1,5	1	2009150500a010414707d25	ja	8	2	1	50%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
B	2,35	3	2009150500502460800c76	ja	8	2	1	50%
		4	2009150500c1489efff003	nein	0			
A	2	1	2009150500a010414707d25	ja	8	2	1	50%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
B	2,8	3	2009150500502460800c76	ja	8	2	1	50%
		4	2009150500c1489efff003	nein	0			
A	2,5	1	2009150500a010414707d25	ja	8	2	1	50%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
B	3,35	3	2009150500502460800c76	ja	7	2	1	50%
		4	2009150500c1489efff003	nein	0			
A	5	1	2009150500a010414707d25	ja	3	2	1	25%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
B	5,85	3	2009150500502460800c76	nein	7	2	0	0%
		4	2009150500c1489efff003	nein	0			
A	5	1	2009150500a010414707d25	nein	0	2	0	0%
		2	200915050050240232027aa	nein	0			
B	5,85	3	2009150500502460800c76	nein	0	2	0	0%
		4	2009150500c1489efff003	nein	0			

Abbildung A-38: Ergebnisse zu Testszenario 4 [Eigene Darstellung]

Anhang C-15: Wirtschaftliche Machbarkeitsanalyse

Die letzte zu durchlaufende Phase bildet die wirtschaftliche Machbarkeitsuntersuchung, welche entsprechend Abschnitt 5.2.5 anzuwenden ist. Trotz des Resultats aus der technischen Machbarkeitsuntersuchung, soll W&H aufgezeigt werden, welche Kosten bei der Einführung der RFID-Technologie (UHF) anfallen würden.

Auf Basis des in Abschnitt 6.2.4 aufgestellten Erfassungskonzepts und der darin ermittelten Antennenreichweiten werden für die anderen ID-Punkte, die Einsatzmengen an Hardware zunächst geschätzt. Auf Basis der in der Analysephase ermittelten Palettenanzahl, können die benötigten Mengen an Transpondern festgelegt werden. Da jeweils zwei Transponder pro Palette eingesetzt werden sollen sind 23.286 UHF on Metall Transponder notwendig. Darüber hinaus können die Preise durch den Technologieanbieter, welche bei der technischen Machbarkeit die Testkomponenten bereitgestellt hat, bezogen werden. Eine Schätzung der IT-Kosten ist laut Systemanbieter erst im Anschluss an die detaillierte Spezifikation der Komponenten möglich. Aus diesem Grund ist zu empfehlen nach der Evaluation der notwendigen Hardwarekomponenten eine den Gegebenheiten entsprechende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchzuführen. Abbildung A-39 zeigt hierbei das Ergebnis der Investitionsabschätzung für die Hardware. Der Zuschlag für Verkabelung und Zusatzteile beruht auf einem Erfahrungswert des Technologieanbieters. Das Ergebnis zeigt, dass die hier ermittelte Investitionshöhe unter dem in den Anforderungen veranschlagten Budget von 200.000 Euro liegt.

Investitionskosten			
Erfassungskomponenten	Anzahl	Preis/Stück [Euro]	Gesamtpreis [Euro]
Stationäre RFID-Reader	12	2.720,00 €	32.640,00 €
Mobile RFID-Reader	2	2.000,00 €	4.000,00 €
UHF-Mid Range Antenne	8	209,04 €	1.672,32 €
UHF-Wide Range Antenne	32	316,00 €	10.112,00 €
Zwischensumme			48.424,32 €
Zuschlag für Verkabelung und Zusatzteile (10%)			4.842,43 €
Zwischensumme I			53.266,75 €
Transponder	Anzahl	Preis/Stück [Euro]	Gesamtpreis [Euro]
Passiver UHF-Transponder (On-Metal-Tag)	23.286	3,07 €	71.488,02 €
Zwischensumme II			71.488,02 €
Middleware	Anzahl	Preis/Stück [Euro]	Gesamtpreis [Euro]
RFID-Middleware	1	13.000,00 €	13.000,00 €
Gesamtinvestitionskosten			137.754,77 €

Abbildung A-39: Exemplarische Investitionskostenermittlung
[Eigen Darstellung]

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die zur Erstellung der Masterarbeit beigetragen haben.

Auf Seiten der Technischen Universität Dortmund gilt für die Betreuung dieser Arbeit mein besonderer Dank Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Rabe und dem Fachbereich IT in Produktion und Logistik (ITPL). Besonderer Dank gilt dabei meinem direkten Betreuer Herrn M. Sc. Felix Stadler, der mir jederzeit mit Rat und Hilfe zur Seite stand und mich ebenfalls vor Ort bei W&H betreut hat.

Auf Seiten der Windmüller & Hölscher KG gilt mein vorrangiger Dank sämtlichem Personal, den Ansprechpartnern und Führungskräften in den verschiedenen Abteilungen der Materiallogistik. Durch die freundliche Unterstützung, deren Bereitschaft und Kooperation wurde mir eine ausführliche Informations- und Datenbasis ermöglicht. Mein besonderer Dank gilt Herrn Martin Groene und Herrn Dr. Arno Kruse, die mir die Anfertigung dieser Arbeit ermöglicht haben und stets die Freiräume gelassen haben, die ich zur Anfertigung dieser Arbeit benötigte.

Weiterhin danke ich der Windmüller & Hölscher KG mir die Möglichkeit offeriert zu haben, eine interessante und anspruchsvolle Masterarbeit in diesem Unternehmen zu schreiben.

Letztlich gilt mein uneingeschränkter Dank meiner Frau, meinen Eltern und meinem Bruder, die mich während meines gesamten Studiums stets unterstützt haben, mir immer ihr Vertrauen geschenkt und die Freiräume gelassen haben, um die richtigen Entscheidungen zu treffen.

Eidesstattliche Versicherung

Hahn, Marcel

Name, Vorname

172577

Matr.-Nr.

Ich versichere hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Masterarbeit mit dem Titel:

Durchführung einer Machbarkeitsstudie zur Implementierung von AutoID-Technologien in der Intralogistik eines Sondermaschinenbauunternehmens

selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erbracht habe. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Ort, Datum

Unterschrift

Belehrung:

Wer vorsätzlich gegen eine die Täuschung über Prüfungsleistungen betreffende Regelung einer Hochschulprüfungsordnung verstößt, handelt ordnungswidrig. Die Ordnungswidrigkeit kann mit einer Geldbuße von bis zu 50.000,00 € geahndet werden. Zuständige Verwaltungsbehörde für die Verfolgung und Ahndung von Ordnungswidrigkeit ist der Kanzler/die Kanzlerin der Technischen Universität Dortmund. Im Falle eines mehrfachen oder sonstigen schwerwiegenden Täuschungsversuches kann der Prüfling zudem ex-matrikuliert werden. (§ 63 Abs. 5 Hochschulgesetz - HG -)

Die Abgabe einer falschen Versicherung an Eides statt wird mit Freiheitsstrafe bis zu 3 Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.

Die Technische Universität Dortmund wird ggf. elektronische Vergleichswerkzeuge (wie z.B. die Software „turnitin“) zur Überprüfung von Ordnungswidrigkeiten in Prüfungsverfahren nutzen.

Die obenstehende Belehrung habe ich zur Kenntnis genommen:

Ort, Datum

Unterschrift