

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DORTMUND

Fakultät Maschinenbau

Fachgebiet IT in Produktion und Logistik



Bachelorarbeit

**Erweiterung der logistikorientierten
Wertstromanalyse zur Berücksichtigung von
Technologien der automatischen Identifikation
und Datenerfassung**

Betreuer: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Rabe
M. Sc. Maschinenbau Felix Stadler

Verfasst von: Sven Daniel Bolz
Matrikelnummer: 144404

Ausgegeben am: 10.02.2017
Eingereicht am: 04.05.2017

Dortmund, im Mai 2017

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Intralogistik	3
3. Automatische Identifikation und Datenerfassung	6
3.1. Barcode	7
3.2. Optical Character Recognition (OCR)	11
3.3. Magnetstreifen	13
3.4. Biometrische Verfahren	13
3.5. Kontakt-Chipkarten	14
3.6. Warensicherungssysteme auf RF- oder EM-Grundlage	15
3.7. Radio Frequency Identification (RFID)	15
4. Prozessaufnahme und Wertstromanalyse	20
4.1. Begriffsdefinition, Aufgaben und Ziele	20
4.2. Logistikorientierte Wertstromanalyse	27
5. Anforderungen für die Wertstromanalyse durch Auto-ID	35
6. Analyse der logistikorientierten Wertstromanalyse	38
6.1. Analyse der Symbolik	38
6.2. Analyse der Prozesskästen	41
7. Konzept zur Implementierung von Auto-ID-Technologien	51
8. Zusammenfassung	59
Abkürzungsverzeichnis	61
Abbildungsverzeichnis	62
Tabellenverzeichnis	64
Literaturverzeichnis	65

1. Einleitung

„Die moderne Logistik verlässt sich auf Auto-ID-Technologien, um die logistischen Einheiten – Briefe, Pakete, Paletten, Container – zu identifizieren.“ (Bartneck 2008, S. 263)

Die folgende Bachelorarbeit behandelt das Thema „Erweiterung der logistikorientierten Wertstromanalyse zur Berücksichtigung von Technologien der automatischen Identifikation und Datenerfassung“.

Das vorangesetzte Zitat verdeutlicht, wie wichtig die automatisierte Identifikation und Datenerfassung für die Logistik ist. Aus diesem Grund wird in der vorliegenden Bachelorarbeit ein Vorgehen entwickelt, mit dem die automatische Identifikation und Datenerfassung sinnvoll in die logistikorientierte Wertstromanalyse eingebunden werden kann.

Bisher existiert kein allgemeines Vorgehen, das die automatische Identifikation und Datenerfassung mit der logistikorientierten Wertstromanalyse verbindet. Dies ist verwunderlich, da automatische Identifikation und Datenerfassung immer häufiger genutzt wird. Allerdings ist die logistikorientierte Wertstromanalyse bis zum jetzigen Zeitpunkt weniger bekannt und im Einsatz. Die klassische Wertstromanalyse überwiegt in der Anwendung. Damit Prozessoptimierung aber wirklich stattfindet, sollten nicht nur einzelne, nicht miteinander verbundene Verbesserungen resultieren, sondern globale Optima erzielt werden (Knössl 2013, S. 135). Bei der klassischen Wertstromanalyse werden in erster Linie Produktionsprozesse aufgenommen und optimiert. Hierbei steht der Produktionsfluss innerhalb einer Produktionsstätte im Vordergrund. Logistische Wertströme werden allerdings sehr viel weniger detailliert dargestellt. Hiermit ist eine sinnvolle Analyse der Logistikprozesse nicht gewährleistet. Aus diesem Grund wurde die logistikorientierte Wertstromanalyse entwickelt. Diese hat als Zielsetzung die Vorteile der klassischen Wertstromanalyse aufzunehmen und für Logistikprozesse zu adaptieren (Knössl 2013, S. 135-136). Auf Grund der fortschreitenden Vernetzung auf Unternehmensebene und Supply Chain werden logistische Prozesse betrachtet. Hierbei werden Echtzeittransparenz und wirtschaftlichere Prozesse gefordert. Um die geforderte Transparenz herzustellen, ist besonders die automatische Identifizierung und Datenerfassung zu berücksichtigen, da sie in allen Stufen der Wertschöpfung eingesetzt wird und sich für diese Aufgabe etabliert hat. Aus diesem Grund sollten Auto-ID-Technologien für eine Prozessoptimierung ebenfalls in der Wertstromanalyse berücksichtigt werden.

Ziel dieser Bachelorarbeit ist es ein Vorgehen zu entwickeln, durch das Auto-ID-Technologien in der logistikorientierten Wertstromanalyse eingebunden und so in der Prozessgestaltung berücksichtigt werden können. Für eine Prozessoptimierung ist es notwendig alle Aspekte eines Materialflusses zu untersuchen, das kann nur gewährleistet werden, wenn auch alle Aspekte in der logistikorientierten Wertstromanalyse abgebildet sind.

Für die Entwicklung des Vorgehens ist es notwendig zunächst theoretische Grundlagen zu schaffen. Dafür werden Definitionen von Intralogistik, Auto-ID-Technologien und der Prozessaufnahme erarbeitet. Zusätzlich werden die Auto-ID-Technologien in Bezug auf ihre Anwendungsbereiche näher beleuchtet. Im Bereich der Prozessaufnahme wird sich auf die logistikorientierte Wertstromanalyse konzentriert, da diese den Hauptuntersuchungsgegenstand bildet. Diese theoretischen Grundlagen werden im analytischen und konzeptionellen Teil dieser Bachelorarbeit benutzt um das Vorgehen zu entwickeln. Zunächst werden die Anforderungen, die Auto-ID-Technologien an die logistikorientierte

Wertstromanalyse stellt, herausgearbeitet. Auf Grund dieser Anforderungen wird in einem nächsten Schritt die logistikorientierte Wertstromanalyse auf ihre Ansatzpunkte für Auto-ID-Technologien untersucht. Die bis dahin gewonnenen Erkenntnisse werden abschließend dazu benutzt, um das allgemeine Vorgehen zu entwickeln. Hierbei werden wesentliche Schritte zur Implementierung der Auto-ID-Technologien in die logistikorientierten Wertstromanalyse aufgezeigt. Zusätzlich werden grafische Präsentationsmöglichkeiten für die Berücksichtigung von Auto-ID-Technologien in der logistikorientierten Wertstromanalyse aufgezeigt. Der Aufbau der vorliegenden Bachelorarbeit ist in Abbildung Abb. 1.1 zu erkennen.

Die Bachelorarbeit konzentriert sich auf die wichtigsten Auto-ID-Technologien und auf die Prozessmodellierung mittels logistikorientierter Wertstromanalyse.



Abb. 1.1 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit

2. Intralogistik

Der Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit fällt in das Themengebiet der Intralogistik. Deswegen wird in diesem Kapitel der Begriff Intralogistik definiert und abgegrenzt, wodurch auch das Themenfeld dieser Arbeit abgegrenzt wird.

Für die Intralogistik werden in der Literatur verschiedene Begriffe verwendet, so wird sie innerbetriebliche Logistik, Betriebslogistik, Werkslogistik, Standortlogistik oder Intralogistik genannt. (Gudehus 2012, S. 5) Der weit verbreitete und auch am weitesten gefasste Begriff ist dabei der Begriff der Intralogistik, weswegen dieser hier auch verwendet wird.

Der Begriff Intralogistik wurde vom Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) wie folgt definiert (Arnold 2006, S. 1):

„Die Intralogistik umfasst die Organisation, Steuerung, Durchführung und Optimierung des innerbetrieblichen Materialflusses, der Informationsströme sowie des Warenumschlages in Industrie, Handel und öffentlichen Einrichtungen.“ (Arnold 2006, S. 1)

Bereits in dieser kurzen Definition wird die Bedeutung der Intralogistik innerhalb einer Organisation deutlich. Zentrale Punkte dieser Arbeit, nämlich Optimierung und, dass Material- und Informationsflüsse gemeinsam betrachtet werden müssen, sind bereits in dieser Definition sichtbar.

Miebach und Müller definieren die Intralogistik als ein Teilgebiet der Logistik und verstärken in ihrem Verständnis von Intralogistik noch deren Relevanz im betrieblichen Umfeld. Sie bestimmen die Logistik als das bedeutendste Glied der Lieferkette. Die Logistik ist der zentrale und unverzichtbare Bestandteil der Lieferkette. Der Begriff Intralogistik ist ein anspruchsvolles Teilgebiet und vereint Materialflusstechnik, Informatik und betriebswirtschaftliche Aspekte. Zusätzlich soll die Intralogistik alle anfallenden Prozesse eines Standortes und deren Kosten darstellen. Die Potenziale sowie die Prozesse der Intralogistik gewinnen nach Miebach und Müller an Bedeutung durch die Anforderungen der modernen Logistik. Die Komplexität von Montage- und Produktionsprozessen steigt an, dadurch steigen auch die Anforderungen an die Gestaltung von Standorten und Prozessen, sowie die Anforderungen an die operative Steuerung und die Reaktionsflexibilität. (Miebach und Müller 2006, S. 21)

Nach Martin bezeichnet die Intralogistik den innerbetrieblichen Materialfluss und den zugehörigen Informationsfluss in einem System, mit dem Ziel der Verbesserung, Leistungssteigerung und Kostensenkung der innerbetrieblichen Logistik. Die Intralogistik arbeitet mit Stückgut, Schüttgut und Flüssigkeiten. Ebenso beschreibt die Intralogistik die Wirkungen zwischen technischen und informatorischen Faktoren. Zusätzlich stellt sie eine Abgrenzung zur externen Logistik dar. (Martin 2011, S. 4)

Die Abgrenzung zwischen interner und externer Logistik wird auch ein weiteres Mal bei Gudehus thematisiert. Dort ist beschrieben, dass die Intralogistik genau wie die außerbetriebliche Logistik zur Unternehmenslogistik gehört. Nach Gudehus verbindet die Intralogistik den Wareneingang und den Warenausgang, sowie die internen Senken und Quellen eines Logistikstandortes, eines Werkes oder eines Betriebes. Wohingegen die außerbetriebliche Logistik die Warenausgänge und Wareneingänge unterschiedlicher Logistikstandorte, Werke und Betriebe umfasst. (Gudehus 2012, S. 5)

Für Heiserich et al. hat die Intralogistik noch einen weiteren Begriff und beschreibt diese als ein innerbetriebliches Materialfluss-System. Sie dient zur Organisation, Durchführung und Optimierung von innerbetrieblichen Materialflüssen und wird mit technischen Systemen und Dienstleistungen erreicht. Heiserich et al. unterscheiden zwischen drei innerbetrieblichen Vorgängen (Heiserich et al. 2011, S. 53):

- Betriebsinterne Materialflüsse, d.h. Materialflüsse innerhalb des Betriebes zwischen den betrieblichen Gebäuden bzw. Einrichtungen und bis zur Betriebs-/Werkgrenze;
- Gebäudeinterne Materialflüsse, d.h. Materialflüsse innerhalb einzelner Gebäude, z.B. zwischen einzelnen Funktionsbereichen, Fertigungseinheiten, Arbeitsplätzen u. a.;
- Arbeitsplatzbezogene Materialflüsse, d.h. Materialflüsse an den einzelnen Arbeitsplätzen, worunter insbesondere Handhabungsvorgänge zu verstehen sind. (Heiserich et al. 2011, S. 53)

Abschließend ist festzuhalten, dass die Intralogistik ein Teilbereich der Unternehmenslogistik ist. Sie deckt somit die betriebsstättenbezogenen Aufgabenbereiche Beschaffungs-, Distributions- und Produktionslogistik ab. Umschlagen, Lagern, Transportieren, Kommissionieren und Verpacken sind die wichtigsten operativen Funktionen der Intralogistik. Diese Funktionen sind Materialflussfunktionen. Werden diese Funktionen betrachtet auf Hinblick ihrer operativen, dispositiven und administrativen Ebenen und die dazugehörigen Informationsflüsse betrachtet, kann unterschieden werden zwischen Transportlogistik/Umschlaglogistik, Lager- und Kommissionierlogistik, Entsorgungslogistik und Informationslogistik. (Martin 2011, S. 9)

In der nachfolgenden Abbildung Abb. 2.1 ist nochmals verdeutlicht, wie die Intralogistik in die Unternehmenslogistik eingliedert ist.

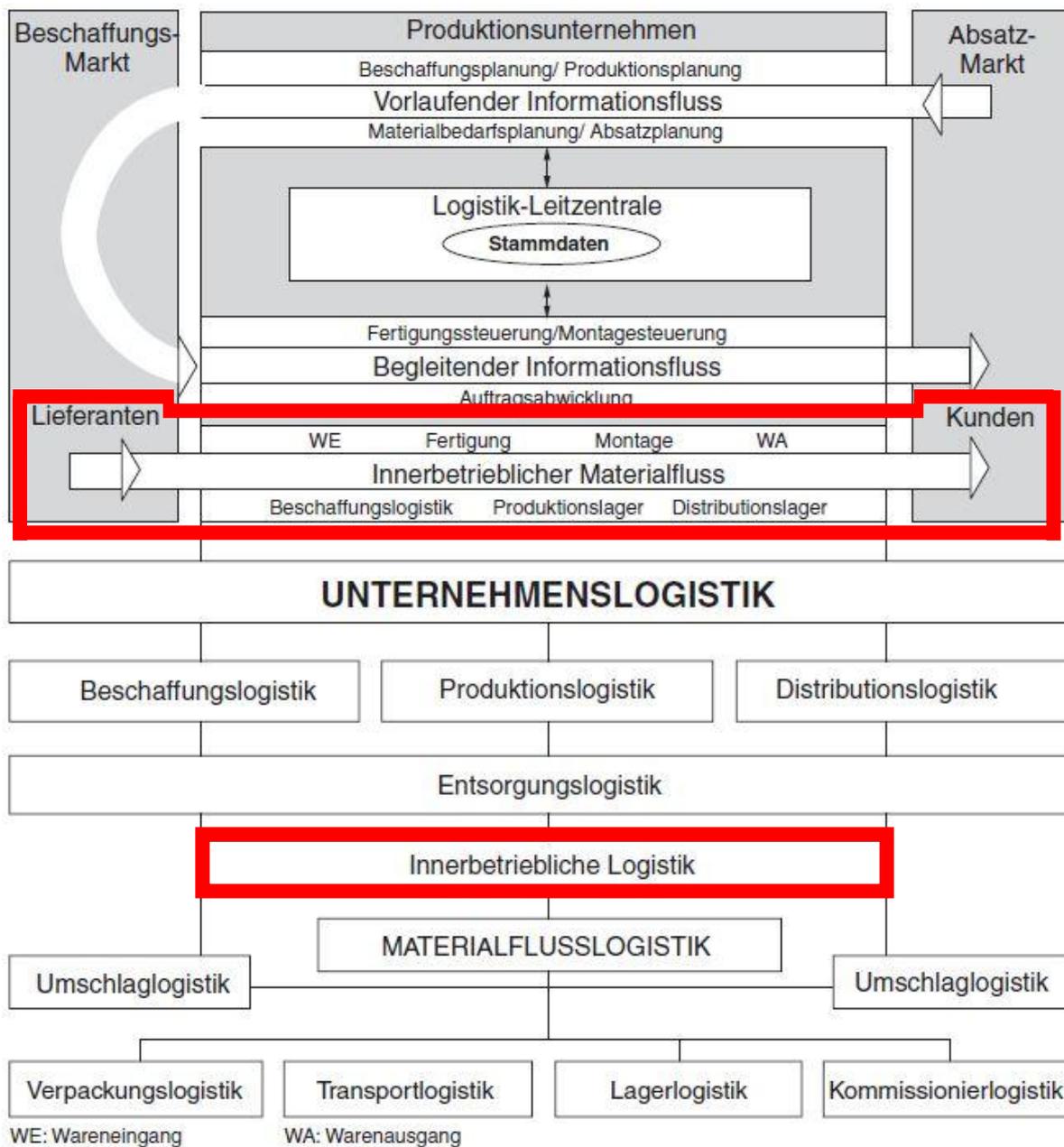


Abb. 2.1 Struktur der Unternehmenslogistik (Martin 2011, S. 4)

Ziel der Intralogistik stellt die Bereitstellung des richtigen Werkstückes und des richtigen Werkzeuges in der richtigen Menge und Qualität, zur richtigen Zeit und am richtigen Ort zu minimalen Kosten dar. Vorlaufende und nachlaufende Tätigkeiten für das Bearbeiten eines Werkstückes sind Elemente der Intralogistik, so auch die Produktionsplanung und -steuerung. (Martin 2011, S. 9) Dieses Ziel bezeichnet Wannewetsch als 6-R der Logistik. (Wannewetsch 2010, S. 30) Die Berücksichtigung der 6-R-Regel der Logistik stellt in dieser Bachelorarbeit einen zentralen Punkt dar.

3. Automatische Identifikation und Datenerfassung

Automatische Identifikations- und Datenerfassungssysteme identifizieren Objekte automatisch, dadurch werden diese maschinenlesbar. (Kern 2007, S. 1) Das macht automatische Identifikations- und Datenerfassungssysteme interessant für die Anwendung in der Intralogistik.

Zur automatischen Identifikation und Datenerfassung (Auto-ID) existiert eine Vielzahl von Systemen. Diese identifizieren Objekte, Tiere und Personen. Die verschiedenen Auto-ID-Systeme unterscheiden sich in ihren Eigenschaften. Einige sind einfacher zu implementieren, effektiver oder kostengünstiger. (Kern 2007, S. 13) In der Produktion und der Logistik dient die automatische Identifizierung und Datenerfassung der Verwaltung, Kontrolle und Steuerung von Abläufen in Produktion und Logistik. Durch fehlerfreie Identifikation ist effiziente Prozessgestaltung möglich. (ten Hompel et al. 2008, S. 9)

Die Anforderungen an die automatische Identifizierung und Datenerfassung sind nach ten Hompel et al. die Folgenden (ten Hompel et al. 2008, S. 9):

- Gewährleistete Lesesicherheit unter bestimmten Bedingungen
- Ausreichende Lesegeschwindigkeit für Fördertechniken
- Ausreichende Menge an Identifikationsmarken
- Adaptierter Leseabstand abhängig von Bedingungen
- Kompatibilität innerhalb der Supply Chain
- Kosteneffizienz

In der Abbildung Abb. 3.1 sind wichtige Auto-ID-Verfahren abgebildet.

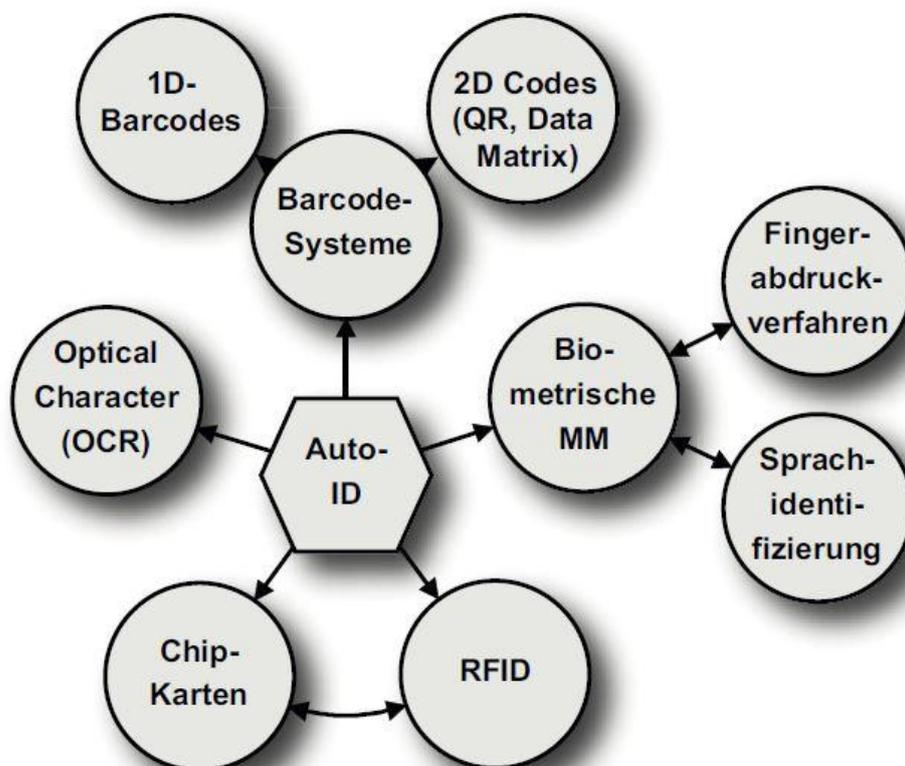


Abb. 3.1 Wichtige Auto-ID-Verfahren (Finkenzeller 2015, S. 2)

Im Folgenden wird auf die verschiedenen Technologien der Auto-ID näher eingegangen.

3.1. Barcode

Der Barcode ist das am weitesten verbreitete Auto-ID-System. Barcode-Systeme nehmen ca. 70% der verwendeten Auto-ID-Systeme ein. (ten Hompel et al. 2008, S. 9) Barcodes sind maschinenlesbar, hierbei tastet ein Laserstrahl die Oberfläche ab und wandelt die Abfolge der Striche in ein binäres Signal um. Es existieren ein- und zweidimensionale Barcodes. Die zweidimensionalen Barcodes sind nochmals in Stapel- und Matrix-Codes unterteilt. (Kern 2007, S. 16) Die Unterteilung von Barcodes ist in der nachfolgenden Abbildung Abb. 3.2 zu erkennen.

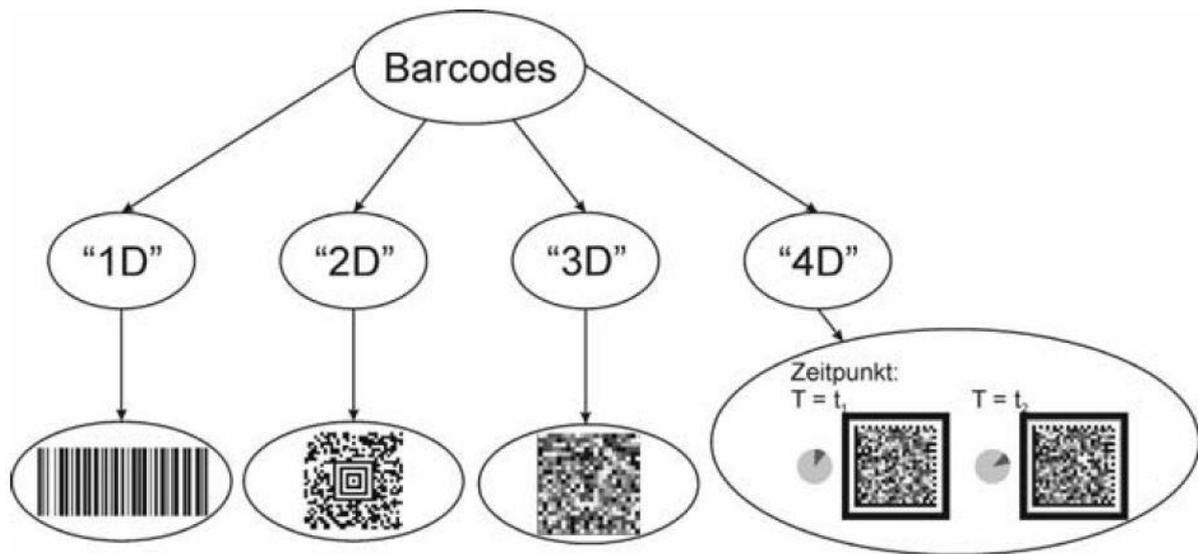


Abb. 3.2 Übersicht 1D, 2D, 3D und 4D Barcode (Helmus et al. 2009, S. 206)

Barcodes sind in ihrer Struktur über alle Barcodefamilien ähnlich aufgebaut. Zu Beginn steht eine Ruhezone. Darauf folgt das Startsymbol. Anschließend folgen Nutzzeichen, die den codierten Inhalt beschreiben. Ein Barcodezeichen mit der Prüfziffer schließt daran an sowie ein Stoppsymbol und eine weitere Ruhezone. (ten Hompel et al. 2008, S. 22) Eine beispielhafte Struktur ist in der Abbildung Abb. 3.3 zu erkennen.

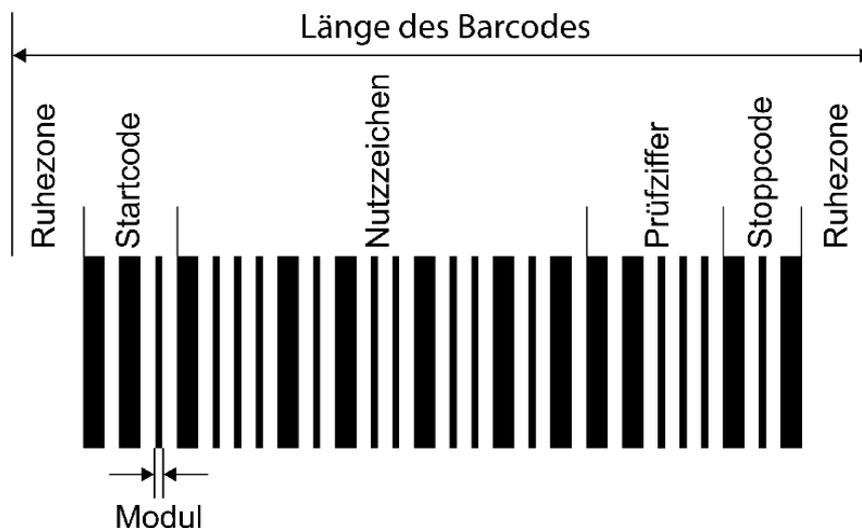


Abb. 3.3 Allgemeiner Aufbau des Barcodes (ten Hompel et al. 2008, S. 23)

Durch die Ruhezonen wird das fehlerfreie Erkennen, das für den Nutzen in einem Prozess unabdingbar ist, ermöglicht. Ein Barcodelesegerät könnte umliegende Flächen und Zeichen um den Barcode ohne diese Ruhezonen fehlinterpretieren. Die schmalste Breite eines Barcodebalkens wird als Modulbreite bezeichnet. Diese Balken werden als Module bezeichnet. Die Modulbreite kann zwischen 0,25 und 0,6 Millimetern betragen. Für die anderen Balken und Zwischenräume gilt, dass diese eine größere Breite als die Modulbreite haben. Start- und Stoppsymbol haben meistens verschiedene Barcodezeichen. Wären die Zeichen identisch, ist dies meist unsymmetrisch. So kann das Lesegerät die Lage des Barcodes im Raum deuten und das Erfasste gegebenenfalls um 180 Grad drehen und auswerten. Der EAN 13, ein häufig verwendeter Barcodetyp, bildet hierbei eine Ausnahme. Dort sind Start- und Stoppzeichen sowohl identisch als auch symmetrisch. Mittels nachfolgender Zeichen kann die Drehlage bestimmt werden. (ten Hompel et al. 2008, S. 22–23)

Allgemein existieren verschiedene Barcodes, die unterschiedliche Kriterien erfüllen. Durch diese Kriterien lassen sich diese klassifizieren. Der Zweck bestimmt dabei den Barcodetyp, sowie die Drucktechnologie, den Aufbringungsort und die Codegröße. Der Zeichenvorrat, die Länge des Codes, die Robustheit, das Lesegerät, die Erstellung und die Organisation sind dabei Aspekte die zu bedenken sind. (ten Hompel et al. 2008, S. 23–24) Verschiedene eindimensionale Barcodes und ihre Eigenschaften im Vergleich sind in der Abbildung Abb. 3.4 dargestellt.

		Länge einer 13-Zeichen Codierung	Länge einer 6-Zeichen-Codierung	alphanumerisch	Kleinbuchstaben	Mehrbreitencode	Fehlertoleranz	Prüfzifferpflicht	fortlaufend	Informationsdichte
	Code 2/5	96,30mm	52,14mm	-	-	-	↗	-	-	↘
	Code 2/5 interl.	51,15mm	27,39mm	-	-	-	↘	-	✓	↗
	Code 39	80,85mm	46,20mm	✓	-	-	→	✓	-	→
	EAN 13	37,29mm	37,29mm	-	-	✓	↗	✓	✓	↗
	Code 128 Ebene A	61,71mm	36,30mm	✓	✓	✓	↗	✓	✓	→
	Code 128 Ebene C	43,56mm	25,41mm	-	-	✓	→	✓	✓	↗

Legende:

gut/hoch	normal/durchschnittlich	gering/schlecht	Ja	Nein

Abb. 3.4 eindimensionale Barcodes im Vergleich (ten Hompel et al. 2008, S. 57) (Müller 2009, S. 55)

Zusätzlich zu den eindimensionalen Barcodes existieren noch zweidimensionale Barcodes. Diese haben einen erhöhten Informationsgehalt. Dazu nutzen sie optische Codierungen, die eine vertikale Komponente beinhalten. Es können zwei eindimensionale Barcodes übereinandergesetzt sein.

Werden Striche zu Punkten reduziert, werden die Verfahren komplexer. Diese werden Matrix- oder Dot-Codes genannt. Eindimensionale Barcodes geben nur eine Referenz auf die Information, wobei zweidimensionale Barcodes aufgrund ihrer größeren Informationsdichte die tatsächliche Information transportieren können. Einer der weitverbreitetsten zweidimensionalen Barcodes ist der PDF 417-Barcode (Portable Data File). Ein Beispiel dafür ist in Abbildung Abb. 3.5 dargestellt. Dabei werden einzelne Zeichen in ein Codewort mit der Breite von 17 Modulen codiert. Dieses besteht aus vier verschiedenen breiten Balken und vier verschiedenen breiten Zwischenräumen. Es ist möglich pro Zeile bis zu 30 Zeichen darzustellen. Der maximale Wert für Zeilen liegt bei 90, der für Ziffern bei 2700 oder bei ASCII-Zeichen bei 1850. Die Datendichte liegt bei 100 bis 300 Bytes pro Quadratzoll. Für zweidimensionale Barcodes werden Lesegeräte eingesetzt, die mehr als nur eine Strichlinie scannen können, dies sind Kamerasysteme und Fächerscanner. (ten Hompel et al. 2008, S. 76–77)

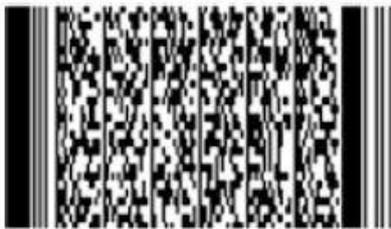


Abb. 3.5 Beispiel für PDF 417-Barcode (Manz 2017, S. 101)

Bei den zweidimensionalen Barcodes existieren neben den Stapelcodes noch die Matrixcodes. Etablierte Matrixcodes sind hierbei der Aztec, der QR-Code, der MaxiCode, der Data Matrix Code und der Dot Code A. Der Aztec Code besitzt ein Suchsymbol mit verschachtelten Quadraten in der Mitte. Diese dienen als Referenzpunkt. Zwischen zwölf und 3000 Zeichen können codiert werden. (ten Hompel et al. 2008, S. 82–83) Dadurch können Datenmenge von bis zu 2000 Bytes codiert werden. Es werden vor allem ASCII-Zeichen genutzt. (Manz 2017, S. 99) Der Code ist dadurch sogar noch lesbar wenn bis zu 25% der Datenfläche beschädigt ist. (ten Hompel et al. 2008, S. 83) Bei kleinen Codes können bis zu 40% beschädigte Codes noch gelesen werden. (Manz 2017, S. 99–100) Anwendungsbereiche des Aztec-Codes liegen in der Logistik und dem Bereich der Onlinetickets. (ten Hompel et al. 2008, S. 83) In nachfolgender Abbildung Abb. 3.6 ist der Aztec-Code als Beispiel erkennbar.



Abb. 3.6 Beispiel Aztec-Code (Manz 2017, S. 100)

Ein weiterer Matrixcode ist der QR-Code, dargestellt in der Abbildung Abb. 3.7. Bei ihm sind in drei Ecken ineinander geschaltete Quadrate verteilt. Diese dienen wieder als Suchelemente. Eine sinnvolle Rekonstruktion ist noch möglich, falls bis zu 30% Datenfläche zerstört worden ist. (ten Hompel et al. 2008, S. 83) Der QR-Code besteht aus mindestens 21 und maximal 177 Zeilen bzw. Spalten. (Manz 2017, S. 161) Er kann 1817 japanische Kanjizeichen, 7089 Ziffern oder 4296 alphanumerische Zeichen codieren. (ten Hompel et al. 2008, S. 83)



Abb. 3.7 Beispiel QR-Code (Manz 2017, S. 161)

Ein weiterer wichtiger Matrixcode ist der Data Matrix Code. Dieser Code hat mindestens eine Größe von 10 Spalten bzw. Zeilen und maximal 144 Spalten bzw. Spalten. Der Data Matrix Code muss aber nicht quadratisch sein. Aufgrund der Taktlinien, diese ermöglichen die Lesbarkeit, ist auch eine Verzerrung möglich. Der von links oben nach rechts unten nicht unterbrochene Rahmen dient hierbei als Suchelement und signalisiert dem Lesegerät die Lage im Raum. Der Rahmen umschließt den Data Matrix Code zur Hälfte. Die anderen beiden Seiten umgibt ein alternierendes Schwarz-Weiß-Muster, dieses dient als Takt und macht die Codegröße ablesbar. Bei einer Beschädigung von 25% kann der Code und damit seine Informationen noch rekonstruiert werden. Der Data Matrix Code kann maximal 1558 erweiterte ASCII-Zeichen, 2335 ASCII-Zeichen und 3116 Ziffern transportieren. Haupteinsatzorte sind die Leiterplattenkennzeichnung, Chip-Produktion und Automobilindustrie. (ten Hompel et al. 2008, S. 84) Die Struktur des Data Matrix Codes in Abbildung Abb. 3.8 dargestellt.

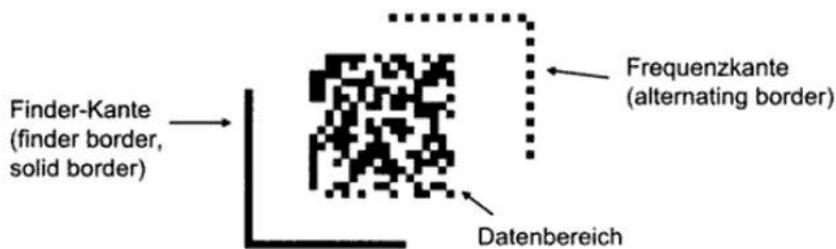


Abb. 3.8 Struktur Data Matrix Code (Bartneck 2008, S. 45)

Aufgrund der geringen Nutzung von dreidimensionalen und vierdimensionalen Barcodes wird im Verlauf dieser Bachelorarbeit nicht weiter auf diese eingegangen.

In der Tabelle Tab. 3.1 sind allgemeine Vor- und Nachteile von Barcodes nach Kern aufgelistet. (Kern 2007, S. 17)

Tab. 3.1 Allgemeine Vor- und Nachteile von Barcodes (Kern 2007, S. 17)

Vorteile	Nachteile
Sehr kostengünstig	Sichtverbindung erforderlich
Sicher in der Funktion	Neigungswinkel darf nicht zu groß sein
Einfach applizierbar	Scanner muss zumeist von Hand geführt werden (bzw. Objekt zum Scanner)
Meist ausreichende Datenmenge	Verschmutzung
	Druckqualität variiert
	Codierfläche und Dateninhalt sind begrenzt und nicht veränderbar
	Lesereichweite begrenzt
	Leicht kopierbar

Barcodelesegeräte können in zwei Funktionsprinzipien unterteilt werden. Zum einen die Abtastung durch einen Laserstrahl und die Bilderfassung durch eine Kamera. (Kern 2007, S. 17) Zusätzlich können sie in portable und stationäre Geräte unterteilt werden. (ten Hompel et al. 2008, S. 92) Als Lesegerät kann ein handgeführter Stift, ein Handscanner oder ein fest installierter Scanner dienen. (Kern 2007, S. 17) Der Laserscanner ist für den Einsatz von schnellbewegten Objekte eine gute Lösung, aufgrund seiner Scangeschwindigkeit und der Relation zur Eigenbewegung des zu scannenden Objekts. Handgeführte Lesegeräte griffen früher zumeist auch auf den Laserscanner zurück, hatten aber nicht die gleiche Leistungsfähigkeit wie stationäre Laserscanner. Aus diesem Grund haben kamerabasierte Geräte diese Technologie bei handgeführten Erfassungsgeräten ausgestochen. Die Bilderfassung ist bei Laserscannern ein weiteres Problem und kann nur durch einen hohen technischen Aufwand gelöst werden. Auch hier wird mittlerweile auf kamerabasierte Erfassungsgeräte zurückgegriffen. Zudem ist der Laserscanner abhängig von der Druckfarbe des Codes und des Untergrundes, da dieser nur monochromatische unterscheiden kann. Ebenso können Probleme bei reflektierenden Oberflächen entstehen. Die Nutzung des Kameraprinzips ist mittlerweile fast unbegrenzt, bedingt durch den technischen Fortschritt. Sensorsysteme die auf dem Kameraprinzip basieren können den Bereich von handgeführten Terminals in der Materialflussautomation bis zu Hochleistungslesesysteme bei der Paketsortierung abdecken. Bei dem Kameraprinzip wird zwischen der Zeilenkamera und 2-D-Kameras unterschieden. Es existieren sowohl handgeführte Lesegeräte als auch festmontierte Systeme zur Materialfußautomation, die auf 2-D-Kameras zurückgreifen. Vorteilhaft dabei ist die Flexibilität, da ohne großen Aufwand die Hardware und Software auf die benötigte Anforderung angepasst werden kann. (Hippenmeyer 2016, S. 46–57)

3.2. Optical Character Recognition (OCR)

Als nächstes wird näher auf die Optical Character Recognition (OCR), auch Klarschrifterkennung oder Optische Zeichenerkennung (OZE) genannt, eingegangen. Diese wurde in der Mitte des letzten Jahrhunderts entwickelt. (ten Hompel et al. 2008, S. 17) Die Ziffern hierbei sind sowohl maschinenlesbar als auch visuell lesbar, dies ist laut Kern ein Vorteil. Sie ist für den Menschen direkt lesbar und unterliegt keiner Form der Codierung. (ten Hompel et al. 2008, S. 17) Vorrangig wird sie im Finanzbereich eingesetzt. Früher wurde eine spezielle Schrift entwickelt, die maschinenlesbar ist. Mittlerweile wird aber daran gearbeitet normale Schrift einzuscannen und diese in digitale Buchstaben umzuwandeln. (Kern 2007, S. 18) Die Klarschrifterkennung gehört zur Mustererkennung. Dabei wird in mehreren Schritten versucht, ein Ergebnis zu finden. (ten Hompel et al. 2008, S. 17)

Eine Form der Klarschrifterkennung ist der Magnetschriftcode. Dabei gibt es verschiedene Verfahren. Magnetic Ink Character Recognition (MICR) ist ein spezielles Verfahren. Hierbei werden mittels Spezialtinte, die magnetisierbare Eisenoxydpartikel beinhaltet, Schriftzeichen aufgebracht. (ten Hompel et al. 2008, S. 19)

Ein weiteres Verfahren ist der Caractère Magnétique Codé à 7 Bâtonnets (CMC7). Dies ist ein digitaler Magnetschriftcode für Magnetleser. Der Zeichensatz enthält 26 Großbuchstaben, zehn Ziffern und fünf Hilfszeichen. Die Zeichen bestehen aus sieben vertikalen Strichen mit unterschiedlich breiten Abständen. Eine induzierte Impulsfolge identifiziert die Zeichen. (ten Hompel et al. 2008, S. 19) Sowohl beispielhafte Zeichen als auch eine Signalform des CMC7 sind in Abbildung Abb. 3.9 dargestellt.

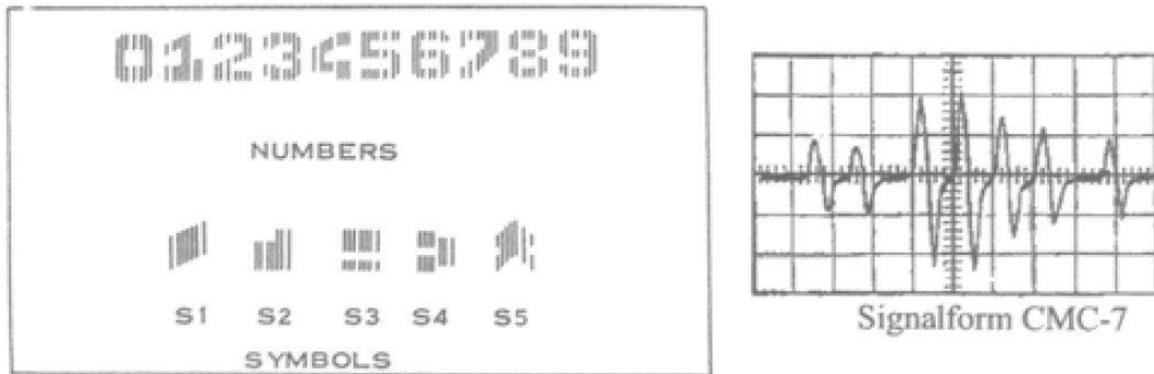


Abb. 3.9 CMC-7 Schrift (Schröder 2012, S. 56)

Der E13B ersetzte den CMC7. Dieser ist ein amerikanischer Magnetschrift-Code in Beleglesern. Die Schrift ist speziell stilisiert und besteht aus zehn Ziffern und verschiedenen Trennzeichen. Sie ist eine Anlogschrift. Die Identifizierung erfolgt über den zeitlichen Verlauf des Lesesignals. (ten Hompel et al. 2008, S. 19–20) Abbildung Abb. 3.10 zeigt die Ziffern des E13B und ihre Signalform.

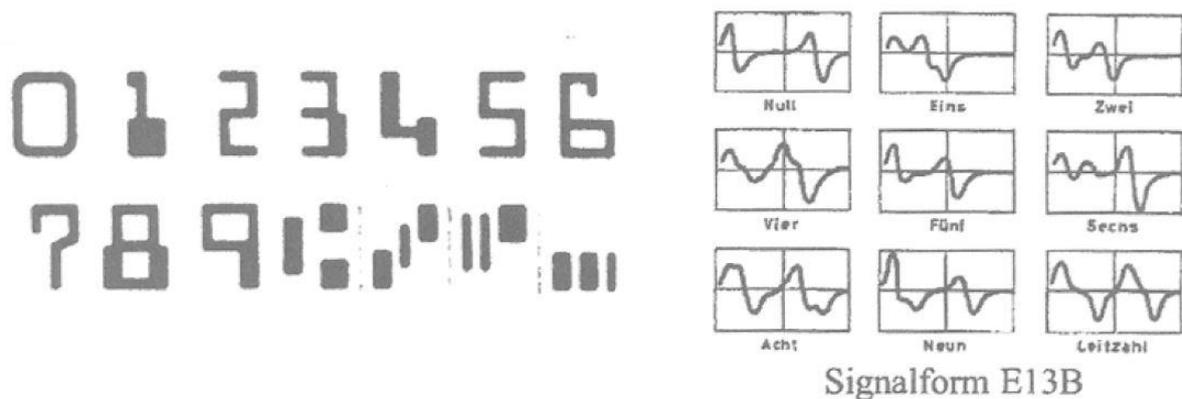


Abb. 3.10 E13B Schrift (Schröder 2012, S. 56)

Zusätzlich wurden noch weitere Schriftzeichen entworfen, die verschiedene Bedingungen erfüllen sollten. Sie sollten vom Menschen leicht lesbar sein und gleichzeitig sollten Maschinen sie zuverlässig lesen. Die Zeichen unterscheiden sich stark in Form und Kontrast. Dadurch soll ein zuverlässiges Einlesen und Erkennen von Zeichen ermöglicht werden. Dazu wurde die OCR-Schrift entworfen und in OCR-A und OCR-B aufgeteilt. OCR-A besteht aus 26 Großbuchstaben, 10 Ziffern und 13 Hilfs-, Lösch- und Sonderzeichen. Es existieren drei Schriftgrößen. OCR-B besitzt zuzüglich der Zeichen von OCR-A noch Kleinbuchstaben. Sie ist weniger stilisiert und ist der gewöhnlichen Schreibweise ähnlich. (ten Hompel et al. 2008, S. 20–21) OCR-A und OCR- B sind in den nachfolgenden Abbildungen Abb. 3.11 und Abb. 3.12 dargestellt.



Abb. 3.11 OCR-A (ten Hompel et al. 2008, S. 20)

The image shows the characters of the OCR-B font. The characters are '0', 'C', 'R', 'B', '1', '2', '3', '4', '5', '6', '8', '9', and '0'. They are rendered in a bold, sans-serif style with a slightly irregular, hand-drawn appearance. The characters are black on a white background.

Abb. 3.12 OCR-B (ten Hompel et al. 2008, S. 20)

„Die [...] Klarschriftlesung [...] wird immer seltener genutzt.“ (Kern 2007, S. 18)

3.3. Magnetstreifen

Bei den Magnetstreifen erfolgt keine optische Abtastung, hierbei wird die Abfolge von Änderungen von magnetisierten Teilen auf einem Streifen in eine Nummer umgesetzt. Um dies zu ermöglichen, muss der Magnetstreifen sehr dicht an einem Leser vorbeigezogen werden. Vorteile dieser Technologie sind, dass die Technologie schon etabliert ist und sehr preisgünstig erhältlich ist. Dazu können Daten einfach überschrieben werden. Eine mögliche Entmagnetisierung, die einfache Kopierbarkeit und die geringe Funktionssicherheit sind dahingegen klare Nachteile. (Kern 2007, S. 19)

3.4. Biometrische Verfahren

Bei den biometrischen Verfahren sind die biometrischen Merkmale direkt mit einer Person oder einem Objekt verbunden, dies unterscheidet sie von anderen Auto-ID-Systemen. Der Umfang der Daten kann fast beliebig sein. Aus diesem Grund müssen sie vereinfacht und in ein binäres Signal umgewandelt werden. Danach kann die eigentliche Identität zugeordnet werden. Bei nicht-biometrisch arbeitenden Auto-ID-Systemen ist die Information direkt verfügbar, da sie direkt auf dem Objekt zu lesen ist und umgewandelt werden muss. (Kern 2007, S. 20)

Biometrische Verfahren haben ihren Schwerpunkt auf der Merkmaleindeutigkeit und Fälschungssicherheit, bei den anderen Verfahren liegt dieser bei der schnellen und sicheren Lesbarkeit. (Kern 2007, S. 20)

Bei der Iriserkennung werden die sehr feinen und individuellen Unterschiede der Iris als Erkennungsmerkmale genutzt. Die Strukturen der Iris bleiben unverändert. Die Iriserkennung kann auf einer Distanz von bis zu einem Meter erfolgen. Ihre Verbreitung ist angestiegen, da sie eines der genauesten und zuverlässigsten biometrischen Erkennungsverfahren ist. Eine Fälschung ist sehr schwierig. Die signifikantesten Punkte werden in eine Art zweidimensionalen Barcode überführt. (Kern 2007, S. 22)

Das Bild der individuellen Erhöhungen der Hautoberfläche stellt den Fingerabdruck dar. Über Sensoren werden die Strukturen des Fingerabdrucks erfasst. Dabei werden die Erhebungen der Haut an jedem Punkt, mittels einer Halbleiterplatte und integrierten Antennen, in elektrische Signale umgewandelt und anschließend digitalisiert. Es ist möglich sowohl die Oberfläche zu erfassen, als auch die Strukturen unterhalb der oberen Hautschicht. Fälschungsversuche oder Fehler durch Änderungen der obersten Hautschicht können dadurch vermieden werden. Zur Identifizierung müssen die digitalisierten Strukturen mit bereits vorhandenen Daten abgeglichen werden. (Kern 2007, S. 24)

Die Stimmerkennung wird eingesetzt um Personen zu identifizieren. Eine weitere Stufe der Stimmerkennung ist die Spracherkennung. Die Spracherkennung wandelt gesprochene Worte in digitale Signale um, so dass ein Computer diese direkt in Schrift umsetzen kann. Die ablaufenden

Algorithmen bei der Spracherkennung sind um ein Vielfaches komplexer als bei der Stimmerkennung. (Kern 2007, S. 25)

Bei der Gesichtserkennung kommen zwei Verfahren zur Anwendung. Die zweidimensionale und die dreidimensionale Auswertung. Die zweidimensionale Auswertung unterteilt das Gesichtsbild in rechteckige Segmente. Hierbei werden die Unterschiede von einem zum anderen Segment analysiert. Für eine ausreichende Zuverlässigkeit werden nur etwa zehn Prozent der Segmente benötigt. Die dreidimensionale Auswertung enthält zusätzlich die räumliche Komponente. (Kern 2007, S. 26)

Die DNA-Analyse gilt als das zuverlässigste biometrische Verfahren zur Identifikation von Lebewesen. Es werden weitgehend automatisierte Analysemethoden angewendet. Zu Beginn wurde das Multi Locus Profiling (MLP)-Verfahren angewendet. Hierbei waren große DNA-Mengen erforderlich. Darauf folgte das Single Locus Profiling (SLP)-Verfahren bzw. Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP) und erforderte weniger große DNA-Mengen und konnte gemischte Proben analysieren. Die Polymerase Chain Reaction ist ein weiteres Folgesystem. Hierbei wird die DNA extrahiert, Elektrophorese wird durchgeführt und anschließend werden die Fragmente nach dem Molekulargewicht separiert. Die Proben werden denaturiert und per Southern Blotting auf eine Nylon-Membran gegeben. Mehrere weitere Zwischenschritte ermöglichen die Abbildung auf einem Röntgenfilm und die anschließende Digitalisierung. (Kern 2007, S. 26–27)

Die DNA-Analyse kann effektiv mit RFID kombiniert werden. So kann RFID für eine stets schnelle und einfache Identifikation dienen, und das Ergebnis kann über die DNA verifiziert werden. (Kern 2007, S. 27)

3.5. Kontakt-Chipkarten

Chipkarten sind eine eigene Gruppe der Auto-ID-Systeme. Zwischen Leser und Karte wird ein direkter galvanischer Kontakt für die Datenübertragung genutzt. Falls Radiowellen ebenfalls genutzt werden, müssen diese der RFID-Systeme untergeordnet werden. Es wird zwischen Speicherkarten und Prozessorkarten unterschieden. Häufigste Verbreitungsform ist die ISO-Kunststoffkarte in Kreditkartengröße. Die Daten auf den Karten können nur vom Eigentümer genutzt werden, da diese durch Passwort oder PIN geschützt sind, dies stellt einen wichtigen Vorteil gegenüber anderer Auto-ID-Systeme dar. Nachteilig ist hingegen, dass die Chipkarten nicht für Korrosion, Verschmutzung und Abnutzung geschützt sind. Die Wartungskosten für die Lesegeräte sind im Gegensatz zu kontaktlosen Systemen relativ hoch. (Kern 2007, S. 28)

Speicherkarten enthalten einfache Sicherheitsfunktionen. Mittels Speicher wird auf die Sicherheitsfunktionen zugegriffen. Auf Grund ihrer Funktionalität sind Speicherkarten immer auf bestimmte Anwendungen zugeschnitten. Speicherkarten sind sehr kostengünstig verfügbar und etabliert. (Kern 2007, S. 28)

Bei den Prozessorkarten ist zwischen dem Speicher und der Ausgabe noch ein Prozessor geschaltet. Dieser kann eine Verschlüsselung vornehmen. Der Speicher beinhaltet einen fest programmierten Teil. Zudem wird ein Arbeitsspeicher für den Prozessor benötigt. Nach der Kartenproduktion werden anwendungsspezifische Programme geladen. (Kern 2007, S. 29)

3.6. Warensicherungssysteme auf RF- oder EM-Grundlage

„Warensicherungssysteme dienen ausschließlich der Diebstahlsicherung“ (Kern 2007, S. 30) Diese Systeme enthalten keinen Chip. Sie sollen nur die Informationen 0 oder 1 erzeugen, dies ist gleichzusetzen mit vorhanden oder nicht vorhanden. Warensicherungssysteme bestehen aus einem Feldgenerator, einem Empfänger und einem Sicherungsetikett. Ein Etikett oder ein magnetisierter Metallstreifen ist an der Ware befestigt. Antennen sind zumeist am Eingang in Form von Gates aufgestellt. Sobald ein nicht deaktiviertes Etikett zwischen den Antennen ausgeschleust und detektiert wird, entsteht ein Alarmsignal. Die Sicherungsetiketten können elektronisch oder mechanisch entsichert bzw. entfernt werden. Unter bestimmten Bedingungen können diese Etiketten wieder verwendet werden. (Kern 2007, S. 30–33)

3.7. Radio Frequency Identification (RFID)

Die Auto-ID-Technologie Radio Frequency Identification (RFID) identifiziert Objekte mittels Radio-Funkwellen. (Helmus et al. 2009, S. 221) Diese Radiowellen werden für eine Kommunikation zwischen Transponder und Lesegerät genutzt. RFID dient zur maschinenlesbaren Identifikation. Hierbei wird ein Transponder benutzt, der Daten ähnlich wie Chipkarten speichert. (Kern 2007, S. 33) „Die Daten werden kontaktlos (ohne galvanische Verbindung) und nur auf Abruf übermittelt.“ (Kern 2007, S. 33) Helmus et al. beschreiben zusätzlich, dass die Identifikation sichtkontaktfrei geschehen kann, dadurch ist sie auch lageunabhängig und zahlreiche IDs können in Sekundenbruchteilen erfasst werden. (Helmus et al. 2009, S. 221) So ist der Einsatz auch in widrigen Umgebungen möglich und unempfindlich im Bezug auf Verschmutzungen. (ten Hompel et al. 2008, S. 104) Darin besteht ein Vorteil gegenüber Barcode-Systemen. Allerdings besitzt die RFID-Technik auch Grenzen, die den Vorteilen gegenüber stehen. So wird zwischen organisatorischen, prozessabhängigen Grenzen, physikalischen Grenzen, Grenzen infolge des Entwicklungsstandes der Hardware, gesetzlichen Grenzen und Einschränkungen durch die (Mit-)Nutzung standardisierter Systeme unterschieden. (Helmus et al. 2009, S. 222)

Das RFID-System besteht aus zwei Teilen, einem Transponder und einem Lesegerät. Hierbei werden alle Kommunikationsaufgaben mit dem Transponder von dem Lesegerät übernommen. Der Transponder befindet sich am zu identifizierenden Objekt. Das Lesegerät ist in den meisten Fällen dort installiert, wo die Identifikation stattfinden soll. Transponder und Lesegerät sind symmetrisch zueinander aufgebaut. Sowohl der Transponder als auch das Lesegerät besitzen eine Antenne zum Senden und Empfangen, zusätzlich ist ein Chip, der zur Verarbeitung der Radiosignale dient, integriert. Je nach Frequenzbereich existieren die Antennen als Ferritstäbe, Spulen oder Dipolantennen. Das Lesegerät benötigt eine Stromzufuhr und ist zusätzlich oft mit einem Computer an ein Netzwerk gekoppelt. (Kern 2007, S. 33–34) Dieses Grundprinzip ist in Abbildung Abb. 3.13 beispielhaft dargestellt.

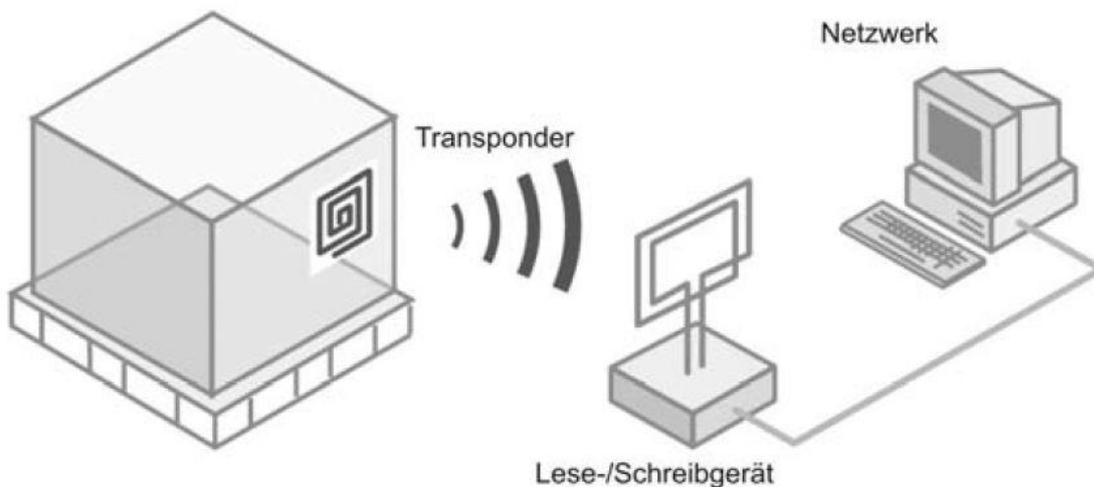


Abb. 3.13 RFID-System Grundprinzip (Helmus et al. 2009, S. 223)

Der Transponder besteht aus einem nichtbeschreibbaren Speicher Read Only Memory (ROM) und kann zusätzlich einen beschreibbaren Speicher Random Access Memory (RAM) besitzen. Im ROM ist ein irreversibler und weltweit eindeutiger Identifikator geschrieben. Das RAM kann eine Größe von einem Bit oder mehreren Megabyte betragen. Die Antenne und ein Mikrocontroller gehören ebenfalls zu den Bestandteilen. Die Bauelemente befinden sich in Gehäusen. Die Gehäuse lassen sich an die Anwendungsbedingungen anpassen. Allerdings unterliegt die Gehäuseform noch der Größe der Elektronik, der Größe der Batterie und der Antennengröße, sowie der -bauform. Die Antenne des Transponders ist wiederum abhängig von der Bauform. Sie kann eine Drahtwicklung, gedruckte Spule oder Dipol sein. Die Vielfalt von Ausführungen von RFID-Systemen ist immens. Sie unterscheiden sich vor allem in der Art der Energieversorgung, der Speichertechnik und dem Frequenzbereich für die Datenübertragung. (ten Hompel et al. 2008, S. 104–105)

Die Baugröße, die Lebensdauer und das Einsatzspektrum eines Transponders können durch die Art der Energieversorgung bestimmt werden. Es wird zwischen aktiven und passiven Transpondern unterschieden. (ten Hompel et al. 2008, S. 105) Passive Transponder besitzen keine eigene Energieversorgung. Sie erhalten ihre Energie aus dem magnetischen oder elektromagnetischen Feld des Lesegerätes. Dies geschieht über ihre Antenne. (Finkenzeller 2015, S. 25) Das extern abgestrahlte Feld induziert dabei eine Spannung in die Antennenspule, während der Transponder im Einflussbereich des Lesegerätes ist. (ten Hompel et al. 2008, S. 105) Die Energie vom Lesegerät sorgt für die Datenübertragung vom Lesegerät zum Transponder und zurück. Ist der Transponder nicht in der Reichweite des Lesegerätes ist dieser ohne elektrische Energie und kann kein Signal aussenden. (Finkenzeller 2015, S. 25) Die Übertragungsdistanz beträgt nur wenige Meter. Dadurch und durch das Fehlen einer Batterie sind passive Transponder preisgünstiger, kleiner und langlebiger. (ten Hompel et al. 2008, S. 105) Aktive Transponder besitzen dahingegen eine eigene Energieversorgung in Form einer Batterie oder Solarzelle. Diese versorgt den Chip mit Spannung. Aus diesem Grund kann ein schwächeres Feld vom Lesegerät verwendet werden, da es nur noch für die Datenübertragung notwendig ist. (Finkenzeller 2015, S. 26) Die interne Energieversorgung ermöglicht eine selbstständige Datenübertragung und die Übertragungsdistanzen können deutlich größer sein. (ten Hompel et al. 2008, S. 25)

Ein weiteres wichtiges Unterscheidungskriterium ist der Frequenzbereich. Auf Grund der Abstrahlung und Erzeugung von elektromagnetischen Wellen arbeiten Transpondersysteme als Funkanlagen. Eine grobe Unterteilung ist in vier Bereiche möglich (ten Hompel et al. 2008, S. 106): „Low Frequency (LF) (niedrige Frequenz), High Frequency (HF) (mittlere Frequenz), Ultra High Frequency (UHF) (hohe Frequenz) und Mikrowelle (sehr hohe Frequenz)“ (ten Hompel et al. 2008, S. 106) Die folgende Abbildung Abb. 3.14 zeigt die in Europa zugelassenen Frequenzen, Frequenzbänder und Reichweiten. Die Sendeleistungen der Transponder sind stark reglementiert. Protokollabhängig sind die Übertragungsgeschwindigkeiten. Für LF Transponder beträgt die Übertragungsgeschwindigkeit 4 kbit/s, für HF Transponder 26 kbit/s, für UHF Transponder 40 kbit/s und für Mikrowellen Transponder 320 kbit/s. (ten Hompel et al. 2008, S. 107)

	125 kHz	13,56 MHz	868 MHz	2,45 GHz
Wellenlänge	2400 m	22 m	35 cm	12 cm
Grenze zwischen Nah- und Fernfeld	382 m	3,5 m	6 cm	2 cm
Energieübertragung	induktive Kopplung Nahfeld	induktive Kopplung Nahfeld	elektromagn. Welle	elektromagn. Welle
Besonderheiten	auf Metall lesbar	durch Dielektrikum lesbar	Reflektion an Metalloberfl.	Reflektion an Metalloberfl.
Reichweite	1 m	3 m	10 m	> 10 m
Bandbreite (EU)	5 kHz	14 kHz	3 MHz	9 MHz

Abb. 3.14 Vergleich RFID-Frequenzen Europa (ten Hompel et al. 2008, S. 107)

Der Frequenzbereich um 433 MHz für UHF Transponder hat keine wichtige Bedeutung in der Anwendung, da zu viele andere Anwendungen in diesem Bereich arbeiten. Die europaweit zulässigen Frequenzen sind nicht weltweit nutzbar. (ten Hompel et al. 2008, S. 107)

Im LF-Bereich besitzen die Transponder eine geringe Speicherkapazität. Diese haben zusätzlich zur eindeutigen Identifikationsnummer teilweise einen RAM. Dieser ist aufgeteilt in bis zu zwei Blöcke und kann ca. 100 Bit pro Block speichern. Diese Transponder dienen der reinen Identifikation. Oftmals wird das Prinzip der Induktion für passive Transponder angewendet. Das erzeugte Feld kann eine Distanz von bis zu zehn Zentimetern überbrücken. LF-Transponder werden in Wegfahrsperrern und bei der Identifikation von Nutz- und Haustieren verwendet. Aber auch in logistischen Anlagen und Prozessen finden sie Anwendung. LF-Transpondersysteme sind unempfindlich gegenüber Feuchtigkeit und Nässe. Sie durchdringen nichtmetallische Oberflächen gut und metallische Oberflächen nur bedingt. Als Nachteile werden die geringe Speichergröße, die niedrige Auslese- und Schreibgeschwindigkeit, sowie die Nichteignung im Bereich Metall angesehen. Eine Pulkerfassung ist das gleichzeitige Erfassen mehrerer Transponder. Das ist bei passiven Transpondern nicht möglich. (ten Hompel et al. 2008, S. 107–109)

Der HF-Bereich ist der am häufigsten eingesetzte Frequenzbereich für RFID-Systeme. (Finkenzeller 2015, S. 191) Die ISO 15693 versucht erfolgreich eine Kompatibilität zwischen den verschiedenen Geräten und Transpondern im HF-Bereich herzustellen. Die Transponder sind oft als selbstklebende Smart Label im Einsatz, existieren aber auch in anderen Bauformen. Nach ISO 15693 müssen die Transponder eine eindeutige Kennung besitzen. Diese Identifikationsnummer besteht aus acht Byte und muss mit festgelegten Befehlen auslesbar sein. Auch hier ist der Speicherbereich in Blöcke aufgeteilt. Ein Block Zugriff ist sowohl als lesend als auch als schreibend definiert. Blöcke können irreversibel für schreibenden Zugriff gesperrt werden, damit wichtige Inhalte nicht überschrieben werden können und die Daten dauerhaft fixiert sind. Die Lesereichweite kann bis etwas mehr als einen Meter betragen. Die Reichweite ist allerdings abhängig von den Antennen der Transponder und der Lesegeräte. HF-Transpondersysteme besitzen die gleichen Vorteile wie die LF-Transpondersysteme zuzüglich der Pulkerfassung. Hierbei können mehrere Transponder gleichzeitig mit dem Lesegerät kommunizieren. Der Speicherzugriff und die Speicherkapazität sind höher als bei den LF-Transpondersystemen, aber nicht so hoch wie bei den UHF-Transpondersystemen. (ten Hompel et al. 2008, S. 110)

UHF-Transpondersysteme besitzen einen Electronic Product Code (EPC), eine weltweit eindeutig zu vergebene Produktbeschreibung und 256 Bit für kunden- oder applikationsspezifische Daten. Die Transponderantennen existieren als Dipol und strahlen elektromagnetische Wellen ab. Induktion wird nicht mehr verwendet in diesem Frequenzbereich. Aufgrund der Reglementierung der Reichweiten liegt diese zwischen vier und sechs Metern. UHF-Transponder können bedingt auf Metall eingesetzt werden. (ten Hompel et al. 2008, S. 113–114)

Mikrowellen-Transpondersysteme können Reichweiten von über einen Kilometer überwinden. Die Transponder sind mit einer Batterie ausgestattet und somit aktive Systeme. Anwendung finden diese Transpondersysteme in der Containerverfolgung oder Mauterfassung. Auch Mikrowellentransponder können bedingt auf Metall eingesetzt werden. Feuchte Umgebung ist allerdings negativ für diese, da sie ihre Energie in der Erwärmung der Wasserdipole verlieren. (ten Hompel et al. 2008, S. 114)

Auch wenn der Barcode bisher das etabliertere System ist und seine Vorteile hat, so haben RFID-Systeme ebenfalls bestimmte Stärken, die es bei der Auswahl des Auto-ID-Systems zu berücksichtigen gilt. Ten Hompel et al. weisen auf die Nachfolgenden hin. Auf Grund der automatischen Erfassung und Verbuchung bei der Pulkerfassung existieren Möglichkeiten zur lückenlosen Verfolgung entlang der gesamten Lieferkette, ohne dass manuelle Eingriffe nötig sind. Es besteht hohes Optimierungspotenzial beim Einsatz von Transpondern in der Logistik. Der Einsatz von Transpondern ist in allen Bereichen der automatischen Identifikation, Kontrolle und Steuerung möglich. Vorteilhaft ist zudem, dass Produkte einem Originalitätsschutz unterfallen, da die Transponder vor Fälschung gesichert sind und auf der kompletten Produktions- und Lieferkette zurück verfolgbar sind. (ten Hompel et al. 2008, S. 114–115)

Ten Hompel et al. haben analog zu der 6-R-Regel der Logistik eine 6-R-Regel der RFID-Technologie entwickelt, sie dient als Hilfestellung (ten Hompel et al. 2008, S. 115):

1. Die richtigen Transponder
2. am richtigen Ort
3. mit den richtigen Daten
4. an der richtigen Stelle im Prozess
5. mit der richtigen Middleware
6. zu den richtigen Kosten.

Für die Erfassung von RFID-Technik stehen verschiedene Systeme zur Verfügung und lassen sich in drei Kategorien einteilen. Die drei Kategorien sind Handgeführte Systeme, Systeme zur Erfassung von RFID-Datenträgern in automatisierten Materialflusssystemen mit geringen Anforderungen und Systeme zur Erfassung von RFID-Datenträgern in automatisierten Materialflusssystemen bei extremen Anforderungen. (Hippenmeyer 2016, S. 58)

In diesem Kapitel wurden nun eine Vielzahl von Auto-ID-Systemen vorgestellt. Es lässt sich dabei zusammenfassen, dass im Bereich Intralogistik auf Grund ihrer Eigenschaften vor allem Barcode- und RFID-Systeme Anwendung finden. Diese Techniken lassen sich gut auf dem Stückgut, welches den innerbetrieblichen Materialfluss durchläuft, befestigen und erlauben auf Grund ihrer Lesbarkeit, Robustheit und Datenmenge eine erfolgreiche Identifikation sowie Datenerfassung und auch Datenübertragung.

Biometrische Verfahren dienen eher der Identifikation und erfüllen dadurch Sicherheitsaspekte. Zur Prozessoptimierung durch Datenerfassung und -übertragung tragen sie eher nicht bei. Aus diesem Grund werden sie nicht weiter berücksichtigt. Die Klerschriftlesung findet vor allem im Finanzbereich Anwendung und wird deswegen auch nicht weiter berücksichtigt.

4. Prozessaufnahme und Wertstromanalyse

In diesem Kapitel werden der Begriff Prozessaufnahme und die Methode der logistikorientierten Wertstromanalyse definiert. Das erste Unterkapitel thematisiert den Begriff Prozessaufnahme, sowie seine Aufgaben und Ziele. Das zweite Unterkapitel betrachtet die logistikorientierte Wertstromanalyse, die den Hauptbestandteil der Arbeit bildet. Diese wird anschließend analysiert und erweitert.

4.1. Begriffsdefinition, Aufgaben und Ziele

Neben der Begriffsdefinition der Prozessaufnahme werden in diesem Kapitel auch deren Aufgaben und Ziele beschrieben.

Die Begriffe Prozessaufnahme und Prozessanalyse, sowie Prozessmodellierung sind eng miteinander verknüpft. Denn für eine Prozessanalyse wird ein Prozessmodell benötigt. Um ein Prozessmodell zu generieren wird zunächst eine Prozessaufnahme durchgeführt. Prozessaufnahmen können mit Hilfe von Interviews oder Workshops durchgeführt werden. (Friedli und Schuh 2012, S. 168–169)

Die Prozessanalyse ist eine aufwändige Aktivität. Durch sie wird Transparenz geschaffen bezüglich der betrachteten Prozesse und beteiligten Organisationseinheiten. Ebenso werden Schnittstellen zu anderen Prozessen deutlich und prozessrelevante Kenngrößen wie Zeit, Kosten und Qualität können gemessen werden. (Best und Weth 2007, S. 55)

In der Abbildung Abb. 4.1 ist die in der Literatur vorgeschlagene Vorgehensweise für eine Prozessanalyse dargestellt:

	Vorgehensschritte
Vorbereitung	1. Erstellung einer Prozesslandkarte
	2. Ausgrenzen des Prozesses
	3. Definition des Detaillierungsgrads
	4. Identifikation der prozessrelevanten Organisationseinheiten
	5. Definition des Analyseverfahrens
	6. Formulierung eines Leitfadens
	7. Identifikation der geeigneten Experten
Durchführung	8. Durchführung der Interviews bzw. Workshops
Nachbereitung	9. Grafische und verbale Dokumentation
	10. Berechnung der Durchlaufzeit und Prozesskosten
	11. Verifizierung der Ergebnisse

Abb. 4.1 Vorgehensschritte Prozessanalyse (Best und Weth 2007, S. 55)

Als erster Schritt wird eine Prozesslandkarte erstellt. Dabei wird aufgezeigt, an welcher Stelle der Prozess in der gesamten Prozesslandschaft eingegliedert ist. Zusätzlich wird sichtbar, wie die

einzelnen Prozesse durch Schnittstellen verbunden sind. Durch die Erstellung der Prozesslandkarte wird der Aktionsradius eines Projektteams abgesteckt, genauso wie die Grenzen des Prozesses. (Best und Weth 2007, S. 56–57) In der nachfolgenden Abbildung Abb. 4.2 ist eine beispielhafte Prozesslandkarte abgebildet.

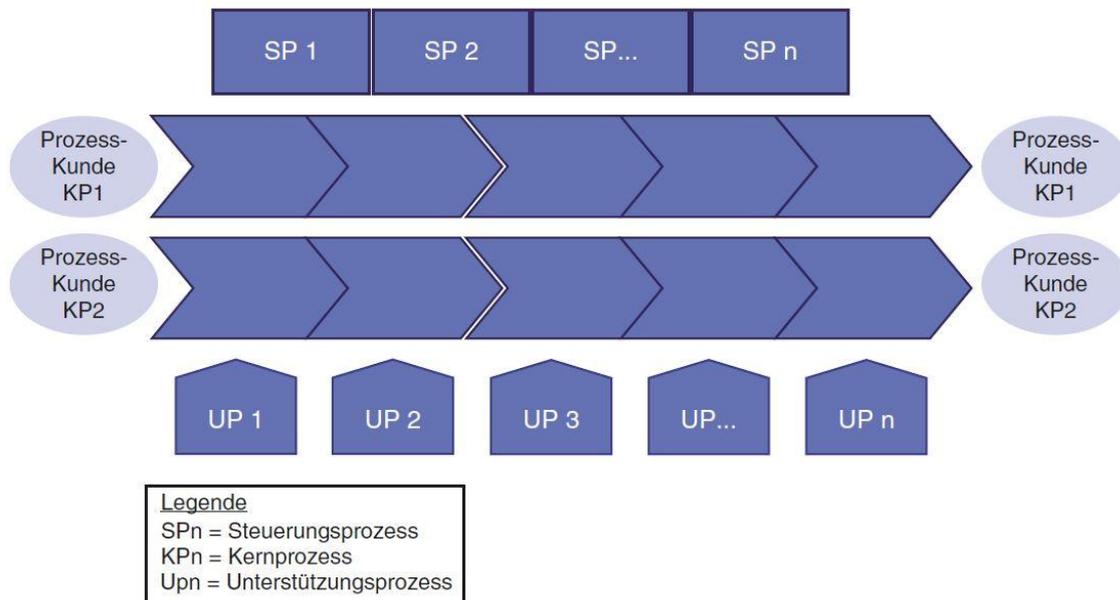


Abb. 4.2 Beispiel Prozesslandkarte (Gadatsch 2017, S. 85)

In dem zweiten Schritt erfolgt die Prozessausgrenzung. Hierbei wird der Start- und Endpunkt des Prozesses exakt festgelegt. Der Startpunkt ist der Prozessauslöser und der Endpunkt ist der letzte Schritt des Prozesses, bevor ggf. ein weiterer Prozess ausgelöst wird. Wichtig bei der Prozessausgrenzung zu beachten ist, dass der Input festgelegt ist. Der Input ist die Voraussetzung für den Prozess. Die Voraussetzungen können Informationen, Produkte oder Dienstleistungen sein, ohne die der Prozess nicht durchgeführt werden kann. Oftmals sind der Startpunkt und der Input identisch, selbiges gilt für den Endpunkt und Output. Der Output des Prozesses kann ggf. schon vor der Beendigung des Prozesses fertig gestellt sein. Dies ist wichtig festzulegen, damit jede Person bei der Prozessaufnahme von gleichen Rahmenbedingungen ausgeht. (Best und Weth 2007, S. 58–59)

Als dritten Schritt haben Best und Weth die Definition des Detaillierungsgrads identifiziert. Durch die Definition des Detaillierungsgrads wird der Informationsgehalt der Analyseergebnisse und der erforderliche Aufwand festgelegt. Es existiert keine allgemeingültige Definition für den optimalen Detaillierungsgrad. Best und Weth geben eine mögliche Differenzierung für die verschiedenen Ebenen von Prozessen. Das ist in der nachfolgenden Abbildung Abb. 4.3 ersichtlich. (Best und Weth 2007, S. 59–60)

grob	Detaillierungsgrad	1 Prozesslandkarte Einzelne Prozesse • beteiligte Organisationseinheiten • wesentliche Leistungsbeziehungen
		2 Geschäftsprozesse Übergeordnete Teilprozesse • ausführende organisatorische Einheiten • Verknüpfung zwischen Teilprozessen
		3 Teilprozesse Einzelne Bearbeitungsvorgänge • Start- und Endpunkt • Input und Output • ausführende Teams oder Stellen • Prozessvarianten und Verzweigungen
fein		4 Technische Details Zusätzliche Detailinformationen: Bearbeitungsaufwand • Materialeinsatz • Informationsfluss • Menüzugriffe • eingesetzte Maschinen • Hilfsmittel • Hard- und Software • Fehlerquellen • Risiken • statistische Verteilung der Prozessvarianten

Abb. 4.3 Mögliche Definitionen des Detaillierungsgrads der Prozessanalyse (Best und Weth 2007, S. 60)

Um einzelne Prozessebenen festzulegen sollten einige Faktoren berücksichtigt werden, die Einfluss auf den geeigneten Detaillierungsgrad haben und abgewogen werden müssen. Diese sind nach Best und Weth folgende (Best und Weth 2007, S. 60–62):

- **Zielsetzung;** Hauptfaktor, was soll erreicht werden?
- **Standardisierung;** Soll in den Prozessen eine Standardisierung erreicht werden, beispielsweise um Skaleneffekte zu realisieren
- **Ressourcenbindung;** Wie hoch ist die Bindung von Mitarbeiterkapazitäten oder kapitalintensiven Produktionsmitteln
- **Wettbewerbsumfeld;** Wie dynamisch ist das Wettbewerbsumfeld? Anzeichen dafür können der Produktlebenszyklus sein.
- **Prozessorientierung;** Wie hoch ist der Grad der Prozessorientierung in der Organisation? Woran orientiert sich die Unternehmensorganisation?

Im vierten Schritt werden prozessrelevante Organisationseinheiten identifiziert. Hierbei müssen alle Organisationseinheiten, die vom Prozess durchlaufen werden, berücksichtigt werden. Dafür ist eine Identifizierung derer nötig. (Best und Weth 2007, S. 62) In der nachfolgenden Abbildung Abb. 4.4 wird beispielhaft aufgezeigt, wie ein Prozess Organisationseinheiten durchlaufen kann, zusätzlich sind Start- und Endpunkt gekennzeichnet.

Organisationseinheiten

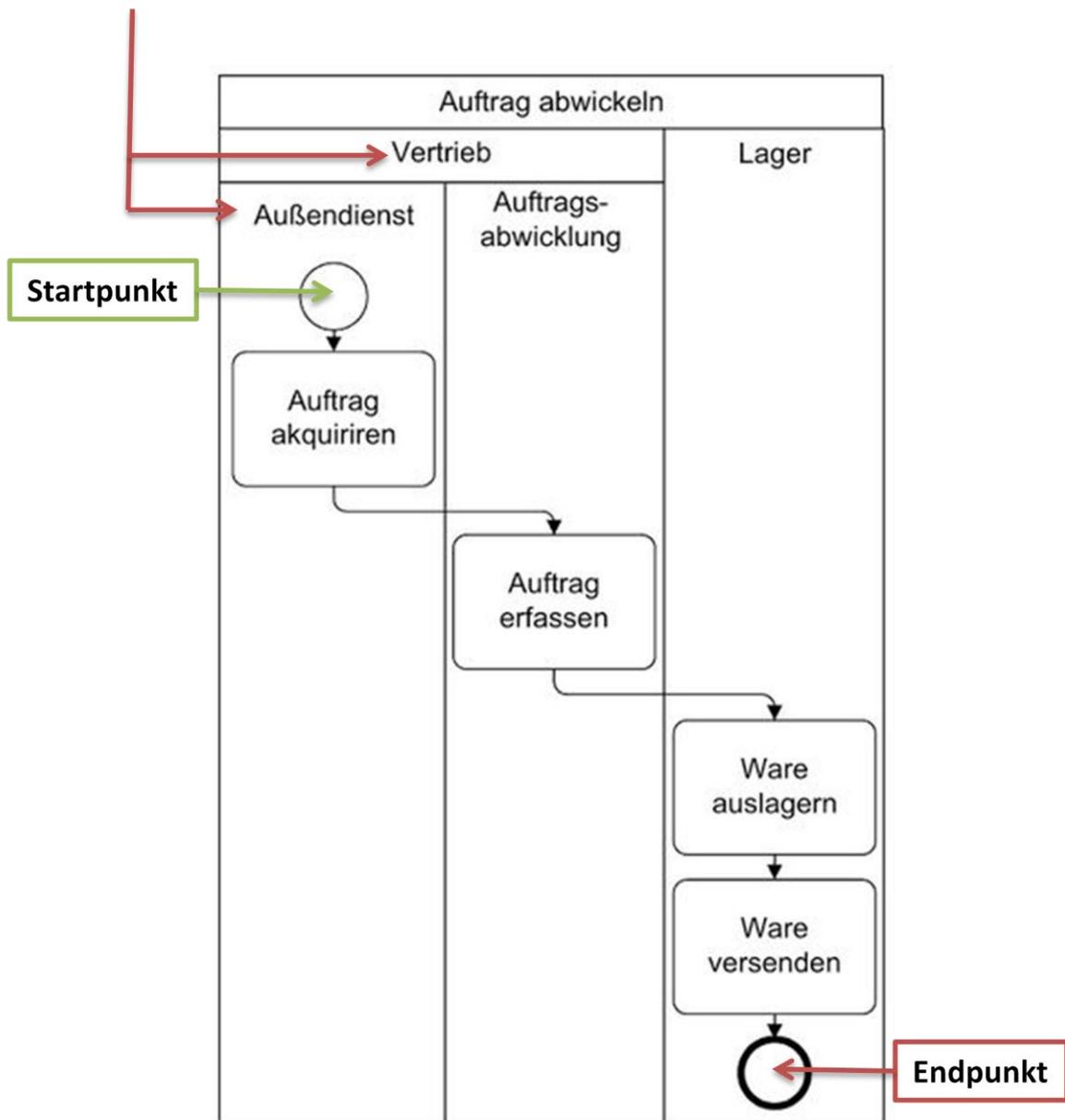


Abb. 4.4 Beispiel Darstellung von Start- und Endpunkt sowie Organisationseinheiten, die ein Prozess durchläuft (Allweyer 2015, S. 22)

Als fünfter Schritt folgt die Definition des Analyseverfahrens. Hierzu bieten sich zwei klassische Verfahren an, strukturierte Interviews und Workshops. Workshops werden gewählt, falls eine hohe Interaktion zwischen den Prozessschritten besteht und falls das Prozess-Know-How bei allen Beteiligten ein Niveau beträgt. Der Workshop schafft eine Transparenz über den gesamten Prozess für alle Teilnehmer. Zusätzlich kann ohne weiteren Zeitaufwand ein einheitliches Verständnis für den Prozess erreicht werden, sowie Schwachstellen identifiziert und das weitere Vorgehen bestimmt werden. Nachteilig hingegen sind verzerrte Ergebnisse durch kaschierte Schwachstellen oder nicht erwähnte Probleme. (Best und Weth 2007, S. 63)

Interviews hingegen bieten sich an, falls verschiedene Hierarchiestufen und Experten mit unterschiedlichen Sichtweisen auf den Prozess befragt werden sollen. Je nach Anzahl der Experten können Interviews schneller detaillierte Ergebnisse liefern. Ein häufiger und zugleich fataler Fehler

bei Interviews ist der Interpretationsspielraum des Prozessanalysten. Aus diesem Grund sollen nur Informationen verwendet werden, die der Interviewpartner wirklich mitteilt. Andernfalls können Optimierungspotenziale verloren gehen. (Best und Weth 2007, S. 63–64)

Elementar wichtig bei der Prozessanalyse ist, dass nicht ein optimaler Prozess aufgenommen werden soll, da andernfalls eine Prozessanalyse nicht notwendig ist. Sondern der Ist-Prozess mit allen Schwachstellen. (Best und Weth 2007, S. 64)

Für die Entscheidung zwischen Interview oder Workshop, ist es wichtig deren Vor- und Nachteile gegenüber den Zielen der Prozessanalyse abzuwägen. Gegebenenfalls ist auch eine Kombination von beidem möglich. (Best und Weth 2007, S. 64) In der nachfolgenden Abbildung Abb. 4.5 sind noch einmal die Vor- und Nachteile von Interviews und Workshops verdeutlicht.

	Vorteile	Nachteile
Workshop	<ul style="list-style-type: none"> • Ergebnisse tendenziell schneller, da keine statistische Auswertung • Teilnehmer agieren gemeinsam, daher schneller konsensfähig • Gesamtzusammenhang des Prozesses wird allen transparent • Schwachstellen werden bereits für alle sichtbar 	<ul style="list-style-type: none"> • Gegenseitige Beeinflussung möglich • Wichtige Erfahrungen einzelner können übergangen werden • Tendenz zum Kaschieren von Problemen • Durch zeitliche Begrenzung Tendenz zu unsauberem Arbeiten
Interview	<ul style="list-style-type: none"> • Erfahrungen jedes Einzelnen werden ausführlich aufgenommen • Prozessaufnahme auf hoher Detaillierungsebene möglich • Unterschiedliche Sichtweisen auf den Prozess und daraus ableitbare Probleme werden erfasst 	<ul style="list-style-type: none"> • Erneuter Abstimmungszyklus zum Schaffen von Konsens nötig • Auswertung tendenziell aufwendiger • Interviewpartner bekommt kein Gefühl für den eigenen Beitrag zum Gesamtprozess • Fehlinformationen aufgrund von Interpretationen des Interviewers möglich

Abb. 4.5 Vor- und Nachteile von Workshop und Interview bei der Prozessanalyse (Best und Weth 2007, S. 64)

Wichtig zu erwähnen ist allerdings, dass nur das Beobachten unter Live-Bedingungen ein realistisches Abbild der Prozesse liefert. Das Beobachten bildet aber nur eine sinnvolle Ergänzung und eignet sich nicht als alleiniges Verfahren für eine Prozessanalyse. Durch das Beobachten wird das Prozessverständnis verbessert und die Analyseergebnisse können in der Praxis validiert werden. Zumeist werden auch Durchlaufzeiten zusätzlich gemessen, aus diesem Grund ist ein Beobachten und Messen des praktischen Prozessablaufs unabdingbar. Für eine Systementwicklung müssen zukünftige Nutzer genau beobachtet und jeder Schritt aufgezeichnet werden. (Best und Weth 2007, S. 65)

Als sechster Schritt haben Best und Weth die Formulierung eines Leitfadens gefordert. Hierbei soll ein Moderations- und Gesprächsleitfaden entwickelt werden, der den benötigten Wissensbedarf strukturiert wiedergibt. Er gilt als Checkliste für den Wissensbedarf und garantiert einen einheitlichen Detaillierungsgrad der Analyse. Zudem strukturiert der Leitfaden die Analyse und stellt die Konsistenz der Fragen sicher. (Best und Weth 2007, S. 65) Inhaltlich sollten folgende Aspekte abgedeckt sein (Best und Weth 2007, S. 65–66):

- Prozess-Input und -Output
- Prozessschritte
- Schnittstellen
- Abfolge und Häufigkeit
- Verzweigungen und Varianten
- Informationstechnologie
- Zeiten und Kosten

Der siebte Schritt bildet die Identifikation der geeigneten Experten. Hierbei gilt der Grundsatz: „Eine Prozessanalyse kann nur so gut sein wie die Interviewpartner.“ (Best und Weth 2007, S. 67) So sind Experten Mitarbeiter, die in dem Prozess involviert sind. Die Experten sollten operative Erfahrung mit dem Prozess besitzen. Ebenso sollten diese eine gewisse Detailkenntnis über den Prozess besitzen. (Best und Weth 2007, S. 67)

Diese sieben Schritte beschreiben theoretische Überlegungen, die vor einer Prozessaufnahme stattfinden sollten. Als Nächstes wird der praktische Teil der Prozessanalyse mittels Interviews oder Workshops erläutert.

Bei der Durchführung von Interviews oder Workshops existieren Regeln, die unbedingt beachtet werden sollten. Zum einen sollten immer zwei Prozessanalysten die Aufnahme des Prozesses durchführen. Einer der Analysten sollte die Gesprächsführung übernehmen, der andere die Dokumentation. Für komplizierte und erklärungsbedürftige Prozesse gilt dies umso mehr. Zusätzlich soll der Status quo abgefragt werden. Das heißt, dass nicht diskutiert werden soll, wie der Prozess sein sollte. Es soll nur die Ist-Situation erfasst werden. Durch eine Vermischung von Ist und Soll können Missverständnisse entstehen und Optimierungspotenziale versteckt bleiben. Eine weitere Regel betrifft die Eintrittswahrscheinlichkeit. Das gesamte Arbeitsspektrum kann oftmals nicht in einem einzigen Standardfall dargestellt werden, dadurch kann eine Vielzahl von Varianten entstehen. Je nach Schwere der Fälle müssen aber auch Prozessvarianten mit geringer Eintrittswahrscheinlichkeit berücksichtigt werden. Ebenso sollte der Prozess schon bei dem Interview oder Workshop visualisiert werden. Dadurch wird der Prozess so abgebildet, wie er verstanden wurde und kann verifiziert werden. (Best und Weth 2007, S. 67–69) Als wichtige Punkte bei der Durchführung der Prozessaufnahme werden somit folgende vier Aspekte bestimmt (Best und Weth 2007, S. 68–69):

- Zwei Analysten
- Status quo
- Eintrittswahrscheinlichkeit
- Visualisierung

Nach der Prozessaufnahme müssen die gewonnenen Informationen noch nachbereitet werden, damit keine Informationen verloren gehen. Der erste Schritt bei der Nachbereitung ist die grafische und verbale Dokumentation. Hierbei bildet die grafische Dokumentation das Kernergebnis der Prozessanalyse. Die verbale Dokumentation wird nur notwendig, falls die grafische Dokumentation durch zu viele Details überladen würde. (Best und Weth 2007, S. 69–70) Nach Best und Weth sind die wichtigsten Punkte bei der Prozessdokumentation (Best und Weth 2007, S. 70–71):

- Zuordnung der Prozessschritte
- Reihenfolge
- Nummerierung
- Verzweigungen
- Dokumentationshilfen

Mit Zuordnung der Prozessschritte ist gemeint, dass aus der grafischen Dokumentation deutlich wird, welche organisatorischen Einheiten die Prozessschritte anstoßen. Dadurch werden auch alle Schnittstellen erkennbar. Dies ist für die spätere Problemdiagnose wichtig. Bei der Reihenfolge ist darauf zu achten, dass diese der Realität entspricht. Durch Pfeile wird erkenntlich gemacht welcher Prozess auslöst und in welchem Prozess gemündet wird. Prozessschritte sollten nummeriert sein, da es abhängig vom Detaillierungsgrad in komplexen Prozessen zu einer Vielzahl von Prozessschritten kommen kann. Verzweigungen müssen dargestellt werden, zusätzlich dazu müssen Eintrittswahrscheinlichkeiten berücksichtigt und erfasst werden. Diese sind für die Durchlaufzeit und Kosten des Prozesses von wichtiger Bedeutung. Dokumentationshilfen können sowohl Papier und Stift sein, als auch Softwaretools. (Best und Weth 2007, S. 70) In Abbildung Abb. 4.6 ist eine Prozessdokumentation beispielhaft dargestellt.

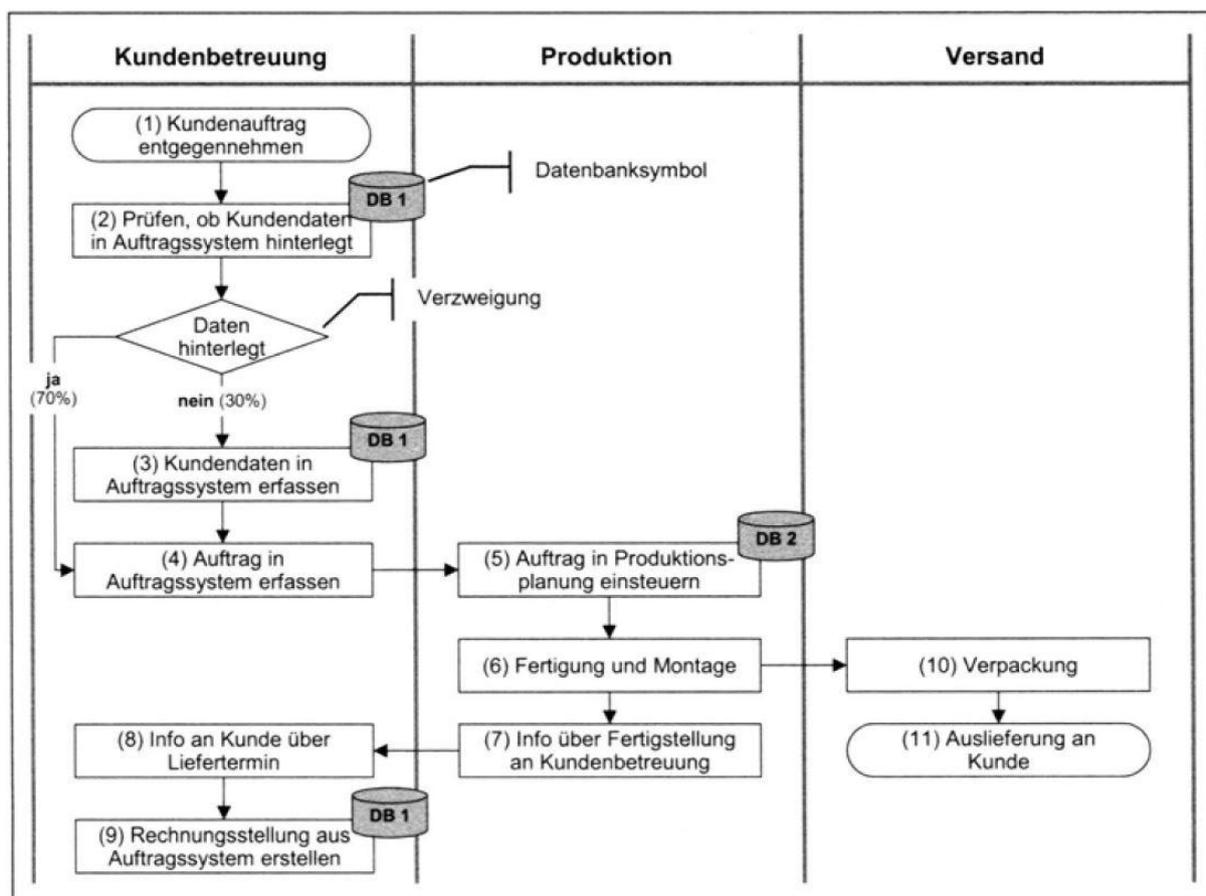


Abb. 4.6 stark vereinfachte Darstellung einer Prozessdokumentation (Best und Weth 2007, S. 71)

Im zweiten Schritt der Nachbereitung werden die Durchlaufzeit und die Prozesskosten berechnet. Da die Reduktion der Durchlaufzeit und der Prozesskosten zwei wesentliche Ziele der Prozessoptimierung darstellen, müssen diese erfasst werden. Diese bestimmen die Effizienz eines Prozesses mit. Die Durchlaufzeit entspricht dem gesamten Zeitbedarf vom Start- bis zum Endpunkt.

Sie lässt sich leicht über Zeitaufnahmen, Schätzungen etc. bestimmen. Die Kostenermittlung ist schwieriger, da mehrere Aspekte berücksichtigt werden müssen, beispielsweise die Anzahl der Mitarbeiter, unterschiedliche Stundenlöhne oder der Zeitbedarf (Best und Weth 2007, S. 72).

Als dritter und letzter Schritt müssen die Ergebnisse verifiziert werden (Best und Weth 2007, S. 75).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Prozessanalyse und damit auch die Prozessaufnahme folgende Aufgaben und Ziele besitzt:

- Ist-Situation darstellen
- Transparenz und einheitliches Verständnis bei Mitarbeitern schaffen
- Wissensaustausch
- Schwachstellen aufzeigen
- Prozessqualität verbessern
- Durchlaufzeiten optimieren
- Prozesskosten reduzieren

Geeignete Methoden, die Prozesse darstellen können, sind die Wertstromanalyse, die ereignisgesteuerte Prozesskette und das Flussdiagramm. (Günthner und Schneider 2011, S. 44) Die ereignisgesteuerte Prozesskette und das Flussdiagramm sind von ihrer Darstellung ähnlich. (Wagner und Lindner 2017) In der dieser Arbeit liegt der Fokus auf der logistikorientierten Wertstromanalyse, da diese speziell für Logistikprozesse entwickelt wurde.

4.2. Logistikorientierte Wertstromanalyse

Der zentrale Untersuchungsgegenstand dieser Bachelorarbeit ist die logistikorientierte Wertstromanalyse. Bevor diese analysiert wird, gilt es hier die Grundlagen aufzuzeigen.

„Die logistikorientierte Wertstromanalyse ist eine Weiterentwicklung der herkömmlichen Wertstromanalyse mit Fokus auf Logistikprozesse.“ (Günthner et al. 2013, S. 135)

Der Ansatz der logistikorientierten Wertstromanalyse entstand durch die Sichtweise, dass die Logistik als Dienstleistung, genau wie die Produktion, einen Service-Wert liefert, und somit zur Steigerung des Wertes eines Produktes beiträgt, falls diese Dienstleistung aus Sicht des Kunden notwendig oder erwünscht ist. In diesem Fall stellt die Logistik keine Verschwendung dar. Dieser Wert soll durch möglichst wenig Aufwand erzeugt werden. (Günthner et al. 2013, S. 135)

Damit eine gründliche und zielgerichtete Analyse von Logistikprozessen gewährleistet werden kann, wurde eine Anpassung bzw. Erweiterung der klassischen Wertstromanalyse entwickelt. Hierbei werden die Vorteile dieser Methode genutzt, um bei der Optimierung von logistischen Tätigkeiten ebenso gute Erfolge zu erzielen. (Knössl 2013, S. 136)

Mit der logistikorientierten Wertstromanalyse können Prozesse aufgenommen, visualisiert und analysiert werden. Zusätzlich kann sie Abläufe transparent machen und Optimierungsmöglichkeiten aufzeigen. Im Mittelpunkt stehen hier, wie die Bezeichnung schon andeutet, die Logistik und ihr Beitrag zur betrieblichen Wertschöpfung. Es findet eine Abgrenzung von Logistikprozessen, die zur Wertschöpfung beitragen und denen die als Verschwendung angesehen werden statt. (Günthner et al. 2013, S. 135)

„Das Grundlayout der logistikorientierten Wertstromanalyse lässt sich [...] in die drei Bereiche *Kunde*, *Lieferant* sowie *Material- und Informationsfluss* untergliedern.“ (Knössl 2013, S. 139) (Abb. 4.7)

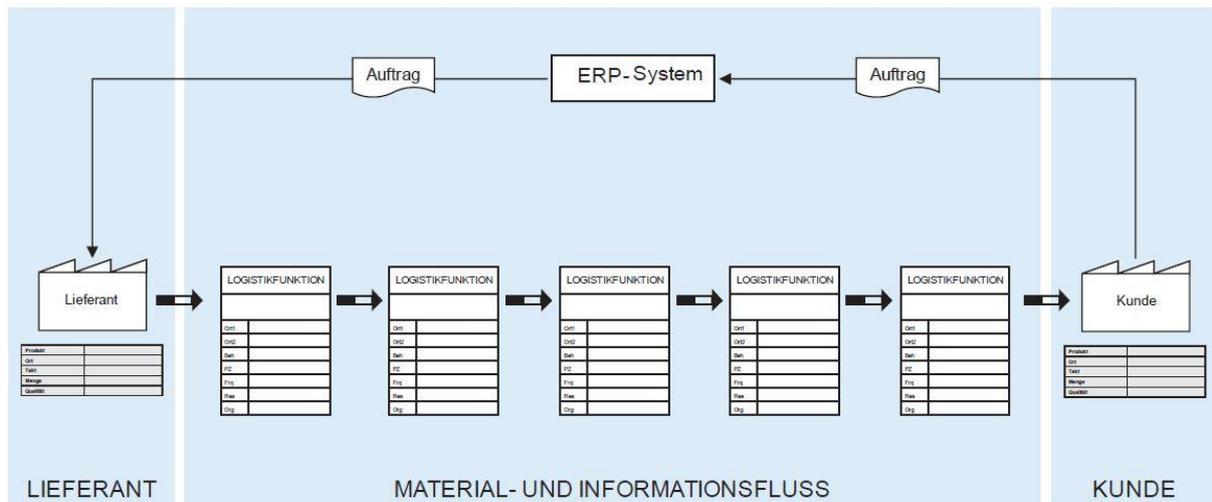


Abb. 4.7 Aufbau der logistikorientierten Wertstromkarte (Knössl 2013, S. 141)

Der Wertstrom startet auf der rechten Seite. Dort stehen der Kunde und sein Anforderungsprofil, dieses orientiert sich nach Knössl an den 5R der Logistik. Deswegen wird dokumentiert, welches Produkt an welchem Ort, zu welchem Zeitpunkt, in welchem Takt, in welcher Menge und in welcher Qualität oder welchem Zustand vom Kunden benötigt wird. Auf der linken Seite beginnt der Wertstrom mit dem Lieferanten und seinen Rahmenbedingungen, auch diese beziehen sich auf die 5R der Logistik. Anhand der Kundenanforderungen und den Rahmenbedingungen kann zugleich die spezifische logistische Aufgabenstellung formuliert werden. Diese sollte möglichst effizient und kostenoptimal erfüllt werden, dazu ist eine entsprechende Gestaltung der Material- und Informationsflüsse nötig. Die Material- und Informationsflüsse bilden den dritten Bereich und verknüpfen den Kunden mit dem Lieferanten. (Knössl 2013, S. 139–140) Hierfür wurden von Knössl folgende Prozesskästen (Abb. 4.8) zur Abbildung von Logistikfunktionen entwickelt. Diese und sämtliche Steuerungselemente, die als Impulsgeber für die einzelnen Prozessschritte fungieren, beinhaltet der dritte Bereich. In den einzelnen Prozesskästen sind die Logistikfunktionen näher beschrieben. Unterschieden wird zwischen neun Logistikfunktionen. Diese sind „Transportieren/Fördern“, „Puffern/Lagern“, „Sammeln/Verteilen“, „Sortimentieren/Sortieren“, „Verpacken/Entpacken/Prüfen“, „Buchen“, „Auftrag erzeugen“, „Etikettieren/Dokumentieren“ und „Information übermitteln“. Zusätzlich werden die Logistikfunktionen durch verschiedene wichtige Bestandteile beschrieben. Dies sind die Strecke, die Zykluszeit, die Frequenz, die Ladung, die Ladungsträger, die Kapazität, die Ressourcen, die Organisationsform, der Bestand, der Flächen-/Raumbedarf, die Liegezeit, die Fehlerquote, die Kommissioniereinheit, der Anteil Greifzeit an Kommissionierzeit, die Information und Informationsträger. Zu jedem Bestandteil werden noch mögliche Beispiele gegeben.

Transportieren/Fördern		Puffern/Lagern		Sammeln/Verteilen	
Strecke	Quelle, Senke, Entfernung	Bestand	Gesamtmenge oder Anzahl Teile pro Sachnummer	Strecke	Quellen, Senken, Entfernung
Zykluszeit	Verteilungsfunktion mit Minimum, Maximum und Durchschnitt	Flächen-/Raumbedarf	in [m²/m³]	Zykluszeit	Verteilungsfunktion
Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion	Liegezeit	ggf. Verteilungsfunktion	Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion
Ladung	sortenrein/gemischt	Ressourcen	Lagermittel, Informationen	Fehlerquote	in [%]
Ladungsträger	Behältertyp, Behälterkapazität	Organisationsform	z. B. Supermarkt mit fixer Stellplatzordnung, FIFO-Bahn, unsortierter Puffer	Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter, Informationen
Kapazität	Anzahl Ladungsträger, Auslastung Transportmittel			Organisationsform	z. B. 2-stufiger Verteilprozess
Ressourcen	Transportmittel, Mitarbeiter, Informationen				
Organisationsform	z. B. 1:1-Direktverkehr, 1:n-Routenverkehr, n:1-Milch-Run				

Sortimentieren/Sortieren		Verpacken/Entpacken/Prüfen		Buchen	
Strecke	Quellen, Senken, Entfernung	Zykluszeit	Verteilungsfunktion	Zykluszeit	Verteilungsfunktion
Zykluszeit	Verteilungsfunktion	Frequenz	z. B. in Form einer Prüfquote in [%]	Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion
Kommissionierungseinheit	Auftragsgröße(n)	Fehlerquote	in [%]	Information	z. B. Teilenummer, Teilmenge, Lagerort
Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion	Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter, Informationen	Informationsträger	z. B. Warenbegleitschein, Barcode, RFID-Chip
Fehlerquote	in [%]	Organisationsform	z. B. 2-stufiger Prüfprozess (1. Stufe: Menge, 2. Stufe: Qualität)	Fehlerquote	in [%]
Anteil Greifzeit an Kommissionierzeit	in [%]			Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter
Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter, Informationen			Organisationsform	z. B. Einzelbuchung, Sammelbuchung
Organisationsform	z. B. 1-stufige Mann-zu-Ware-Kommissionierung mit Gassenwechsel				

Auftrag erzeugen		Etikettieren/Dokumentieren		Information übermitteln	
Zykluszeit	Verteilungsfunktion	Zykluszeit	Verteilungsfunktion	Information	z. B. Abladestellplatz für LKW, Änderung an Kommissionierauftrag
Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion	Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion	Strecke	Quelle, Senke, Entfernung
Information	z. B. Auftragsnummer, Teilenummern, Teilmengen, Lagerorte	Information	z. B. Wareninformation, Bestätigung einer Lieferung, Prüfergebnisse	Informationsübertragung	z. B. manuell, elektronisch
Informationsträger	z. B. Kommissionierliste, Bestellformular	Informationsträger	z. B. Warenbegleitschein, Lieferschein, Prüfprotokoll	Zykluszeit	Verteilungsfunktion
Fehlerquote	in [%]	Fehlerquote	in [%]	Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion
Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter	Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter	Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter
Organisationsform	z. B. Einzelauftrag, Sammelauftrag	Organisationsform	z. B. Ladeinheit-Etikettierung, Fördergut-Etikettierung	Organisationsform	z. B. dezentraler Informationsaustausch, zentrale Informationsplattform

Abb. 4.8 Prozessbeschreibende Attribute der einzelnen Logistikfunktionen (Knössl 2013, S. 140)

Die verwendete Symbolik in der logistikorientierten Wertstromanalyse orientiert sich an der der klassischen Wertstromanalyse. Dadurch entsteht ein vertrautes Portfolio an allgemeinen Symbolen und Symbolen für den Material- und Informationsfluss. (Knössl 2013, S. 140) (Abb. 4.9)

„Der Aufbau der Wertstromkarte ist grundsätzlich immer gleich.“ (Günthner et al. 2013, S. 136)

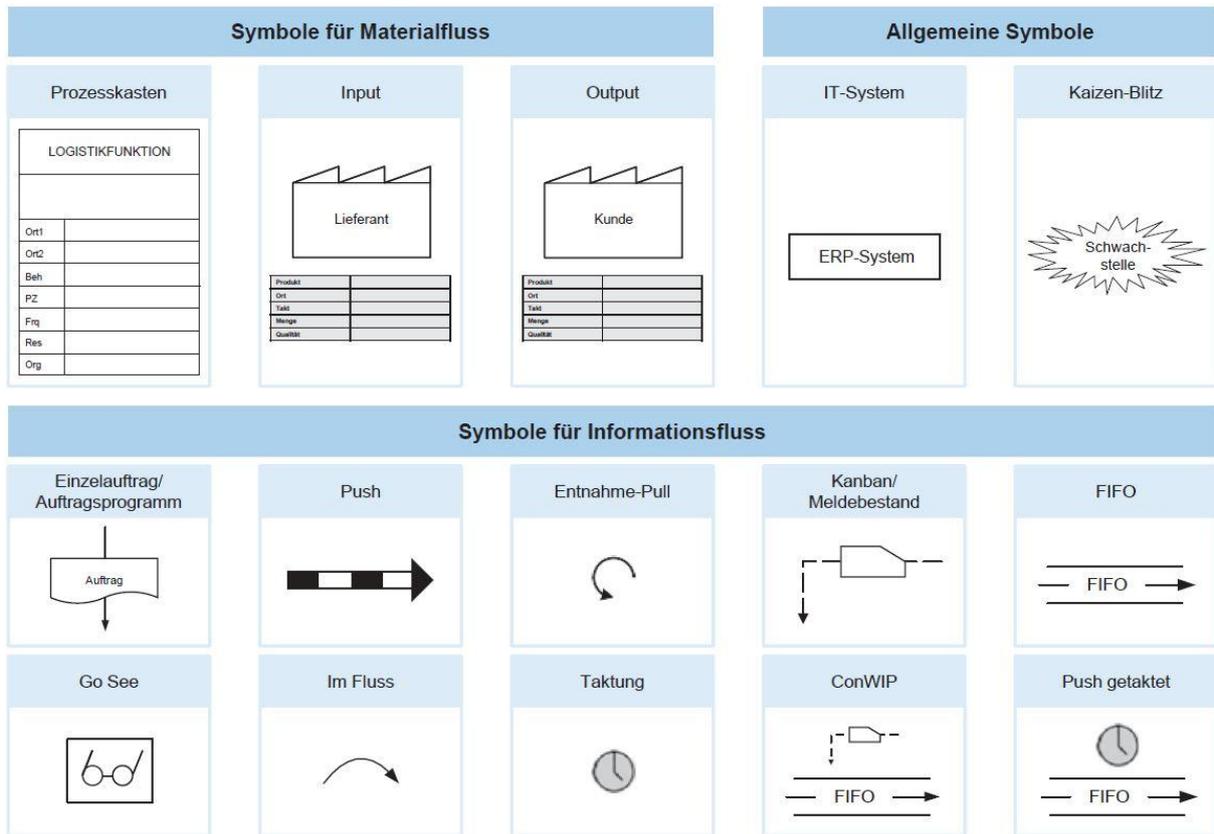


Abb. 4.9 Symbolik der logistikorientierten Wertstromanalyse (Knössl 2013, S. 141)

Die Prozessaufnahme mittels logistikorientierter Wertstromanalyse wird dort durchgeführt, wo die einzelnen Logistikprozesse tatsächlich ausgeführt werden. Wichtig ist, dass die tatsächlichen Prozessabläufe betrachtet, die real existierenden Bestände gezählt und die Mitarbeiter, die an dem Prozess arbeiten, befragt werden. Werte aus einem IT-System oder früher dokumentierte Werte sind für diese Prozessaufnahme nicht geeignet. So können kleinere und größere Probleme und Abweichungen zum Planungsstand schon früh erkannt werden. (Günthner et al. 2013, S. 138)

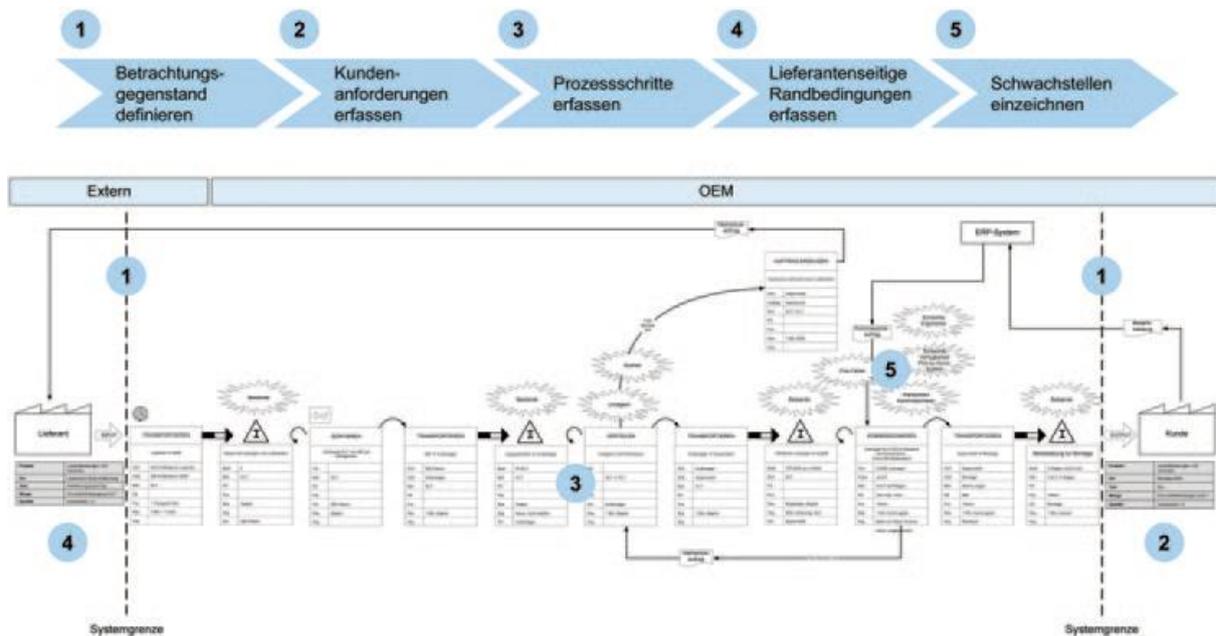


Abb. 4.10 Schritte bei der Erstellung eines logistikorientierten Wertstroms (Knössl 2013, S. 143)

„Die Abbildung eines Ist-Prozesses mit Hilfe der logistikorientierten Wertstromanalyse gliedert sich in fünf elementare Schritte (Abb. 4.10).“ (Knössl 2013, S. 141) Im ersten Schritt wird der Betrachtungsgegenstand definiert. Hierbei werden die zu analysierende Produktfamilie, deren Kunden und Lieferanten als Systemgrenzen festgelegt. (Knössl 2013, S. 141–142) Dabei soll darauf geachtet werden, dass ein großer Bereich betrachtet wird. Daraus ergibt sich ein größerer Gestaltungsspielraum für die anschließende Prozessplanung. Allerdings soll nach Günthner eine Prozesskette gewählt werden, auf die später Einfluss genommen werden kann. So können auch zwei Produktionsprozesse als Systemgrenzen gewählt werden, um anschließend den Logistikprozess zwischen ihnen zu analysieren. (Günthner et al. 2013, S. 138) „Durch die Fokussierung auf einen Betrachtungsgegenstand gelingt es, die in der Realität vorherrschende Systemkomplexität nicht in einem einzigen Wertstrom abzubilden.“ (Knössl 2013, S. 142) Dadurch beinhaltet jeder Wertstrom nur die Prozesse, die von der ausgewählten Produktfamilie durchlaufen werden. Als Produktfamilien werden Produkte mit gleichen oder sehr ähnlichen logistischen Abläufen verstanden. (Knössl 2013, S. 142) Günthner et al. nennen für die logistikorientierte Wertstromanalyse die „Produktfamilie“ Auftragsfamilie, da hier nicht das konkrete Material relevant ist, sondern die Tätigkeiten die auszuführen sind. (Günthner et al. 2013, S. 138) Dies führt dazu, dass „ähnliche logistische Aufträge statt ähnlicher Produkte gemeinsam betrachtet werden.“ (Günthner et al. 2013, S. 139) Hierbei soll ebenfalls ein großer Gestaltungsspielraum vorgegeben sein. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sollten jedoch nicht alle Logistikprozesse gemeinsam aufgenommen werden. Günthner empfiehlt dadurch logistische Aufträge, die denselben oder ähnliche Logistikprozesse durchlaufen, gebündelt zu betrachten. (Günthner et al. 2013, S. 138)

Mit dem zweiten Schritt beginnt das Aufzeichnen des Wertstroms beim Kunden. (Knössl 2013, S. 142) Der Kunde kann sowohl ein externer als auch ein interner Kunde sein. Der interne Kunde wäre in diesem Fall bspw. eine Produktionslinie. Die logistikorientierte Wertstromanalyse soll darstellen, wie der Kunde beliefert wird, ob und wie effizient die Anforderungen erfüllt werden. (Günthner et al. 2013, S. 139) Hierzu werden seine Anforderungen an Ort, Zeit, Menge und Zustand der Produkte in

einem Datenkasten erfasst. (Knössl 2013, S. 142) Dies geschieht nach den „5R“ bzw. 6R“ der Logistik. Der Kunde bestimmt (Günthner et al. 2013, S. 139)

- **das Produkt**, d.h. die Ware oder die Teile, die erhalten will,
- **den Ort**, d.h. den Anlieferort für die entsprechenden Teile,
- **den Zeitpunkt**, d.h. den Takt oder die Zeiten für die Belieferung,
- **die Menge**, d.h. die Anzahl an Teilen, die geliefert werden,
- **die Qualität**, d.h. den Zustand, in dem die gewünschten Teile beim Kunden eintreffen sollen,
- **ggf. die Kosten**, d.h. die Zielkosten, die für diese Leistung angesetzt werden müssen. (Günthner et al. 2013, S. 139)

Innerhalb der Wertstromkarte wird der Kunde auf der rechten Seite eingezeichnet. (Günthner et al. 2013, S. 139) Diese logistischen Vorgaben werden durch entsprechende Logistikfunktionen dargestellt. (Knössl 2013, S. 142)

Diese Funktionen werden nach dem Line-back-Ansatz, d.h. entgegen dem Materialfluss, im dritten Schritt ermittelt und dokumentiert. (Knössl 2013, S. 142) An diesem Punkt beginnt nach Günthner die eigentliche Prozessaufnahme. (Günthner et al. 2013, S. 140) Für den ersten Überblick reicht für Günthner ein „Schnelldurchgang“ durch den Prozess. (Günthner et al. 2013, S. 140) Hierbei werden bei jedem Prozessschritt, der aus Logistiksicht relevant ist, ein Prozesskasten erstellt und die relevanten Daten eingetragen. So wird weiter vorgegangen, bis der Materialfluss vom Kunden bis zum Lieferanten zurück komplett dargestellt worden ist. (Knössl 2013, S. 142) Durch den Line-back-Ansatz wird immer Rücksicht auf die Kundenanforderungen gewährleistet, ggf. ist ein gewisser Prozessschritt nicht notwendig, zudem können Materialströme aus mehreren Quellen zusammen fließen. Dadurch kann es zu keinem Verlust von Prozessschritten kommen. Wichtig für jeden Prozessschritt und unbedingt festzuhalten sind, welche Funktion erfüllt wird, wie der Schritt durchgeführt wird, welche Ressourcen zum Einsatz kommen und wie viel Zeit die Durchführung benötigt. Dies geschieht über die standardisierten Prozesskästen. Gegebenenfalls können noch weitere spezifische Informationen abgefragt werden. (Günthner et al. 2013, S. 140) Danach werden die Informationsflüsse zwischen den einzelnen Prozessschritten und zu bzw. von IT-Systemen untersucht. Aufgrund der steuerungstechnischen Verknüpfung der Prozesse, kann erkannt werden, aus welchem Grund jede Logistikfunktion innerhalb des Materialflusses angestoßen wird. (Knössl 2013, S. 142) Hierbei sollten nach Günthner Zusammenhänge zwischen den einzelnen Prozessschritten aufgezeigt werden. Daraus soll erkennbar sein, welche Informationen in den einzelnen Prozessschritten benötigt werden und welche Logik hinter der Prozessdurchführung steht. Die Darstellung geschieht hier über vordefinierte Symbole für die Steuerung. Besonders darauf zu achten ist, dass bei jedem Prozessschritt die Steuerung kenntlich gemacht wird. Existiert keine definierte Steuerung, wird das „Go-See“-Symbol benutzt, um dies kenntlich zu machen. (Günthner et al. 2013, S. 140)

Der Lieferant und seine Rahmenbedingungen bilden das Ende des Wertstroms. Diese werden ebenfalls in einem Datenkasten erfasst und bilden den vierten Schritt. Aus diesem Datenkasten lassen sich Rückschlüsse daraus ziehen, welche Produkte von welchen Orten, zu welchen Zeitpunkten, in welchen Mengen und in welchen Zuständen in das Ist-System fließen. (Knössl 2013, S. 142) Die Symbolik ist analog zum Kunden. Der Informationsfluss zum Lieferanten muss zusätzlich ergänzt werden. (Günthner et al. 2013, S. 140)

Im fünften und letzten Schritt wird der Wertstrom nach Verschwendungen untersucht. Knössl 2013, S. 142) Zunächst sollen laut Günthner et al. das Wissen und die Erfahrungen der Prozessbeteiligten hinsichtlich Schwachstellen abgefragt werden. (Günthner et al. 2013, S. 141) Als Hilfestellung kann hier beispielsweise das Toyota-Produktionssystem mit seinen sieben Arten der Verschwendung fungieren. (Knössl 2013, S. 142) Dabei sollte nach Günthner et al. gezielt auf Folgendes geachtet werden. (Günthner et al. 2013, S. 141)

- Verschwendung in Form von Überlieferung,
- Verschwendung in Form von Wartezeit,
- Verschwendung in Form von überflüssigen Transporten,
- Verschwendung in Form von undefinierten Prozessen,
- Verschwendung in Form von (überdimensionierten) Beständen,
- Verschwendung in Form von unnötigen Tätigkeiten
- Verschwendung in Form von Fehlern (falsches Produkt, falscher Ort, falsche Zeit, falsche Menge, falsche Qualität). (Günthner et al. 2013, S. 141)

Zusätzlich sollen alle Prozessschritte systematisch, vom Kunden in Richtung Lieferanten auf ihre Notwendigkeit untersucht werden. (Günthner et al. 2013, S. 141) Ebenso können aus den Prozesskästen, und ihren Kenngrößen (Günthner et al. 2013, S. 141), der einzelnen Logistikfunktionen ggf. auch Rückschlüsse auf eventuelle Verschwendungen geschlossen werden. (Knössl 2013, S. 142) Liegezeiten der Teile in Puffern bzw. Lagern, Verweilzeiten in den Prozessschritten und die Gesamtdurchlaufzeit der Teile durch den Prozess lassen sich nach Günthner als Kennzahlen bestimmen. (Günthner et al. 2013, S. 141) Damit die Liegezeiten abgeschätzt werden können, werden Bestände in Liegezeiten umgerechnet. (Günthner et al. 2013, S. 141) Hierbei gilt:

$$\text{Liegezeit} = \text{Bestand} [\text{Anzahl Kundenaufträge}] * \text{Kudentakt} [\text{s/Kundenauftrag}]$$

(Günthner et al. 2013, S. 141)

Der Kudentakt wird als Umrechnungsfaktor benutzt. Kudentakt besagt, in welchem Takt einzelne Aufträge beim Kunden ankommen müssen, damit die Nachfrage exakt gedeckt werden kann. Aufträge aus dem Puffer, bewegen sich laut Günthner im Mittel genau in diesem Takt durch den Puffer hindurch. (Günthner et al. 2013, S. 142) Liegezeiten und Verweilzeiten in den Prozessschritten werden über die gesamte Prozesskette addiert um die Gesamt-Durchlaufzeit zu ermitteln. Ist der Anteil der Liegezeit hoch, kann das ein Hinweis auf Aufträge sein, die nicht kontinuierlich fließen. (Günthner et al. 2013, S. 142)

Identifizierte Schwachstellen werden wie in der klassischen Wertstromanalyse mittels Kaizen-Blitzen markiert. (Knössl 2013, S. 142)

Durch die Erstellung eines logistikorientierten Wertstroms kann eine transparente Darstellung von Logistikabläufen gewährleistet werden. Dadurch können auftretende Verschwendungen identifiziert werden. Durch diese Ist-Analyse der Logistikprozesse ist eine nachfolgende Prozessoptimierung möglich und es können Stellhebel für eben diese identifiziert werden. Die Ergebnisse der Analyse sollten als Grundstein für ein zielgerichtetes Soll-Prozessdesign dienen. Bei der Generierung eines Soll-Prozesses, der möglichst verschwendungsfrei ist, sollte zunächst ein Idealprozess entworfen werden. Der Idealprozess besitzt dabei nur die Logistikfunktionen, die für die Erfüllung der Logistikaufgabe erforderlich sind. Die gegebenen Rahmenbedingungen von Kunde und Lieferant

dürfen allerdings nicht vernachlässigt werden. Die notwendigen Prozessschritte sind abhängig von den Anforderungen des Kunden, diese beziehen sich auf das zu liefernde Produkt, den Bereitstellort, den Bedarfszeitpunkt, die benötigte Menge und den Bereitstellzustand, und den Voraussetzungen auf der Lieferantenseite. Erforderliche Logistikfunktionen sind die, die durch eine örtliche, zeitliche, mengen- oder sortenmäßige Diskrepanz entstehen und damit unvermeidlich sind. Alle anderen Funktionen innerhalb des Ist-Zustandes müssen als kritisch betrachtet werden und sollten kritisch hinterfragt werden. (Knössl 2013, S. 142–143)

Die logistikorientierte Wertstromanalyse dient dazu ideale Prozesse zu schaffen. „In der Praxis lassen sich solch ideale Prozessketten aus unterschiedlichsten Gründen zumeist nicht realisieren“ Knössl 2013, S. 143) Der Idealprozess ist dennoch als Leitbild gut geeignet für kontinuierliche Verbesserungsprozesse und einer damit einhergehenden absoluten Verschwendungseliminierung. (Knössl 2013, S. 143)

5. Anforderungen für die Wertstromanalyse durch Auto-ID

In diesem Kapitel wird untersucht, welche Anforderungen die Berücksichtigung von Auto-ID-Technologien an die logistikorientierte Wertstromanalyse stellt.

So muss die logistikorientierte Wertstromanalyse darstellen, an welcher Stelle im Prozess, welcher Inhalt genau erfasst wird und welche Technologie zum Einsatz kommt. Für diese drei Aspekte werden in dieser Bachelorarbeit die Begriffe Erfassungspunkte, Erfassungsinhalte und Erfassungstechnologie verwendet, da mit Hilfe von Auto-ID-Technologien Daten erfasst werden.

Im Folgenden werden die jeweiligen Begriffe (Erfassungspunkte, Erfassungsinhalte, Erfassungstechnologien) näher erläutert.

Erfassungspunkte werden in der Literatur mit verschiedenen Begriffen bezeichnet, u.a. werden sie als Zählpunkt, Statuspunkt, Identifikationspunkt (i-Punkt) oder als Erfassungspunkt bezeichnet. (Klug 2010, S. 294) Der Identifikationspunkt wird nach ten Hompel und Heidenblut wie folgt definiert: „Der I-Punkt befindet sich am Eingang zum eigentlichen Lager. Neben der datentechnischen Überprüfung der Ware (Artikelnummer usw.) geschieht dort bspw. die Ermittlung der Lagerplätze. Zudem werden Maße und Gewichte der Ladeeinheiten sowie – bei automatischen Systemen – die Ladeeinheitenkontur und der mechanische Zustand der Palette kontrolliert.“ (ten Hompel und Heidenblut 2011, S. 134)

Dies ist eine Definition auf einen konkreten Anwendungsfall, also für einen speziellen Identifikationspunkt vor dem Lager. Aber auch bei anderen Logistikoperationen, neben dem Lagern, ist es wichtig die Ware datentechnisch zu überprüfen. So kann die Ware auch abhängig ihrer mitgeführten Information spezifische Prozesse auslösen. Innerhalb der Prozesskette gibt es an ganz verschiedenen Stellen Punkte zur Erfassung von Daten. Das sieht auch Hippenmeyer so und sagt: Damit Produktions- oder Distributionssysteme den Anforderungen von Industrie 4.0 gerecht werden ist eine sinnvolle Strukturierung dieser Systeme in Prozesse nötig. Auf der Basis dieser Struktur kann ein zulässiger Materialfluss festgelegt werden und somit auch nötige Identifikations- bzw. Erfassungspunkte definiert werden. Durch Definition von Erfassungspunkten kann auch ein Computer Aided Engineering-System (CAE) benannt werden. (Hippenmeyer 2016, S. 34–35)

Somit haben Erfassungspunkte einen ganz wesentlichen Anteil auf die Anforderungen für die Wertstromanalyse. Denn nur wenn Erfassungspunkte definiert sind, können Objekte identifiziert oder erfasst werden. Die logistikorientierte Wertstromanalyse strukturiert Prozesse nach einer vorher durchgeführten Prozessaufnahme. Durch sie ist auch der Materialfluss sichtbar. Hippenmeyer erklärt, dass sobald Prozesse strukturiert sind und der Materialfluss zulässig ist, können auch Identifikations- und Erfassungspunkte geplant werden. Das heißt es können Identifikations- und Erfassungspunkte lokalisiert werden, die dazu beitragen werden, den aufgenommenen Prozess zu optimieren. Wichtige Voraussetzung ist dadurch, dass die logistische Wertstromanalyse vor der Definierung von Identifikations- und Erfassungspunkten vollständig ist. Grundsätzlich können auch schon während der Prozessaufnahme Erfassungspunkte aufgenommen werden, solange sie bereits bestehen. Für zukünftige Erfassungspunkte erscheint es allerdings sinnvoll dem beschriebenen Ablauf von Hippenmeyer zu folgen. Da die Thematik der Industrie 4.0 immer wichtiger wird, ist eine Aufnahme bzw. Planung von Erfassungspunkten unabdingbar für Auto-ID-Technologien und stellt somit die Anforderung für die logistikorientierte Wertstromanalyse, diese abzubilden.

Eine weitere Anforderung an die logistikorientierte Wertstromanalyse ist die Abbildung der Erfassungsinhalte von Auto-ID-Technologien. Denn Auto-ID-Systeme werden aus bestimmten Gründen eingesetzt, vorrangig für die Identifikation und Datenerfassung. Zusätzlich helfen sie aber jeglichen Logistikfunktionen. Diese sind unter anderem die Kommissionierung, Distribution, Lagerung, Lagerplatzvergabe, Lagerumschlag und Sortierung. Somit ist es für den Planer von logistikorientierten Wertströmen von enormer Bedeutung, welche Inhalte durch die Anwendung von Auto-ID-Technologien übermittelt werden. Zudem ist für den Planer relevant, welche Logistikfunktion durch die übertragene Information ausgelöst wird. Auch hier können Erfassungsinhalte Auskünfte geben. Bei den am häufigsten genutzten und hier als relevant herausgearbeiteten Auto-ID-Technologien, nämlich dem Barcode und der RFID-Technologie, liegen die Informationen nur codiert vor. Ihre Inhalte können nicht ohne Weiteres vom menschlichen Anwender gelesen werden. So ist es für die Optimierung eines Prozess ungemein wichtig zu wissen welche Inhalte durch die Auto-ID-Technologie erfasst sind. Denn nur wenn eingeschätzt werden kann, ob alle Informationen, die eine Auto-ID-Technologie benutzt, auch relevant sind, können Schwachstellen ausgeschlossen werden. Beispielsweise können Auto-ID-Technologie eingesetzt werden, die nicht genug Informationen übermitteln, es können aber auch Auto-ID-Technologien eingesetzt werden, die zu viele Informationen und damit gegebenenfalls irrelevante Informationen zusätzlich übermitteln. So dass mit dem Gedanken an die 6-R-Regel der Logistik gegebenenfalls Kosten etc. eingespart werden könnten. Somit ist es unabdingbar für die Wertstromanalyse auch die Erfassungsinhalte der jeweiligen Auto-ID-Technologie abzubilden.

Als Erfassungstechnologien werden in dieser Bachelorarbeit die einzelnen Auto-ID-Technologien, samt ihrer Erfassungsgeräte verstanden. Haupterfassungstechnologien sind hierbei Barcodes, sowohl eindimensionale, als auch zweidimensionale und RFID-Datenträger. Die restlichen Auto-ID-Technologien werden, auf Grund ihrer geringen Verwendung innerhalb der Logistik, für den restlichen Teil nicht weiterverfolgt. Auch die Erfassungstechnologien stellen einige Anforderungen an die logistikorientierte Wertstromanalyse. So können verschiedene Auto-ID-Technologien bspw. verschiedene Information übermitteln und für verschiedene Anwendungen benutzt werden. Weiterhin hat jede Auto-ID-Technologie Vorteile aber auch Nachteile. Auto-ID-Technologien sollten passend zu ihrer Aufgabe ausgewählt werden. Denn auch bei der Auswahl der Auto-ID-Technologie sollte die 6-R-Regel der Logistik angewendet werden. Denn nur wenn Gebrauch von dieser Regel gemacht wird, können Optimierungen vollends ausgeschöpft werden. Es besteht kein Vorteil für den Materialfluss, wenn alle Prozesse optimal aufeinander abgestimmt sind, im Gegenzug aber durch die Wahl der falschen Auto-ID-Technologie Komplikationen auftreten. Komplikationen können dabei jegliche Form des negativen Einflusses auf den Materialfluss sein. Zusätzlich soll zu jeder Zeit die richtige Information zur Verfügung stehen. Dies gelingt am besten durch die richtige Auswahl der Auto-ID-Technologie. Somit ist unabdingbar, dass die logistikorientierte Wertstromanalyse auch die Erfassungstechnologie, die zum Einsatz kommt, abbildet. Auf Grund dessen, dass aber auch die einzelnen Erfassungsgeräte der verschiedenen Auto-ID-Technologien Vor- und Nachteile aufweisen, sollten diese für die optimale Ausschöpfung von Informationen über den zu analysierenden Prozess mit aufgenommen werden. Denn nur wenn die Erfassungsgeräte auch optimiert an den Prozess angepasst werden, können gegebenenfalls weitere negative Effekte auf den Prozess reduziert werden. So dass durch die zusätzliche Aufnahme der Erfassungsgeräte für die einzelne Erfassungstechnologie mögliche Schwachstelle aufgedeckt werden. Schließlich ist dies eine der Kernaufgaben der logistikorientierten Wertstromanalyse. Der Aufwand durch die zusätzliche Aufnahme von Erfassungsgeräten ist kaum, da die Anzahl möglicher Erfassungsgeräte je

Erfassungstechnologie in einem gewissen Maße beschränkt ist. Außerdem werden Erfassungsgeräte zum Großteil bei der Planung von Auto-ID-Systemen mit geplant und können so einfach berücksichtigt werden.

Zusammenfassend hat die logistikorientierte Wertstromanalyse drei elementare Anforderungen durch die Erweiterung um den Aspekt der Auto-ID-Technologien zu bewältigen. Diese sind die Abbildung von Erfassungspunkten, Erfassungsinhalten und Erfassungstechnologien, diese beinhalten zusätzlich ihre jeweiligen Erfassungsgeräte. Im nachfolgenden Kapitel 6 gilt es Ansatzpunkte für eben diese Anforderungen zu finden.

6. Analyse der logistikorientierten Wertstromanalyse

„Bevor mit der Konzeption eines Sollprozesses begonnen werden kann, muss zunächst ein Überblick über die Istsituation vorliegen. Die Analyse des Istzustandes ist eine Voraussetzung für die Ermittlung von Schwachstellen des bestehenden Prozesses und die Lokalisierung von Verbesserungspotenzialen.“ (Koch 2015, S. 64)

Im folgenden Kapitel wird die logistikorientierte Wertstromanalyse auf ihre Ansatzpunkte zur Einbindung von Auto-ID-Technologien analysiert.

In dem Logistik-Wertstrom werden wie schon in Kapitel 4.2 erläutert, der Materialfluss, Informationsfluss und Steuerung, vom Lieferanten zum Kunden, übersichtlich auf einer Wertstromkarte dargestellt. Dieser ist in den meisten Fällen immer gleich und entspricht grundsätzlich der folgenden Abbildung Abb. 6.1.

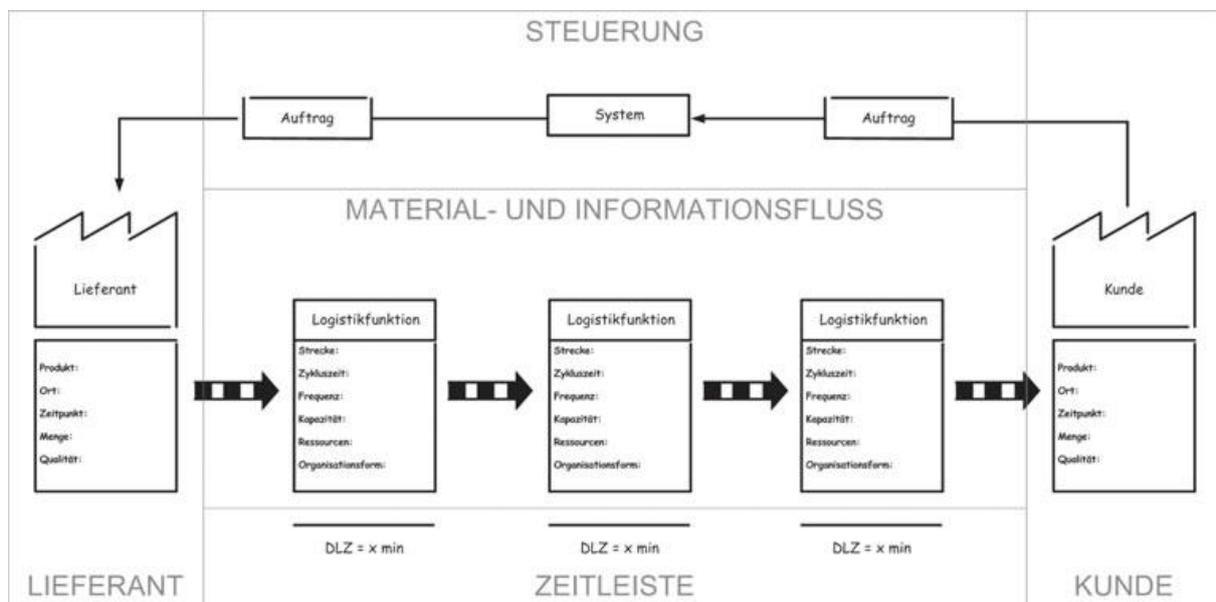


Abb. 6.1: Beispiel logistikorientierte Wertstromkarte (Günthner et al. 2013, S. 136)

Um geeignete Ansatzpunkte zur Einbindung von Auto ID zu identifizieren werden die einzelnen Teilbereiche der logistikorientierten Wertstromanalyse genauer untersucht. Dabei werden sowohl die angewandte Symbolik als auch die einzelnen Bereiche, wie Lieferant, Kunde, Steuerung und Material- und Informationsfluss der logistikorientierten Wertstromanalyse untersucht.

6.1. Analyse der Symbolik

Als erstes werden die Symbole für den Materialfluss näher untersucht. In nachfolgender Abbildung Abb. 6.2 sind die drei Symbole für den Materialfluss dargestellt.

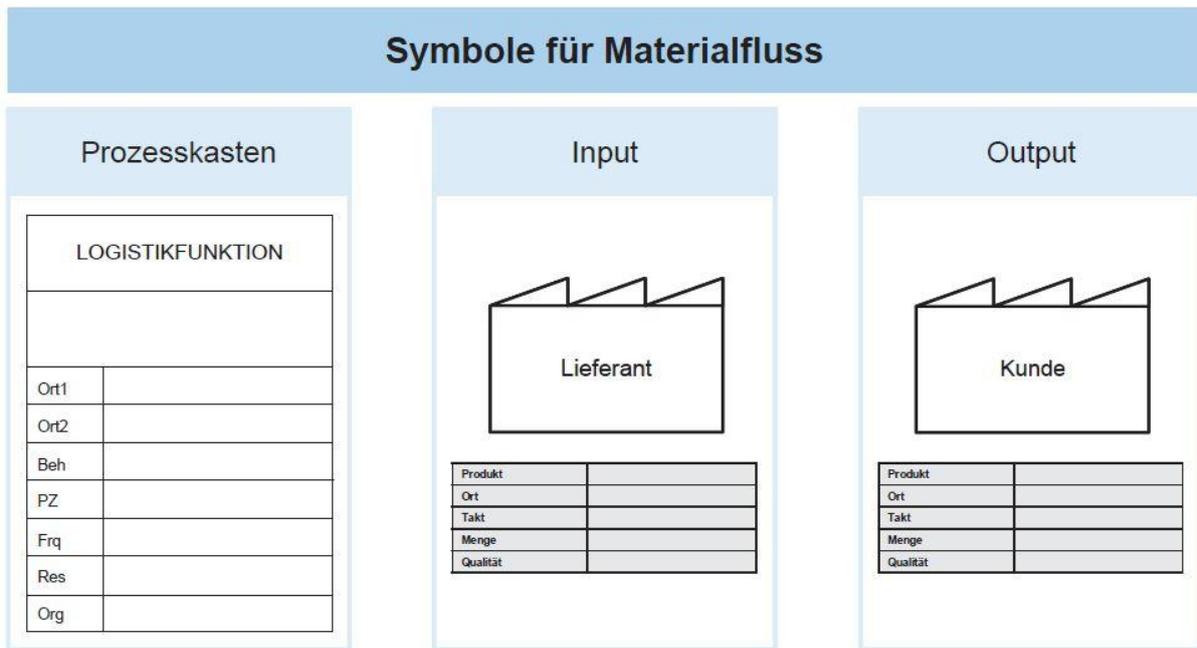


Abb. 6.2 Symbole für Materialfluss (Knössl 2013, S. 141)

Es existieren in der logistikorientierten Wertstromanalyse drei Symbole für den Materialfluss. Ein Symbol ist der Prozesskasten, dieser steht für eine einzelne Logistikfunktion und enthält Informationen über diese Logistikfunktion. Diese Informationen sind zum Beispiel Angaben zur verrichtenden Strecke, zur Zykluszeit, Frequenz, Ladung, Ladungsträger, Kapazität, Ressourcen und Organisationsform etc.

Das zweite Symbol beschreibt den Input, in den meisten Fällen entspricht dies dem Lieferanten. Hierbei werden Angaben zum Produkt, zum Ort, zum Takt, zur Menge und zur Qualität mit angegeben.

Das dritte Symbol ist der Output und entspricht in den meisten Fällen dem Kunden. Die Angaben sind analog zu dem Symbol des Inputs.

Alle drei Symbole enthalten zwar eine Vielzahl von Informationen, allerdings ist aus keinem der Symbole zunächst erkennbar wie Informationen mittels Auto-ID weitergegeben bzw. verarbeitet werden. Ebenso ist nicht erkennbar, ob überhaupt Auto-ID-Technologien verwendet werden. Somit lässt sich festhalten, dass die Symbolik für den Materialfluss alleine keine genaue Information über die Verwendung von Auto-ID-Technologien beinhaltet.

In der nachfolgenden Abbildung Abb. 6.3 sind die Symbole für den Informationsfluss dargestellt.

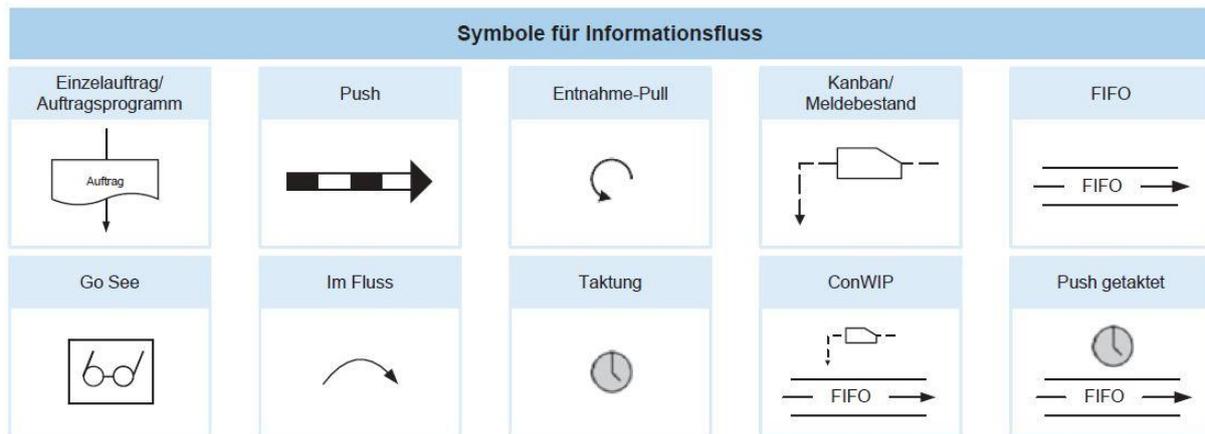


Abb. 6.3 Symbole für Informationsfluss (Knössl 2013, S. 141)

Nach Knössl existieren zehn verschiedene Arten von Informationsflüssen. Diese sind Einzelauftrag/Auftragsprogramm, Push, Entnahme-Pull, Kanban/Meldebestand, FIFO, Go See, Im Fluss, Taktung, ConWIP und Push getaktet.

Bei der Symbolik für den Informationsfluss ist, ebenfalls wie bei der Symbolik für den Materialfluss, keine Anwendung von Auto-ID-Technologien erkennbar. Diese Symbole geben nur Auskunft darüber, wie die einzelnen Logistikfunktionen ausgelöst werden bzw. abgearbeitet und/oder miteinander verknüpft sind. Das kann zwar mittels Auto-ID-Technologie erfasst und vermittelt werden, allerdings gibt kein Symbol Auskunft darüber, ob eine Auto-ID-Technologie genutzt wird.

Der Vollständigkeit halber werden zusätzlich noch die allgemeinen Symbole (Abb. 6.4) betrachtet.

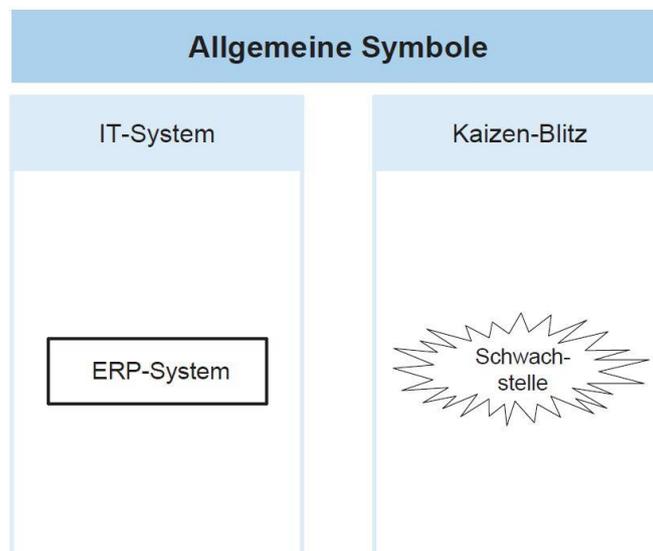


Abb. 6.4 Allgemeine Symbole (Knössl 2013, S. 141)

Diese Symbole geben nur Auskunft über das Enterprise-Resource-Planning-System (ERP-System) und über vorhandene Schwachstellen, dienen somit auch nicht der Einbindung von Auto-ID-Technologien.

Somit ist festzuhalten, dass die Symbolik der logistikorientierten Wertstromanalyse alleine keine echten Ansatzpunkte für die Einbindung von Auto-ID-Technologien liefert. Dies ist sowohl bei den Symbolen des Materialflusses, als auch den Symbolen des Informationsflusses und den allgemeinen Symbolen der Fall. Der einzige Ansatzpunkt der hierbei in Frage käme, wäre die Entwicklung von neuen Symbolen zur Einbindung von Auto-ID-Technologien. Hierbei sollte allerdings in Betracht gezogen werden, dass diese Symbole die zuvor erarbeiteten Anforderungen hinsichtlich Erfassungspunkte, Erfassungsinhalte und Erfassungstechnologien abdecken können.

6.2. Analyse der Prozesskästen

Im nächsten Schritt werden die einzelnen Prozesskästen hinsichtlich ihrer allgemeinen Inhaltspunkte analysiert. Hierbei werden diese ebenfalls auf mögliche Ansatzpunkte zur Einbindung von Auto-ID-Technologie untersucht. Wichtige Ansatzpunkte bieten dabei die Erfassungspunkte, Erfassungsinhalte und Erfassungstechnologien von den verschiedenen Auto-ID-Technologien und ob diese gegebenenfalls schon berücksichtigt werden.

In der folgenden Abbildung Abb. 6.5 sind die allgemeinen Logistikfunktionen mit ihren prozessbeschreibenden Attributen abgebildet.

Transportieren/Fördern		Puffern/Lagern		Sammeln/Verteilen	
Strecke	Quelle, Senke, Entfernung	Bestand	Gesamtmenge oder Anzahl Teile pro Sachnummer	Strecke	Quellen, Senken, Entfernung
Zykluszeit	Verteilungsfunktion mit Minimum, Maximum und Durchschnitt	Flächen-/Raumbedarf	in [m ² /m ³]	Zykluszeit	Verteilungsfunktion
Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion	Liegezeit	ggf. Verteilungsfunktion	Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion
Ladung	sortenrein/gemischt	Ressourcen	Lagermittel, Informationen	Fehlerquote	in [%]
Ladungsträger	Behältertyp, Behälterkapazität	Organisationsform	z. B. Supermarkt mit fixer Stellplatzordnung, FIFO-Bahn, unsortierter Puffer	Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter, Informationen
Kapazität	Anzahl Ladungsträger, Auslastung Transportmittel			Organisationsform	z. B. 2-stufiger Verteilprozess
Ressourcen	Transportmittel, Mitarbeiter, Informationen				
Organisationsform	z. B. 1:1-Direktverkehr, 1:n-Routenverkehr, n:1-Milk-Run				

Sortimentieren/Sortieren		Verpacken/Entpacken/Prüfen		Buchen	
Strecke	Quellen, Senken, Entfernung	Zykluszeit	Verteilungsfunktion	Zykluszeit	Verteilungsfunktion
Zykluszeit	Verteilungsfunktion	Frequenz	z. B. in Form einer Prüfquote in [%]	Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion
Kommissionierungseinheit	Auftragsgröße(n)	Fehlerquote	in [%]	Information	z. B. Teilenummer, Teilmenge, Lagerort
Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion	Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter, Informationen	Informationsträger	z. B. Warenbegleitschein, Barcode, RFID-Chip
Fehlerquote	in [%]	Organisationsform	z. B. 2-stufiger Prüfprozess (1. Stufe: Menge, 2. Stufe: Qualität)	Fehlerquote	in [%]
Anteil Greifzeit an Kommissionierzeit	in [%]			Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter
Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter, Informationen			Organisationsform	z. B. Einzelbuchung, Sammelbuchung
Organisationsform	z. B. 1-stufige Mann-zu-Ware-Kommissionierung mit Gassenwechsel				

Auftrag erzeugen		Etikettieren/Dokumentieren		Information übermitteln	
Zykluszeit	Verteilungsfunktion	Zykluszeit	Verteilungsfunktion	Information	z. B. Abladestellplatz für LKW, Änderung an Kommissionierauftrag
Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion	Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion	Strecke	Quelle, Senke, Entfernung
Information	z. B. Auftragsnummer, Teilenummern, Teilmengen, Lagerorte	Information	z. B. Wareninformation, Bestätigung einer Lieferung, Prüfergebnisse	Informationsübertragung	z. B. manuell, elektronisch
Informationsträger	z. B. Kommissionierliste, Bestellformular	Informationsträger	z. B. Warenbegleitschein, Lieferschein, Prüfprotokoll	Zykluszeit	Verteilungsfunktion
Fehlerquote	in [%]	Fehlerquote	in [%]	Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion
Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter	Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter	Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter
Organisationsform	z. B. Einzelauftrag, Sammelauftrag	Organisationsform	z. B. Ladeeinheit-Etikettierung, Fördergut-Etikettierung	Organisationsform	z. B. dezentraler Informationsaustausch, zentrale Informationsplattform

Abb. 6.5 Prozessbeschreibende Attribute der einzelnen Logistikfunktionen (Knössl 2013, S. 140)

Die allgemeinen Logistikfunktionen sind somit also das „Transportieren/Fördern“, das „Puffern/Lagern“, das „Sammeln/Verteilen“, das „Sortimentieren/Sortieren“, das

„Verpacken/Entpacken/Prüfen“, das „Buchen“, den „Auftrag erzeugen“, das „Etikettieren/Dokumentieren“ und die „Information übermitteln“.

Als nächstes werden alle Prozesskästen einzeln auf ihre Ansatzpunkte untersucht, beginnend mit dem Prozesskasten für das „Transportieren/Fördern“ (Abb. 6.6).

Transportieren/Fördern	
Strecke	Quelle, Senke, Entfernung
Zykluszeit	Verteilungsfunktion mit Minimum, Maximum und Durchschnitt
Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion
Ladung	sortenrein/gemischt
Ladungsträger	Behältertyp, Behälterkapazität
Kapazität	Anzahl Ladungsträger, Auslastung Transportmittel
Ressourcen	Transportmittel, Mitarbeiter, Informationen
Organisationsform	z. B. 1:1-Direktverkehr, 1:n-Routenverkehr, n:1-Milk-Run

Abb. 6.6 Prozesskasten Transportieren/Fördern (Knössl 2013, S. 140)

Der Prozesskasten „Transportieren/Fördern“ gibt Auskunft über die Strecke, die Zykluszeit, die Frequenz, die Ladung, den Ladungsträger, die Kapazität, die Ressourcen und die Organisationsform. Dabei werden die einzelnen Inhalte noch einmal näher unterschieden. Die Strecke kann über eine Quelle, eine Senke oder Entfernung beschrieben werden. Die Zykluszeit entspricht einer Verteilungsfunktion mit Minimum, Maximum und Durchschnitt. Die Frequenz kann ggf. durch eine Verteilungsfunktion angegeben werden. Die Ladung kann sortenrein oder gemischt sein. Der Abschnitt Ladungsträger gibt Auskunft über den Behältertyp und die Behälterkapazität. Der Punkt Kapazität gibt Auskunft über die Anzahl der Ladungsträger, sowie der Auslastung des Transportmittels. Der Punkt Ressourcen gibt Informationen zum Transportmittel, dem Mitarbeiter und den Informationen. Der Punkt Organisationsform gibt beispielsweise Auskunft, ob es sich um einen 1:1-Direktverkehr, 1:n-Routenverkehr, n:1-Milk-Run oder Ähnlichem handelt. Viele dieser Punkte könnten mittels Auto-ID-Technologie übermittelt werden. Allerdings können aus keinem dieser Punkte Rückschlüsse auf die Verwendung von Auto-ID-Technologien geschlossen werden. Es können Informationen in der Logistikfunktion „Transportieren/Fördern“ übermittelt werden, wodurch zumindest ein Ansatzpunkt für Erfassungsinhalte gegeben ist. Durch die Übermittlung von Informationen besteht ein Ansatzpunkt für die Einbindung von Auto-ID-Technologien, da viele Informationen mittels Auto-ID-Technologie einfach übertragbar sind. Informationen die über Auto-ID-Technologien übermittelt werden könnten, sind zum Beispiel Angaben zur Ladung, zum Ladungsträger, sowie zur Kapazität. Bei dem Prozesskasten existiert aber keine Aussage darüber, ob diese Informationen mittels Auto-ID-Technologie übermittelt werden oder ob diese auf willkürlichem Weg weitergetragen werden. Hinsichtlich Erfassungspunkte und Erfassungstechnologien möglicher verwendeter Auto-ID-Technologie wird im allgemeinen Prozesskasten für „Transportieren/Fördern“ keine Angabe gemacht. Dadurch kann kein Rückschluss daraus gezogen werden, ob Erfassungspunkte existieren oder Erfassungstechnologien verwendet werden.

Der nächste Untersuchungsgegenstand ist der Prozesskasten für das „Puffern/Lagern“ (Abb. 6.7).

Puffern/Lagern	
Bestand	Gesamtmenge oder Anzahl Teile pro Sachnummer
Flächen-/Raumbedarf	in [m ² /m ³]
Liegezeit	ggf. Verteilungsfunktion
Ressourcen	Lagermittel, Informationen
Organisationsform	z. B. Supermarkt mit fixer Stellplatzordnung, FIFO-Bahn, unsortierter Puffer

Abb. 6.7 Prozesskasten Puffern/Lagern (Knössl 2013, S. 140)

Der Prozesskasten „Puffern/Lagern“ gibt Auskunft über den Bestand, den Flächen-/Raumbedarf, die Liegezeit, die Ressourcen und die Organisationsform. Der Bestand gibt die Gesamtmenge oder die Anzahl Teile pro Sachnummer an. Der benötigte Flächen- bzw. Raumbedarf wird in m² oder m³ angegeben. Die Liegezeit wird ggf. mit einer Verteilungsfunktion angegeben. Die Ressourcen geben Lagermittel und Informationen an. Die Organisationsform gibt Auskunft, ob es sich bspw. um einen Supermarkt mit fixer Stellplatzordnung, eine FIFO-Bahn, einem unsortiertem Puffer oder Ähnlichem handelt. Auch bei diesem Prozesskasten können gewissen Informationen mittels Auto-ID-Technologien übertragen werden. Allerdings können auch bei dem Prozesskasten „Puffern/Lagern“ keine Rückschlüsse über die Verwendung von Auto-ID-Technologien geschlossen werden. Zwar werden in der Logistikfunktion „Puffern/Lagern“ auch Informationen benutzt, wodurch ein Ansatzpunkt bzgl. der Erfassungsinhalte von Auto-ID-Technologien besteht. So könnten zum Beispiel Informationen über den Bestand oder den Flächen-/Raumbedarf mittels Auto-ID-Technologie abgebildet werden. Jedoch werden durch den allgemeinen Prozesskasten und seine enthaltenden Informationen keine Hinweise auf eine Nutzung von Auto-ID-Technologien deutlich. Somit kann auch nicht mit Bestimmtheit geschlossen werden, ob Erfassungspunkte und Erfassungsinhalte für Auto-ID-Technologien bestehen oder genutzt werden.

Als Nächstes wird der Prozesskasten „Sammeln/Verteilen“ (Abb. 6.8) näher untersucht.

Sammeln/Verteilen	
Strecke	Quellen, Senken, Entfernung
Zykluszeit	Verteilungsfunktion
Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion
Fehlerquote	in [%]
Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter, Informationen
Organisationsform	z. B. 2-stufiger Verteilprozess

Abb. 6.8 Prozesskasten Sammeln/Verteilen (Knössl 2013, S. 140)

Der Prozesskasten „Sammeln/Verteilen“ gibt Auskunft über die Strecke, die Zykluszeit, die Frequenz, die Fehlerquote, die Ressourcen und die Organisationsform. Die Strecke wird mittels Quelle, Senke oder Entfernung angegeben. Die Zykluszeit wird mittels Verteilungsfunktion bestimmt. Die Frequenz wird ggf. auch per Verteilungsfunktion bestimmt. Die Fehlerquote wird in Prozent angegeben. Die Ressourcen können technische Hilfsmittel, Mitarbeiter oder Informationen sein. Die Organisationsform kann bspw. ein 2-stufiger Verteilprozess oder Ähnliches sein. Bei dem Prozesskasten „Sammeln/Verteilen“ können ebenfalls wieder Informationen mittels Auto-ID-Technologien übertragen werden. Mögliche Informationen, die Auto-ID-Technologien abbilden könnten, sind Angaben zur Strecke. Allerdings können auch bei diesem Prozesskasten keine Rückschlüsse auf die Verwendung von Auto-ID-Technologien geschlossen werden. Der Prozesskasten gibt allerdings genug Inhalte an, um gegebenenfalls Erfassungsinhalte von Auto-ID-Technologien abzubilden. So dass auch hier wiederum ein Ansatzpunkt bzgl. der Auto-ID-Technologien existiert. Der allgemeine Prozesskasten, sowie auch die Informationen in diesem, geben jedoch nicht an, ob Auto-ID-Technologien genutzt werden. Somit können auch hier keine Erfassungspunkte oder Erfassungstechnologien identifiziert werden. Es lässt sich also zusammenfassen, dass die Ansatzpunkte für die Einbindung von Auto-ID-Technologien maximal auf die Erfassungsinhalte beschränkt sind.

Der nächste Untersuchungsgegenstand ist der Prozesskasten für das „Sortimentieren/Sortieren“ (Abb. 6.9).

Sortimentieren/Sortieren	
Strecke	Quellen, Senken, Entfernung
Zykluszeit	Verteilungsfunktion
Kommissioniereinheit	Auftragsgröße(n)
Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion
Fehlerquote	in [%]
Anteil Greifzeit an Kommissionierzeit	in [%]
Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter, Informationen
Organisationsform	z. B. 1-stufige Mann-zu-Ware-Kommissionierung mit Gassenwechsel

Abb. 6.9 Prozesskasten Sortimentieren/Sortieren (Knössl 2013, S. 140)

Der Prozesskasten „Sortimentieren/Sortieren“ gibt Auskunft über die Strecke, die Zykluszeit, die Kommissioniereinheit, die Frequenz, die Fehlerquote, den Anteil Greifzeit an Kommissionierzeit, die Ressourcen und die Organisationsform. Die Strecke gibt Auskunft über die Quelle, die Senke und die Entfernung. Die Zykluszeit wird mittels Verteilungsfunktion angegeben. Die Kommissioniereinheit gibt die Auftragsgröße an. Die Frequenz kann mittels Verteilungsfunktion beschrieben werden. Die Fehlerquote wird in Prozent angegeben, genauso wie der Anteil der Greifzeit an der Kommissionierzeit. Die Ressourcen können technische Hilfsmittel, Mitarbeiter oder Informationen sein. Die Organisationsform kann bspw. eine 1-stufige Mann-zu-Ware-Kommissionierung mit Gassenwechsel oder ähnlichem sein. Auch hier können gewisse Informationen mittels Auto-ID-Technologie übermittelt bzw. weitergegeben werden. Die Strecke und die Kommissioniereinheit

könnte mittels Auto-ID-Technologie übermittelt werden. Dies bietet wiederum einen Ansatzpunkt hinsichtlich der Erfassungsinhalte. Jedoch werden mit diesem Prozesskasten wieder keine Angaben hinsichtlich der Benutzung von Auto-ID-Technologien gemacht, so dass kein Rückschluss auf mögliche Erfassungspunkte oder Erfassungstechnologien gezogen werden kann. Somit ist auch bei dem Prozesskasten „Sortimentieren/Sortieren“ der einzige Ansatzpunkt der Erfassungsinhalt.

Der Nächste Untersuchungsgegenstand ist der Prozesskasten „Verpacken/Entpacken/Prüfen“ (Abb. 6.10).

Verpacken/Entpacken/Prüfen	
Zykluszeit	Verteilungsfunktion
Frequenz	z. B. in Form einer Prüfquote in [%]
Fehlerquote	in [%]
Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter, Informationen
Organisationsform	z. B. 2-stufiger Prüfprozess (1. Stufe: Menge, 2. Stufe: Qualität)

Abb. 6.10 Prozesskasten Verpacken/Entpacken/Prüfen (Knössl 2013, S. 140)

Der Prozesskasten „Verpacken/Entpacken/Prüfen“ gibt Auskunft über die Zykluszeit, die Frequenz, die Fehlerquote, die Ressourcen und die Organisationsform. Die Zykluszeit kann mittels Verteilungsfunktion beschrieben werden. Die Frequenz kann bspw. in Form einer Prüfquote in Prozent angegeben werden, genauso wie die Fehlerquote in Prozent angegeben wird. Die Ressourcen können technische Hilfsmittel, Mitarbeiter oder Informationen sein. Die Organisationsform kann bspw. ein 2-stufiger Prüfprozess oder Ähnliches sein. Dieser Prozesskasten liefert kaum Inhalte, die als Erfassungsinhalte für Auto-ID-Technologien genutzt werden können. Dies ist allerdings der einzige Ansatzpunkt, der bei diesem Prozesskasten gefunden werden kann. Beispielsweise könnte ein Identifikationsmerkmal des zu prüfenden Teils übermittelt werden. Hinsichtlich Nutzung von Auto-ID-Technologien wird bei dem Prozesskasten „Verpacken/Entpacken/Prüfen“ aber ebenfalls keine Aussage getroffen. Dadurch können keine Ansatzpunkte für Erfassungspunkte oder Erfassungstechnologien identifiziert werden. So dass die Erfassungsinhalte den einzig möglichen Ansatzpunkt bieten.

Als nächstes wird der Prozesskasten „Auftrag erzeugen“ (Abb. 6.11) näher betrachtet.

Auftrag erzeugen	
Zykluszeit	Verteilungsfunktion
Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion
Information	z. B. Auftragsnummer, Teilenummern, Teilmengen, Lagerorte
Informationsträger	z. B. Kommissionierliste, Bestellformular
Fehlerquote	in [%]
Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter
Organisationsform	z. B. Einzelauftrag, Sammelauftrag

Abb. 6.11 Prozesskasten Auftrag erzeugen (Knössl 2013, S. 140)

Der Prozesskasten „Auftrag erzeugen“ gibt Auskunft über die Zykluszeit, die Frequenz, die Information, den Informationsträger, die Fehlerquote, die Ressourcen und die Organisationsform. Die Zykluszeit kann mittels Verteilungsfunktion angegeben werden. Die Frequenz kann gegebenenfalls auch per Verteilungsfunktion beschrieben werden. Die Information kann bspw. eine Auftragsnummer, Teilenummer, Teilmengen oder der Lagerort sein. Die Informationsträger können bspw. eine Kommissionierliste, ein Bestellformular oder Ähnliches sein. Die Fehlerquote wird in Prozent angegeben. Die Ressourcen können technische Hilfsmittel oder Mitarbeiter sein. Die Organisationsform kann bspw. ein Einzelauftrag, ein Sammelauftrag oder Ähnliches sein. Die Informationen wie Auftragsnummer oder Teilenummern sind klare Erfassungsinhalte, die über Auto-ID-Technologien vermittelt werden können. Andere Informationen können auch mittels Auto-ID-Technologien verarbeitet werden, was ebenso einen Ansatzpunkt hinsichtlich der Erfassungsinhalte darstellt. Bezüglich der Nutzung von Auto-ID-Technologien wird aber auch in diesem Prozesskasten keine Aussage getroffen. So dass nicht hinreichend bekannt ist, ob Erfassungspunkte oder Erfassungstechnologien für Auto-ID-Technologien genutzt werden. Dadurch bedingt existieren auch bei dem Prozesskasten „Auftrag erzeugen“ nur Ansatzpunkte in Richtung der Erfassungsinhalte von Auto-ID und keine bzgl. Erfassungspunkte oder Erfassungstechnologien.

Der Prozesskasten „Etikettieren/Dokumentieren“ (Abb. 6.12) bildet den nächsten Untersuchungsgegenstand.

Etikettieren/Dokumentieren	
Zykluszeit	Verteilungsfunktion
Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion
Information	z. B. Wareninformation, Bestätigung einer Lieferung, Prüfergebnisse
Informationsträger	z. B. Warenbegleitschein, Lieferschein, Prüfprotokoll
Fehlerquote	in [%]
Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter
Organisationsform	z. B. Ladeinheit-Etikettierung, Fördergut-Etikettierung

Abb. 6.12 Prozesskasten Etikettieren/Dokumentieren (Knössl 2013, S. 140)

Der Prozesskasten „Etikettieren/Dokumentieren“ umfasst Daten über die Zykluszeit, die Frequenz, die Information, die Informationsträger, die Fehlerquote, die Ressourcen und die Organisationsform. Die Zykluszeit wird mittels Verteilungsfunktion bestimmt. Die Frequenz gegebenenfalls ebenso. Die Informationen des Etiketts oder Dokuments können bspw. Wareninformationen, Bestätigung einer Lieferung, Prüfergebnisse oder Ähnliches umfassen. Die Informationsträger können Warenbegleitscheine, Lieferscheine, Prüfprotokolle sein. Die Fehlerquote wird in Prozent angegeben. Die Ressourcen können technische Hilfsmittel oder Mitarbeiter sein. Die Organisationsform kann bspw. eine Ladeinheit-Etikettierung, eine Fördergut-Etikettierung oder ähnliches sein. Die Informationsträger wie bspw. der Warenbegleitschein oder der Lieferschein kann gut per Auto-ID-Technologie ausgelesen werden. So dass darauf erfasste Informationen über eine ausgewählte Auto-ID-Technologie ausgelesen werden können. Somit bietet der Prozesskasten einen Ansatzpunkt bzgl. der Erfassungsinhalte von Auto-ID-Technologien. Allerdings geht nicht eindeutig hervor, um welchen Inhalt es genau gehen könnte. Hinsichtlich möglicher Erfassungspunkte und Erfassungstechnologien werden bei diesem Prozesskasten ebenfalls keine Aussagen getroffen. Dadurch gibt es auch bei diesem Prozesskasten nur einen Ansatzpunkt im Bezug auf Erfassungsinhalte.

Der nächste Untersuchungsgegenstand ist der Prozesskasten „Information übermitteln“ (Abb. 6.13).

Information übermitteln	
Information	z. B. Abladestellplatz für LKW, Änderung an Kommissionierauftrag
Strecke	Quelle, Senke, Entfernung
Informationsübertragung	z. B. manuell, elektronisch
Zykluszeit	Verteilungsfunktion
Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion
Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter
Organisationsform	z. B. dezentraler Informationsaustausch, zentrale Informationsplattform

Abb. 6.13 Prozesskasten Information übermitteln (Knössl 2013, S. 140)

Der Prozesskasten „Information übermitteln“ beinhaltet Daten über die Information, die Strecke, die Informationsübertragung, die Zykluszeit, die Frequenz, die Ressourcen und die Organisationsform. Die Information kann bspw. der Abladestellplatz für LKW, die Änderung an einem Kommissionierauftrag oder Ähnlichem sein. Die Strecke besteht aus Quelle, Senke und Entfernung. Die Informationsübertragung kann manuell oder elektronisch erfolgen. Die Zykluszeit wird mittels Verteilungsfunktion bestimmt. Die Frequenz wird gegebenenfalls genauso per Verteilungsfunktion bestimmt. Die Ressourcen können technische Hilfsmittel oder Mitarbeiter sein. Die Organisationsform kann bspw. ein dezentraler Informationsaustausch, eine zentrale Informationsplattform oder Ähnliches sein. Auch hier können wieder Ansatzpunkte hinsichtlich von Erfassungsinhalte ausgemacht werden. Da die Information, die übermittelt werden, durchaus per Auto-ID-Technologie transferiert werden können. Ebenso deutet eine etwaige elektronische oder manuelle Informationsübertragung daraufhin, dass eine Erfassungstechnologie genutzt werden könnte. Hinsichtlich der Erfassungspunkte wird allerdings keine Aussage durch den Prozesskasten erkenntlich. Damit bietet der Prozesskasten „Information ermitteln“ zwei mögliche Ansatzpunkte für Auto-ID-Technologien. Diese sind mögliche Erfassungsinhalte und Erfassungstechnologien.

Der letzte Untersuchungsgegenstand ist der Prozesskasten „Buchen“ (Abb. 6.14).

Buchen	
Zykluszeit	Verteilungsfunktion
Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion
Information	z. B. Teilenummer, Teilemenge, Lagerort
Informations-träger	z. B. Warenbegleitschein, Barcode, RFID-Chip
Fehlerquote	in [%]
Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter
Organisationsform	z. B. Einzelbuchung, Sammelbuchung

Abb. 6.14 Prozesskasten Buchen (Knössl 2013, S. 140)

Der Prozesskasten „Buchen“ gibt Auskunft über die Zykluszeit, die Frequenz, die Information, den Informationsträger, die Fehlerquote, die Ressourcen und die Organisationsform. Die Zykluszeit wird mittels Verteilungsfunktion angegeben. Die Frequenz kann gegebenenfalls auch per Verteilungsfunktion bestimmt werden. Die verbuchten Informationen sind bspw. Teilenummer, Teilemenge, Lagerort und Ähnliches. Der Informationsträger kann ein Warenbegleitschein, ein Barcode, ein RFID-Chip oder Ähnliches sein. Die Fehlerquote wird in Prozent angegeben. Die Organisationsform kann bspw. eine Einzelbuchung oder eine Sammelbuchung oder Ähnliches sein. Bei dem Prozesskasten werden zwei Ansatzpunkte zur Einbindung von Auto-ID-Technologien bedient. Zum einen über den Aspekt der Information. Dies ist ein klarer Ansatzpunkt hinsichtlich Erfassungsinhalte von Auto-ID-Technologien, da damit Information mittels des erfassten Inhalts übertragen werden. Zum anderen gibt der Prozesskasten „Buchen“ Aussagen über den Informationsträger. Durch den Informationsträger kann schnell auf die zu benutzende Erfassungstechnologie geschlossen werden. So dass hier ein Ansatzpunkt für die Einbindung von Auto-ID-Technologien vorliegt. Einzig über den Erfassungspunkt lassen sich durch die Einzelbetrachtung des Prozesskastens Buchens keine Aussagen treffen. Der Prozesskasten „Buchen“ gibt somit Auskunft über Erfassungsinhalte und Erfassungstechnologien von Auto-ID-Technologien.

Abschließend ist festzuhalten, dass Ansatzpunkte zur Einbindung von Auto-ID-Technologien, bei der einzelnen Betrachtung der Prozesskästen bestehen. So besitzen alle Prozesskästen Ansatzpunkte im Bereich Erfassungsinhalte. Jeder Prozesskasten beinhaltet durchaus Informationen die per Auto-ID-Technologie weitergegeben werden könnten. Im Bereich der Erfassungstechnologien bieten nur der Prozesskästen „Information übermitteln“ und „Buchen“ Ansatzpunkte. Bei dem Prozesskasten „Information übermitteln“ können Hinweise auf Ansatzpunkte für Erfassungstechnologien gefunden werden. Die Erfassungstechnologien werden nur im Allgemeinen, aber nicht eindeutig genug beschrieben. Dahingegen bietet der Prozesskasten „Buchen“ den eindeutigsten Ansatzpunkt hinsichtlich Erfassungstechnologie. Ebenso bietet er den besten Ansatzpunkt hinsichtlich Erfassungsinhalten. Einzig ein möglicher Ansatzpunkt bzgl. Erfassungspunkte fehlt. Durch die alleinige Betrachtung der Prozesskästen kann kein Ansatzpunkt identifiziert werden. Dazu muss die Wertstromanalyse im Ganzen betrachtet werden.

Wird die logistikorientierte Wertstromanalyse im Ganzen betrachtet ergeben sich durchaus Ansatzpunkte zur Einbindung von Auto-ID-Technologien im Hinblick auf Erfassungspunkte.

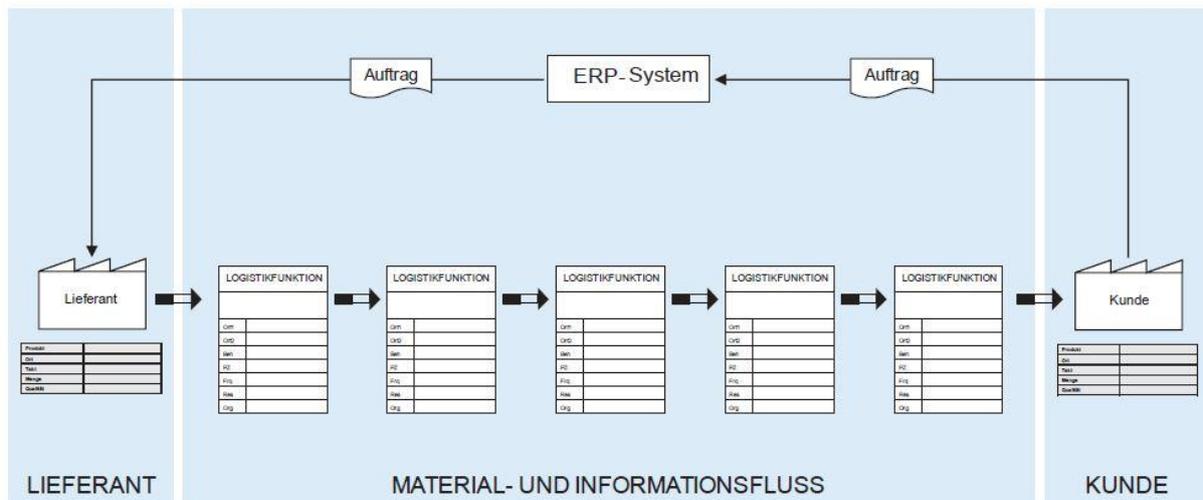


Abb. 6.15 Aufbau der logistikorientierten Wertstromkarte (Knössl 2013, S. 141)

In Abbildung Abb. 6.15 ist der allgemeine Aufbau der logistikorientierten Wertstromkarte nochmals abgebildet. Wird in dieser allgemeinen Abbildung eine beliebige Logistikfunktion durch den Prozesskasten „Buchen“ ausgetauscht, kann auch direkt auf einen Erfassungspunkt geschlossen werden. Dabei ist es egal, an welcher Stelle der Prozesskasten „Buchen“ steht, dieser kann sowohl direkt nach dem Lieferanten, direkt vor dem Kunden, als auch zwischen jeder beliebigen Logistikfunktion angesetzt werden und würde jeweils einen Erfassungspunkt darstellen. So dass mittels dem Prozesskasten „Buchen“ die Einbindung von Auto-ID-Technologien in der logistikorientierten Wertstromanalyse bis dato am besten realisiert werden kann. Denn sowohl Erfassungsinhalte und Erfassungstechnologien sind mittels des Prozesskastens ablesbar und die Position des Prozesskastens innerhalb der Wertstromanalyse gibt den jeweiligen Erfassungspunkt für Auto-ID-Technologien an.

Im anschließenden Kapitel soll eine geeignetere Methode, als das alleinige Verwenden des schon bestehenden Prozesskastens „Buchen“, für die Implementierung von Auto-ID-Technologien dargestellt werden.

7. Konzept zur Implementierung von Auto-ID-Technologien

In diesem Kapitel wird ein allgemeines Vorgehen entwickelt, das die logistikorientierte Wertstromanalyse um Auto-ID-Technologien erweitern soll. Hierzu werden Elemente aus anderen Modellen aufgegriffen und kurz erläutert.

Wie in der Analyse der logistikorientierten Wertstromanalyse erläutert, könnte das Verwenden des Prozesskastens „Buchen“ (Abb. 7.1) eine schnelle und einfache Lösung sein, die drei Aspekte Erfassungsinhalte, Erfassungstechnologien und Erfassungspunkte in der logistikorientierten Wertstromanalyse aufzugreifen.

Buchen	
Zykluszeit	Verteilungsfunktion
Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion
Information	z. B. Teilenummer, Teilemenge, Lagerort
Informations-träger	z. B. Warenbegleitschein, Barcode, RFID-Chip
Fehlerquote	in [%]
Ressourcen	technische Hilfsmittel, Mitarbeiter
Organisationsform	z. B. Einzelbuchung, Sammelbuchung

Abb. 7.1 Prozesskasten Buchen (Knössl 2013, S. 140)

Allerdings ist dieser Prozesskasten nur bedingt geeignet, um in der Wertstromanalyse möglichst alle Auto-ID-Technologien und ihre Aufgaben aufzuzeigen. Der Prozesskasten enthält zwar eine große Menge an Informationen bezüglich der verwendeten Auto-ID-Technologie und der zu erfassenden Informationen, aber durch übermäßige Verwendung, wird die Wertstromanalyse schnell stark anwachsen und dadurch an Übersichtlichkeit verlieren. Positiv ist die Fülle an Informationen, die der Prozesskasten beinhaltet. Diese Informationen sollten auch in dem zu entwickelndem Vorgehen in ausreichender Weise vorhanden sein. Das heißt für das Vorgehen, dass Aspekte zum Erfassungspunkt, zum Erfassungsinhalt und zur Erfassungstechnologie direkt erkennbar sein sollten.

Zur Erweiterung der logistikorientierten Wertstromanalyse gilt es zunächst einmal eine weitere Symbolik zu entwerfen mit der Auto-ID-Technologien abgebildet werden können. Zusätzlich muss festgelegt werden, welche Inhalte in dieser Symbolik vorhanden sein sollen. In Kapitel 5 wurden die Anforderungen für die Wertstromanalyse durch Auto-ID vorgestellt. Hierbei liegt der Schwerpunkt auf den Erfassungspunkten, auf den Erfassungsinhalten und Erfassungstechnologien. Diese drei Aspekte sollten alle durch die neue Symbolik abgebildet werden. Wie in Kapitel 4.1 schon geschrieben sind die geeignetsten Methoden, die Prozesse darstellen können, die Wertstromanalyse, die ereignisgesteuerte Prozesskette und das Flussdiagramm. Auf Grund ihrer häufigen Anwendung und ihrer sehr ähnlichen Form der Prozessdarstellung, dienen diese deshalb in dieser Bachelorarbeit, als Grundlage für das Entwickeln des allgemeinen Vorgehens. Als Grundelemente beinhalten alle diese Prozessmodellierungen die rechteckige Kastenform um eine Funktion innerhalb des Prozesses darzustellen. Auf Grund dessen wird die rechteckige Kastenform auch in diesem Vorgehen als sinnvoll betrachtet, um Auto-ID-Technologien in der logistikorientierten Wertstromanalyse abzubilden.

Erfassungs- technologie	Nr. Erfassungspunkt
Erfassungsinhalt	
Erfassungsgerät	

Abb. 7.2 Auto-ID-Technologie Kasten (eigene Darstellung)

Der entwickelte Kasten für die Aufnahme von Auto-ID-Technologien (Abb. 7.2) enthält vier elementare Informationen. In der linken oberen Zelle wird die Erfassungstechnologie dargestellt. Es soll dort eingetragen werden, welche Auto-ID-Technologie benutzt wird. In der mittleren Zelle wird der Erfassungsinhalt beschrieben, hier soll deutlich gemacht werden, welchen Dateninhalt die Objektkennzeichnung enthält. In der untersten Zelle wird erfasst mit welchem Gerät die Objektkennzeichnung identifiziert wird, da je nach Auto-ID-Technologie unterschiedliche Erfassungsgeräte zum Einsatz kommen können. Informationen darüber können in einer späteren Prozessoptimierung relevant werden. Zusätzlich wird in der rechten oberen Zelle noch der Erfassungspunkt mitgezählt. Der eigentliche Erfassungspunkt wird erst durch die Position im Prozess erkennbar. Dennoch soll durch die Durchnummerierung erkenntlich werden, wie viele Erfassungspunkte existieren.

Als nächstes werden Symbole für die einzelnen Erfassungstechnologien aufgebaut. Damit Auto-ID-Technologien zur Prozessgestaltung berücksichtigt werden können, müssen sie innerhalb der Wertstromanalyse abgebildet werden. Dazu gilt es Symbole zu entwickeln, die klar abbilden, welche Auto-ID-Technologie eingesetzt wird. Die verschiedenen Auto-ID-Technologien können über Bilder ihrerseits in der Wertstromanalyse abgebildet werden.

Als Symbol für RFID bietet sich das in Abbildung Abb. 7.3 dargestellte Logo an. Dieses Logo wurde 2010 durch die ISO freigegeben. (Kern und Schubert 2011, S. 183) Zusätzlich dazu sollten noch Angaben zum benutzten Frequenzbereich gemacht werden. Die möglichen Frequenzbereiche für Europa sind LF, HF, UHF und Mikrowelle. Dazu sollte die Angabe in Hertz (Hz) auch gesetzt werden. Für LF 125 kHz, HF 13,56 MHz, UHF 868 MHz und Mikrowelle 2,45 GHz. Dadurch lassen sich Rückschlüsse auf die Art des Transponders schließen. Zudem können so schon in einer späteren Optimierung gegebenenfalls schneller Schwachstellen entdeckt werden, sollte es sich um eine der Anwendung nicht gerecht werdende RFID-Technologie handeln.



Abb. 7.3 RFID-Logo (Kern und Schubert 2011, S. 183)

Als Symbole für den Barcode können je nachdem, ob es sich um einen eindimensionalen oder zweidimensionalen Barcode handelt, die Symbole aus den Abbildungen Abb. 7.4 und Abb. 7.5 dienen. Auch hier sollten weitere Angaben zum Barcode getätigt werden, damit ein besseres Verständnis über den verwendeten Barcode vorherrscht. Bei eindimensionalen Barcodes kann beispielsweise zwischen Code 2/5, Code 2/5 interleaved, Code 39, EAN 13, Code 128 Ebene A oder Code 128 Ebene C unterschieden werden. Bei den zweidimensionalen Barcodes ist das Vorgehen analog zum Vorgehen bei den eindimensionalen Barcodes. Hier kann beispielsweise zwischen Aztec Code, Data Matrix Code und QR-Code unterschieden werden.



Abb. 7.4 Symbol für eindimensionale Barcodes (Helmus et al. 2009, S. 206)



Abb. 7.5 Symbol für zweidimensionale Barcodes (Helmus et al. 2009, S. 206)

Da vorrangig eindimensionale und zweidimensionale Barcodes Verwendung finden, sowie RFID-Technologien, wird auf eine Symbolik für die Klarschriftlesung, Karten etc. verzichtet. Auch auf ein Symbol für dreidimensionale oder vierdimensionale Barcodes wird aufgrund der geringen Verwendung verzichtet. Generell würde bei diesen Auto-ID-Technologien aber auch gelten, dass eine Aussage zur Erfassungstechnologie getätigt wird und anschließend diese Technologie noch spezifiziert werden sollte.

Zusätzlich ist zu erwähnen, dass während der Prozessaufnahme und der gleichzeitigen Anwendung der Papierform der Prozessanalyse, der Einfachheit halber die Erfassungstechnologie nicht als aufwendiges Symbol erfasst werden muss, sondern die einfache Benennung ausreichend ist. Die aufgebaute Symbolik sollte bei der Prozessmodellierung mittels Softwaretool Anwendung finden.

Werden die aufgebauten Symbole und ihre Zusatzangaben nun im Auto-ID-Technologie Kasten verwendet entstehen folgende Bilder (Abb. 7.6).



Abb. 7.6 Auto-ID-Technologie Kästen mit ausgefüllter Erfassungstechnologie (eigene Darstellung)

Die Erfassungsinhalte können je nach Prozess sehr unterschiedlich sein und richten sich stark daran, welcher Zweck mit der jeweiligen Auto-ID-Technologie verfolgt werden soll. So können die Erfassungsinhalte zur reinen Identifizierung genutzt werden, aber auch um Informationen an die nächste Logistikfunktion weiter zugeben. So sind gewisse Erfassungsinhalte abhängig von der nachfolgenden Logistikfunktion und andere Erfassungsinhalte sind unabhängig von der nächsten Logistikfunktion und damit „global“ innerhalb des Wertstroms gültig. Beispielhaft können Erfassungsinhalte der anschließenden Kommissionierung, Distribution, Lagerung, Lagerplatzvergabe, Lagerumschlag oder Sortierung gelten. Andernfalls kann es sich aber auch nur um eine Artikelnummer oder ähnliches handeln.

Für Erfassungsinhalte, die abhängig von der nachfolgenden Logistikfunktion sind, folgen Beispiele, die die Analyse in Kapitel 6.2 ergeben hat. Für das „Transportieren bzw. Fördern“ können die zurückzulegende Strecke, Angaben zur Ladung, Angaben zum Ladungsträger und Angaben zur Kapazität Erfassungsinhalte darstellen. Beim „Puffern bzw. Lagern“ können Erfassungsinhalte beispielsweise Aussagen über die Gesamtmenge oder die Teileanzahl pro Sachnummer oder Informationen zum Flächen- bzw. Raumbedarf liefern. Erfassungsinhalte die Auto-ID-Technologien bei der Logistikfunktion „Sammeln bzw. Verteilen“ tragen, können beispielsweise Informationen über die zurückzulegende Strecke beinhalten. Bei der Logistikfunktion „Sortimentieren bzw. Sortieren“ können Erfassungsinhalte der verwendeten Auto-ID-Technologie Aussagen über die Strecke und der Kommissioniereinheit liefern. Für das „Auftrag erzeugen“ können die Informationen bezüglich Auftragsnummer, Teilenummern, Teilmengen, Lagerorte etc. und die Informationsträger Erfassungsinhalte für Auto-ID-Technologien sein. Beim „Etikettieren“ bzw. „Dokumentieren“ können Erfassungsinhalte die Wareninformation oder aber Prüfergebnisse sowie die Bestätigung einer

Lieferung sein. Erfassungsinhalte von der Logistikfunktion „Information übermitteln“ können Informationen bezüglich eines Abladestellplatzes für LKW oder eine Änderung am Kommissionierauftrag sein. Beim „Buchen“ können Erfassungsinhalte zum Beispiel die Teilenummer, Teilmenge oder der Lagerort sein. Damit zusätzlich noch Informationen bezüglich der Auslastung der Speicherkapazität der verwendeten Auto-ID-Technologie gemacht werden kann, wird als letzter Punkt noch eine Ja/Nein Frage eingefügt. Diese soll beantworten, ob weiterer Speicher bei der benutzten Auto-ID-Technologie vorhanden ist oder ob der Speicher voll ausgelastet ist. Daraus ergibt sich ein folgendes Bild (Abb. 7.7) für den Auto-ID-Technologie Kasten.

Erfassungs- technologie	Nr. Erfassungspunkt
<p>Nur Identifizierung</p> <p>Transportieren/Fördern: Strecke, Ladung, Ladungsträger, Kapazität</p> <p>Puffern/Lagern: Bestand, Flächen-/Raumbedarf</p> <p>Sammeln/Verteilen: Strecke</p> <p>Sortimentieren/Sortieren: Strecke, Kommissioniereinheit</p> <p>Auftrag erzeugen: Auftragsnummer, Teilenummer, Teilmengen, Lagerorte</p> <p>Etikettieren/Dokumentieren: Wareninformation, Prüfergebnisse, Bestätigung einer Lieferung</p> <p>Information übermitteln: Abladestellplatz LKW, Änderung Kommissionierauftrag</p> <p>Speicherkapazität ausgelastet <input type="checkbox"/></p> <p>Mit ✓ für Ja oder ✗ nein auszufüllen</p>	
<p>Erfassungsgerät</p>	

Abb. 7.7 Auto-ID-Technologie Kasten mit Beispielen zu Erfassungsinhalten (eigene Darstellung)

Da auch die Erfassungsgeräte einen Einfluss auf die optimale Ausführung eines Prozesses haben, werden diese mit in den Kästen für Auto-ID-Technologie aufgenommen. Die Erfassungsgeräte stehen in Abhängigkeit zur eingesetzten Auto-ID-Technologie. So werden als Beispiele für RFID-Systeme handgeführte Terminals, Systeme mit geringer Anforderung und Systeme mit extremer Anforderung angeführt. Für Barcodes werden als Beispiele Laserscanner, Imager und handgeführte Stifte benutzt, wobei die Laserscanner und Imager noch in handgeführte und stationäre Geräte unterteilt werden. Die anderen Auto-ID-Technologien werden aufgrund ihrer geringen Verwendung in der Logistik nicht weiter berücksichtigt. Bei Verwendung derer würden diese genauso ausgefüllt wie die vorgestellten Kästen. Daraus ergibt sich folgendes Bild (Abb. 7.8) für die Auto-ID-Technologie Kästen.

 LF 125 kHz HF 13,56 MHz UHF 868 MHz MW 2,45 GHz	Nr. Erfassungspunkt	 Code 2/5 Code 39 EAN 13 Code 128	Nr. Erfassungspunkt	 Aztec Code Data Matrix Code QR Code	Nr. Erfassungspunkt
<p>Nur Identifizierung Transportieren/Fördern: Strecke, Ladung, Ladungsträger, Kapazität Puffern/Lagern: Bestand, Flächen-/Raumbedarf Sammeln/Verteilen: Strecke Sortimentieren/Sortieren: Strecke, Kommissioniereinheit Auftrag erzeugen: Auftragsnummer, Teilenummer, Teilmengen, Lagerorte Etikettieren/Dokumentieren: Wareninformation, Prüfergebnisse, Bestätigung einer Lieferung Information übermitteln: Abladestellplatz LKW, Änderung Kommissionierauftrag</p> <p>Speicherkapazität ausgelastet <input type="checkbox"/></p> <p>Mit ✓ für Ja oder ✗ nein auszufüllen</p>		<p>Nur Identifizierung Transportieren/Fördern: Strecke, Ladung, Ladungsträger, Kapazität Puffern/Lagern: Bestand, Flächen-/Raumbedarf Sammeln/Verteilen: Strecke Sortimentieren/Sortieren: Strecke, Kommissioniereinheit Auftrag erzeugen: Auftragsnummer, Teilenummer, Teilmengen, Lagerorte Etikettieren/Dokumentieren: Wareninformation, Prüfergebnisse, Bestätigung einer Lieferung Information übermitteln: Abladestellplatz LKW, Änderung Kommissionierauftrag</p> <p>Speicherkapazität ausgelastet <input type="checkbox"/></p> <p>Mit ✓ für Ja oder ✗ nein auszufüllen</p>		<p>Nur Identifizierung Transportieren/Fördern: Strecke, Ladung, Ladungsträger, Kapazität Puffern/Lagern: Bestand, Flächen-/Raumbedarf Sammeln/Verteilen: Strecke Sortimentieren/Sortieren: Strecke, Kommissioniereinheit Auftrag erzeugen: Auftragsnummer, Teilenummer, Teilmengen, Lagerorte Etikettieren/Dokumentieren: Wareninformation, Prüfergebnisse, Bestätigung einer Lieferung Information übermitteln: Abladestellplatz LKW, Änderung Kommissionierauftrag</p> <p>Speicherkapazität ausgelastet <input type="checkbox"/></p> <p>Mit ✓ für Ja oder ✗ nein auszufüllen</p>	
Handgeführtes Terminal System mit geringer Anforderung System mit extremer Anforderung		Handgeführter/stationärer Laserscanner Handgeführter/stationärer Imager Handgeführter Stift		Handgeführter/stationärer Laserscanner Handgeführter/stationärer Imager Handgeführter Stift	

Abb. 7.8 Auto-ID-Technologie Kästen mit möglichen Erfassungsgeräten (eigene Darstellung)

Die Erfassungspunkte werden wie oben schon beschrieben durch die Position im Prozess beschrieben und sind dadurch in der gesamten Wertstromanalyse erkennbar. Zusätzlich wird ihr Auftreten mitgezählt. Durch das Mitzählen der Erfassungspunkte kann später eine Aussage darüber getroffen werden, ob gegebenenfalls eine zu hohe Anzahl an Auto-ID-Technologien vorliegt, so dass der logistische Wertstrom auch mit weniger Erfassungspunkte noch genauso effizient wäre. Andersrum ist die Anzahl an Erfassungspunkten auch ein Indikator dafür, ob Auto-ID-Technologien zu wenig Anwendung finden und durch mehr Erfassungspunkte ein verbesserter Materialfluss möglich wäre. Außerdem kann durch eine Nummerierung gewährleistet werden, dass Erfassungspunkte nicht vertauscht werden. Eine beispielhafte Durchnummerierung ist in der Abbildung Abb. 7.9 zu erkennen. Weiterhin kann die Zahl des Erfassungspunktes später für eine Vereinfachung in der logistikorientierten Wertstromanalyse genutzt werden.

In der nachfolgenden Abbildung Abb. 7.9 sind die entwickelten Auto-ID-Technologie Kästen beispielhaft in die logistikorientierte Wertstromanalyse eingefügt.

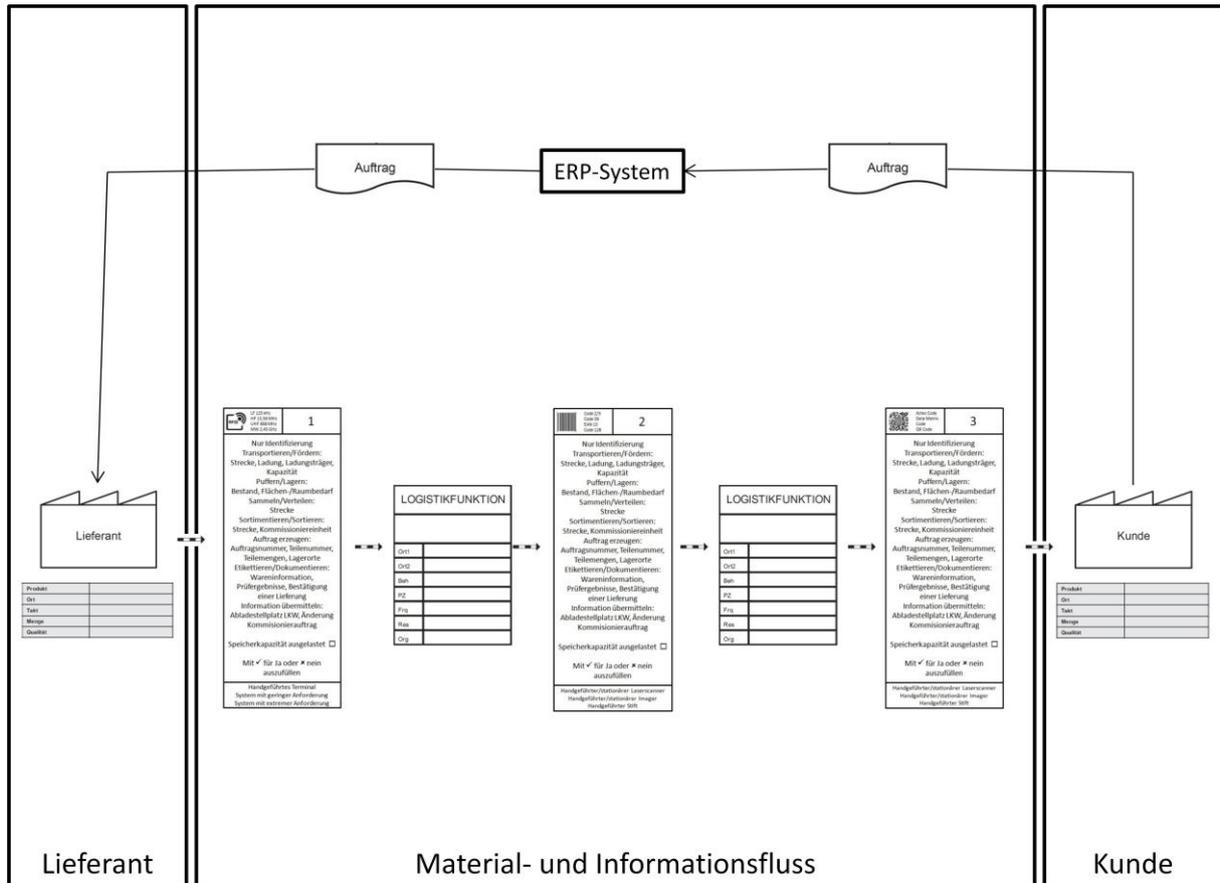


Abb. 7.9 Erweiterung der logistikorientierten Wertstromanalyse um Auto-ID-Technologien (eigene Darstellung)

Zu erkennen ist, dass der erste Erfassungspunkt (1) zwischen dem Lieferanten und der ersten Logistikkfunktion liegt. Der zweite Erfassungspunkt (2) liegt zwischen den beiden Logistikkfunktionen und der dritte Erfassungspunkt (3) liegt zwischen der zweiten Logistikkfunktion und dem Kunden. Somit sind die Erfassungspunkte direkt aus der logistikorientierten Wertstromanalyse ablesbar und die Durchnummerierung liefert für eine spätere Diskussion eine genaue Identifikation der Erfassungspunkte.

Um gegebenenfalls eine Vereinfachung der logistikorientierten Wertstromanalyse zu erhalten, kann der Prozess falls gewünscht ohne zusätzliche Kästen für Auto-ID-Technologien dargestellt werden. Das kann der Fall sein, wenn die vorhandenen Auto-ID-Technologien zunächst nicht verändert werden sollen. Es besteht die Option, die Auto-ID-Kästen durch ihre Nummerierung zu ersetzen und als eine Art Anhang anzufügen. Daraus entsteht folgendes Bild (Abb. 7.10) für die erweiterte logistikorientierte Wertstromanalyse.

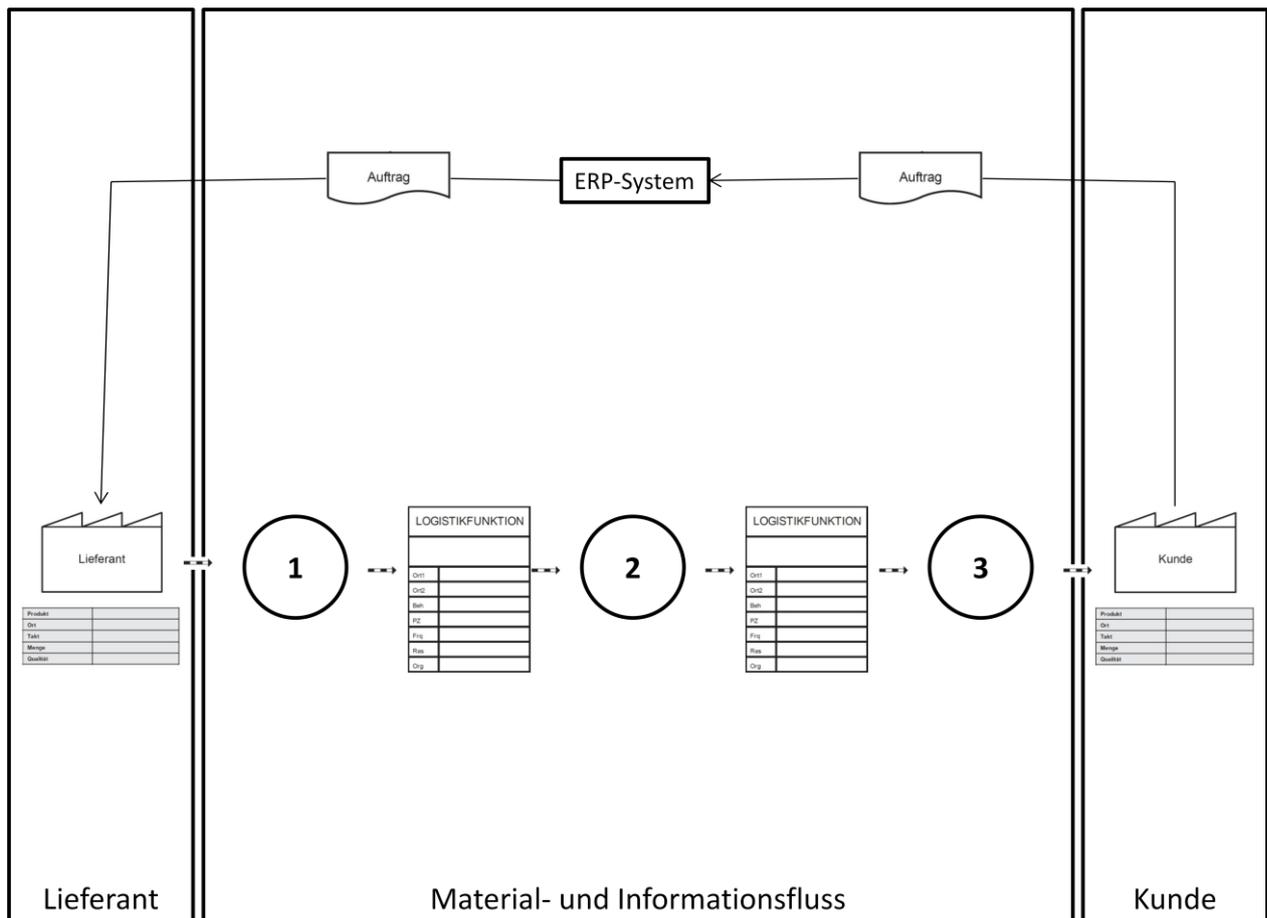


Abb. 7.10 „Vereinfachung“ erweiterte Wertstromanalyse (eigene Darstellung)

Unter den Gesichtspunkten der 6-R-Regel der Logistik und der vorgestellten Vorgehensweise in Kapitel 4.1 zur Prozessaufnahme ist die erweiterte logistikorientierte Wertstromanalyse aus Abbildung Abb. 7.9 vorzuziehen. Dort sind wie gefordert bei der Vorgehensweise zur Prozessaufnahme alle Informationen des Prozess direkt ersichtlic. Das ist bei der vereinfachten Darstellung nicht der Fall.

Abschließend ist festzuhalten, dass durch den in diesem Kapitel entwickelten Auto-ID-Technologie Kasten (Abb. 7.8) alle Anforderungen, die in Kapitel 5 ausgearbeitet wurden, erfüllt sind. Sowohl Erfassungstechnologien, Erfassungsinhalte, Erfassungsgeräte als auch Erfassungspunkte werden mit Hilfe des Kastens dargestellt. Durch diesen entwickelten Auto-ID-Technologie Kasten kann eine Prozessanalyse und Prozessoptimierung unter Berücksichtigung von Auto-ID-Technologien mit der logistikorientierten Wertstromanalyse durchgeführt werden.

8. Zusammenfassung

Ziel der Bachelorarbeit ist die Erweiterung der logistikorientierten Wertstromanalyse zur Berücksichtigung von Technologien der automatischen Identifikation und Datenerfassung.

Zunächst wurde der Begriff der Intralogistik aufgegriffen und abgegrenzt. Dadurch hat sich gezeigt, dass die Intralogistik eine große Bedeutung für die Organisation, Steuerung, Durchführung und Optimierung des innerbetrieblichen Materialflusses, sowie der Informationsströme hat. Dabei hat sich zudem gezeigt, dass die 6-R-Regel der Logistik eine wichtige Grundlage für den Rest der Arbeit bildet. So wird diese bei den RFID-Technologien und der logistikorientierten Wertstromanalyse wieder aufgegriffen. Als zweites wurden Auto-ID-Technologien näher beleuchtet. Hierbei konnte die Erkenntnis gewonnen werden, dass vor allem der Barcode und die RFID-Technologien erheblichen Einsatz in der Logistik finden. Auf diesen beiden Technologien liegt der Fokus in der späteren Entwicklung des Vorgehens. Bei den RFID-Technologien wurde herausgestellt, dass die 6-R-Regel der Logistik auf RFID-Technologien abgeleitet werden kann. In einem weiteren Schritt wurde die Prozessanalyse und mit ihr die Prozessaufnahme im Allgemeinen erläutert. Zusätzlich wurde die logistikorientierte Wertstromanalyse in ihren Grundlagen erläutert. Diese bilden neben den Auto-ID-Technologien die Hauptuntersuchungsgegenstände. Auch in der logistikorientierten Wertstromanalyse lässt sich die 6-R-Regel der Logistik wiederfinden. Diese drei Abschnitte bilden zusammen die theoretischen Grundlagen, die für die Entwicklung des Vorgehens nötig waren.

Mit der Untersuchung der Anforderungen, die Auto-ID-Technologien an die logistikorientierte Wertstromanalyse stellen, sollte gezeigt werden, welche Informationen nötig sind, damit Auto-ID-Technologien in die logistikorientierte Wertstromanalyse integriert werden können. Unter Berücksichtigung der 6-R-Regel der Logistik stellte sich heraus, dass Erfassungspunkte, Erfassungsinhalte und Erfassungstechnologien samt ihrer Erfassungsgeräte sinnvolle Informationen darstellen. In dem nächsten Schritt wurde die logistikorientierte Wertstromanalyse hinsichtlich dieser Informationen untersucht, dabei wurden sowohl die allgemeine Symbolik als auch die allgemeinen Prozesskästen untersucht. Es stellte sich heraus, dass Ansatzpunkte für Erfassungspunkte, Erfassungstechnologien und Erfassungsinhalte bestanden. Allerdings genügten diese unter Berücksichtigung der 6-R-Regel der Logistik und den theoretischen Vorgaben aus Kapitel 4.1 nicht. Aus diesem Grund wurde in einem letzten Schritt ein allgemeines Vorgehen für die Erweiterung der logistikorientierten Wertstromanalyse aufgebaut. Dabei wurde ein neues Symbol für die logistikorientierte Wertstromanalyse entwickelt, der Kasten für Auto-ID-Technologien. Dieser bildet alle in Kapitel 5 ermittelten Anforderungen ab. Erfassungspunkte, Erfassungsinhalte und Erfassungstechnologien werden berücksichtigt. Zusätzlich wurden für jeden Aspekt im Auto-ID-Technologie Kasten Beispiele herausgearbeitet.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass auf Grund der Entwicklung dieses allgemeinen Vorgehens sowohl bei einer Prozessaufnahme als auch bei Prozessanalysen und Prozessplanungen Auto-ID-Technologie berücksichtigt werden können. Ihre wichtigsten Eigenschaften werden durch den Auto-ID-Technologie Kasten abgebildet und können so unter Berücksichtigung der 6-R-Regel der Logistik in einer Prozessanalyse angepasst und optimiert werden. Bei einer Prozessplanung können so optimale Rahmenbedingungen für anzuwendende Auto-ID-Technologien bestimmt werden und auf die auszuführenden Logistikfunktionen abgestimmt werden.

Für die Zukunft ist eine Validierung der theoretischen Überlegungen dieser Bachelorarbeit von Interesse. Das bedeutet, dass der Anwender das hier überlegte Vorgehen sowie die entworfene

Symbolik beim Erstellen einer logistikorientierten Wertstromanalyse in der Praxis angewendet und bewertet. Zusätzlich dazu kann die Erweiterung anderer Prozessmodelle um den Aspekt der Auto-ID-Technologie von Interesse sein.

Abkürzungsverzeichnis

A

Auto-ID Automatische Identifikation und Datenerfassung

C

CAE Computer Aided Engineering

D

DNA Desoxyribonukleinsäure

E

EAN European Article Number

ERP Enterprise-Resource-Planning

F

FIFO First In – First Out

H

HF High Frequency

Hz Hertz

L

LF Low Frequency

M

MLP Multi Locus Profiling

O

OCR Optical Character Recognition

R

RAM Random Access Memory

RFID Radio Frequency Identification

RFLP Restriction Fragment Length Polymorphism

ROM Read Only Memory

S

SLP Single Locus Profiling

U

UHF Ultra High Frequency

V

VDMA Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit.....	2
Abb. 2.1 Struktur der Unternehmenslogistik (Martin 2011, S. 4)	5
Abb. 3.1 Wichtige Auto-ID-Verfahren (Finkenzeller 2015, S. 2).....	6
Abb. 3.2 Übersicht 1D, 2D, 3D und 4D Barcode (Helmus et al. 2009, S. 206).....	7
Abb. 3.3 Allgemeiner Aufbau des Barcodes (ten Hompel et al. 2008, S. 23)	7
Abb. 3.4 eindimensionale Barcodes im Vergleich (ten Hompel et al. 2008, S. 57) (Müller 2009, S. 55)	8
Abb. 3.5 Beispiel für PDF 417-Barcode (Manz 2017, S. 101).....	9
Abb. 3.6 Beispiel Aztec-Code (Manz 2017, S. 100).....	9
Abb. 3.7 Beispiel QR-Code (Manz 2017, S. 161).....	10
Abb. 3.8 Struktur Data Matrix Code (Bartneck 2008, S. 45).....	10
Abb. 3.9 CMC-7 Schrift (Schröder 2012, S. 56).....	12
Abb. 3.10 E13B Schrift (Schröder 2012, S. 56)	12
Abb. 3.11 OCR-A (ten Hompel et al. 2008, S. 20)	12
Abb. 3.12 OCR-B (ten Hompel et al. 2008, S. 20)	13
Abb. 3.13 RFID-System Grundprinzip (Helmus et al. 2009, S. 223).....	16
Abb. 3.14 Vergleich RFID-Frequenzen Europa (ten Hompel et al. 2008, S. 107)	17
Abb. 4.1 Vorgehensschritte Prozessanalyse (Best und Weth 2007, S. 55).....	20
Abb. 4.2 Beispiel Prozesslandkarte (Gadatsch 2017, S. 85)	21
Abb. 4.3 Mögliche Definitionen des Detaillierungsgrads der Prozessanalyse (Best und Weth 2007, S. 60).....	22
Abb. 4.4 Beispiel Darstellung von Start- und Endpunkt sowie Organisationseinheiten, die ein Prozess durchläuft (Allweyer 2015, S. 22).....	23
Abb. 4.5 Vor- und Nachteile von Workshop und Interview bei der Prozessanalyse (Best und Weth 2007, S. 64).....	24
Abb. 4.6 stark vereinfachte Darstellung einer Prozessdokumentation (Best und Weth 2007, S. 71) ..	26
Abb. 4.7 Aufbau der logistikorientierten Wertstromkarte (Knössl 2013, S. 141)	28
Abb. 4.8 Prozessbeschreibende Attribute der einzelnen Logistikfunktionen (Knössl 2013, S. 140).....	29
Abb. 4.9 Symbolik der logistikorientierten Wertstromanalyse (Knössl 2013, S. 141)	30
Abb. 4.10 Schritte bei der Erstellung eines logistikorientierten Wertstroms (Knössl 2013, S. 143)	31
Abb. 6.1: Beispiel logistikorientierte Wertstromkarte (Günthner et al. 2013, S. 136)	38
Abb. 6.2 Symbole für Materialfluss (Knössl 2013, S. 141).....	39
Abb. 6.3 Symbole für Informationsfluss (Knössl 2013, S. 141).....	40
Abb. 6.4 Allgemeine Symbole (Knössl 2013, S. 141)	40
Abb. 6.5 Prozessbeschreibende Attribute der einzelnen Logistikfunktionen (Knössl 2013, S. 140).....	41
Abb. 6.6 Prozesskasten Transportieren/Fördern (Knössl 2013, S. 140).....	42
Abb. 6.7 Prozesskasten Puffern/Lagern (Knössl 2013, S. 140).....	43
Abb. 6.8 Prozesskasten Sammeln/Verteilen (Knössl 2013, S. 140).....	43
Abb. 6.9 Prozesskasten Sortimentieren/Sortieren (Knössl 2013, S. 140)	44
Abb. 6.10 Prozesskasten Verpacken/Entpacken/Prüfen (Knössl 2013, S. 140)	45
Abb. 6.11 Prozesskasten Auftrag erzeugen (Knössl 2013, S. 140)	46
Abb. 6.12 Prozesskasten Etikettieren/Dokumentieren (Knössl 2013, S. 140)	47
Abb. 6.13 Prozesskasten Information übermitteln (Knössl 2013, S. 140).....	48
Abb. 6.14 Prozesskasten Buchen (Knössl 2013, S. 140)	49
Abb. 6.15 Aufbau der logistikorientierten Wertstromkarte (Knössl 2013, S. 141)	50

Abb. 7.1 Prozesskasten Buchen (Knössl 2013, S. 140)	51
Abb. 7.2 Auto-ID-Technologie Kasten (eigene Darstellung).....	52
Abb. 7.3 RFID-Logo (Kern und Schubert 2011, S. 183)	53
Abb. 7.4 Symbol für eindimensionale Barcodes (Helmus et al. 2009, S. 206).....	53
Abb. 7.5 Symbol für zweidimensionale Barcodes (Helmus et al. 2009, S. 206)	53
Abb. 7.6 Auto-ID-Technologie Kästen mit ausgefüllter Erfassungstechnologie (eigene Darstellung) ..	54
Abb. 7.7 Auto-ID-Technologie Kasten mit Beispielen zu Erfassungsinhalten (eigene Darstellung).....	55
Abb. 7.8 Auto-ID-Technologie Kästen mit möglichen Erfassungsgeräten (eigene Darstellung)	56
Abb. 7.9 Erweiterung der logistikorientierten Wertstromanalyse um Auto-ID-Technologien (eigene Darstellung)	57
Abb. 7.10 „Vereinfachung“ erweiterte Wertstromanalyse (eigene Darstellung)	58

Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1 Allgemeine Vor- und Nachteile von Barcodes (Kern 2007, S. 17)	10
--	----

Literaturverzeichnis

Allweyer, Thomas (2015): BPMN 2.0 - Business Process Model and Notation. Einführung in den Standard für die Geschäftsprozessmodellierung. 3., aktualisierte und erweiterte Auflage. Norderstedt: BOD - Books on Demand.

Arnold, Dieter (Hg.) (2006): Intralogistik. Potentiale, Perspektiven, Prognosen. Unter Mitarbeit von Joachim Miebach und Patrick Paul Müller. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag GmbH (VDI-Buch).

Bartneck, Norbert (2008): Prozesse optimieren mit RFID und Auto-ID. Grundlagen, Problemlösungen und Anwendungsbeispiele. Erlangen: Publicis Corporate Publ (Siemens).

Best, Eva; Weth, Martin (2007): Geschäftsprozesse optimieren. Der Praxisleitfaden für erfolgreiche Reorganisation. 2., überarbeitete Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag.

Finkenzeller, Klaus (2015): RFID-Handbuch. Grundlagen und praktische Anwendungen von Transpondern, kontaktlosen Chipkarten und NFC. Unter Mitarbeit von Josef Preishuber-Pflügl, Erich Reisenhofer, Michael E. Wernle und Florian Peters. 7., aktualisierte und erweiterte Auflage. München: Hanser.

Friedli, Thomas; Schuh, Günther (2012): Wettbewerbsfähigkeit der Produktion an Hochlohnstandorten. 2. Aufl. Berlin: Springer.

Gadatsch, Andreas (2017): Grundkurs Geschäftsprozess-Management. Analyse, Modellierung, Optimierung und Controlling von Prozessen. Wiesbaden, s.l.: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Gudehus, Timm (2012): Grundlagen, Verfahren und Strategien. Studienausg. der 4., aktualisierten Aufl. Berlin: Springer Vieweg (VDI-Buch, / Timm Gudehus ; 1).

Günthner, W. A.; Schneider, O. (2011): Methode zur einfachen Aufnahme und intuitiven Visualisierung innerbetrieblicher logistischer Prozesse. Hg. v. W. A. Günthner. fml Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik Technische Universität München.

Günthner, Willibald A.; Boppert, Julia (2013): Lean Logistics. Methodisches Vorgehen und praktische Anwendung in der Automobilindustrie. Berlin: Springer-Verlag.

Günthner, Willibald A.; Durchholz, Janina; Klenk, Eva; Boppert, Julia; Knössl, Tobias; Klevers, Markus (2013): Schlanke Logistikprozesse. Handbuch für den Planer. Dordrecht: Springer.

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

Helmus, Manfred; Meins-Becker, Anica; Laußat, Lars (2009): "RFID in der Baulogistik. Forschungsbericht zum Projekt ""Integriertes Wertschöpfungsmodell mit RFID in der Bau- und Immobilienwirtschaft""". 1. Aufl. s.l.: Vieweg (RFID im Bauwesen).

Hippenmeyer, Heinrich (2016): Automatische Identifikation für Industrie 4.0. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

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

Kern, Christian; Schubert, Eva (2011): RFID für Bibliotheken. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- Klug, Florian (2010): Logistikmanagement in der Automobilindustrie. Grundlagen der Logistik im Automobilbau. Berlin: Springer (VDI-Buch).
- Knössl, Tobias (2013): Logistikorientierte Wertstromanalyse. In: Günthner, Willibald A.; Boppert, Julia (2013): Lean Logistics. Methodisches Vorgehen und praktische Anwendung in der Automobilindustrie. Berlin: Springer-Verlag. S.135-144
- Koch, Susanne (2015): Einführung in das Management von Geschäftsprozessen. Six Sigma, Kaizen und TQM. 2. Aufl. Berlin: Springer Vieweg.
- Manz, Olaf (2017): Fehlerkorrigierende Codes. Konstruieren, Anwenden, Decodieren. Wiesbaden, s.l.: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Martin, Heinrich (2011): Transport- und Lagerlogistik. Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik ; mit 48 Tabellen. 8., überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag (Praxis).
- Miebach, Joachim; Müller, Patrick Paul (2006): Intralogistik als wichtigstes Glied von umfassenden Lieferketten. In: Arnold, Dieter (Hg.) (2006): Intralogistik. Potentiale, Perspektiven, Prognosen. Unter Mitarbeit von Joachim Miebach und Patrick Paul Müller. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag GmbH (VDI-Buch).
- Müller, Thomas (2009): Grundlagen der Informatik und Assemblerprogrammierung. 3., überarb. Aufl. Zürich: vdf Hochschulverl. an der ETH (vdf-Lehrbuch, / Thomas Müller ... ; 1).
- Schröder, Helmut (2012): EDV-Pionierleistungen bei komplexen Anwendungen. Automation des Postscheck- und Postsparkassendienstes. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- ten Hompel, Michael; Büchter, Hubert; Franzke, Ulrich (2008): Identifikationssysteme und Automatisierung. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (VDI-Buch).
- ten Hompel, Michael; Heidenblut, Volker (2011): Taschenlexikon Logistik. Abkürzungen, Definitionen und Erläuterungen der wichtigsten Begriffe aus Materialfluss und Logistik. 3., bearb. und erw. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (VDI-Buch).
- Wagner, Karl Werner; Lindner, Alexandra (2017): Wertstromorientiertes Prozessmanagement. Effizienz steigern; Verschwendung reduzieren; Abläufe optimieren. 2. überarbeitete Auflage. s.l.: Carl Hanser Fachbuchverlag.
- Wannenwetsch, Helmut (2010): Integrierte Materialwirtschaft und Logistik. Beschaffung, Logistik, Materialwirtschaft und Produktion. 4., aktualisierte Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Springer-Lehrbuch).

Eidesstattliche Versicherung

Bolz, Sven Daniel

144404

Name, Vorname

Matr.-Nr.

Ich versichere hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit/~~Masterarbeit~~* mit dem Titel

Erweiterung der logistikorientierten Wertstromanalyse zur Berücksichtigung von Technologien der automatischen Identifikation und Datenerfassung

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.

Dortmund, 04.05.2017

Ort, Datum

Unterschrift

*Nichtzutreffendes bitte streichen

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 Ordnungswidrigkeiten ist der Kanzler/die Kanzlerin der Technischen Universität Dortmund. Im Falle eines mehrfachen oder sonstigen schwerwiegenden Täuschungsversuches kann der Prüfling zudem exmatrikuliert 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 gfls. elektronische Vergleichswerkzeuge (wie z.B. die Software „turnitin“) zur Überprüfung von Ordnungswidrigkeiten in Prüfungsverfahren nutzen.

Die oben stehende Belehrung habe ich zur Kenntnis genommen:

Dortmund, 04.05.2017

Ort, Datum

Unterschrift