

MASTERARBEIT

Entwicklung einer intralogistikorientierten Wert- stromanalyse

In Kooperation mit:



WINDMÖLLER & HÖLSCHER

Vorgelegt von: Andreas Wiecher

Studiengang: Wirtschaftsingenieurwesen

Matrikelnummer: 157973

Ausgegeben am: 1. August 2018

Eingereicht am: 15. Januar 2019

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

Zweitprüfer: M. Sc. Felix Stadler

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis	X
1 Einleitung.....	1
2 Intralogistik	3
2.1 Wareneingang.....	6
2.2 Lager.....	10
2.3 Warenausgang	12
2.4 Innerbetrieblicher Transport.....	16
2.5 Produktion	18
3 Prozessmodellierung.....	21
3.1 Die Eigenschaften eines Geschäftsprozesses	21
3.2 Modellierungsmethode	23
3.3 Grundsätze der ordnungsgemäßen Modellierung.....	24
3.4 Auswahl von Modellierungsmethoden.....	25
4 Wertstromanalyse.....	27
4.1 Lean Management	27
4.1.1 Muri, Mura, Muda	27
4.1.2 Lean Logistik.....	29
4.2 Wertstrommanagement	30
4.3 Klassische Wertstromanalyse.....	31
4.3.1 Einordnung in Produktfamilien	32
4.3.2 Analyse des Kundenbedarfs	33
4.3.3 Prozessaufnahme	34
4.3.4 Verbesserungspotential.....	35
4.3.5 Zusammenfassung	36
4.4 Logistikorientierte Wertstromanalyse	37
5 Vorgehensmodelle.....	39
5.1 Situational Method Engineering.....	40

5.2	Requirements Engineering	42
5.2.1	Ermittlung der Anforderungen	43
5.2.2	Beschreibung der Anforderungen.....	43
5.2.3	Analyse der Anforderungsbeschreibungen.....	45
6	Forschungsfragen	46
7	Situational Method Engineering für Modellierungsmethoden.....	48
8	Erstellung der Methodenbasis	50
9	Spezifikation der Anforderungen.....	52
9.1	Ermittlung der Anforderungen	52
9.1.1	Anforderungen durch den Materialfluss.....	55
9.1.2	Anforderungen durch den Informationsfluss.....	64
9.1.3	Anforderungen durch die klassische Wertstromanalyse	68
9.2	Beschreibung der Anforderungen	72
9.3	Analyse der Anforderungsbeschreibungen	74
10	Auswahl der Methodenfragmente.....	76
10.1	Grundstruktur der Prozesskästen.....	76
10.2	Prozesskästen für den Materialfluss	79
10.2.1	Prozesskasten für räumliche Transformationen	79
10.2.2	Prozesskästen für zeitliche Transformationen.....	80
10.2.3	Prozesskästen für qualitative, mengen- und sortenmäßige Transformationen	81
10.3	Prozesskästen für den Informationsfluss.....	83
10.4	Design der Prozesskästen	85
10.5	Anpassung des Kunden- und des Lieferantensymbols.....	87
10.6	Anpassung des Familienrepräsentanten	88
10.7	Auswahl der prozess-orientierten Methodenfragmente	89
10.8	Anpassung des Kaizen-Blitzes	89
10.9	Anpassung der Steuerungsbausteine	90
10.10	Anpassung der Informationsflusssymbole	92
10.11	Anpassung des Wertstromdiagramms	93
10.12	Auswahl der Zeitachse	94
11	Zusammenführung der Methodenfragmente.....	95

12	Evaluation der intralogistikorientierten Wertstromanalyse	96
13	Zusammenfassung und Ausblick.....	99
14	Literaturverzeichnis	101
A.	Anhang.....	i
A.1	Windmüller & Hölscher KG	i
A.2	Begriffe der Intralogistik und ihre Definitionen	i
A.3	Hierarchie der Anforderungen.....	vii
A.4	Funktionen des Materialflusses in Kommissioniersystemen	viii
A.5	Das Toyota-Produktionssystem.....	x
A.6	Erläuterungen der Begriffe und Symbole aus der Wertstromanalyse	xiii
A.7	Logistische Grundfunktionen	xv
A.8	Beispiele für Methodenfragmente	xviii
A.9	Vorgehensweise der AHP-Analyse	xviii
A.10	Quality Function Deployment	xxii
A.11	Matrizen aus der AHP-Analyse.....	xxiii
A.12	QFD zur Auswahl der Methodenfragmente	xxix
A.13	Farbsymbolik.....	xxxI
A.14	Schematisches Beispiel eines intralogistikorientiertem Wertstromdiagramms	xxxii
A.15	Ergebnisse der Evaluation	xxxii
A.16	Methodenfragmente	xxxvii
A.17	Anforderungen	xlV

Abkürzungsverzeichnis

AHP	Analytic Hierarchy Process
ASN	Advanced Shipping Notification
BPMN	Business Process Model and Notation
CONWIP	Constant Work in Process
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DLZ	Durchlaufzeit
EDI	Electronic Data Interchange
ERP	Enterprise-Resource-Planning
FIFO	First In First Out
Freq.	Frequenz
HU	Handlings Unit
IHU	Input Handlings Unit
Info	Information
InfoT	Informationsträger
KTL	Kleinteillager
KEP	Kurier-Express-Paket-Dienstleister
KDX	Kardexlager
LE	Längeneinheit
LM	Lagermittel
Max.	Maximum
Min.	Minimum
Mod.	Modalwert
OHU	Output Handlings Unit
Org.	Organisationsform
Pos.	Position
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
Q > S	Quelle > Senke
QFD	Quality Function Deployment
Res.	Ressource
S > E	Sender > Empfänger
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer
VDI	Verein deutscher Ingenieure e.V.
VDMA	Verband deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
WMS	Warehouse Management System
WSA	Wertstromanalyse
ZE	Zeiteinheit

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Schematischer Aufbau der Intralogistik	4
Abbildung 2-2: Lagerprozess.....	10
Abbildung 2-3: Warenausgangsprozess.....	13
Abbildung 4-1: Wertstrommanagement	30
Abbildung 4-2: Beispiel eines Wertstromdiagramms (i.A. Fischermanns 2013, S. 145)32	
Abbildung 4-3: Beispiel eines Kundensymbols.....	33
Abbildung 4-4: Prozesskasten und Bestandssymbol	34
Abbildung 4-5: Symbole für den Material- und Informationsfluss (i.A. Balsliemke 2015, S. 9).....	35
Abbildung 4-6: Kaizen-Blitz	36
Abbildung 5-1: Schablone einer Volere-Karte	44
Abbildung 7-1: Situational Method Engineering für Modellierungsmethoden.....	49
Abbildung 9-1: Hierarchie der intralogistischen Bestandteile.....	54
Abbildung 9-2: Anforderungen durch Verpackungssysteme	57
Abbildung 9-3: Anforderungen durch Fördersysteme.....	58
Abbildung 9-4: Anforderungen durch Sortier- und Verteilsysteme	59
Abbildung 9-5: Anforderungen durch Umschlagsysteme	60
Abbildung 9-6: Anforderungen durch Lagersysteme	61
Abbildung 9-7: Anforderungen durch Kommissioniersysteme.....	63
Abbildung 9-8: Anforderungen durch nicht-intralogistische Systeme	64
Abbildung 9-9: Anforderungen durch die Datenerfassung.....	65
Abbildung 9-10: Anforderungen durch die Dateninterpretation	66
Abbildung 9-11: Anforderungen durch den Datentransport.....	66
Abbildung 9-12: Anforderungen durch die Datenspeicherung.....	67
Abbildung 9-13: Anforderungen durch die Datenverarbeitung.....	68
Abbildung 9-14: Hierarchie der Anforderungen aus der klassischen Wertstromanalyse68	
Abbildung 9-15: Anforderungen aus der Einordnung in Produktfamilien	69
Abbildung 9-16: Anforderungen aus der Kundenanalyse	69
Abbildung 9-17: Anforderungen aus der Prozessaufnahme	71
Abbildung 9-18: Anforderungen aus der Identifikation von Verbesserungspotential....	71
Abbildung 10-1: Intralogistikorientierte Prozesskästen	87
Abbildung 10-2: Lieferanten- und Kundensymbole der intralogistikorientierten Wertstromanalyse	88
Abbildung 10-3: Beispiele für einen Kaizen-Blitz und die Markierung eines wertschöpfenden Prozesses	90
Abbildung 10-4: Intralogistikorientierte Steuerungsbausteine	92
Abbildung 10-5: Intralogistikorientierte Informationsflusssymbole	93

Abbildung A-1: Hierarchie der Anforderungen.....	vii
Abbildung A-2: Schematische Darstellung des Toyota-Produktionssystems (i.A. Wille 2016, S. 69).....	xi
Abbildung A-3: Material- und Informationsflusssymbole aus dem logistischen Umfeld.....	xv
Abbildung A-4:Logistikfunktionen mit ihren relevanten Parametern (i.A. Knössl 2013, S. 140).....	xvii
Abbildung A-5: Prozess-orientiertes Methodenfragment am Beispiel „Adresse eintragen“.....	xviii
Abbildung A-6: Produkt-orientiertes Methodenfragment am Beispiel „Briefumschlag“.....	xviii
Abbildung A-7: Beispielhafte Hierarchie beim AHP.....	xix
Abbildung A-8: Matrix für den Einfluss auf die Entscheidung des optimalen Obst im AHP.....	xx
Abbildung A-9: Matrix für den Einfluss auf den Geschmack im AHP.....	xx
Abbildung A-10: Matrix für den Einfluss auf den Gesundheitsgrad im AHP.....	xx
Abbildung A-11: Approximation zur Bestimmung des Eigenvektors im AHP.....	xxi
Abbildung A-12: Matrix für den Einfluss auf die intralogistikorientierte Wertstromanalyse.....	xxiii
Abbildung A-13: Matrix für den Einfluss auf die Darstellung der Intralogistik.....	xxiii
Abbildung A-14: Matrix für den Einfluss der Prozessschritte auf die klassische Wertstromanalyse.....	xxiii
Abbildung A-15: Matrix für den Einfluss der Materialflusssysteme.....	xxiv
Abbildung A-16: Matrix für den Einfluss der Bestandteile des Informationsflusses.....	xxiv
Abbildung A-17: Matrix für den Einfluss der Anforderungen in Verpackungssystemen.....	xxiv
Abbildung A-18: Matrix für den Einfluss der Anforderungen in Fördersystemen.....	xxv
Abbildung A-19: Matrix für den Einfluss der Anforderungen in Sortier- & Verteilsystemen.....	xxv
Abbildung A-20: Matrix für den Einfluss der Anforderungen in Umschlagsystemen.....	xxv
Abbildung A-21: Matrix für den Einfluss der Anforderungen in Lagersystemen.....	xxvi
Abbildung A-22: Matrix für den Einfluss der Anforderungen in Kommissioniersystemen.....	xxvi
Abbildung A-23: Matrix für den Einfluss der Anforderungen bei der Datenerfassung.....	xxvi
Abbildung A-24: Matrix für den Einfluss der Anforderungen bei der Dateninterpretation.....	xxvi
Abbildung A-25: Matrix für den Einfluss der Anforderungen beim Datentransport.....	xxvii
Abbildung A-26: Matrix für den Einfluss der Anforderungen bei der Datenspeicherung.....	xxvii

Abbildung A-27: Matrix für den Einfluss der Anforderungen bei der Datenverarbeitung	xxvii
Abbildung A-28: Matrix für den Einfluss der Anforderungen bei der Kundenanalyse	xxviii
Abbildung A-29: Matrix für den Einfluss der Anforderungen bei der Prozessaufnahme	xxviii
Abbildung A-30: Matrix für den Einfluss der Anforderungen bei der Identifizierung von Verbesserungspotential.....	xxviii
Abbildung A-31: QFD-Matrix zur Auswahl der Methodenfragmente 1-11.....	xxix
Abbildung A-32: QFD-Matrix zur Auswahl der Methodenfragmente 12-22.....	xxx
Abbildung A-33: Beispiel für ein intralogistikorientiertes Wertstromdiagramm.....	xxxii
Abbildung A-34: Intralogistikorientiertes Wertstromdiagramm zum Wareneingangsprozess für Kleinteile der Windmüller & Hölscher KG.....	xxxiii
Abbildung A-35: Intralogistikorientiertes Wertstromdiagramm zur Kommissionierung von Kleinteilen der Windmüller & Hölscher KG.....	xxxiv
Abbildung A-36: Bewertung der intralogistikorientierten Methodenfragmenten I....	xxxv
Abbildung A-37: Bewertung der intralogistikorientierten Methodenfragmenten II .	xxxvi
Abbildung A-38: Methodenfragment „Familienrepräsentant auswählen“	xxxvii
Abbildung A-39: Methodenfragment „Familienrepräsentant“	xxxvii
Abbildung A-40: Methodenfragment „Kundenbedarf analysieren“	xxxviii
Abbildung A-41: Methodenfragment „klassisches Kundensymbol“	xxxviii
Abbildung A-42: Methodenfragment „Logistikorientiertes Kundensymbol“	xxxviii
Abbildung A-43: Methodenfragment „Lieferanten analysieren“	xxxix
Abbildung A-44: Methodenfragment „klassisches Lieferantensymbol“	xxxix
Abbildung A-45: Methodenfragment „logistikorientiertes Lieferantensymbol“	xxxix
Abbildung A-46: Methodenfragment „Produktionsplanung aufnehmen“	xl
Abbildung A-47: Methodenfragment „Produktionsdatenkasten“	xl
Abbildung A-48: Methodenfragment „Prozess aufnehmen“	xli
Abbildung A-49: Methodenfragment „Klassische Prozesssymbole“	xli
Abbildung A-50: Methodenfragment „Logistikorientierte Prozesssymbole“	xlii
Abbildung A-51: Methodenfragment „Materialflusssymbole“	xlii
Abbildung A-52: Methodenfragment „Informationsflusssymbole“	xlii
Abbildung A-53: Methodenfragment „Klassisches Wertstromdiagramm“	xliiii
Abbildung A-54: Methodenfragment „administratives Wertstromdiagramm“	xliiii
Abbildung A-55: Methodenfragment „Zeitachse erstellen“	xliiii
Abbildung A-56: Methodenfragment „Zeitachse“	xliv
Abbildung A-57: Methodenfragment „Verbesserungspotential identifizieren“	xliv
Abbildung A-58: Methodenfragment „Kaizen-Blitze“	xliv
Abbildung A-59: Anforderung „Erfassung der Packmittel“	xl

Abbildung A-60: Anforderung „Erfassung der Prozesszeiten“	xliv
Abbildung A-61: Anforderung „Erfassung der Betriebsmittel“	xlvi
Abbildung A-62: Anforderung „Erfassung der Wartezeiten“	xlvi
Abbildung A-63: Anforderung „Ermittlung der Inputmenge“	xlvii
Abbildung A-64: Anforderung „Erfassung von Pufferbeständen“	xlvii
Abbildung A-65: Anforderung „Erfassung der HU“	xlviii
Abbildung A-66: Anforderung „Darstellung des Leergutprozesses“	xlviii
Abbildung A-67: Anforderung „Erfassung der Flächen“	xlix
Abbildung A-68: Anforderung „Erfassung der Mitarbeiter“	xlix
Abbildung A-69: Anforderung „Erfassung der Fördermittel“	l
Abbildung A-70: Anforderung „Erfassung der Auslastung der Transportkapazität“	l
Abbildung A-71: Anforderung „Erfassung der Transportfrequenz“	l
Abbildung A-72: Anforderung „Erfassung der Transportmodi“	li
Abbildung A-73: Anforderung „Erfassung der Einschleusung“	li
Abbildung A-74: Anforderung „Erfassung der Strukturvariante“	li
Abbildung A-75: Anforderung „Erfassung der Materialflussaufteilung“	lii
Abbildung A-76: Anforderung „Unterscheidung des Umschlagens mit & ohne Rampe“	lii
Abbildung A-77: Anforderung „Aufführung der Verladeart“	lii
Abbildung A-78: Anforderung „Ermittlung der Lagerbestände“	liii
Abbildung A-79: Anforderung „Ermittlung der Flächennutzung“	liii
Abbildung A-80: Anforderung „Differenzierung der Lagermittel“	liii
Abbildung A-81: Anforderung „Differenzierung des Ordnungsgrads (Bereitstellung)“	liv
Abbildung A-82: Anforderung „Erfassung der Entnahmefälle“	liv
Abbildung A-83: Anforderung „Differenzierung des Ordnungsgrads (Abgabe)“	liv
Abbildung A-84: Anforderung „Erfassung der Kommissionierzonen“	lv
Abbildung A-85: Anforderung „Erfassung der Stufen der Kommissionierung“	lv
Abbildung A-86: Anforderung „Beschreibung der Tätigkeit“	lv
Abbildung A-87: Anforderung „Erfassung der Dokumente“	lvi
Abbildung A-88: Anforderung „Erfassung der Informationen“	lvi
Abbildung A-89: Anforderung „Identifizierung von Medienbrüchen“	lvii
Abbildung A-90: Anforderung „Erfassung der Computersysteme“	lvii
Abbildung A-91: Anforderung „Erfassung der Dokumentenablage“	lviii
Abbildung A-92: Anforderung „Darstellung der Auftragseinspeisung“	lviii
Abbildung A-93: Anforderung „Erfassung der Einspeisung der Kommissionierlisten“	lix
Abbildung A-94: Anforderung „Darstellung der Erstellung der Kommissionierlisten“	lix
Abbildung A-95: Anforderung „Eingrenzung des Betrachtungsgegenstands“	lix
Abbildung A-96: Anforderung „Definition des Systems“	lx
Abbildung A-97: Anforderung „Einfache, standardisierte Symbole“	lx
Abbildung A-98: Anforderung „Beschränkung auf kritische Parameter“	lxi

Abbildung A-99: Anforderung „Simple Verfahren ohne digitale Hilfsmittel“	lxi
Abbildung A-100: Anforderung „Betrachtung aus Kundensicht“	lxii
Abbildung A-101: Anforderung „Darstellung auf Prozessschrittebene“	lxii
Abbildung A-102: Anforderung „Gemeinsame Aufnahme des Material- und Informationsflusses“	lxiii
Abbildung A-103: Anforderung „Erfassung übergreifender Kennzahlen“	lxiii
Abbildung A-104: Anforderung „Erfassung wertschöpfender Prozesse“	lxiv

Tabellenverzeichnis

Tabelle A-1: Definitionen intralogistischer Begriffe I	ii
Tabelle A-2: Definitionen intralogistischer Begriffe II	iii
Tabelle A-3: Definitionen intralogistischer Begriffe III.....	iv
Tabelle A-4: Definitionen intralogistischer Begriffe IV.....	v
Tabelle A-5: Definitionen intralogistischer Begriffe V	vi
Tabelle A-6: Funktionen des Materialflusssystem in der Kommissionierung (i.A. Verein Deutscher Ingenieure 1994, S. 6)	viii
Tabelle A-7: Logistikfunktionen (i.A. Knössl 2013, S. 137ff.).....	xvi
Tabelle A-8: Skala für den Paarvergleich im AHP (i.A. Ali Khan et al. 2015, S. 55) ..	xix
Tabelle A-9: Zufallsindex RI (i.A. Saaty 2013, S. 1111).....	xxii
Tabelle A-10: Beispiele für Farbsymbolik (i. A. Thesmann 2010, S. 272).....	xxxi
Tabelle A-11: Methodenfragment „Bestandssymbole“	xlii

1 Einleitung

Im Jahr 2003 definierte der VDMA erstmals den Begriff der Intralogistik. Daran kann die wachsende Bedeutung der Intralogistik bereits abgelesen werden. Bestandteile der Intralogistik sind der innerbetriebliche Material- und Informationsfluss (vgl. Arnold 2006, S. 1). Die Bedeutung der Intralogistik äußert sich auch darin, dass in ihr die größten Verbesserungspotenziale für die Logistik zu erschließen sind (vgl. Arnold 2006, S. 30ff.). Fusko et al. (2017) bezeichnen die Intralogistik deshalb auch als den Engpass der Supply Chain, da die Intralogistik maßgeblich die Leistungsfähigkeit der Supply Chain mitbestimmt. Durch die steigende Vernetzung des Material- und Informationsflusses steigt jedoch die Komplexität in der Planung und Steuerung der Intralogistik. Aufgrund dessen wächst der Bedarf nach mehr Transparenz in der Intralogistik.

Um mehr Transparenz innerhalb eines Prozesses zu erhalten, kann der Prozess mit Hilfe von Modellierungsmethoden abgebildet werden. Durch die Umsetzung des Lean Managements ist die Wertstromanalyse in der Produktion und im produktionsnahen Umfeld weit verbreitet. Die Wertstromanalyse zeichnet sich unter anderem dadurch aus, dass sie den Material- und Informationsfluss leicht verständlich darstellt. Außerdem identifiziert sie im Gegensatz zu anderen Modellierungsmethoden gezielt Verschwendung und Verbesserungspotenzial im Prozess. Hierdurch dient sie als Grundlage des Wertstrommanagements für Prozessoptimierungen. Für die Anwendung in der Intralogistik eignet sich die klassische Wertstromanalyse jedoch nicht. Ihr Fokus liegt auf den Produktionsprozessen, wobei intralogistische Prozesse nur grob für die Vollständigkeit des Gesamtprozesses dargestellt werden (vgl. Günthner et al. 2013a, S. 135).

Aus diesem Sachverhalt lässt sich das Forschungsziel dieser Arbeit wie folgt ableiten. Die Wertstromanalyse wird weiterentwickelt, sodass intralogistische Prozesse durch sie abgebildet werden können. Wie bei der klassischen Wertstromanalyse dient das Ergebnis dieser intralogistikorientierten Wertstromanalyse als Grundlage für Optimierungsmaßnahmen. Deshalb sollen die zuvor beschriebenen Eigenschaften der Wertstromanalyse erhalten bleiben, die sie von anderen Modellierungsmethoden unterscheidet. Dies ist unter anderem die gemeinsame Darstellung von Material- und Informationsfluss sowie die direkte Identifizierung von Verschwendung.

Zu Beginn dieser Arbeit werden die theoretischen Grundlagen erläutert, die für die Entwicklung einer intralogistikorientierten Wertstromanalyse notwendig sind. In der folgenden Entwicklungsphase gibt das Situational Method Engineering Orientierung. Zunächst wird eine Methodenbasis erstellt. Dies ist eine Ansammlung von Methodenfragmenten. Ein Methodenfragment ist ein elementarer Bestandteil einer Methode. Da die Charakteristiken der klassischen Wertstromanalyse erhalten bleiben sollen, liegt auf ihr der Fokus bei der Erstellung der Methodenbasis. Deshalb wird in diesem Umfang

die Wertstromanalyse umfassend analysiert, um ihre Methodenfragmente zu identifizieren. Basierend auf dieser Grundlage werden die Methodenfragmente eindeutig beschrieben.

Anschließend wird eine Anforderungsanalyse für die intralogistikorientierte Wertstromanalyse nach der Vorgehensweise des Requirements Engineering durchgeführt. Diese beginnt mit der Ermittlung der Anforderungen. Der Fokus liegt hierbei auf der Untersuchung der Intralogistik und ihren Prozessen. Hiernach werden die Anforderungen mit Hilfe von Volere-Karten spezifiziert. Darüber hinaus werden die Anforderungen anhand des Analytic Hierarchy Process (AHP) priorisiert. Mit dieser Priorisierung sollen im späteren Verlauf der Methodenentwicklung Entscheidungen zwischen gegensätzlichen Anforderungen getroffen werden. Nach der Spezifikation der Anforderungen wird die Anforderungsanalyse abgeschlossen, indem die Anforderungen verifiziert und validiert werden. Hierbei wird sichergestellt, dass alle Anforderungen eindeutig beschrieben sind und sich nicht überschneiden.

Der Anforderungsanalyse folgt die eigentliche Entwicklung der Methode. Hierbei wird so vorgegangen, dass die Anforderungen gemäß ihrer Priorität ausgewählt werden. Anhand der Anforderungsspezifikation werden anschließend ein oder mehrere Methodenfragmente aus der Methodenbasis mit Hilfe des Quality Function Deployment (QFD) ausgewählt. Daraufhin werden die ausgewählten Methodenfragmente zu einer neuen Methode zusammengefügt. Dieses Vorgehen wird iterativ wiederholt bis keine Verbesserungen bei der entwickelten Methode erzielt werden können. Dies ist der Fall, wenn entweder alle Anforderungen erfüllt werden oder die Erfüllung einer Anforderung das Verfehlen einer höher priorisierten Anforderung bedingt.

Nachdem auf diesem Weg die intralogistikorientierte Wertstromanalyse entwickelt wurde, wird diese anhand praktischer Beispiele aus dem Sondermaschinenbau pilotiert. Mit den Erfahrungen aus dieser Pilotierung wird die intralogistikorientierte Wertstromanalyse evaluiert. Daraufhin werden die Ergebnisse dieser Arbeit kritisch hinterfragt und prägnant zusammengefasst.

2 Intralogistik

In diesem Kapitel werden die Grundlagen zur Intralogistik erläutert. Hierfür wird zunächst der Begriff der Intralogistik definiert und eingeordnet, sodass die Aufgaben und Zielsetzung der Intralogistik offensichtlich werden. Im Anschluss daran wird der gesamte intralogistische Prozess detailliert dargestellt.

Der Begriff Intralogistik ist eine Zusammensetzung aus den Wörtern „intra“ und „Logistik“. Die Wortherkunft von „Logistik“ kommt von dem französischen „logistique“, das von dem Verb „loger qn.“ (deutsch: „Platz für jemanden/etwas bieten“) hergeleitet wird (vgl. Oxford University Press 2018). Dies ist damit zu begründen, dass die Logistik ihren Ursprung im Militär hat. Zunächst bestand die Aufgabe der Logistik darin, die Soldaten und ihr Material zu den Kriegsschauplätzen zu transportieren und den Nachschub der Truppen zu gewährleisten. Nach dem zweiten Weltkrieg gingen viele Logistiker aus dem Militär in die Wirtschaft, sodass auch hier der Begriff Logistik seinen Einzug erhielt (vgl. Arndt 2015, S. 15). Bichler et al. (2017, S. 140) definieren Logistik aus Unternehmenssicht als die „Planung, Ausführung und Kontrolle der Material- und Informationsflüsse zwischen Absatz- und Beschaffungsmarkt“. Die Aufgaben der Logistik können durch die sogenannten fünf R der Logistik beschrieben werden: die richtigen Materialien und Güter, in der richtigen Menge, mit der richtigen Qualität, zur richtigen Zeit und am richtigen Ort bereitzustellen. Mit einer zusätzlichen Betrachtung der Kosten wird auch von den sechs R der Logistik gesprochen (vgl. Martin 2016, S. 2).

Das Wort „intra“ wird aus dem Lateinischen mit „innerhalb“ übersetzt, sodass unter Intralogistik die innerbetriebliche Logistik verstanden wird. Der Begriff Intralogistik wurde erstmals durch den VDMA am 30. Juni 2003 folgendermaßen definiert (Arnold 2006, S. 1):

„Die Intralogistik umfasst die Organisation, Steuerung, Durchführung und Optimierung des innerbetrieblichen Materialflusses, der Informationsströme sowie des Warenumschlags in Industrie, Handel und öffentlichen Einrichtungen.“

Somit ist die Intralogistik ein Teilgebiet der Logistik, das sich mit den logistischen Prozessen innerhalb eines einzelnen Logistikstandorts befasst. Nach Arnold (2006, S. 1) setzt sich die Intralogistik aus dem innerbetrieblichen Materialfluss und dem zugehörigen Informationsfluss zusammen. Im Anhang A.2 werden die Definitionen und Bestandteile dieser Begriffe aus der Sicht der fünf anerkannten Fachleute Dieter Arnold, Otto-Ernst Heiserich, Heinrich Martin, Hans-Christian Pfohl und Michael ten Hompel aufgeführt. Anhand dieser Übersicht wird deutlich, dass in der Fachwelt eine hohe Übereinkunft bezüglich der Begriffsdefinitionen vorherrscht. Jedoch existieren bei der

Aufteilung der Begriffe in Bestandteilen je nach Anwendungsfall unterschiedliche Sichtweisen.

Gudehus (2010, S. 551) unterteilt das Logistiknetzwerk der Intralogistik in mehrere interne Quellen und Senken. Der Wareneingang und die Produktionsstellen bilden hierbei Quellen. Der Warenausgang sowie die Verbrauchsstellen stellen interne Senken der Intralogistik dar. Die Aufgaben der Intralogistik, die sich hieraus ableiten, sind das Fördern, Dekonsolidieren, Sortieren, Lagern, Kommissionieren und die dazugehörige Prozesssteuerung (vgl. Arnold 2006, S. 16). Krampe et al. (2012, S. 372ff.) leiten aus diesem Aufbau und den damit verbundenen Aufgaben die Abteilungen Wareneingang, Lager und Warenausgang für Distributionszentren ab. Zwischen und innerhalb dieser Bereiche sorgt der innerbetriebliche Transport für den Materialfluss. In produzierenden Unternehmen müssen diese Abteilungen um die Produktion erweitert werden (vgl. Martin 2016, S. 4). In Abbildung 2-1 wird dieser Aufbau der Intralogistik schematisch dargestellt.

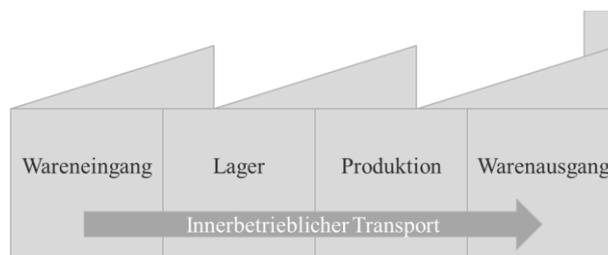


Abbildung 2-1: Schematischer Aufbau der Intralogistik

Die übergeordnete Zielsetzung der Intralogistik ist die Gewährleistung eines geregelten Prozessablaufes innerhalb der Betriebsstätte durch die Einhaltung der sechs R der Logistik. Für eine genauere Einordnung haben Muchna et al. (2018, S. 156ff.) drei Zielgrößen definiert: Leistungserfüllung, Qualitätssicherung und Kostenminimierung.

Unter Leistungserfüllung wird hierbei die Erfüllung von Aufträgen, Terminanforderungen und zusätzlichen Serviceleistungen, die Bewältigung des nötigen Leistungsdurchsatzes und des Warendurchsatzes sowie das Lagern der Warenbestände verstanden (vgl. Muchna et al. 2018, S. 156). Um diese Teilziele zu erfüllen, gilt es besonders transparente Prozesse in der Intralogistik zu haben. Deshalb sollten diese Teilziele quantifiziert und kontinuierlich überwacht werden. Anhand der Durchlaufzeit kann die Schnelligkeit des Produktherstellungsprozesses bewertet werden und somit können durch sie auch Rückschlüsse auf die Leistungserfüllung gezogen werden. Die (Auftrags-)Durchlaufzeit in der Logistik definieren ten Hompel und Heidenblut (2011, S. 71) als „die Zeit zwischen dem Eingang eines Auftrags und seiner Erledigung“.

Mit der Qualitätssicherung ist nicht nur die Qualität der eigentlichen Produkteigenschaften gemeint, sondern auch die Leistungsqualität. Hierbei sind Teilziele der Leistungsqualität Flexibilität, Lieferbereitschaft, Terminqualität, Liefertreue und Prozessstabilität

(vgl. Muchna et al. 2018, S. 156). Diese Teilziele können ebenfalls durch Kennzahlen erfasst werden. Die Lieferbereitschaft für die Abwicklung von Kundenaufträgen aus dem Lager kann anhand des Liefergrads dargestellt werden (vgl. Klein 2014, S. 125):

$$\text{Liefergrad} = \frac{\text{Anzahl vollständig ausgeführter Bestellungen}}{\text{Gesamtanzahl der Bestellungen}}$$

Bei dem Liefergrad, auch Lieferbereitschaftsgrad genannt, gilt eine Bestellung als vollständig ausgeführt, wenn der Liefertermin, Anliefervorschriften und die Produktqualität eingehalten werden. Die Liefertreue betrachtet ausschließlich den zeitlichen Aspekt der erfüllten Aufträge und definiert sich folgendermaßen (vgl. Klein 2014, S. 126):

$$\text{Liefertreue} = \frac{\text{Anzahl pünktlich gelieferter Bestellpositionen}}{\text{Anzahl Bestellpositionen}}$$

Eine Kostenminimierung in der Intralogistik kann unter anderem durch einen effizienten Ressourceneinsatz oder eine Optimierung der Bestände erzielt werden (vgl. Muchna et al. 2018, S. 156f.). Potential für eine Bestandsoptimierung kann mit Hilfe der Kennzahl Lagerreichweite identifiziert werden. Die Lagerreichweite ergibt sich aus dem Quotienten des aktuellen Bestands und des aktuellen Verbrauchs (vgl. ten Hompel und Heidenblut 2011, S. 256):

$$\text{Lagerreichweite} = \frac{\text{aktueller Bestand}}{\text{aktueller Verbrauch}}$$

Diese Kennzahl gibt Aufschluss darüber, bis wann der Bestand voraussichtlich aufgebraucht ist. Der Kehrwert der Lagerreichweite ergibt die Umschlagshäufigkeit (vgl. Gladen 2014, S. 288). Durch die Umschlagshäufigkeit kann erkannt werden, wie oft der betrachtete Bestand innerhalb der Planungsperiode verbraucht wird.

Somit lassen sich die drei Zielgrößen nach Muchna et al. (2018, 156ff.) mit den Kennzahlen Auftragsdurchlaufzeit, Liefergrad, Liefertreue und der Lagerreichweite bzw. Umschlagshäufigkeit beschreiben. Dies lässt sich damit vereinbaren, dass nach dem Verein Deutscher Ingenieure (1999, S. 4) die Logistikleistung anhand des Liefergrads, der Auftragsdurchlaufzeit und der Bestandsreichweite gemessen werden kann.

Bei der Realisierung der drei Zielgrößen Leistungserfüllung, Qualitätssicherung und Kostenminimierung bestehen jedoch drei Konflikte: Flexibilität versus Automatisierung, Auslastung versus Durchlaufzeit und (technischer) Nutzen versus Wirtschaftlichkeit. So hat beispielsweise ein Prozess mit einem hohen Automatisierungsgrad eine geringere Flexibilität aufgrund der Spezialisierung der Anlagen auf den Standardprozess. Für eine hohe Auslastung sollten Maschinen durchgehend Material zur Verfügung haben. Durch diese Puffer steigt jedoch die Durchlaufzeit in dem Prozess aufgrund der zusätzlichen Liegezeit. Außerdem muss bei Investitionen der erzielte technische Nutzen der Wirtschaftlichkeit gegenübergestellt werden. Hierbei besteht zusätzlich die Proble-

matik darin, den in der Regel qualitativen Nutzen zu quantifizieren, um ihn mit der monetären Wirtschaftlichkeit vergleichen zu können (vgl. Muchna et al. 2018, S. 7ff.).

Nachdem die Intralogistik mit ihren Eigenschaften und ihrer Zielsetzung vorgestellt wurde, wird in den folgenden Abschnitten ihr Ablauf dargestellt. Aufgrund der Tatsache, dass die wichtigsten operativen Funktionen der Intralogistik Materialflussfunktionen sind, orientiert sich die Darstellung des Ablaufs an dem Materialfluss (vgl. Martin 2016, S. 9). Voraussetzung für einen reibungslosen Materialfluss ist jedoch der Informationsfluss, der steuernde und stützende Funktionen für den Materialfluss ausführt (vgl. Pfohl 2018, S. 8). Deshalb wird neben dem Materialfluss der Informationsfluss ebenfalls in den folgenden Abschnitten dargestellt. Die Darstellung erfolgt entlang der Abteilungen der Intralogistik aus Abbildung 2-1: Wareneingang, Lager, Warenausgang, innerbetrieblicher Transport und Produktion.

Innerhalb dieser Abteilungen werden Aufgaben mit unterschiedlichen Zielen und Anforderungen durchgeführt. Diese Aufgaben unterteilen ten Hompel et al. (2018) in die Systemarten: Fördersystem, Kommissioniersystem, Lagersystem, Sortier- und Verteilsystem, Umschlagsystem und Verpackungssystem. Fördersysteme beinhalten alle Tätigkeiten, die sich mit dem Transport von Gütern zwischen Prozessschritten befassen. In Kommissioniersystemen werden Teilmengen verschiedener Artikel für Kundenaufträge zusammengeführt. Lagersysteme befassen sich mit dem Aufbewahren von Gütern und den dazugehörigen Prozessen. Die Aufgabe von Sortier- und Verteilsystemen besteht darin, den Materialfluss bedarfsgerecht aufzuteilen und umzulenken. Innerhalb eines Umschlagssystems wird das Arbeitsmittel des Guts gewechselt. Die Aufgabe eines Verpackungssystems besteht zum einen darin, das Transportgut gegen äußere Einflüsse zu schützen. Zum anderen können innerhalb eines Verpackungssystems Packstücke und Ladeeinheiten gebildet werden. Der Begriff Ladeinheit beschreibt die Zusammenstellung von Packstücken und Ladehilfsmitteln, die in Prozessen gehandhabt werden.

2.1 Wareneingang

Die Aufgabe des Wareneingangs besteht in der Annahme und Kontrolle der angelieferten Waren an ein Unternehmen und die Bereitstellung dieser Waren für die Folgeprozesse. Dies soll unter der Prämisse einer minimalen Durchlaufzeit durchgeführt werden (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 1996, S. 2f.).

In der Regel wird der Wareneingangsprozess durch den Informationsfluss initiiert, indem eine Lieferung angekündigt wird (vgl. Pfohl 2018, S. 8). Dies kann auf verschiedenen Wegen geschehen. Zum einen ist der Weg der klassischen Bestellung möglich. Das Unternehmen bestellt Material bei einem Lieferanten und sie einigen sich auf ein voraussichtliches Lieferdatum. Basierend auf diesem Datum erfolgt die weitere Planung des Wareneingangs, sofern keine Veränderungen durch Lieferanten mitgeteilt werden.

Zum anderen kann eine Lieferung durch eine Advanced Shipping Notification (ASN) angemeldet werden. Somit ist das ASN ein elektronisches Dokument, das per Electronic Data Interchange (EDI) dem Unternehmen vom Lieferanten wenige Tage vor der physischen Lieferung zugestellt wird. Der ASN kann unter anderem Informationen zum Produkt, Menge, Charge, verwendetes Ladehilfsmittel, Lieferscheinnummer, Transportmittel und das erwartete Wareneingangsdatum beinhalten (vgl. Klug 2018, S. 376). Die Technik des ASN kann auch dafür verwendet werden, dass den Lieferanten sogenannte Slots zugeteilt werden. Diese Slots sind feste Zeitfenster, in denen die Lieferungen eingehen sollen. Durch diese Zuteilung von Slots an die Lieferanten ist es möglich, den Arbeitsinhalt innerhalb des Wareneingangs auszugleichen (vgl. Logistik Heute Redaktion 2017). Außerdem können durch die Vorankündigungen per ASN die Ressourcen im Wareneingang bedarfsgerecht eingeplant werden. So können Kräne und schwere Stapler frühzeitig zugeordnet werden, sodass keine Wartezeiten entstehen. Darüber hinaus können die benötigten Lagerflächen zur Verfügung gestellt werden (vgl. Lange et al. 2017, S. 343ff.).

Mit der physischen Ankunft der Lieferung am Werk beginnt der Entladungsprozess und damit verbunden der innerbetriebliche Materialfluss. Zunächst wird das Lieferfahrzeug einer Entladezone zugeordnet. Diese Entladezone ist ein Umschlagsystem, da das Arbeitsmittel der ankommenden Ware gewechselt wird (vgl. ten Hompel et al. 2018, S. 308). Hierbei gilt es verschiedene Restriktionen zu berücksichtigen. Unter anderem müssen die vorhandenen Ressourcen der Entladezone den Anforderungen durch das Material entsprechen. In dem Fall, dass ein Bauteil mit mehreren Tonnen Gewicht angeliefert wird, muss die Entladezone mit einem Kran mit ausreichender Traglast ausgestattet sein. Außerdem sollte die Auslastung der Mitarbeiter und die Dringlichkeit des ankommenden Materials berücksichtigt werden (vgl. Krampe et al. 2012, S. 372f.).

Anschließend werden die Frachtpapiere durch einen Mitarbeiter des Wareneingangs entgegengenommen. Dieser vergleicht die Frachtpapiere mit den Bestellunterlagen aus dem Einkauf, um die Lieferung zu identifizieren. Abweichungen zwischen den Dokumenten bei Produktart, Menge oder Lieferdatum werden dispositioisch vermerkt (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 1996, S. 2).

Nach diesem vorbereitenden Schritt folgt die eigentliche Entladung des Materials. Je nach Materialeigenschaften und Rahmenbedingungen im Wareneingang werden hierbei verschiedene Fördermittel verwendet. Innerhalb eines Umschlagsystems wird zwischen aktiven und passiven Fördermitteln differenziert. Ein aktives Fördermittel wie beispielsweise ein Gabelstapler kann sich direkt am Umschlagprozess beteiligen. Analog dazu ist ein LKW ein passives Fördermittel, da dieser an seiner Be- und Entladung nicht mitwirken kann. Dementsprechend ist beim Umschlag zwischen zwei passiven Fördermitteln mindestens ein weiteres aktives Fördermittel notwendig (vgl. ten Hompel et al.

2018, S. 308f.). In der Regel sind Stückgüter auf standardisierten Ladehilfsmitteln konsolidiert. Deshalb wird die Entladung oft durch Stapler durchgeführt. Durch die Entladung an einer Rampe ist keine vertikale Warenbewegung notwendig, wodurch der Gabelstapler durch einen Hubwagen im Umschlagprozess ersetzt werden kann (vgl. ten Hompel et al. 2018, S. 323).

Nach der Entladung folgt eine weitere Synchronisation des Material- und Informationsflusses durch die Wareneingangsprüfung. Hierbei prüfen Wareneingangsmitarbeiter die Qualität, Menge und Sorte des Materials im Vergleich zu den Bestellunterlagen. Unterschiede in Menge oder Sorte werden dokumentiert. Wenn keine Auffälligkeiten identifiziert werden konnten, wird der Wareneingang des Materials gebucht (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 1996, S. 2).

Die Wareneingangsbuchung erfolgt heutzutage in der Regel im Warehouse Management System des Unternehmens. Die primären Aufgaben dieses System sind die Steuerung, Verwaltung und Optimierung des Lagersystem. So befasst sich das System hauptsächlich mit der Beziehung zwischen Mengen und Lagerorten. Moderne rechnergestützte Warehouse Management Systeme steuern und planen ebenfalls die innerbetrieblichen Transporte (vgl. Krampe et al. 2012, S. 388). Zusammengefasst führt das Warehouse Management System die Kontrolle, Steuerung und Optimierung des innerbetrieblichen Materialflusses durch. Somit führt das Warehouse Management System einen Großteil des Informationsflusses aus. Im Umfang dieser Aufgaben besitzt das Warehouse Management System eine Vielzahl von Schnittstellen zu Systemen der Materialwirtschaft, zu den direkten Steuerungssystemen des Materialflusses und der Kommissionierung (vgl. ten Hompel und Schmidt 2008, S. 8f.).

Nachdem der Wareneingang im Warehouse Management System gebucht wurde, wird das angelieferte Material für die Einlagerung im Lagerprozess vorbereitet. Dies bedeutet, dass die Materialien gemäß den lagerspezifischen Anforderungen zusammengefasst und geschützt werden müssen. Somit liegt ein Verpackungssystem vor. Dies ist mit den zwei Aufgaben eines Verpackungssystems verbunden. Eine Aufgabe eines Verpackungssystems besteht darin, Material vor äußeren Einwirkungen zu schützen. Hierfür können verschiedene Packmittel verwendet werden. Packmittel sind Stoffe, die bei der Verpackung von Waren verwendet werden, sodass die Waren vor äußeren Einflüssen geschützt sind (vgl. Heiserich et al. 2011, S. 55).

Die zweite Aufgabe eines Verpackungssystems ist die Bildung von Ladeeinheiten. Eine Ladeeinheit sollte den lagerspezifischen und den materialspezifischen Anforderungen entsprechen. Es ist möglich, dass das Material direkt in Ladeeinheiten geliefert wird. In diesem Fall kann die Ladeeinheit direkt in die Bereitstellung geleitet werden. Ansonsten muss das Material dekonsolidiert werden. Dies beinhaltet, dass die Materialien entpackt, vereinzelt und neu verpackt werden. Neben dem Packmittel wird bei der Bildung von

Ladeeinheiten ein Ladehilfsmittel wie eine Palette benötigt, mit dem das Material in den Folgeprozessen gehandhabt wird (vgl. ten Hompel et al. 2018, S. 5). Eine solche Ladeeinheit kann auch Handlings Unit genannt werden. Eine Handlings Unit (HU) „bezeichnet eine physische Einheit aus Packmittel (Ladungsträger/Verpackungsmaterial) und den darauf/darin gelagerten Materialien“ (Lange et al. 2017, S. 222). Für die Ladeeinheitsbildung muss ein Verpackungssystem mit leeren Ladehilfsmitteln versorgt werden. Da die Ladehilfsmittel in der Regel wiederverwendbar sind, werden sie aus den Prozessen entnommen, in denen ihre geladenen Materialien verbraucht wurden und werden wieder in das Verpackungssystem eingeschleust (vgl. Arnold und Furmans 2009, S. 278). Dieser Versorgungsprozess mit Ladehilfsmitteln wird im Folgenden Leergutprozess genannt.

Nach der Bildung der Ladeeinheit muss das Material einer Lagereinheit im Warehouse Management System zugeordnet werden, damit der Inhalt einer Lagereinheit in den nachfolgenden Prozessen mit Hilfe des Systems identifiziert werden kann. Daran verknüpft, erfolgt im Informationsfluss die Beauftragung des Transports durch das Warehouse Management System, um das Material bereitzustellen. Sofern das Transportziel nicht durch die Eigenschaften oder den Verwendungszweck des Materials definiert ist, muss es nun festgelegt werden (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 2005, S. 4f.). Neben den verschiedenen Lägern eines Unternehmens kann hier noch nach dem Cross Docking differenziert werden. Mit Cross Docking ist gemeint, dass ein Bereich wie die Produktion oder der Versand direkt beliefert wird ohne Einlagerung in einem Lager. Dies wird durchgeführt, wenn ein direkter Bedarf für das Material in den Bereichen besteht (vgl. Lange et al. 2017, S. 993ff.). Voraussetzung für das Cross Docking ist die Vorkommissionierung durch den Lieferanten (vgl. Krampe et al. 2012, S. 375). Nach der Festlegung des Transportziels werden die Lagereinheiten transportbezogen sortiert, um Leerfahrten und ungenutzte Transportflächen zu vermeiden. Daraufhin folgt der Transport der Lagereinheiten zu den nachfolgenden Prozessen. Die Auswahl der Fördermittel hierbei sollte nach den Kriterien Ressourceneffizienz und Dringlichkeit erfolgen. So sollten beispielsweise Einzeltransporte für reguläre Lagereinheiten vermieden werden. Beim Cross Docking sollten diese jedoch erwogen werden (vgl. Heiserich et al. 2011, S. 74f.).

Ein zu berücksichtigender Sonderfall im Ablauf des Wareneingangs ist Zollgut aufgrund der wachsenden Rolle im Wareneingang durch die Globalisierung. Für eine konforme Zollabwicklung ist es bereits vor Beginn des Wareneingangsprozesses notwendig, dass das zu importierende Gut beim Zollamt angekündigt wird (vgl. Holler und Langenkamp 2014, S. 24f.). Die nächste Abweichung vom normalen Wareneingangsprozess besteht in der Anlieferung. Anhand der Fracht- und Lieferpapiere erkennt der entgegennehmende Wareneingangsmitarbeiter, dass der Lieferant Zollgut geladen hat. Daraufhin muss dieses Zollgut gestellt werden. Mit der Gestellung ist die Information

an das Zollamt gemeint, dass sich das Zollgut an der vorgeschriebenen Zollstelle befindet. Anschließend muss das Zollgut auf eine für Zoll ausgewiesene Lagerfläche vorübergehend verwahrt werden. In dieser vorübergehenden Verwahrung darf das Zollgut nicht ohne die Erlaubnis des Zolls bearbeitet werden. Dies bedeutet, dass es nicht bewegt, geprüft, ent- oder umgepackt werden darf. Erst nach der Freigabe durch den Zoll darf das Zollgut in den regulären Wareneingangsprozesses überführt werden (vgl. Thoma et al. 2016, S. 27ff.).

2.2 Lager

Nach der Darlegung des Wareneingangsprozesses wird in diesem Abschnitt die Vorgehensweise in einem Lagersystem geschildert. Das Ziel der Lagerung ist in der Regel eine flexible Bereitstellung orientiert an den Kundenanforderungen, um einen hohen Liefergrad zu gewährleisten. Dies realisiert ein Lager, indem Prozesse von der schwankenden Nachfrage ihrer Kunden durch den Aufbau von Beständen entkoppelt werden. Jedoch können nur unendlich große Bestände einen perfekten Liefergrad realisieren. Da dies mit hohen Kosten verbunden wäre, ist es die Aufgabe des Lagers einen hohen Liefergrad zu realisieren mit der Kostenminimierung als Prämisse (vgl. Bichler et al. 2013, S. 1f.). Über diese Funktion hinaus differenziert Schulte (2016, S. 235f.) die Lagerfunktionen in die Ausgleichsfunktion, die Sicherungsfunktion, die Aussortierungsfunktion, die Spekulationsfunktion und die Veredelungsfunktion. Eine Ausgleichsfunktion liegt vor, wenn der Materialbedarf vom Materialzufluss abweicht beispielsweise durch Mindestabnahmemengen. Hingegen sorgt ein Lager mit einer Sicherungsfunktion dafür, dass Risiken und Schwankungen im Angebot oder der Nachfrage aufgefangen werden. Durch die Aussortierungsfunktion eines Lagers werden bedarfsgerechte Sortimente im Handel oder Sorten in der Industrie gebildet. Wenn von einer Preiserhöhung ausgegangen wird, können Materialien gelagert werden, um die Gesamtkosten zu senken. In diesem Fall wird von einer Spekulationsfunktion eines Lagers gesprochen. Wenn die Materialqualität durch die Lagerung steigt wie zum Beispiel bei Weinen oder Käse, wird dies als Veredelungsfunktion bezeichnet. Der Lagerprozess startet mit der Anlieferung der einzulagernden Lagereinheit im Lager und besteht hiernach aus den drei Phasen Einlagerung, Lagerverwaltung und Auslagerung (vgl. Gudehus 2010, S. 26). Diese drei Phasen werden in Abbildung 2-2 dargestellt.

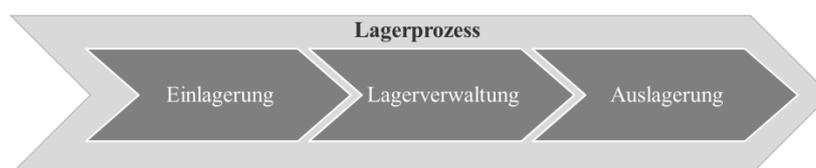


Abbildung 2-2: Lagerprozess

Die Anlieferung erfolgt am Identifikations-Punkt des Lagers. Bevor mit der eigentlichen Einlagerung begonnen werden kann, muss hier das Material identifiziert und mit dem

Informationsfluss abgeglichen werden. Hierzu wird geprüft, ob die Daten der Lagereinheit mit den Daten aus dem Warehouse Management System (Artikelnummer, Menge usw.) übereinstimmen. Außerdem wird sichergestellt, dass die Einlagerung organisatorisch möglich ist (vgl. Beckhaus und Günthner 2010, S. 2f.). Eine Einlagerung wäre beispielsweise nicht möglich, wenn Stammdaten oder die Lieferpapiere nicht vorhanden sind. Darüber hinaus wird am Identifikations-Punkt kontrolliert, ob die Lagereinheit lagerfähig ist. Hierfür wird gemessen, ob sich die Lagereinheit innerhalb der lagerspezifischen Toleranzen (Abmessungen, Gewicht, Zustand des Ladehilfsmittels/Ladeguts) befindet. In dem Fall, dass die Lagereinheit trotz einer Lagerunfähigkeit eingelagert wird, kann es zu Störungen und Schäden an den Materialien und dem Lagersystem kommen (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 2005, S. 5).

Hiernach beginnt der eigentliche Einlagerungsprozess. Aufgabe der Einlagerung ist es, die Lagereinheiten auf die richtigen Lagerplätze zu transportieren. Hierfür wird am Identifikations-Punkt der optimale Lagerplatz einer Lagereinheit bestimmt und damit verbunden direkt ein Transportauftrag erzeugt (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 2005, S. 5). Bei der Identifizierung des optimalen Lagerplatzes muss eine Vielzahl von Kriterien und Restriktionen berücksichtigt werden. Unter anderem können die Lagereinheiten gemäß ihrer durchschnittlichen Nachfrage Lagerplätze zugeordnet bekommen, sodass insgesamt die durchschnittliche Transportzeit zur Auslagerung minimal ist. In dem Fall, dass bereits Bestände dieser Lagereinheit in dem Lager vorhanden sind, kann dies bei der Lagerplatzauswahl berücksichtigt werden. Indem die einzulagernde Lagereinheit dem bereits bestehenden Bestand zugeführt wird, kann die Nutzung der Lagerflächen optimiert werden (vgl. Heiserich et al. 2011, S. 66ff.).

Nach der Festlegung des Lagerplatzes wird die Lagereinheit dorthin transportiert. Hierbei wird das Fördermittel in der Regel durch die Art des Lagermittels mitbestimmt. Mit Lagermittel wird das Objekt bezeichnet, in dem die Lagereinheit eingelagert wird. Arnold et al. (2008, S. 646ff.) unterteilen die Lagermittel in die folgenden Klassen: Bodenlagerung, statische Regallagerung, dynamische Regallagerung und Lagerung auf Fördermitteln. Der Unterschied zwischen statischer und dynamischer Regallagerung besteht in der Bewegung des Materials bzw. des Regals zwischen der Ein- und Auslagerung. Bei der dynamischen Regallagerung bewegt sich das Material oder das ganze Regal zwischen der Ein- und Auslagerung. Im Gegensatz hierzu findet bei der statischen Regallagerung in dieser Zeitspanne keine Bewegung statt. Bei der Auswahl des Fördermittels in einem Paletten- oder Freiflächenlager kann beispielsweise ein Stapler oder ein Hubwagen optimal sein. Hingegen wird in einem automatisierten Regal der Transport der Lagereinheit durch die integrierte Fördertechnik ausgeführt. Bei der Auswahl des Lagermittels ist die Kennzahl der Flächennutzung ein wichtiges Kriterium. Die Flächennutzung wird als Quotient aus Lagergutfläche und Lagergesamtfläche definiert. Dementsprechend werden Flächen zum Rangieren und für Fördertechnik als Verlustflä-

chen betrachtet (vgl. ten Hompel et al. 2018, S. 122). Nach dem Transport der Lagereinheit wird die Einlagerung auf den Lagerplatz erfasst. Hiermit ist die Einlagerung abgeschlossen und es folgt die zweite Phase – die Lagerverwaltung (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 2005, S. 5f.).

Die Aufgabe der Lagerverwaltung besteht in dem Verwalten und Überwachen des Lagerguts und wird häufig mit der Hilfe von Warehouse Management Systemen abgewickelt. Hierbei wird zwischen ortsspezifischen Daten wie die Fachgröße, die Belastbarkeit, die Belegungen und warenspezifischen Daten wie Artikelnummern, Chargenummern, die Menge unterschieden (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 2005, S. 6f.). Eine Hauptaufgabe der Lagerverwaltung ist die Bestandsführung. Um die Bestände zu führen, werden die ein- und ausgehenden Artikel aus dem Lager dokumentiert. Außerdem wird der Status eines jeden Artikels, ob er beispielsweise reserviert oder gesperrt ist, mitgeführt (vgl. Pfohl 2018, S. 99ff.). Darüber hinaus muss die Lagerverwaltung für materialspezifische Lagerbedingungen sorgen. Dies ist insbesondere in der Lebensmittel- oder Pharmaindustrie von Bedeutung, da in diesen Branchen das Lagergut durch zu hohe Temperaturen oder Lichteinstrahlung beschädigt werden kann (vgl. ten Hompel und Schmidt 2008, S. 3ff.).

Die dritte Phase des Prozesses in einem Lagersystem beginnt mit der Beauftragung des Lagers zum Auslagern durch einen abnehmenden Bereich. Abnehmende Bereiche des Lagers sind in der Regel entweder der Versand oder die Produktion. Die Beauftragung im Informationsfluss kann digital erfolgen, indem in einem Materialwirtschaftssystem ein Bedarf erzeugt wird. Dieser wird daraufhin dem Warehouse Management System übermittelt, sodass der Auftrag für das Lager zur Auslagerung des benötigten Materials generiert wird (vgl. Lange et al. 2017, S. 472). Nach dem Auftragseingang wird die Bearbeitung vorbereitet, indem die Auslagerungsaufträge geprüft werden. Hierbei werden unter anderem die Auftragsnummer, die Artikelnummer, die artikelspezifischen Merkmale, die Menge, die Empfänger, die Priorität und die Erfüllbarkeit kontrolliert. In dem Fall, dass das geforderte Material vorrätig und verfügbar ist, wird die Auslagerung aus dem Lager durchgeführt. Außerdem wird der Bestand des Materials fortgeschrieben, indem er um die ausgelagerte Menge reduziert wird. Anschließend wird die Lagereinheit zum Warenausgang transportiert. Hiermit wird die Auslagerung und damit verbunden der Lagerprozess beendet (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 2005, S. 6f.).

2.3 Warenausgang

Die Aufgabe des Warenausgangs ist die Vorbereitung der Produkte für den Versand an externe Kunden. Bei Produktionsstandorten unterscheidet sich der Prozess für die Materialbereitstellung für die internen Kunden nicht, weshalb dies nicht gesondert betrachtet wird. Der Warenausgang soll mit minimalen Abwicklungskosten und einer kurzen Durchlaufzeit bewerkstelligt werden (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 1996, S. 3).

Hierbei lässt sich der Prozess in die zwei Phasen Kommissionierung und Tourenbildung unterteilen, die in Abbildung 2-3 dargestellt werden (vgl. Krampe et al. 2012, S. 378).



Abbildung 2-3: Warenausgangsprozess

Der Prozess des Warenausgangs wird durch das Eintreffen der ausgelagerten Lagereinheit am Kontroll-Punkt gestartet. An diesem Punkt wird die erfolgreiche Auslagerung im Informationsfluss quittiert. Außerdem wird durch einen Vergleich der Lagereinheit mit den Auftragsdaten die Synchronisation zwischen Material- und Informationsfluss sichergestellt. Falls zu diesem Zeitpunkt das genaue Transportziel der Lagereinheit noch nicht festgelegt ist, geschieht dies abschließend am Kontroll-Punkt. Es wird ein Transportauftrag erstellt und die Lagereinheit wird der festgelegten Warenausgangszone zugeführt. Falls Teilmengen aus den Lagereinheiten entnommen werden müssen, folgt die Kommissionierung der Waren. In dem Fall, dass eine Kommissionierung nicht notwendig ist, folgt direkt die Tourenbildung (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 2005, S. 7f.).

Die Aufgabe eines Kommissioniersystems ist es aus der Gesamtmenge des Sortiments eine Teilmenge zu bilden, die den Anforderungen des Kunden entspricht. Neben den richtigen Gütern in den richtigen Mengen können Kundenanforderungen zusätzlich in Form einer speziellen Verpackung, einer Etikettierung o.ä. vorkommen. Zur Bewältigung dieser Aufgabe besteht ein Kommissioniersystem aus drei Teilsystemen (vgl. Bichler et al. 2010, S. 209):

- Informationssystem
- Materialflusssystem
- Organisationssystem

Das Informationssystem ist Teil des Informationsflusses in Kommissioniersystemen und beinhaltet die notwendigen Informationselemente für die Kommissionierung. Hiermit ist zunächst der Kommissionierungsauftrag selbst gemeint. Dieser führt unter anderem die Artikelidentifikation und die Bestellmenge als Grundinformationen zur Kommissionierung auf. Des Weiteren wird die Kommissionierliste bzw. Kommissionierdatei bereitgestellt. Diese Liste entsteht durch die Verknüpfung der Auftragsdaten mit den spezifischen Daten des Kommissioniersystems wie beispielsweise Entnahmeorte, optimale Entnahmereihenfolge usw. Außerdem ist die Position ein weiteres wichtiges Informationselement bei der Kommissionierung. Hiermit ist die Zeile einer Kommissionierliste gemeint, die alle artikelspezifischen Informationen wie Entnahmeort, Entnahmemenge usw. beinhaltet. Diese Informationselemente sind die erforderlichen Daten für die Durchführung der Kommissionierung. Zum Abschluss des Kommissio-

niervorgangs muss die Entnahmebestätigung quittiert werden. Sollten Abweichungen bei den Entnahmemengen aufgetreten sein, müssen diese Fehlmengen mitaufgenommen werden (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 1994, S. 2f.). Die Informationssysteme verschiedener Kommissioniersysteme unterscheiden sich insbesondere dadurch, wie die Informationen bzw. Dokumente dem Kommissionierer bereitgestellt werden. Dies kann manuell in Form einer gedruckten Kommissionierliste durchgeführt werden oder vollkommen automatisch durch eine IT-Lösung. Bei solchen IT-Lösungen kann von einem geschlossenen, beleglosen Informationssystem gesprochen werden, da es keinen Medienbruch durch ein gedrucktes Dokument gibt (vgl. Bichler et al. 2010, S. 215). Durch die Vermeidung von Medienbrüchen ist es den Kommissionierern möglich, dass sie ihren Arbeitsfortschritt kontinuierlich im System erfassen. Dementsprechend wird der Kommissioniervorgang bei einem geschlossenen Informationssystem in Echtzeit abgebildet. Die Vorteile eines geschlossenen Systems liegen in einer erhöhten Entnahmerate, einer geringeren Fehlerquote und einer erhöhten Flexibilität durch Echtzeitdaten (vgl. Krampe et al. 2012, S. 381). Ein bekanntes Beispiel für ein solches geschlossenes, belegloses System ist pick-by-light. Hierbei wird dem Kommissionierer durch das Aufleuchten einer Lampe am Behälter signalisiert, dass er Teile aus diesem Behälter entnehmen muss. Außerdem kann ihm ein Bildschirm die genaue Menge anzeigen, die er aus dem Behälter benötigt (vgl. Andriolo et al. 2016, S. 43f.). Zur Beurteilung der Effizienz eines Kommissioniersystems existiert die Kennzahl der Kommissionierleistung. Diese gibt an wie viele Positionen innerhalb eines Betrachtungszeitraums kommissioniert werden (vgl. ten Hompel et al. 2018, S. 294).

Das Organisationssystem umfasst die drei Organisationsaspekte des Aufbaus, des Ablaufs und des Betriebs (vgl. ten Hompel et al. 2011, S. 32). Durch die Aufbauorganisation werden die Artikel anhand ihrer Eigenschaften zu Gruppen zusammengefasst, sodass diese eine Kommissionierzone bilden. Die Auswahl der Artikel erfolgt anhand ihrer physikalischen Eigenschaften, ihres mengenmäßigen Umschlags, ihrer spezifischen Merkmale und ihrer Identifikationsmerkmale (vgl. Bichler et al. 2010, S. 217f.). Die Vorteile einer Aufteilung in Zonen besteht zum einen darin, dass verschiedene Kommissionierer in den jeweiligen Zonen tätig sein können. Hierdurch müssen diese Kommissionierer sich nur in einer Zone auskennen und nicht in dem gesamten System. Zum anderen können lange Wegstrecken vermieden werden, indem Zonen, die keine Artikel für den jeweiligen Auftrag beinhalten, übersprungen werden können (vgl. ten Hompel et al. 2011, S. 35f.).

Die Ablauforganisation befasst sich damit, wie ein Auftrag zu einer Kommissionierliste umgewandelt wird. Hierbei kann zwischen der auftragsorientierten und der artikelorientierten Kommissionierung bzw. der einstufigen und der zweistufigen Kommissionierung unterschieden werden. Bei einer auftragsorientierten Kommissionierung wird ein Auftrag zu einer Kommissionierliste umgewandelt, sodass ein direkter Bezug zwischen

Auftrag und Kommissionierliste besteht. Bei der artikelorientierten Kommissionierung werden mehrere Aufträge zu einer Kommissionierliste zusammengefasst. Hierdurch besteht zwar kein direkter Bezug zwischen Auftrag und Kommissionierliste, aber die notwendigen Bewegungen für die Kommissionierung können optimiert werden. Für die Auswahl der optimalen Kommissionierart sind weitreichende Analysen notwendig, die alle Bestandteile des Kommissioniersystems berücksichtigen (vgl. Krampe et al. 2012, S. 380). Falls das Kommissioniersystem in Zonen aufgebaut ist, kann in der Ablauforganisation zwischen zonenserieller Kommissionierung und zonenparalleler Kommissionierung entschieden werden. Bei der zonenseriellen Kommissionierung wird ein Teil eines Auftrags innerhalb einer Zone abgearbeitet und daraufhin in die nächste Zone weitergegeben. Wohingegen bei der zonenparallelen Kommissionierung Teilaufträge gebildet werden und diese Teilaufträge in den Zonen parallel abgearbeitet werden. Der Vorteil hierbei besteht darin, dass die Durchlaufzeit eines Auftrags verkürzt wird. Allerdings werden durch die parallele Bearbeitung die Fertigstellung zu einem vordefinierten Zeitpunkt erschwert. Außerdem werden Puffer und/oder Sortier- und Verteilsysteme notwendig, durch die die Teilaufträge wieder zusammengeführt werden können (vgl. ten Hompel et al. 2011, S. 35f.).

Die Betriebsorganisation steuert die zeitliche Abfolge, in der die Kommissionierlisten in das Kommissioniersystem eingeführt werden. Hierbei werden mehrere Zielgrößen wie beispielsweise der Personaleinsatz, die Auftragsgröße, der Kunde und die Auftragsdurchlaufzeit berücksichtigt (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 1994, S. 3f.).

Der Materialfluss in der Kommissionierung besteht aus mehreren Funktionen. Diese Funktionen werden in der Tabelle A-6 aufgelistet und ihre verschiedenen Ausprägungsmöglichkeiten werden im Anhang A.4 erläutert. Bei diesen Funktionen ist zu berücksichtigen, dass bis auf die Grundfunktionen Bereitstellung, Entnahme und Abgabe nicht jede Funktion zwingend notwendig für ein Kommissioniersystem ist.

Nachdem mit dem Rücktransport und der Abgabe der kommissionierenden Güter die Kommissionierung abgeschlossen ist, folgt die zweite Phase des Warenausgangsprozesses, die Tourenbildung (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 2005, S. 8). Ziel der Tourenbildung ist die optimale Ausnutzung der Ladeflächen, um die Transportkosten zu minimieren. Hierfür werden im Umfang eines Verpackungssystems Ladeinheiten gebildet unter Berücksichtigung verschiedener Ordnungskriterien wie Auslieferungstour, Ladekapazität und Empfänger. Da diese Ladeinheiten an die Kunden versandt werden sollen, werden sie in diesem Zusammenhang Versandeinheiten genannt. Nach der Bildung dieser Versandeinheiten werden diese samt der enthaltenen Artikel etikettiert und gesichert. Daraufhin wird der Auftragsstatus um die Versandinformationen aktualisiert und so Material- und Informationsfluss synchronisiert (vgl. Krampe et al. 2012, S. 381f.).

Während der Tourenbildung können Materialien bzw. Güter aus verschiedenen Lägern und Kommissioniersystemen einfließen. Hieraus folgt für die Tourenbildung, dass die Teilmengen aus den verschiedenen Bereichen zu Versandeinheiten zusammengefasst werden müssen. Dieser Vorgang wird Konsolidierung genannt und unterliegt ebenfalls der Zielsetzung, die Transportkosten zu minimieren (vgl. ten Hompel und Heidenblut 2011, S. 160).

Noch vor der Ankunft des Versandfahrzeuges sollte eine Warenausgangsprüfung stattfinden, sodass der Abtransport der Waren möglichst schnell durchgeführt werden kann. Innerhalb dieser Warenausgangsprüfung werden die Versandeinheiten nochmals auf Qualität und Vollständigkeit geprüft. Darüber hinaus werden sie mit den notwendigen Versandpapieren ausgestattet. Hiermit erfolgt abschließend eine Synchronisation von Material- und Informationsfluss. Der Warenausgangsprozess und mit ihm verbunden der gesamte intralogistische Prozess wird mit der Beladung des Fahrzeugs abgeschlossen, das den Versand des Materials zum Kunden ausführt (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 1994, S. 8f.). Diese Beladung ist die Aufgabe eines Umschlagsystems. Eine spezielle Eigenschaft von Umschlagsystemen bei der Beladung ist die Entscheidung zwischen einer Komplett- oder Teilverladung. Bei einer Komplettverladung werden die Versandeinheiten gepuffert, bis diese die Ladekapazität des Fahrzeugs vollständig nutzen würden. Erst dann wird die Beladung begonnen. Im Gegensatz hierzu können bei einer Teilverladung Teilmengen einer vollständigen Beladung pro Arbeitsspiel auf das Fahrzeug geladen werden. Dies kann jedoch zu zusätzlichen Arbeitsspielen für eine vollständige Beladung führen (vgl. ten Hompel et al. 2018, S. 330).

Beim Prozess des Warenausgangs ist jedoch die Ausnahme zu nennen, dass ein interner Kunde beliefert werden könnte. In diesem Fall verbleibt die Versandeinheit innerhalb des Bereichs der Intralogistik und es wird ein Transportauftrag für den innerbetrieblichen Transport erstellt.

2.4 Innerbetrieblicher Transport

Der innerbetriebliche Transport ist ein Aspekt der Intralogistik, der die intralogistischen Prozesse des Wareneingangs, des Lagers und des Warenausgangs überspannt. Die primäre Aufgabe des innerbetrieblichen Transports ist die Raumüberbrückung des geforderten Materials von seiner aktuellen Quelle zur gewünschten Senke (vgl. Martin 2016, S. 99). Daher besteht der innerbetriebliche Transport hauptsächlich aus Fördersystemen (vgl. ten Hompel et al. 2018, S. 125). Diese Quellen und Senken können sowohl innerhalb desselben intralogistischen Systems liegen, als auch als Verbindung zwischen zwei Systemen dienen. So ist beispielsweise die Materialbereitstellung für einen Kommissionierer Teil des innerbetrieblichen Transports bzw. ein Fördersystem. Ein weiteres Fördersystem ist aber auch der Materialtransport aus dem Warenausgang zu einer internen Senke wie dem Lager.

Diese Transporte sind dreidimensionale Vorgänge, die manuell durch Personen, mechanisch durch eine Person mit einer mannbedienten Fördertechnik oder mit einer automatisierten Fördertechnik durchgeführt werden (vgl. Martin 2016, S. 99). Diese Fördertechniken werden unter den zwei Kategorien Stetig- und Unstetigförderer differenziert. Ein Stetigförderer kann über einen längeren Zeitraum ununterbrochen Transportgut transportieren. Er zeichnet sich durch einen geringen Bedienungsaufwand, einen energiearmen Betrieb sowie einer hohen Betriebssicherheit aus. Bei Stetigförderern kann es sich unter anderem um Förderbänder, Mitnehmerketten oder Rollenbahnen handeln (vgl. Pfohl 2018, S. 143). In der Regel können Stetigförderer an jedem Punkt ihrer Transportstrecke sowohl be- als auch entladen werden, sofern keine äußeren Restriktionen vorliegen (vgl. Martin 2016, S. 143).

Insbesondere bei Fördersystemen mit Stetigförderern sind Sortier- und Verteilsysteme notwendig, die die Waren entsprechend ihrer Zielorte sortieren und den gewünschten Prozessen zuführen (vgl. Gudehus 2010, S. 797). Neben den Fördermitteln, die innerhalb eines Systems verwendet werden, unterscheiden sich Sortier- und Verteilsysteme untereinander durch ihren strukturellen Aufbau. Bei diesen Strukturvarianten unterscheiden ten Hompel et al. (2018, S. 268ff.) zwischen den drei Topologien: Linien-, Loop- und Kreis-Topologie. Entsprechend des Namens werden Sortier- und Verteilsysteme bei einer Linien-Topologie in einer Linie angeordnet. Bei dieser Anordnung müssen gleich viele oder mehr Endstellen als Zielorte im System vorhanden sein, damit bis zum Ende der Linie alle Güter ausgeschleust sind. Sollte dies nicht der Fall sein, müssen die nicht aussortierten Güter extra wieder eingeschleust werden. Bei einer Loop-Topologie bildet das Fördermittel des Sortier- und Verteilsystems einen Ring. Hierdurch können Güter das System mehrmals durchlaufen, ohne dass es einer aufwendigen zusätzlichen Einschleusung bedarf. Hierdurch können Systeme mit weniger Endstellen als Zielorte realisiert werden. Dies ist insbesondere bei Systemen von Vorteil, die eine große Menge an Zielorten bedienen müssen und durch eine Loop-Topologie weniger Flächen gebrauchen. Jedoch kann bei dieser Topologie ein Deadlock auftreten. Mit einem Deadlock ist das Szenario gemeint, wenn die Kapazität des Fördermittels des Sortier- und Verteilsystems vollständig ausgelastet ist, die geladenen Güter jedoch nicht zu den aktuellen Zielorten der Endstellen müssen. In diesem Fall können keine Güter ausgeschleust werden und es können keine neuen Güter in das System eingeschleust werden. In einem System mit einer Kreis-Topologie werden die Güter durch Fliehkräfte ausgeschleust, die durch die rotierende Bewegung der Sortiermaschine herrschen. Das mehrfache Durchlaufen von Gütern in einem solchen System ist möglich, aber aufgrund der geringen Speicherkapazität nicht praktikabel, da das System schnell verstopfen könnte (vgl. Gudehus 2010, S. 798).

Unstetigförderer transportieren ihre Güter diskontinuierlich mit variablen Zielorten in flexibler Reihenfolge. Außerdem ist für den Betrieb eines Unstetigförderers charakteris-

tisch, dass die Be- und Entladung nur im Stillstand erfolgt (vgl. Heiserich et al. 2011, S. 77). Zusätzlich herrscht im Arbeitsablauf häufig ein Wechsel zwischen Last- und Leerfahrten. Unstetigförderer verursachen im Vergleich zu Stetigförderer hohe Betriebskosten. Dies liegt unter anderem daran, dass Unstetigförderer in der Regel manuell betrieben werden. Eine automatische Bedienung ist zwar möglich, kann jedoch nur mit einem höheren Aufwand als bei Stetigförderern erzielt werden. Der Vorteil der Unstetigförderer besteht in ihrer hohen Einsatzflexibilität (vgl. Martin 2016, S. 215). Eine weitere Besonderheit der Unstetigförderer sind die Transportmodi, durch die die Transportrouten bestimmt werden. Im Folgenden werden drei geläufige Transportmodi vorgestellt.

Der erste Transportmodus ist der Direkttransport. Hierbei wird ein Transportgut allein von einem Punkt zum anderen transportiert. Dieser Transportmodus findet Anwendung, wenn das Transportgut ein hohes Bedarfsvolumen besitzt, sodass allein durch dieses Transportgut bereits eine ausreichende Auslastung des Fördermittels erreicht wird (vgl. Meißner 2013, S. 301). Der zweite Transportmodus ist der Routenzug. Dieser zeichnet sich dadurch aus, dass sich ein Routenzug auf einer definierten Route bewegt. Diese Route besteht aus mehreren Haltepunkten, an denen der Routenzug be- und entladen wird. Ein Routenzug fördert verschiedene Transportgüter, die in der Regel nur geringere Bedarfsvolumen besitzen (vgl. Hormes et al. 2017, S. 778). Durch die Realisierung eines Routenzugs können unter anderem Ziele wie eine höhere Transportfrequenz, eine Nivellierung des Materialflusses und eine Reduzierung des Transportaufwands realisiert werden. Jedoch können durch sie ebenfalls zusätzliche Umschlagprozesse verursacht werden, sodass die Vor- und Nachteile bei Routenzügen abgewogen werden müssen (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 2016, S. 3f.). Der dritte Transportmodus ist der Milkrun. Dies ist eine spezielle Form des Routenzugs. Der Unterschied des Milkruns zu einem normalen Routenzug besteht darin, dass der Milkrun nur an einem Haltepunkt seiner Route beladen und an den anderen Haltepunkten entladen wird. Der umgekehrte Fall, dass der Milkrun an einem Haltepunkt entladen und an den übrigen Haltepunkten beladen wird, kann ebenfalls vorkommen (vgl. Meißner 2013, S. 302).

2.5 Produktion

In produzierenden Unternehmen beinhaltet die Intralogistik ebenfalls die Materialbereitstellung an Produktionsstellen sowie den Transport zwischen den Produktiveinheiten. Dieser Aspekt der Intralogistik wird als Produktionslogistik bezeichnet. Die Produktionslogistik befasst sich mit der Planung, Steuerung, Gestaltung und Kontrolle des Material- und Informationsflusses von der Produktion bis zum Distributionslager bzw. bis zum Warenausgang. Hierbei besteht die Zielsetzung in der Einhaltung der sechs R der Logistik (vgl. Martin 2016, S. 6).

Jedoch beeinflussen sich die Produktion und die Produktionslogistik gegenseitig. Deshalb differenziert Pfohl (2018, S. 205ff.) zwischen den folgenden Charakteristiken der Produktion und der Produktionslogistik, um ihre Abhängigkeiten zu beschreiben:

- Organisationstypen der Fertigung
- Produktionsprogrammbezogene Produktionstypen
- Prinzipien der Materialbereitstellung
- Layout des Produktionssystems

Innerhalb der Organisationstypen der Fertigung unterscheidet Pfohl (2018, S. 205ff.) zwischen drei Typen: Werkstattfertigung, Fließfertigung und Zentrenfertigung. Für eine Werkstattfertigung werden Fertigungsmittel mit ähnlichen Bearbeitungsverfahren räumlich zu einer Produktiveinheit zusammengelegt. Die Werkstücke müssen bei der Werkstattfertigung entsprechend ihrer individuellen Bearbeitungsreihenfolge den Produktiveinheiten zugeführt werden. Daher ist der Materialfluss ungerichtet und unübersichtlich, was in einem hohen Transportaufwand resultiert. Außerdem können Wartezeiten an Engpässen entstehen und damit verbunden eine erhöhte Durchlaufzeit. Jedoch ist die Werkstattfertigung von einer hohen Elastizität und Anpassungsfähigkeit geprägt (vgl. Schenk et al. 2014, S. 372).

In der Fließfertigung werden die Fertigungsmittel entsprechend der Bearbeitungsreihenfolge der Produkte angeordnet. Eine Ausprägung der Fließfertigung ist die Reihenfertigung, bei dem keine zeitliche Bindung der Arbeitsgänge besteht. Eine zeitliche Bindung der Arbeitsgänge in der Fließfertigung kann auf zwei Wegen realisiert werden. Zum einen können die Fertigungsmittel mit einer selbständigen Fördereinrichtung wie einem Förderband oder einem Kettenförderer verbunden werden. Zum anderen kann eine Transferstraße realisiert werden, bei der die Verkettung der Fertigungsmittel ein automatisiertes Gesamtsystem ergibt (vgl. Pfohl 2018, S. 206f.). Durch die Fließfertigung wird die Durchlaufzeit minimiert und der Transportaufwand durch kürzere Transportwege reduziert. Jedoch besitzt die Fließfertigung eine geringere Flexibilität und ist stör anfälliger (vgl. Schenk et al. 2014, S. 372).

Die Zentrenfertigung ist eine Mischung aus der Werkstatt- und der Fließfertigung. Hierbei werden ähnliche Fertigungsmittel räumlich so angeordnet, dass ähnliche Teilegruppen möglichst vollständig bearbeitet werden. Bei der Zentrenfertigung kann zwischen flexiblen Fertigungssysteme mit einem hohem Automatisierungsgrad und der Inselfertigung mit einer geringen Automatisierung unterschieden werden (vgl. Pfohl 2018, S. 207f.).

Die produktionsprogrammbezogenen Produktionstypen können in die Typen Massen-, Serien- und Einzelfertigung unterteilt werden. Bei der Massenfertigung werden homogene Produkte in hohen Stückzahlen auf spezifischen Einrichtungen gefertigt. Bei der Serienfertigung werden unterschiedliche Produkte in geringeren Stückzahlen als bei der

Massenfertigung produziert. Um die Produktion von einem Produkt auf das andere umzustellen, müssen Rüstvorgänge getätigt werden. Bei der Einzelfertigung werden Produkte entsprechend der individuellen Kundenwünsche gefertigt (vgl. Bauer 2014, S. 5). Diese Fertigungsarten beeinflussen insbesondere die geforderte Flexibilität von der Produktionslogistik. So muss die Produktionslogistik bei der Massenfertigung nur ein geringes Maß an Flexibilität aufweisen, da das benötigte Material über einen langen Zeitraum konstant bleibt. Somit kann die Effizienz der logistischen Prozesse bei der Massenfertigung durch eine genaue Kapazitätsanpassung und eine hohe Automatisierung gesteigert werden. Bei der Serienfertigung und insbesondere bei der Einzelfertigung können diese Kapazitätsanpassung und die Automatisierung zu einer höheren Störanfälligkeit führen. Dies ist damit zu begründen, dass die Produktionslogistik bei diesen Fertigungstypen eine höhere Flexibilität aufweisen muss aufgrund der höheren Produktvielfalt (vgl. Pfohl 2018, S. 208f.).

Bei der Materialbereitstellung kann zum einen zwischen dem Hol- und Bringprinzip und zwischen der bedarfs- und verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellung unterschieden werden. Bei dem Holprinzip versorgen sich die Mitarbeiter der Produktiveinheiten selber mit Material aus dem Materiallager. In dem Fall, dass spezielle Mitarbeiter für diesen Materialtransport vorgesehen sind, liegt das Bringprinzip vor. Das Holprinzip zeichnet sich im Vergleich zum Bringprinzip dadurch aus, dass der Planungsaufwand für diesen logistischen Prozess gering ausfällt. Jedoch müssen die Mitarbeiter ihre Arbeit in den Produktiveinheiten unterbrechen. Bei einer bedarfsgesteuerten Materialbereitstellung wird der Materialbedarf der Produktion gemäß der Produktionsplanung ermittelt. Bei der verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellung wird Material erst nach dem Verbrauch in der Produktiveinheit bereitgestellt. Ziel dieser Bereitstellungsart ist unter anderem, eine hohe Versorgungssicherheit bei reduzierten Beständen zu gewährleisten. Im Gegensatz hierzu können bei der bedarfsgesteuerten Materialbereitstellung hohe Bestände entstehen (vgl. Pfohl 2018, S. 210). Eine verbrauchsgesteuerte Materialbereitstellung kann beispielsweise durch Durchlaufregale mit Mindestbestimmungen und durch Kanban-Regale (Anhang A.6) realisiert werden. Die verbrauchsgesteuerte Materialbereitstellung kann mit dem Pull-Prinzip des Toyota-Produktionssystem gleich gestellt werden. Das Toyota-Produktionssystem wird im Anhang A.5 dargestellt, das mit der Just-in-Time-Produktion eine spezielle Form der verbrauchsgesteuerten Materialbereitstellung verfolgt.

Abschließend beeinflusst die Layoutplanung des Produktionssystems die Produktionslogistik. Dies beruht auf der Tatsache, dass die räumliche Anordnung der Produktiveinheiten die notwendige Transportleistung bedingt. Daher liegt der Fokus bei der Layoutplanung aus Sicht der Produktionslogistik auf der Minimierung der Materialflusskosten (vgl. Pfohl 2018, S. 211).

3 Prozessmodellierung

Nachdem in dem vorausgegangenen Kapitel die Intralogistik näher beleuchtet wurde, werden in diesem Kapitel die Grundlagen der Prozessmodellierung erläutert. Basierend auf diesen Grundlagen wird die intralogistikorientierte Wertstromanalyse entwickelt.

Als Teilaspekt des Prozessmanagements entstand die Prozessmodellierung durch die Arbeitszerlegung des Taylorismus, benannt nach Frederic Winslow Taylor (1856-1915). Das Ziel des frühen Prozessmanagements war die Ermöglichung der industriellen Massenproduktion durch eine gesteigerte Ressourceneffizienz. Die Vorgehensweise bestand in der Differenzierung zwischen planenden und ausführenden Tätigkeiten. Hierdurch wurden die hierarchischen Strukturen im Unternehmen und Aufgabenzuordnung zu den einzelnen Abteilungen definiert. Als Folge spezialisierten sich die einzelnen Abteilungen auf ihre Felder, sodass die höhere Effizienz bei der wenig veränderlichen Massenproduktion erzielt werden konnte. Als Konsequenz dieser strengen vertikalen Organisationsform wurde jedoch der Gesamtprozess zersplittert (vgl. Gadatsch 2017, S. 2f.). Durch die steigende Variantenvielfalt in der heutigen Produktion ist eine solche Spezialisierung wie im Taylorismus nur noch begrenzt wünschenswert. Dies beruht auf der Tatsache, dass diese Spezialisierung unter anderem zu Problemen wie unzureichende Flexibilität, mangelnde Kooperation bzw. Kommunikation und fehlende Gesamtprozesssicht führt. Hieraus entstehen verlängerte Durchlaufzeiten, Schnittstellenprobleme und hohe Prozesskosten. Aufgrund dieser Tatsachen etabliert sich in den Unternehmen zunehmend zusätzlich eine horizontale, prozessorientierte Organisationsform (vgl. Seidlmeier 2015, S. 2f.).

Durch diese Entwicklung hat sich auch das Prozessmanagement verändert. Die Aufgaben des modernen Prozessmanagements sind die „on, -controlling, -optimierung und Prozessführung“ (Seidlmeier 2015, S. 1). Grundlage für das Prozessmanagement ist die Prozessmodellierung. Die Aufgabe der Prozessmodellierung besteht darin, die relevanten Aspekte eines realen Unternehmensprozesses in einem Modell darzustellen. Hierdurch soll Transparenz und Prozessverständnis im Unternehmen gefördert werden und die Prozesse sollen z.B. für spätere Automatisierungen oder Optimierungen dokumentiert sein (vgl. Liebetruh 2016, S. 27f.).

Um die Funktionsweise der Prozessmodellierung darzulegen, wird im folgenden Abschnitt 3.1 zunächst der Begriff des Geschäftsprozesses erklärt.

3.1 Die Eigenschaften eines Geschäftsprozesses

In dem Zusammenhang der Prozessmodellierung wird unter dem Begriff „Geschäftsprozess“ eine zeitlich-logische Abfolge von funktionsübergreifenden Aktivitäten eines Unternehmens verstanden. Diese Aktivitäten sind zeitlich und inhaltlich voneinander

abhängig und auf das gleiche, übergeordnete Unternehmensziel ausgerichtet (vgl. Gadatsch 2017, S. 5). Somit ist ein Geschäftsprozess ein abgeschlossenes System aus Tätigkeiten mit einem definierten Input und Output, die sich durch verschiedene Schlüsseleigenschaften voneinander abgrenzen. Außerdem zeichnen sich Geschäftsprozesse durch ihre regelmäßige Wiederholung aus (vgl. Seidlmeier 2015, S. 7). Ein weiteres Merkmal der Geschäftsprozesse ist ihr hierarchischer Aufbau, der nach ihrer Abstraktionsebene abgestuft ist. So besteht ein Geschäftsprozess aus mehreren Geschäftsprozessschritten, die wiederum aus mehreren elementaren Geschäftsprozessschritten bestehen können. Bei einem elementaren Geschäftsprozessschritt ist die Detaillierungsebene so hoch, dass es zu keinem Mitarbeiterwechsel kommt (vgl. Gadatsch 2017, S. 8).

Außerdem können Geschäftsprozesse anhand ihrer Nähe zum Kerngeschäft des Unternehmens in drei Kategorien unterteilt werden (vgl. Gadatsch 2017, S. 8ff.):

- Kernprozess
- Unterstützungsprozess
- Steuerungsprozess

Kernprozesse haben einen hohen Wertschöpfungsanteil und stützen die Wertschöpfungskette des Unternehmens vom Kunden zum Kunden (z.B. vom Auftragseingang bis zum Versand). Dementsprechend sind diese Prozesse wettbewerbskritisch und differenzieren das Unternehmen von anderen Unternehmen vom Markt. Unterstützungsprozesse haben keine oder nur eine geringe Wertschöpfung. Ihre Aufgabe ist, den störungsfreien Ablauf der Kernprozesse zu gewährleisten. Folglich sind Unterstützungsprozesse nicht wettbewerbskritisch, aber für die Organisation des Unternehmens notwendig. Beispiele hierfür sind die Finanzbuchhaltung, das Personalwesen oder die Kostenrechnung. Die Aufgabe der Steuerungsprozesse ist die Koordinierung und Steuerung der Gesamtheit der Prozesse. Hiermit ist beispielsweise die Entwicklung einer Unternehmensstrategie gemeint (vgl. Gadatsch 2017, S. 8ff.).

Damit das Prozessmanagement zusätzlich kundenorientiert handeln kann, sollten die Kernprozesse eines Unternehmens als End-to-End-Prozesse definiert werden. Einen solchen Prozess beschreibt Liebetruth (2016, S. 4f.) wie folgt. Ein End-to-End-Prozess beginnt mit dem Auftragseingang durch den Kunden und endet mit der Erfüllung des Kundenbedürfnisses. Somit werden End-to-End-Prozesse durch den Kundenbedarf gesteuert. Zum einen kann es sich bei dem Kundenbedarf um den Bedarf eines internen oder externen Kunden handeln. Zum anderen kann der Kundenbedarf auch abstrakt sein wie bei der Entwicklung eines neuen Produkts. In dem Fall, dass ein solcher Kundenbedarf nicht erkennbar ist, liegt ein Prozess mit Selbstzweck vor. Diese Prozesse müssen vermieden werden, da sie für das Unternehmen ausschließlich Verschwendung darstellen. Um in der Prozessmodellierung die Kundenorientierung durch die End-to-End-Prozesse sicherzustellen, sollten die folgenden Punkte berücksichtigt werden. Zunächst

sollten die Prozesse definierte Anfangs- und Endereignisse besitzen, um Schnittstellenprobleme zu vermeiden. Damit verbunden sollten auch die Lieferanten-Kunden-Beziehungen und die Kundenanforderungen festgelegt sein. Außerdem sollte der Output messbar sein. Ist dies nicht oder nur schwer möglich, sollte der Prozess näher hinterfragt werden. Ein End-to-End-Prozess sollte sich auch über mehrere Abteilungen oder Funktionen erstrecken, da ansonsten die Kundenorientierung nicht gesichert ist. Deshalb sollten außerdem die vor- und nachgelagerten Prozesse betrachtet werden. Um bei Konflikten klare Verantwortlichkeiten zu haben, sollte es einen Prozessverantwortlichen geben.

Nachdem der Begriff des Geschäftsprozesses dargestellt wurde, wird im folgenden Abschnitt der Begriff der Modellierungsmethode im Allgemeinen erläutert.

3.2 Modellierungsmethode

Die Modellierungsmethode unterstützt den Modellierer bei der Abbildung von Geschäftsprozessen. Dabei besteht eine Modellierungsmethode nicht nur aus den grafischen Symbolen und Bausteinen für die Prozessdarstellung, sondern beinhaltet ebenfalls Regeln, Vorgehensweisen und Werkzeuge für die Modellierung. Stirna und Persson (2018a, S. 12) teilen Modellierungsmethoden in vier Bestandteile auf:

1. Die Vorgehensweise der Modellierungsmethode
2. Die Sprache der Modellierungsmethode
3. Eine Auswahl empfohlener Aufnahmetechniken
4. Eine Auswahl von Werkzeugen

Die Vorgehensweise einer Modellierungsmethode besteht aus definierten Schritten, die es zu durchlaufen gilt, damit ein valides Modell erstellt werden kann. Die Sprache einer Modellierungsmethode besteht aus einer definierten Notation, einer Syntax und einer Semantik. Die Notation besteht aus den grafischen Bausteinen der Modellierungsmethode. Die Syntax gibt dem Modellierer Regeln und Vorschriften vor, wie er die Symbole aus der Notation anordnen darf. Durch die Semantik der Modellierungsmethode werden die Bedeutungen der einzelnen Symbole und ihrer Aneinanderreihungen definiert (vgl. Bork 2018, S. 174). Beispiele für Aufnahmetechniken für Modellierungsmethoden sind Interviews, Beobachtungen, Brainstorming oder die Analyse von Dokumenten (vgl. Stirna und Persson 2018a, S. 21). Bei der Prozessmodellierung sind die zu nutzenden Werkzeuge insbesondere davon abhängig, ob ein bestehender Prozess oder ein Zielprozess modelliert werden soll (vgl. Stirna und Persson 2018b, S. 149). So kann ein bestehender Prozess mit Werkzeugen wie Zettel und Stift aufgenommen werden. Im Gegensatz hierzu ist bei der Modellierung eines Zielprozesses die Flexibilität eines Computers mit einer Modellierungssoftware ein Vorteil gegenüber Zettel und Stift.

Durch diese Bestandteile hat die Modellierungsmethode einen großen Einfluss auf das Ergebnis des Prozessmodellierers. Deshalb ist es wichtig bei der Wahl der Modellierungsmethode darauf zu achten, welchen Aspekt eines Prozesses die Modellierungsmethode beleuchtet. Zielsetzungen sind unter anderem ein schneller Überblick des Prozesses, die Implementierung eines IT-Tools, die Darstellung administrativer Prozesse oder die Analyse von Verschwendungsarten. Ein weiteres Kriterium bei der Auswahl der Modellierungsmethode ist die Zielgruppe des Modells und deren Anforderungen an das Modell. Hierbei kann zwischen drei Zielgruppen unterschieden werden: dem oberen Management, Prozessverantwortliche und das untere Management bzw. die Ausführenden. Für das obere Management ist ein schneller Überblick ausreichend, der in Kern- und Unterstützungsprozessen unterteilt ist. Im Gegensatz hierzu möchte ein Prozessverantwortlicher eine End-to-End-Sichtweise, sodass er die einzelnen Teil-Prozesse und Arbeitsschritte überprüfen kann. Das untere Management und die ausführenden Mitarbeiter interessieren sich für die einzelnen Arbeitsschritte mit den erforderlichen Ressourcen, Dokumenten und Verantwortlichkeiten (vgl. Liebetruh 2016, S. 27f.).

3.3 Grundsätze der ordnungsgemäßen Modellierung

Durch die Sprache der Modellierungsmethode sind zwar Regeln vorgegeben, aber sie ermöglichen den Modellierern trotzdem Interpretationsfreiheiten. Deshalb kann es vorkommen, dass zwei Modellierer denselben Prozess zur selben Zeit aufnehmen, aber zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Um diese subjektiven Unterschiede zu minimieren, haben Becker et al. (2014, S. 31ff.) die Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung entwickelt. Ihr Ziel hierbei war, allgemeine Empfehlungen über die jeweiligen Regelungen der Modellierungsmethoden hinaus zu geben, um die Qualität der Modelle zu erhöhen. In diesem Zusammenhang beschreibt die Modellqualität, inwieweit der Modellierungszweck durch das Modell erzielt wird. Im Folgenden werden die sechs Grundsätze der ordnungsgemäßen Modellierung vorgestellt und näher erläutert:

- Grundsatz der Richtigkeit
- Grundsatz der Relevanz
- Grundsatz der Wirtschaftlichkeit
- Grundsatz der Klarheit
- Grundsatz der Vergleichbarkeit
- Grundsatz des systematischen Aufbaus

Beim Grundsatz der Richtigkeit wird zwischen zwei Arten von Richtigkeit unterschieden. Die syntaktische Richtigkeit, die besagt, dass alle Modellierungsregelungen befolgt wurden. Die semantische Richtigkeit meint die inhaltliche Korrektheit des Modells, die an dem folgenden Beispiel erklärt wird. In dem Fall, dass zwei Modellierer zum selben Prozess unterschiedliche Modelle erstellen, wird eine konsensorientierte Diskussion

geführt. Innerhalb dieser Diskussion deklarieren fachlich kompetente Teilnehmern das Modell mit der höheren Modellqualität als semantisch richtig.

Bei dem Grundsatz der Relevanz wird von der internen und externen Minimalität gesprochen. Hiermit ist gemeint, dass entsprechend des Modellierungszwecks nur relevante Aspekte des realen Prozesses abgebildet werden. Zusätzlich darf kein Element innerhalb des Modells existieren, das nicht im realen Prozess vorhanden ist.

Der Grundsatz der Wirtschaftlichkeit fordert, dass der Modellierungszweck mit einem minimalen Aufwand erreicht werden soll oder dass mit einem definierten Modellierungsaufwand ein Modell möglichst nah zum Modellierungszweck erstellt werden soll. Dieser Grundsatz hat großen Einfluss auf die Entscheidungen zum gewünschten Detaillierungsgrad, zur Auswahl der Modellierungssemantik oder zur möglichen Orientierung an einem Referenzmodell.

Unter dem Grundsatz der Klarheit sind verschiedene Punkte vereint, die sich alle mit der Optimierung der Modellverständlichkeit beschäftigen. Beispielsweise sollten auf den jeweiligen Hierarchieebenen der Geschäftsprozesse unternehmensweit einheitliche Modellierungssemantiken verwendet werden. Durch diese Standardisierung können die Nutzer die Modelle leichter vergleichen und die Transparenz in der Darstellung steigt.

Der Grundsatz der Vergleichbarkeit beschäftigt sich mit zwei Aspekten. Zum einen sollen identische Aktivitäten aus der realen Welt auch im Modell als identisch erkennbar sein. Zum anderen sollen auch Modelle verschiedener Modellierungsmethoden vergleichbar sein. Hierfür sollten die Modellierungsmethoden ineinander überführbar sein.

Ziel des Grundsatzes des systematischen Aufbaus ist die konsistente Darstellung der realen Welt über die Modellgrenzen hinweg. In dem Szenario, dass in einem Modell beispielsweise der Wareneingang die Qualitätsprüfung durchführt, sollte in einem anderen Modell die gleiche Aufgabe nicht durch eine andere Abteilung durchgeführt werden. Diese Konsistenz zwischen den Systemen fordert der Grundsatz des systematischen Aufbaus bei allen Prozessmerkmalen wie Ressourcen, Verantwortlichkeiten, Anfangs-, Endereignis, usw.

3.4 Auswahl von Modellierungsmethoden

In diesem Abschnitt wird eine Auswahl an Modellierungsmethoden vorgestellt, die eine hohe Relevanz bei der Abbildung von intralogistischen Prozessen besitzen. Neben den hier aufgeführten Modellierungsmethoden werden in den Abschnitten 4.3 und 4.4 die klassische und die logistikorientierte Wertstromanalyse im Detail vorgestellt. Hierbei ist anzumerken, dass diese Auswahl keine vollständige Liste aller existierender Methoden darstellt, sondern nur geläufige Modellierungsmethoden beinhaltet.

Aus dem Six-Sigma-Ansatz stammt die Modellierungsmethode SIPOC. Diese Abkürzung steht für die Elemente der Methode Lieferant, Eingang, Prozess, Ausgang und Kunde (engl. Supplier, Input, Process, Output, Customer). Diese Elemente werden als Spalten im SIPOC-Diagramm aufgeführt und mit kurzen und intuitiven Texten beschrieben. Die Vorgehensweise besteht darin, dass zunächst der Prozess, der aus fünf bis sieben Prozessschritten bestehen sollte, in der richtigen Reihenfolge aufgenommen wird. Hiernach werden die wichtigsten Kunden des Prozesses ermittelt. Abschließend werden die übrigen Spalten der Elemente ausgefüllt (vgl. Meran et al. 2014, S. 37f.).

Das Flussdiagramm ist ebenfalls eine weit verbreitete Modellierungsmethode, die ursprünglich für die Modellierung von Algorithmen aus der Informatik stammt. Allerdings wird sie auch für die Modellierung von Prozessen verwendet (vgl. Liebetruh 2016, S. 32). Die Notation von Flussdiagrammen ist durch DIN 66001 normiert und mit ihr können intuitiv und ohne großen Aufwand alle logischen Ablaufbeziehungen und Abhängigkeiten dargestellt werden (vgl. Deutsches Institut für Normung e.V. 1983).

BPMN 2.0 steht für „Business Process Model and Notation“ und ist eine Modellierungsmethode für Geschäftsprozesse und Arbeitsabläufe (vgl. Freund und Rücker 2014, S. 1f.). Die Notation ist für die Verwendung durch Fach- und Informatikspezialisten ausgelegt. Der Fokus liegt hierbei auf der Abbildung von administrativen Prozessen und Automatisierungslösungen (vgl. Liebetruh 2016, S. 34ff.).

Im Gegensatz hierzu liegt der Fokus bei Sankey-Diagrammen auf der Abbildung des Materialflusses. Dieser wird in einem Sankey-Diagramm durch simple Symbole für Prozesse bzw. Flächen und Pfeilen für das bewegte Material dargestellt. Bestände innerhalb der Flächen und Prozesse werden nicht abgebildet (vgl. Liebetruh 2016, S. 38). Die Pfeile geben neben der Richtung auch die Quantität des abgebildeten Flusses an, indem die Dicke des Pfeils proportional zur Menge gewählt wird (vgl. Li et al. 2017, S. 477).

4 Wertstromanalyse

Das Wertstrommanagement und damit verbunden die Wertstromanalyse ist aus dem Lean Management entstanden, das einen großen Einfluss auf die Intralogistik hat. Daher wird in diesem Kapitel zunächst das Lean Management erläutert. Es folgt eine kurze Einführung in das Wertstrommanagement sowie eine detaillierte Darstellung der Wertstromanalyse.

4.1 Lean Management

Die Produktionsplanung und -organisation wurde in den letzten Jahren stark durch die Prinzipien des Lean Managements geprägt. Eine Vielzahl von wissenschaftlichen Arbeiten haben einen starken Zusammenhang zwischen dem Umsetzungsgrad von Lean Management und der Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens nachgewiesen. Das Lean Management ist ein Konzept für die strategische Unternehmensführung. Die Zielsetzung besteht darin, sowohl die Effizienz als auch die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens oder auch einer ganzen Supply Chain zu maximieren (vgl. Pinto et al. 2018, S. 1). Die Bezeichnung Lean Management führten Womack et al. (2007) Anfang der 1990er Jahre durch ihr Buch „The Machine that Changed the World“ ein. Hierin wurde beschrieben, durch welche Unternehmens- und Produktionsorganisationsmethoden Toyota seinen Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Autoherstellern erzielen konnte. Diese Methoden werden auch Toyota-Produktionssystem genannt.

Entstanden ist das Toyota-Produktionssystem in Japan nach dem zweiten Weltkrieg in der Mitte des 20. Jahrhunderts (vgl. Künzel 2016, S. 1). In dieser Zeit waren Ressourcen und Flächen in Japan nur begrenzt zugänglich. Außerdem fand der Autohersteller Toyota einen Markt vor, an dem die Käufer eine starke Verhandlungsposition hatten. Deshalb galt es für Toyota, Autos nach den individuellen Kundenwünschen bei hohen Nachfrageschwankungen zu produzieren. Diese hohe Variabilität mit trotzdem anhaltend hoher Qualität konnten die bisherigen Produktionssysteme nach Fords Massenfertigung jedoch nicht leisten. Aufgrund dieser Bedingungen war das Ziel Toyotas, ein Produktionssystem zu entwickeln, das eine hohe Qualität garantiert, aber sich trotzdem durch eine hohe Ressourceneffizienz, minimale Kosten und eine kurze Durchlaufzeit auszeichnet (vgl. Wille 2016, S. 68). Federführend bei der Entwicklung des Systems war Taiichi Ōno, der seine Ergebnisse mit seinem Buch „Das Toyota-Produktionssystem“ erstmals veröffentlichte (vgl. Ōno 2013). In den folgenden Abschnitten werden die verschiedenen Aspekte des Toyota-Produktionssystems näher erläutert.

4.1.1 Muri, Mura, Muda

Um das Ziel einer effizienteren und variableren Produktion zu erreichen, hat Toyota drei Prinzipien aufgestellt: Muri, Mura, Muda. Da Toyota dem Respekt gegenüber sei-

nen Mitarbeiter einen hohen Stellenwert zurechnet, soll das Prinzip Muri als erstes realisiert werden (vgl. Ōno 2013, S. 28). Muri kommt aus dem Japanischen und bedeutet, dass die Überlastung von Menschen und Maschinen verhindert werden soll. Um Überlastung zu eliminieren, ist das zweite Prinzip Mura notwendig. Hiermit ist gemeint, dass Auslastungsschwankungen der Mitarbeiter geglättet werden sollen. Unstete Auslastung kann viele Ursachen haben wie beispielsweise Rüstvorgänge bei einem Variantenwechsel oder Maschinenausfälle (vgl. Wille 2016, S. 69).

Nachdem durch diese Prinzipien die Basis für angemessene Arbeitsbedingungen geschaffen wurde, kann mit der Steigerung der Effizienz begonnen werden. Hierfür steht das Prinzip Muda, das sich mit der Eliminierung von Verschwendung beschäftigt. Als Verschwendung wird hierbei jeder Prozess bezeichnet, der nicht wertschöpfend ist. Hiermit ist ein Prozess beschrieben, durch dessen Durchführung der Wert für den Kunden nicht steigt und er somit nicht mehr für das Produkt zahlt. Deshalb werden im Toyota-Produktionssystem die Prozesse aus Kundensicht betrachtet, um nicht wertschöpfende Prozesse zu eliminieren oder durch wertschöpfende zu ersetzen. Durch diese kundenorientierte Vorgehensweise wird ein höherer Anteil an Wertschöpfung erreicht und somit auch eine höhere Effizienz. Aufgrund der Unterscheidung zwischen wertschöpfenden und nicht-wertschöpfenden Prozessen wird bei dem Produktionsprozess auch von einem Wertstrom gesprochen (vgl. Bertagnolli 2018, S. 24f.). Bichler et al. (2017, S. 246) definieren einen Wertstrom als den „Durchlauf eines Produktes durch den Herstellprozess vom Rohmaterial bis zum fertigen Artikel. Dabei wird dem Produkt durch eine entsprechende Bearbeitung kalkulatorisch ein Wert in Form von Arbeitsleistung [...] hinzugefügt.“

Um Verschwendung im Unternehmen besser zu identifizieren unterscheidet Toyota zwischen sieben Arten von Verschwendung (vgl. Ōno 2013, S. 54):

- Überproduktion
- Überflüssige Bewegungen
- Wartezeit
- Transport
- Prozessübererfüllung
- Bestände
- Fehler, Ausschuss und Nacharbeit

Diese Verschwendungsarten sind oft miteinander verknüpft. So führt beispielsweise die Überproduktion von Produkten dazu, dass unnötig große Bestände in der Distribution gelagert werden müssen. Außerdem müssen mehr Produkte innerhalb des Werks transportiert werden als notwendig (vgl. Khojasteh 2016, S. 2f.).

4.1.2 Lean Logistik

Die Lean Logistik verfolgt das Ziel, die hohen Anforderungen einer schlanken Produktion zu erfüllen. Hierfür müssen kurze Durchlaufzeiten und eine hohe Flexibilität erreicht werden. Für die Realisierung dieser Ziele orientiert sich die Lean Logistik an den Prinzipien aus dem Lean Management. Daher wird von Lean Logistik gesprochen, wenn die logistischen Prozesse eines Unternehmens synchronisiert, flussorientiert, getaktet, ziehend und kundenorientiert gestaltet sind (vgl. Klug 2018, S. 288).

Das Ziel des Lean Managements besteht darin, den Wertschöpfungsanteil in einem Unternehmen zu maximieren. Die Logistik mit dem Materialtransport als Kernaufgabe ist nach den Prinzipien des Lean Managements Verschwendung bzw. Muda. Daher muss geklärt werden, inwiefern die Logistik zur Wertschöpfung beiträgt, um die Prinzipien des Lean Managements auf die Logistik übertragen zu können. Hierfür wird die Sichtweise eingeführt, dass sich der Wert eines Produkts aus dem Warenwert und dem Servicewert zusammensetzt. Der Warenwert wird durch Wertschöpfung in der Produktion erzeugt. Die Wertschöpfung des Servicewerts besteht in der Realisierung der sechs R der Logistik. So ist zum Beispiel für einen Kunden ein verspätetes Geburtstagsgeschenk von geringerem Wert als ein pünktliches Geschenk, obwohl der gleiche Warenwert vorliegt. Folglich hat die Logistik mit dem Servicewert einen wertschöpfenden Anteil, so dass die Prinzipien des Lean Managements auf die Logistik übertragen werden können (vgl. Durchholz 2013, S. 43f.).

Aufgrund der Tatsache, dass Logistik einen wertschöpfenden Anteil hat, müssen nach dem Lean Management logistische Prozesse in wertschöpfende und nicht-wertschöpfende Prozesse unterteilt werden. Jedoch ist diese Differenzierung komplexer als in reinen Produktionsprozessen. Deshalb geben Göpfert et al. (2017, S. 332f.) eine Entscheidungshilfe, indem sie die logistischen Prozesse in vier Kategorien einteilen. Zum einen gibt es wertschöpfende Prozesse im klassischen Sinn, die den Kundenwert direkt steigern. Außerdem wird zwischen nutzbringenden und notwendigen Prozessen unterschieden. Nutzbringende Prozesse generieren indirekt Wert durch Qualitätserhöhung, Kommissionierung und Materialbereitstellung. Wohingegen notwendige Prozesse keinen Einfluss auf die Wertschöpfung haben. Trotzdem liegt keine Verschwendung vor, weil diese Prozesse aufgrund von physikalischen oder juristischen Gesetzen durchgeführt werden müssen. Ein Prozess ist nur Verschwendung, wenn er keiner dieser drei Kategorien zuzuordnen ist.

Um die identifizierten Verschwendungen besser differenzieren zu können und um mögliche Muster erkennen zu können, wurden für die Lean Logistik sieben spezielle Verschwendungsarten definiert (vgl. Durchholz 2013, S. 46):

- Überlieferung
- Wartezeiten

- Überflüssige Transporte
- undefinierte Prozesse
- (Überdimensionierte) Bestände
- unnötige Tätigkeiten
- Fehler bezogen auf die fünf R der Logistik

Anhand dieser Anpassungen in der Lean Logistik können die Methoden und Strategien des Lean Managements angewendet werden. Wie die Optimierung eines Wertstroms im Sinne des Lean Managements umgesetzt wird, zeigt der Abschnitt 4.2. In diesem Abschnitt wird die Methode des Wertstrommanagements umrissen.

4.2 Wertstrommanagement

Wertstrommanagement ist ein Vorgehensmodell zur Optimierung des gesamten Wertstroms eines Unternehmens. Seinen Ursprung hat das Wertstrommanagement im Toyota-Produktionssystem und wurde durch Rother und Shook (2015) maßgeblich beeinflusst. In Abbildung 4-1 ist zu erkennen, dass das Wertstrommanagement neben der Wertstromanalyse noch aus dem Wertstromdesign und der Wertstromplanung besteht. Außerdem stimmt die Zielsetzung des Wertstrommanagements mit der des Toyota-Produktionssystems überein (vgl. Erlach 2013; vgl. Knössl 2013, S. 135).

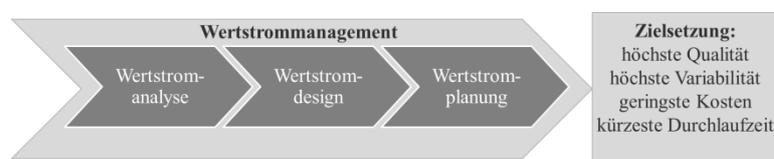


Abbildung 4-1: Wertstrommanagement

Die Vorgehensweise des Wertstrommanagements ist wie folgt: Zunächst wird die Wertstromanalyse durchgeführt, um den Ist-Zustand des Material- und Informationsflusses im gesamten Wertstrom von „Rampe zu Rampe“ transparent darzustellen. Hiermit ist gemeint, dass der gesamte Produktionsprozess beginnend mit dem Wareneingang und endend mit dem Versand dargestellt werden soll. Außerdem werden außerbetriebliche Zusammenhänge mit Lieferanten und Kunden aufgeführt (vgl. Balsliemke 2015, S. 10). Hierdurch wird der Wertstrom über Abteilungs-, Gebäude- und Werksgrenzen hinaus betrachtet. Ohne Berücksichtigung dieser Schnittstellen wird das Prozessdenken gefördert sowie Abteilungs- und Kostenstellendenken durchbrochen. Dies ist Grundlage für eine systematische Verbesserung des gesamten Wertstroms mit dem Ziel eines Gesamtoptimums. Um hierfür zu eliminierende Verschwendung im Ist-Zustand aufzudecken, werden zum einen alle wertschöpfenden und nicht-wertschöpfenden Aktivitäten aufgenommen. Zum anderen werden die drei Kennzahlen Kundentakt, Prozesszeit und Durchlaufzeit in die Modellierung integriert, um beispielsweise überdimensionierte Bestände zu identifizieren (vgl. Bertagnolli 2018, S. 104).

Der Wertstromanalyse folgt das Wertstromdesign. Basierend auf dem Ist-Zustand aus der Wertstromanalyse und dem durchschnittlichen Kundenbedarf wird ein Soll-Zustand für die Produktion erarbeitet (vgl. Balsliemke 2015, S. 12). Die identifizierten nicht-wertschöpfenden Prozessschritte und andere Verschwendungen werden hierbei eliminiert, sodass der Soll-Zustand die Zielsetzung des Toyota-Produktionssystems erfüllen würde. Daran anschließend werden durch einen Ist-Soll-Vergleich Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet. Hierbei sollen durch die Gesamtbetrachtung des Wertstroms durch die Wertstromanalyse Inzellösungen vermieden werden. Eine Inzellösung ist eine Verbesserungsmaßnahme, die zwar zu einem lokalen Optimum führen würde. Allerdings würden durch fehlendes Prozessdenken bei der Auswahl der Verbesserungsmaßnahme die Auswirkungen auf den gesamten Wertstrom verpuffen. Die Wertstromanalyse unterstützt bei der Identifizierung von Engpässen. Durch die Optimierung von Engpässen wird dann der gesamte Wertstrom verbessert, sodass ein Gesamtoptimum erreicht werden kann. Anschließend an das Wertstromdesign folgt die Wertstromplanung, die sich mit der Umsetzung der gefundenen Verbesserungsmaßnahmen beschäftigt (vgl. Dickmann 2015, S. 385; vgl. Bertagnolli 2018, S. 104; vgl. Klevers 2009, S. 149ff.).

Nachdem der Kontext, aus dem die Wertstromanalyse stammt, erläutert wurde, wird die Wertstromanalyse und ihre Durchführung im Abschnitt 4.3 näher dargestellt.

4.3 Klassische Wertstromanalyse

Im Abschnitt 4.2 wurde bereits die Wertstromanalyse und ihre Zielsetzung umrissen, sodass im Folgenden die näheren Bausteine und Aspekte der Wertstromanalyse betrachtet werden können. Ein Baustein der Wertstromanalyse ist ein Wertstromdiagramm, das beispielhaft in Abbildung 4-2 zu sehen ist. Der Aufbau eines Wertstromdiagramms besteht aus fünf Bereichen. Im ersten Bereich wird der Kunde mit seinen Bedürfnissen und Eigenschaften aufgeführt, dessen wichtigste Kennzahl der durchschnittliche Kundenbedarf nach neuen Produkten ist. Dies ist damit zu begründen, dass ausgehend von diesem Wert eine kundenorientierte Produktion analysiert und ausgelegt werden sollte. Im zweiten Bereich wird der innerbetriebliche Materialfluss dargestellt. Dieser besteht aus den Prozessschritten, den logistischen Verbindungen zwischen den Schritten und den vorhandenen Beständen. Die Kästen für die Prozessschritte geben neben der Tätigkeit noch die beschäftigte Mitarbeiterzahl an. Außerdem sind die Prozessschritte mit Datenkästen erweitert, sodass spezifische Kennzahlen der Prozesse wie beispielsweise Bearbeitungszeit, Prozesszeit oder Rüstzeit in der Wertstromanalyse mitbetrachtet werden können. Der Lieferant wird im dritten Bereich dargestellt. Im vierten Bereich werden alle Daten- und Informationstransfers abgebildet, die zur Auftragsabwicklung, Produktionsplanung und -organisation notwendig sind. Im fünften Bereich wird die Zeitleiste abgebildet. Diese führt die Bearbeitungszeiten und Durchlaufzeiten der jeweiligen

Prozessschritte auf. Am Ende der Zeitachse werden die Zeiten kumuliert, sodass das Verhältnis zwischen gesamter Bearbeitungszeit und gesamter Durchlaufzeit zu erkennen ist. Da nur innerhalb der Bearbeitungszeit wertschöpfende Tätigkeiten ausgeführt werden, ist dieser Quotient ein guter Indikator für den wertschöpfenden Anteil eines Wertstroms (vgl. Fischermanns 2013, S. 145ff.).

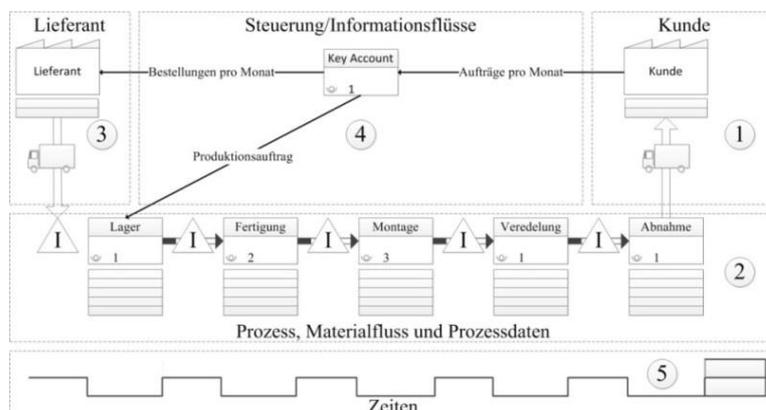


Abbildung 4-2: Beispiel eines Wertstromdiagramms (i.A. Fischermanns 2013, S. 145)

Erlach (2013, S. 29) teilt die Durchführung einer solchen Wertstromanalyse in die folgenden vier Schritte auf:

1. Einordnung in Produktfamilien
2. Analyse des Kundenbedarfs
3. Prozessaufnahme
4. Verbesserungspotential

Diese vier Schritte werden in den folgenden Abschnitten näher erläutert. Andere Autoren unterscheiden sich in der Aufteilung ihrer Verfahrensweisen durch die Detaillierung der jeweiligen Verfahrensschritten. Jedoch stimmen die einzelnen durchgeführten Tätigkeiten überein, sodass die gewählte Verfahrensweise das Ergebnis einer Wertstromanalyse nicht beeinflussen sollte (vgl. Rother und Shook 2015; Bertagnolli 2018).

4.3.1 Einordnung in Produktfamilien

Durch die sogenannte Mass Customization müssen produzierende Unternehmen eine Vielzahl von kundenspezifischen Produkten herstellen. Dementsprechend werden verschiedene Varianten innerhalb einer Produktion gefertigt. Dies ist jedoch für die Wertstromanalyse problematisch, da sich diese Varianten in ihren Fertigungsschritten und Eigenschaften unterscheiden können und somit einen eigenen Wertstrom bilden. Um diese Komplexität zu vermeiden, werden die verschiedenen Produkte in Produktfamilien unterteilt. Daraufhin werden für die Produktfamilien eigene Wertstromanalysen durchgeführt. Damit dies unproblematisch ablaufen kann, müssen die Fertigungsschritte und Eigenschaften der Produkte einer Produktfamilie möglichst homogen sein. Hierdurch wird sichergestellt, dass es innerhalb eines Wertstroms nicht zu viele Abzwei-

gungen gibt. Außerdem sollten die Produktfamilien untereinander soweit wie möglich heterogen sein, sodass Überlappungen verschiedener Wertströme übereinander vermieden werden (vgl. Balsliemke 2015, S. 8).

Für die Bildung und Zuordnung der Produktfamilien ist der bottom-up-Ansatz der Produktfamilien-Matrix die geläufigste Methode. Um die Produktfamilien-Matrix zu erstellen, werden alle Produkte in den Zeilen und alle benötigten Produktionsschritte in den Spalten der Matrix aufgeführt. Daraufhin wird eingetragen, welche Produktionsschritte das jeweilige Produkt durchlaufen muss. Hierauf basierend werden die Produkte, die ähnliche oder die identischen Prozesse benötigen, zu einer Produktfamilie gruppiert. Anschließend wird ein Produkt je Familie als Repräsentant ausgewählt, das die typischen Eigenschaften der Produktfamilie aufweist. Für diesen Repräsentanten wird stellvertretend für die gesamte Produktfamilie die Wertstromanalyse durchgeführt (vgl. Erlach 2013, S. 32ff.).

4.3.2 Analyse des Kundenbedarfs

Nachdem die Produktfamilien gebildet wurden, kann mit der Wertstromanalyse des jeweiligen Repräsentanten begonnen werden. Grundlegendes Konzept der Wertstromanalyse ist es, die Produktion aus Sicht der Kunden zu betrachten. Der Vorteil der Kundenorientierung besteht unter anderem darin, dass die kostspieligste Verschwendung in Form von Überproduktion leichter identifiziert werden kann. Deshalb wird der Wertstrom beginnend beim Kunden stromaufwärts analysiert. In das Kundensymbol wird der Name des spezifischen Kunden oder die Bezeichnung der Kundengruppe eingetragen. Darüber hinaus werden die nachgefragte Produktfamilie, ihre Anzahl an Varianten und der ausgewählte Repräsentant angegeben. Außerdem zeichnen sich Kunden durch ihre verschiedenen Lieferanforderungen aus. Von besonderer Bedeutung ist hierbei der Kundenbedarf, da dieser den Kundentakt vorgibt. Eine kundenorientierte Produktion sollte im Kundentakt produzieren, um die Produktnachfrage zu befriedigen und dabei nichts unnötig zu produzieren. Je nach Analysezweck und Eigenschaften der Produktion können die Parameter des in Abbildung 4-3 dargestellten Kundensymbols angepasst werden (vgl. Erlach 2013, S. 37ff.).



Abbildung 4-3: Beispiel eines Kundensymbols

Im Anschluss an den Kunden wird der Lieferant, ebenfalls mit einem Fabriksymbol, und die dazwischen liegende Produktionsplanung als Datenkasten aufgenommen. Beide

Elemente werden mit ihren spezifischen Parametern wie Liefermenge oder Planungshorizont beschrieben.

4.3.3 Prozessaufnahme

Nach der Analyse des Kundenbedarfs folgt die eigentliche Prozessaufnahme in der Produktion. Hierfür sollte der Prozessbeobachter vor Ort in die Produktion gehen und ausschließlich mit Papier und Zettel den Wertstrom iterativ aufnehmen. Zu Beginn werden die einzelnen Prozessschritte aufgenommen und in Reihenfolge gebracht. In dem Fall, dass der Wertstrom aus mehreren parallelen Flüssen besteht, werden diese übereinander in dem Wertstromdiagramm angeordnet. Bei zu komplexen Wertströmen sollte die Betrachtung auf die wichtigsten Flüsse beschränkt werden, um ein übersichtliches Wertstromdiagramm zu erhalten (vgl. Rother und Shook 2015, S. 17). Wie zuvor bereits erwähnt, werden die Prozesskästen durch Datenkästen ergänzt. Diese enthalten wichtige Parameter der Prozessschritte, sodass durch sie auf Verschwendungen geschlossen werden kann. Bei der Datenerhebung dieser Parameter sollte nicht auf Daten aus Systemen vertraut werden. Diese Daten können fehlerhaft sein, da sie veraltet sind oder ihre Berechnung auf einem idealen Zustand beruht. Deshalb sollten auch die Prozessparameter durch eigene Beobachtungen und Messungen gewonnen werden. Abhängig vom Analysezweck und den spezifischen Eigenschaften der Prozessschritte werden bei Auswahl der Parameter oft die folgenden ausgewählt (vgl. Dickmann 2015, S. 395f.; vgl. Balsliemke 2015, S. 12): Zykluszeit, Bearbeitungszeit, Prozesszeit, Rüstzeit, Mitarbeiteranzahl, Maschinenverfügbarkeit und Ausschussrate. Im Anhang A.6 werden Begriffe wie diese Parameter, die durch die Wertstromanalyse erfasst und abgebildet werden, erläutert.

Die Bestände zwischen den Prozessschritten sowie vor und nach der Produktion werden ebenfalls aufgenommen. Hierbei werden auch die Reichweiten der jeweiligen Bestände ermittelt, da diese maßgeblich die Durchlaufzeit beeinflussen. Zusätzlich werden die sogenannten Supermärkte (Anhang A.6) dargestellt. Eine schematische Darstellung eines Prozesskastens inklusive Datenkasten, eines regulären Bestandssymbols und des Supermarktsymbols ist in Abbildung 4-4 aufzufinden (vgl. Bertagnolli 2018, S. 112).

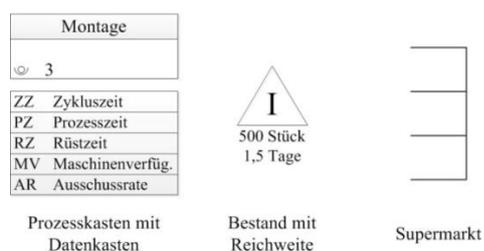


Abbildung 4-4: Prozesskasten und Bestandssymbol

Da sich der Material- und Informationsfluss gegenseitig bedingen, sollten diese gemeinsam iterativ aufgenommen werden. Um hierbei die Produktionssteuerung zwischen den

Prozessschritten aus Kundensicht nachvollziehen zu können, wird auch die Prozessaufnahme kundenorientiert stromaufwärts durchgeführt. Darüber hinaus sind durch die Kundenorientierung die Kundenanforderungen eines Prozessschrittes für den Prozessbeobachter nachvollziehbar. Hierdurch kann er die Hintergründe im Ablauf eines Prozesses besser verstehen und analysieren. In Abbildung 4-5 werden die geläufigsten Symbole für den Material- und Informationsfluss aufgeführt (vgl. Erlach 2013, S. 28).

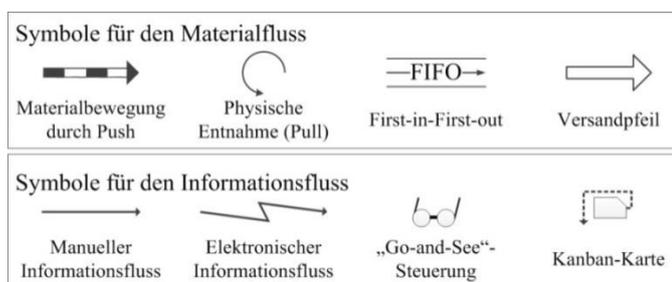


Abbildung 4-5: Symbole für den Material- und Informationsfluss (i.A. Balsliemke 2015, S. 9)

Bei den Symbolen für den Materialfluss kann grundsätzlich zwischen dem internen und externen Materialfluss unterschieden werden. Innerhalb der internen Symbole wird die klassische Push-Produktion mit einem gestreiften Pfeil dargestellt. Ein kreisförmiger Pfeil symbolisiert hingegen die physische Entnahme nach dem Pull-Prinzip. Einen Materialfluss nach der Vorgehensweise des First-in-First-out (Anhang A.6) wird durch einen Pfeil mit der Abkürzung „FIFO“ und zwei einrahmenden Linien dargestellt. Der externe Materialfluss besteht aus dem Versand von Rohstoffen und Teilen vom Lieferanten in das Unternehmen und aus dem Versand von fertigen Produkten an den Kunden. Diese Materialflüsse werden durch einen dicken, gerahmten Pfeil dargestellt. Dieser Versandpfeil kann durch ein Symbol für das durchführende Fahrzeug beispielsweise einem LKW oder einem Flugzeug ergänzt werden. Außerdem wird die Frequenz und die Menge des jeweiligen Transports aufgeführt (vgl. Rother und Shook 2015, S. 22ff.).

Der Informationsfluss zwischen dem Unternehmen und dem Lieferanten oder dem Kunden kann manuell oder elektronisch durchgeführt werden. Ein manueller Informationsfluss beispielsweise durch einen schriftlichen Vertrag wird durch einen einfachen, geraden Pfeil ausgedrückt. Hingegen wird ein elektronischer Informationsfluss zum Beispiel eine Bestellung im Internet durch einen gezackten Pfeil dargestellt. Die Produktionsorganisation zwischen den jeweiligen Prozessschritten kann durch die beiden übrigen Informationsflusssymbole aus Abbildung 4-5 aufgenommen werden. Die „Go-and-See“-Steuerung (Anhang A.6) wird durch eine Brille symbolisiert. Eine Kanban-Steuerung (Anhang A.6) wird durch eine entsprechende Kanban-Karte dargestellt.

4.3.4 Verbesserungspotential

Nachdem durch die vorausgegangenen Schritte der Wertstrom vollständig aufgenommen wurde, gilt es nun die zweite Phase des Wertstrommanagements, das Wertstromde-

sign, vorzubereiten. Hierfür werden Verbesserungspotentiale identifiziert, die bei der Erstellung des Soll-Wertstroms berücksichtigt werden sollten. Zusätzlich können direkte Verbesserungsmaßnahmen realisiert werden, die keine konzeptionelle Überarbeitung des Wertstroms benötigen. Um die Verbesserungspotentiale zu identifizieren, werden zunächst die Prozesszeiten und Durchlaufzeiten in die Zeitachse des Wertstromdiagramms eingetragen und summiert. Durch das Verhältnis zwischen gesamter Prozesszeit und gesamter Durchlaufzeit wird der Flussgrad des Wertstroms bestimmt. Diese Kennzahl zeigt, wie träge der Wertstrom ist bzw. wie flexibel der Wertstrom auf Schwankungen des Kundenbedarfs reagieren kann. Einen großen Einfluss auf den Flussgrad haben Bestände. Dementsprechend sollten überdimensionierte Bestände zwischen Prozessschritten und ihre Ursache identifiziert werden. Verschwendungen werden im Wertstromdiagramm durch sogenannte Kaizen-Blitze (Abbildung 4-6) markiert (vgl. Erlach 2013, S. 84; vgl. Wassermann und Schwarzer 2012, S. 52ff.).



Kaizen-Blitz

Abbildung 4-6: Kaizen-Blitz

4.3.5 Zusammenfassung

Nachdem die Vorgehensweise der Wertstromanalyse detailliert beschrieben wurde, lassen sich die folgenden Punkte zusammenfassen. Die Wertstromanalyse baut auf einfachen Symbolen auf, durch die die Analyse leicht verständlich wird. Durch die weite Verbreitung der Wertstromanalyse sind diese nahezu standardisiert und werden in die drei Gruppen Basissymbole (z.B. Kunde, Lieferant, Kaizen-Blitz), Symbole für den Materialfluss (z.B. Push-Pfeil, Pull-Pfeil, Versandpfeil) und Symbole für den Informationsfluss (z.B. manuelle Information, elektronische Information, Kanban-Karte) unterteilt (vgl. Balsliemke 2015, S. 9f.). Da für die Prozessaufnahme nur Zettel und Stift notwendig sind und sich die Symbole auf die kritischen Parameter beschränken, sorgt die Wertstromanalyse für einen schnellen Überblick. Jedoch liegt ihr Fokus auf der Darstellung der Produktion auf Prozessschritzebene. Wohingegen Prozesse aus anderen Bereichen wie aus der Logistik oder der Verwaltung nur stark abstrahiert ohne Prozessparameter aufgenommen werden. Aufgrund dessen ist die Wertstromanalyse für die Anwendung in diesen Bereichen nur stark eingeschränkt geeignet. Der Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik der Technischen Universität München hat diesen Forschungsbedarf für die allgemeine Logistik erkannt. Deshalb haben sie innerhalb des Forschungsprojektes LEAN:log die Wertstromanalyse für die Anwendung bei logistischen Prozessen weiterentwickelt (vgl. Knössl 2013, S. 135f.). Diese logistikorientierte Wertstromanalyse wird im Abschnitt 4.4 beschrieben.

In der Verwaltung wurden auch mehrere Adaptionen der Wertstromanalyse für administrative Prozesse entwickelt. Bei diesen Ansätzen sind die sieben Verschwendungsarten auf die Verwaltung bezogen. Darüber hinaus verwenden viele dieser Adaptionen einen anderen Aufbau für ihr Wertstromdiagramm. Anstelle des klassischen, kreisförmigen Aufbaus aus Lieferant, Materialfluss, Kunde und Informationsfluss werden sogenannte Swimlanes verwendet. Durch sie werden Aufgabenbereiche und Zuständigkeiten innerhalb des Wertstromdiagramms eindeutig zugeordnet (vgl. Magenheimer et al. 2014, S. 146). Der Begriff Swimlane hat seinen Ursprung darin, dass sie Schwimmbahnen ähneln (vgl. Gadatsch 2017, S. 90f.).

4.4 Logistikorientierte Wertstromanalyse

Um die Wertstromanalyse an die Eigenschaften der Logistik anzupassen, wurden zwei wesentliche Anpassungen vorgenommen. Eine Problematik für die Prozessaufnahme in der Logistik besteht darin, dass es eine Vielzahl logistischer Prozesse innerhalb eines Wertstroms gibt. Um hierbei wertschöpfende von nicht-wertschöpfenden Prozessen besser unterscheiden zu können, wurden standardisierte Logistikfunktionen definiert. Orientiert an den fünf R der Logistik wurden die Logistikfunktionen anhand der Transformationen zwischen den Quellen und Senken in Ort, Zeit, Menge, Sorte und Qualität bestimmt. Das sechste R der Logistik, minimale Kosten, wird durch die Eliminierung von Verschwendung realisiert (vgl. Knössl 2013, S. 137f.).

Die räumliche Transformation ist die logistische Grundfunktion des Transports von Material. Hierbei wird zwischen dem externen Transportieren und dem internen Fördern von Materialien unterschieden. Von einer zeitlichen Transformation wird gesprochen, wenn der Lieferzeitpunkt nicht mit dem Moment des Bedarfs übereinstimmt. In diesem Fall muss die Zeitspanne durch Puffern (kurze Zeitspanne) oder durch Lagern (große Zeitspanne) überbrückt werden. Bei der mengenmäßigen Transformation wird zwischen dem Sammeln und dem Verteilen unterschieden. Beim Sammeln wird in einer Senke eine Materialart aus verschiedenen Quellen zusammengeführt. Im Gegensatz hierzu wird beim Verteilen eine Materialart aus einer Quelle zu mehreren Senken geliefert. Sollte es hierbei verschiedene Materialien geben, kann von einer sortenmäßigen Transformation gesprochen werden. Das Sortimentieren sorgt für eine bedarfsgerechte Zusammenführung verschiedener Materialien für eine Senke. Wohingegen das Sortieren gemischte Materialien sortenrein auf verschiedene Senken verteilt. Diese vier Arten der Transformation sorgen für eine Steigerung des Servicewerts und damit auch für den Wert des Produkts. Die qualitativen Transformationen verbessern zwar die Produktqualität. Jedoch führt dies nur zu einer Wertsteigerung, wenn der Kunde diesen Service wünscht. Qualitative Transformationen sind das Ver- und Entpacken sowie das Prüfen von Materialien. Hiermit sind die fünf Transformationen im Sinne der fünf R der Logistik beschrieben. Jedoch können die Prozesse zur Steuerung der Logistik mit diesen

Funktionen noch nicht abgebildet werden. Dies sind Prozesse des Informationsflusses wie Buchen, Etikettieren, Auftragszeugung, Dokumentieren und Informationsübermittlung. Diese Prozesse werden unter informatorische Transformationen zusammengefasst. Die Tabelle A-7 führt alle Transformationen auf und beschreibt diese nochmals bildlich (vgl. Knössl 2013, S. 136ff.).

Die zweite Anpassung für eine logistikorientierte Wertstromanalyse besteht in der Umsetzung von logistikspezifischen Prozesskästen. In der klassischen Wertstromanalyse wurden die logistischen Prozessschritte nur stark generalisiert aufgenommen. Um dies zu ändern, wurden die logistikspezifischen Prozesskästen basierend auf den Logistikfunktionen entwickelt. Diese Kästen bestehen aus einem Feld mit ihrer jeweiligen Logistikfunktion und einem zweiten Feld mit einer näheren Prozessbeschreibung. Darüber hinaus besitzt jede Logistikfunktion einen definierten Datenkasten, durch den alle logistikrelevanten Parameter der Logistikfunktion aufgenommen werden. Die Parameter der jeweiligen Logistikfunktionen werden in Abbildung A-4 aufgeführt. Durch diese standardisierten Prozesskästen kann die logistikorientierte Wertstromanalyse als optimale Datenbasis für die Entwicklung eines Soll-Wertstroms dienen (vgl. Knössl 2013, S. 139).

Die weiteren Symbole und die Vorgehensweise bei der Durchführung der Wertstromanalyse orientieren sich am klassischen Ansatz. Dies folgt der Zielsetzung, dass sich der Prozessmodellierer an der bereits bekannten Methode orientieren können soll. Jedoch werden die Prozesskästen des Kunden und des Lieferanten an die fünf R der Logistik angepasst. Hierdurch deckt der Vergleich der Kundenanforderungen und der Rahmenbedingungen des Lieferanten auf, welche Transformationen im Wertstrom ausgeführt werden müssen (vgl. Knössl 2013, S. 139ff.). Außerdem wird in Abbildung A-3 eine Auswahl von Materialfluss- und Informationsflusssymbolen dargestellt, die insbesondere bei logistischen Prozessen auftreten (vgl. Günthner et al. 2013b, S. 234ff.).

Durch diese Anpassung ist es durch die logistikorientierten Wertstromanalyse möglich, die logistischen Abläufe eines Unternehmens detailliert und standardisiert zu modellieren. Anhand der gesteigerten Transparenz in der Logistik ermöglicht dieser modifizierte Ansatz eine verbesserte Ausgangssituation für weitere Optimierungsmaßnahmen als die klassische Wertstromanalyse (vgl. Knössl 2013, S. 142f.).

5 Vorgehensmodelle

Um den Erfolg bei der Entwicklung der intralogistikorientierten Wertstromanalyse garantieren zu können, muss diese strukturiert und zielorientiert ablaufen. Hierbei kann ein passendes Vorgehensmodell unterstützen. Damit ein passendes Vorgehensmodell für die Entwicklung einer Modellierungsmethode ausgewählt werden kann, werden in diesem Kapitel mehrere Vorgehensmodelle aufgeführt.

Im Projektmanagement existiert eine Vielzahl von Vorgehensmodellen. Das Wasserfallmodell ist ein klassisches Vorgehensmodell, das sequenziell Phasen durchläuft. Entwicklungsprojekte werden häufig in die folgenden Phasen unterteilt: Anforderungsanalyse, Entwurf, Implementierung, Test und Wartung. Durch diese Einteilung in klar abgegrenzten Phasen ist die Planung und Steuerung des Projekts im Vergleich zu anderen Vorgehensmodellen weniger komplex (vgl. Bea 2011, S. 76f.). Jedoch werden Fehler und der Kundennutzen erst im späteren Verlauf des Projekts offensichtlich (vgl. Project Management Institute 2017, S. 299f.).

Ein weiteres Vorgehensmodell des Projektmanagements lautet Scrum. Dieses Vorgehensmodell wurde in den frühen 1990er Jahren von Schwaber und Sutherland (2017) entwickelt. Scrum unterstützt Teams in ihrer Arbeitsorganisation durch eine empirische Prozesssteuerung. Hiermit ist gemeint, dass die Teammitglieder Wissen und Entscheidungen aus ihren Erfahrungen ziehen. Deshalb wird bei Scrum iterativ und inkrementell vorgegangen, indem einzelne Produktanforderungen im Product Backlog gesammelt werden. Dieser ist niemals vollständig und wird während des Projekts weiter ausgebaut und aktualisiert. Die Bearbeitung bzw. die Realisierung der Anforderungen aus dem Backlog erfolgt in Teilprojekten, den sogenannten Sprints, die maximal eine Länge von einem Monat aufweisen sollten. Für einen Sprint werden Anforderungen aus dem Product Backlog ausgewählt, die während des Sprints realisiert werden sollen. Diese Anforderungen bilden zusammen mit ihren Realisierungsplan den Sprint Backlog. Am Ende eines jeden Sprints wird das jeweilige Ergebnis, das sogenannte Produktinkrement, überprüft. Etwaige Abweichungen des Produktinkrements vom Soll führen zu Anpassungen des Product Backlogs und werden somit im Folgeprozess berücksichtigt. Durch diesen Ansatz ist Scrum agil und flexibel, sodass komplexe Projekte mit einem hohem Maß an Ungewissheit mit Scrum bewältigt werden können. Außerdem ist der Projektverlauf durch Scrum transparent, da der Projektfortschritt regelmäßig geprüft wird (vgl. Preußig 2015, S. 134ff.).

Im Umfeld der Produktion werden ebenfalls Vorgehensmodelle für verschiedene Anwendungsfälle genutzt. Im Umfang des Lean Managements existieren unter anderem die Vorgehensmodelle des Wertstrommanagements und des PDCA-Zyklus. Das Wertstrommanagement optimiert die Abläufe und Prozesse eines Wertstroms und wird

in Abschnitt 4.2 näher erläutert. Für den kontinuierlichen Verbesserungsprozess von Prozessen wird in der Regel der PDCA-Zyklus verwendet. Dieser Zyklus besteht aus den Phasen Planen, Umsetzen, Überprüfen und Handeln (engl. Plan, Do, Check, Act). Im Sinne der kontinuierlichen Verbesserung sollte der PDCA-Zyklus als andauernder Prozess verstanden werden, dessen Phasen durchgängig durchlaufen werden. Im Zusammenhang mit dem Qualitätsmanagement und der zugehörigen Managementmethode Six Sigma wurde der PDCA-Zyklus zur DMAIC-Technik weiterentwickelt, bei dem der Fokus des Vorgehensmodells auf der Planungsphase liegt (vgl. Koch 2015, S. 119f.). Die Phasen der DMAIC-Technik lauten Definieren, Messen, Analysieren, Verbessern und Steuern (engl. Define, Measure, Analyse, Improve, Control) (vgl. Meran et al. 2014).

Das Situational Method Engineering ist ein Vorgehensmodell aus der Wirtschaftsinformatik. Aufgabe des Situational Method Engineerings ist die Konzipierung von Methoden für die Softwareentwicklung. Der genaue Ablauf dieses Vorgehensmodells wird in dem folgenden Abschnitt 5.1 dargestellt. Das Requirements Engineering ist ebenfalls ein Vorgehensmodell aus der Wirtschaftsinformatik und stellt eine strukturierte Ermittlung und Beschreibung von Anforderungen sicher. Das Requirements Engineering wird in Abschnitt 5.2 vorgestellt.

5.1 Situational Method Engineering

Beim Situational Method Engineering werden Entwicklungsmethoden für spezifische Situationen konstruiert. Diese Situationen sind in der Regel projekt- oder organisationspezifisch. Dementsprechend sind grundlegende Neuentwicklungen für diese Methoden unrentabel. Deshalb wird im Situational Method Engineering der Ansatz verfolgt, dass Aspekte von vorhandenen Methoden wiederverwendet werden. Hierfür wird eine Methodenbasis geführt, in der eine Vielzahl von Aspekten verschiedener Methoden gesammelt werden (vgl. Henderson-Sellers und Ralyte 2010, S. 424).

Diese Aspekte sind entweder Methodenfragmente (engl. Method Fragments) oder Methodenstücke (engl. Method Chunks). Ein Methodenfragment ist ein atomares Element einer Methode. Hierbei kann man zwischen prozess- und produkt-orientierten Methodenfragmenten differenzieren. Ein prozess-orientiertes Fragment ist eine Aufgabe bzw. eine Tätigkeit, die durch die Methode ausgeführt werden muss. Bei einem produkt-orientierten Methodenfragment kann es sich beispielsweise um ein Diagramm, ein Dokument oder ein anderes Arbeitsergebnis handeln. Prozess-orientierte und produkt-orientierte Methodenfragmente sind insofern miteinander verbunden, dass ein prozess-orientiertes Methodenfragment mindestens in ein produkt-orientiertes Methodenfragment als Ergebnis resultiert. Außerdem baut ein prozess-orientiertes Methodenfragment auf mindestens einem produkt-orientierten Fragment auf (vgl. Henderson-Sellers et al. 2008, S. 480). Die Attribute sowie die Beziehungen eines Methodenfrag-

ments zu anderen Fragmenten können durch Standardvorlagen festgehalten werden. Im Anhang A.8 werden beispielhaft ein prozess- und ein produkt-orientiertes Methodenfragment für die Erstellung eines Briefes aufgeführt. Die Standardvorlagen aus Abbildung A-5 und Abbildung A-6 orientieren sich an dem Vorschlag der International Standards Organization / International Electrotechnical Commission (2014). Allerdings wurden die Standardvorlagen um eine Nummerierung der Methodenfragmente erweitert. Bei Verwendung dieser Vorlage sollten unter der Klasse „Beziehungen“ die verbundenen Fragmente mit ihren Namen und einem Verb aufgeführt werden, sodass die Art ihrer Verbindung deutlich wird.

Im Gegensatz zum Methodenfragment besteht das Methodenstück aus einem prozess- und einem produkt-orientierten Teil. Ein Methodenstück ist ein autonomer und kohärenter Teil einer Methode. Dies ist damit begründet, dass diese zwei Teile dadurch miteinander verbunden sind, dass durch den prozess-orientierten Teil eine Transformation mit dem produkt-orientierten Teil durchgeführt wird (vgl. Mirbel und Ralyté 2006, S. 61f.).

Bei der Prozessmodellierung beeinflusst in der Regel ein einzelner Aspekt einer Methode mehrere andere Aspekte und andersherum. Aufgrund dessen und der engen Verbindung zwischen dem prozess- und dem produkt-orientierten Teil ist die Einteilung einer Modellierungsmethode in Methodenstücke problematisch. Unter diesen Rahmenbedingungen ist die Aufteilung in Methodenfragmente durch die Flexibilität bei den Verbindungen zwischen den Fragmenten sinnvoller. Deshalb wird im weiteren Verlauf nur noch die Verwendung von Methodenfragmenten betrachtet. Eine weiterführende Untersuchung der Vor- und Nachteile der Methodenstücke und Methodenfragmente haben Henderson-Sellers et al. (2008) durchgeführt.

Das Vorgehen beim Situational Method Engineering besteht aus drei Punkten (vgl. Ralyte 2013, S. 2):

1. Spezifikation der Anforderungen
2. Auswahl der Methodenfragmente
3. Zusammenführung der Methodenfragmente

Im ersten Schritt des Situational Method Engineering werden zunächst die Anforderungen an die Entwicklungsmethode erhoben und spezifiziert. Eine mögliche Vorgehensweise bei einer solchen Anforderungsanalyse wird im Abschnitt 5.2. thematisiert. Anhand dieser Anforderungen werden im zweiten Schritt die Methodenfragmente aus der Methodenbasis ausgewählt. Im dritten Schritt des Situational Method Engineering werden die Methodenfragmente zu einer neuen Methode zusammengeführt. Hierbei kann zwischen den Strategien der Zusammenführung durch Verbindungen und durch Integration unterschieden werden. Die Integrationsstrategie kommt zur Anwendung, wenn Methodenfragmente gemeinsame Ziele verfolgen und sich ihre Prozesse oder Produkte

überschneiden. In diesem Fall müssen die Methodenfragmente aneinander angepasst werden, sodass sie miteinander kompatibel sind. Hierbei gilt es darauf zu achten, dass die gemeinsamen Ziele für die Methode weiterhin durch die Methodenfragmente erreicht werden. Die Zusammenführung von Methodenfragmenten durch Verbindungen wird angewandt, wenn sich die Fragmente nicht gegenseitig bedingen. Die Verwendung dieser Fragmente innerhalb einer Methode ist unproblematisch. Jedoch muss die Methode Richtlinien bzw. Regeln vorgeben, um eine konforme Verwendung dieser Fragmente zu garantieren (vgl. Ralyte 2013, S. 6).

5.2 Requirements Engineering

In diesem Abschnitt wird die systematische Vorgehensweise innerhalb einer Anforderungsanalyse mit einer Auswahl von Methoden vorgestellt. Im Umfeld der Softwareentwicklung hat sich die Forschung intensiv mit dieser Thematik beschäftigt. Dieses Forschungsfeld wird auch Requirements Engineering genannt. Eine umfassende und detaillierte Anforderungsanalyse ist entscheidend für den Erfolg eines Projekts, da sie die Grundlage stellt. Dies ist damit zu begründen, dass die nachträgliche Integration von neuen Anforderungen bzw. neuen Interpretationen von Anforderungen mit hohen Kosten und unplanmäßigen Aufwänden verbunden ist (vgl. Bani-Salameh und Al jawabreh 2015, S. 1).

In der Fachliteratur gibt es unterschiedliche Ansätze, die die Anforderungsanalyse in Phasen unterteilen. Trotz dieser verschiedenen Einteilungen beinhalten all diese Ansätze im Wesentlichen die gleichen Aufgaben, die es für eine systematische Anforderungsanalyse zu erledigen gilt (vgl. Bourque und Fairley 2014; Rupp und die Sophisten 2014). Partsch (2010) schlägt die folgende Unterteilung vor:

1. Ermittlung von Anforderungen
2. Beschreibung von Anforderungen
3. Analyse der Anforderungsbeschreibungen

Die näheren Verfahrensweisen innerhalb dieser Phasen werden in den folgenden Abschnitten erläutert. Hierbei ist darauf zu achten, dass sowohl die Phasen als auch die Prozessschritte innerhalb der Phasen iterativ durchlaufen werden. Für langfristige Projektarbeiten im Team ist außerdem noch eine vierte Phase für die Verwaltung der Anforderungen während des weiteren Projektverlaufs möglich. Jedoch kann die vorliegende Arbeit als ein kurzfristiges Projekt mit nahezu konstanten Sachverhalten und somit auch konstanten Anforderungen bezeichnet werden. Deshalb wird diese Phase im Umfang dieser Arbeit nicht näher beleuchtet.

5.2.1 Ermittlung der Anforderungen

Für die Vorbereitung der Ermittlung von Anforderungen werden drei Tätigkeiten iterativ abgearbeitet. Zum einen wird der Umfang des Systems definiert. Hierfür werden die Grenzen des Systems und möglicher Subsysteme gezogen und ihre Inhalte beschrieben. Außerdem wird die Umgebung des Systems auf mögliche Einflussfaktoren untersucht. Die zweite Tätigkeit besteht darin, dass die Stakeholder identifiziert werden. Hiermit sind die Personen und Abteilungen gemeint, die durch das Projekt direkt oder indirekt betroffen sind oder Interesse an dem Projekt besitzen. Anhand dieser Schritte wird durch die dritte Tätigkeit Klarheit darüber geschaffen, welche Ziele durch das Projekt verfolgt werden sollen. Hierfür wird die aktuelle Situation analysiert und aus den aufgedeckten Problemen werden die Projektziele abgeleitet (vgl. Partsch 2010, S. 40).

Nachdem die Vorbereitung abgeschlossen ist, kann mit der Ermittlung der Anforderungen begonnen werden. Hierfür existiert eine Vielzahl an Techniken. Rupp und die Sophisten (2014) sowie Besrouer et al. (2014) führen detaillierte Vergleiche verschiedener Techniken durch. Hierauf basierend und auf der Ausgangssituation dieser Arbeit empfiehlt sich die Verwendung der Ermittlungstechniken der Systemarchäologie und der Feldbeobachtung. Die Systemarchäologie gehört zu der Klasse der artefaktbasierten Ermittlungstechniken, da sie anhand der Dokumente des existierenden Systems Anforderungen ableitet. Hierdurch wird sichergestellt, dass alle bestehenden Funktionalitäten des Systems berücksichtigt werden. Die Feldbeobachtung ist der Klasse der Beobachtungstechniken zugehörig. Bei der Feldbeobachtung beobachtet der Systementwickler das System vor Ort und dokumentiert die zugehörigen Arbeitsschritte. Anhand dieser Arbeitsschritte und möglicher Prozessoptimierungen werden die Anforderungen für das neue System abgeleitet. Bei dieser Technik besteht die Gefahr, dass nur eine Momentaufnahme des Systems und somit nur ein Teilstück der Realität berücksichtigt wird. Deshalb muss der Entwickler die Feldbeobachtung wiederholen, bis sich ein umfassendes Bild des existierenden Systems ergibt (vgl. Rupp und die Sophisten 2014, S. 103ff.).

5.2.2 Beschreibung der Anforderungen

Um die gewonnenen Informationen aus der Ermittlung der Anforderungen nicht zu verlieren, müssen die Anforderungen systematisch formuliert und dokumentiert werden. Das Ergebnis hiervon sollte eine präzise Anforderungsspezifikation sein. Damit dies erreicht wird, muss eine Anforderungsspezifikation mindestens die folgenden Informationen der Anforderungen enthalten (vgl. Partsch 2010, S. 45; vgl. Institute of Electrical and Electronics Engineers 1998, S. 10ff.):

- Anforderungsnummer
- Kurzbeschreibung der Anforderung
- Priorität

- Detaillierte Beschreibung der Anforderung
- Einschränkungen
- Nutzen der Anforderung
- Querbezüge zu anderen Anforderungen

Diese Informationen der Anforderungen können auf verschiedenen Wegen dokumentiert werden. Unter anderem können Schablonen wie die Volere-Karte aus Abbildung 5-1 verwendet werden. Ein großer Vorteil dieser Karten ist der erleichterte Vergleich von Anforderungen durch die standardisierte Abbildungsform. Hierdurch kann außerdem schneller auf einzelne Informationen zugegriffen werden und Projektexternen fällt die Orientierung leichter (vgl. Partsch 2010, S. 45f.).

Nr.:	Kurzbeschreibung
Priorität	
Beschreibung	
Einschränkungen	
Nutzen	
Querbezüge	

Abbildung 5-1: Schablone einer Volere-Karte

Die Beschreibung der Anforderungen besteht somit darin, diese Informationen für alle Anforderungen zusammenzutragen und zu dokumentieren. Dies kann durch nähere Beobachtungen und Analysen der Anforderungen erfolgen. Im Fall der Priorität existiert eine Vielzahl von Methoden, um Anforderungen zu bewerten und miteinander zu vergleichen. Berander und Andrews (2005) führen eine Übersicht verschiedener Priorisierungstechniken auf. Ali Khan et al. (2015) analysieren und vergleichen neun Priorisierungstechniken, die in der Fachliteratur regelmäßig diskutiert werden. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass der Analytic Hierarchy Process (AHP) am geeignetsten für die Priorisierung von Anforderungen ist. Ihre Begründung besteht darin, dass der AHP die effizientesten und verlässlichsten Resultate produziert. Außerdem ist er fehlertolerant und überprüft die Konsistenz. Darüber hinaus reduziert der AHP die Komplexität der Entscheidung, indem er sie in kleinere Entscheidungen aufteilt.

Der Mathematiker Thomas L. Saaty hat den AHP als Werkzeug für den Entscheidungsprozess entwickelt. Die Priorisierung durch den AHP basiert auf Paarvergleichen, so dass auch qualitative und quantitative Kriterien verglichen werden können. Die Bezeichnung Analytic Hierarchy Process ist darauf zurückzuführen, dass im ersten Schritt der Methode die verschiedenen Ziele, Unterziele und Anforderungen in eine hierarchische Anordnung gebracht werden (vgl. Ali Khan et al. 2015, S. 55). Die genaue Vorgehensweise wird im Anhang A.9 vorgestellt.

Einen anderen Ansatz zur Priorisierung von Anforderungen verfolgt Davis (2003). Dieser führt keine numerische Priorisierung mit Hilfe von Paarvergleichen durch, sondern er unterteilt die Anforderungen in drei Gruppen. In der ersten Gruppe befinden sich die Anforderungen, die zwingend erfüllt werden müssen. Die zweite Gruppe besteht aus Anforderungen, die nicht erfüllt werden müssen, ihre Realisierung jedoch wünschenswert ist. In der dritten Gruppe befinden sich solche Anforderungen, die nur realisiert werden dürfen, wenn die vorhandenen Ressourcen für ihre Realisierung ausreichen. Jede dieser Gruppen kann im weiteren Projektverlauf mit einer zugeschnittenen Strategie begegnet werden.

5.2.3 Analyse der Anforderungsbeschreibungen

Nachdem die Anforderungen vollständig beschrieben wurden, müssen diese Beschreibungen auf ihre Gültigkeit und Vollständigkeit geprüft werden. Hierbei besteht die Zielsetzung darin, eine angemessene Qualität der Anforderungsbeschreibungen zu garantieren. Darüber hinaus sollten Anforderungsspezifikationen die Designmöglichkeiten für das neue System einschränken, jedoch keine speziellen Designs vorgeben. In diesem Umfang werden die Anforderungen verifiziert. Ziel der Verifikation ist sicherzustellen, dass die Anforderung ihren jeweiligen Sachverhalt korrekt wiedergeben. Der Verifikation folgt die Validierung der Anforderungsbeschreibungen. Dieser Schritt prüft, ob die beschriebenen Sachverhalte der Anforderungen mit den jeweiligen Sachverhalten aus der Realität übereinstimmen. Den genauen Unterschied zwischen der Verifizierung und Validierung zeigen beispielhaft die folgenden Fragen: „Baue ich das Haus richtig?“ (Verifizierung) „Baue ich das richtige Haus“ (Validierung) (vgl. Partsch 2010, S. 51). Für eine systematische Durchführung der Verifizierung und Validierung hat das Institute of Electrical and Electronics Engineers (1998, S. 2ff.) acht Kriterien definiert, die eine qualitativ hochwertige Anforderung erfüllen muss:

1. Korrekt (der Sachverhalt sollte richtig wiedergeben werden)
2. Eindeutig (es sollte nur eine Interpretationsmöglichkeit geben)
3. Vollständig (alle Aspekte einer Anforderung sollten erfasst sein)
4. Konsistent (Anforderungen sollten sich nicht gegenseitig widersprechen)
5. Bewertbar (anhand von Prioritäten oder der Stabilitäten)
6. Überprüfbar (das Erfüllen der Anforderungen kann nachgewiesen werden)
7. Modifizierbar (Die Struktur der Anforderungsspezifikation erlaubt Veränderungen)
8. Nachvollziehbar (Herkunft/Ursache jeder Anforderung ist bekannt)

6 Forschungsfragen

In den vorausgegangenen Kapiteln wurden die wissenschaftlichen Grundlagen bezüglich der Intralogistik, der Prozessmodellierung und der angrenzenden Themengebiete geschaffen. Hieraus können die folgenden Erkenntnisse gewonnen werden.

Die existierenden Wertstromanalysen können die spezifischen Eigenschaften intralogistischer Prozesse nicht in ausreichender Form darstellen. Bei der klassischen Wertstromanalyse ist dies damit zu begründen, dass logistische Prozesse im Allgemeinen nur stark abstrahiert dargestellt werden. Mit der logistikorientierten Wertstromanalyse wurde die klassische Methode in diesem Gesichtspunkt bereits verbessert. Jedoch können weiterhin intralogistische Eigenschaften wie die Strukturvariante eines Sortier- und Verteilsystems nicht aufgenommen werden. Außerdem werden in beiden Wertstromanalysen kleinere Teilwertströme nicht berücksichtigt. Nichts desto trotz ist die klassische Wertstromanalyse in der Produktion und im produktionsnahen Umfeld weit verbreitet. Dies ist mit der leicht verständlichen Darstellung von Material- und Informationsfluss zu begründen. Darüber hinaus werden mit der Wertstromanalyse Verschwendung und Verbesserungspotentiale im Prozess identifiziert, sodass sie als Grundlage für die Prozessoptimierung dienen kann. Folglich besteht Forschungsbedarf nach einer intralogistikorientierten Wertstromanalyse, um intralogistische Prozesse mit den Vorteilen der Wertstromanalyse abbilden zu können.

Darüber hinaus können die übrigen weitverbreiteten Modellierungsmethoden die spezifischen Eigenschaften intralogistischer Prozesse nicht ausreichend darstellen. Beim BPMN 2.0 und den Sankey-Diagrammen ist dies damit zu begründen, dass die Methoden den Fokus jeweils ausschließlich auf dem Informationsfluss bzw. dem Materialfluss legen. SIPOC-Diagramme und Flussdiagramme sind nicht speziell auf die Darstellung von einem der beiden Flüsse ausgelegt und könnten daher beide Flüsse abbilden. Jedoch sind die Notationen der beiden Modellierungsmethoden nicht darauf ausgelegt, spezifische Prozessparameter aufzunehmen. Dementsprechend genügt der Detaillierungsgrad dieser Methoden nicht den Ansprüchen der Intralogistik.

Um den Erfolg bei der Entwicklung der intralogistikorientierten Wertstromanalyse zu garantieren, wird ein Vorgehensmodell benötigt, das bei der Entwicklung von Modellierungsmethoden unterstützt. Jedoch existiert in der Fachliteratur kein Vorgehensmodell für eine solche Entwicklung. Außerdem sind die bestehenden Vorgehensmodelle aus anderen Fachbereichen nicht für die Entwicklung von Modellierungsmethoden ausgelegt. So betrachten Vorgehensmodelle aus dem Lean Management oder dem Qualitätsmanagement ausschließlich Prozesse. Analog befasst sich das Requirements Engineering aus der Wirtschaftsinformatik nur mit Anforderungen und das Situational Method Engineering betrachtet die Entwicklung von Software. Im Projektmanagement liefert

das Wasserfallmodell erst späte Ergebnisse, sodass die Bereinigung von Fehlern in der entwickelten Modellierungsmethode mit hohen Aufwänden einhergeht. Im Gegensatz hierzu besitzt das Vorgehensmodell Scrum eine ausreichende Flexibilität, jedoch unterstützt es ausschließlich die Projektarbeit in Teams. Deshalb gilt es vor der Entwicklung der intralogistikorientierten Wertstromanalyse ein Vorgehensmodell hierfür zu entwickeln. Mit der Entwicklung dieses Vorgehensmodells befasst sich das folgende Kapitel 7.

7 **Situational Method Engineering für Modellierungsmethoden**

Ziel dieses Kapitels ist ein Vorgehensmodell zu entwickeln, das bei der Entwicklung einer Modellierungsmethode unterstützt. Da eine intralogistikorientierte Wertstromanalyse geschaffen werden soll, basiert diese Entwicklung auf einer bereits bestehenden Modellierungsmethode. Deshalb fällt im Vergleich zu den anderen Vorgehensmodellen aus Kapitel 5 das Situational Method Engineering auf, da es Methoden für die Gegebenheiten spezifischer Softwareentwicklungen aus bestehenden Methoden zusammensetzt.

Eine Anpassung des Situational Method Engineering für die Entwicklung von Modellierungsmethoden erfordert jedoch die Einteilung der Modellierungsmethode in Methodenfragmente. Dies ist möglich, weil die Bestandteile von Modellierungsmethoden wie ihre Notation und ihre Vorgehensweise in einzelne Symbole und Schritte weiter unterteilt werden können.

Dementsprechend besteht der erste Schritt des Situational Method Engineering darin, die bestehenden Modellierungsmethoden in Methodenfragmente zu zerlegen. Hieraus resultiert die Methodenbasis. Daraufhin folgen die drei allgemeinen Schritte des Situational Method Engineerings: „Spezifikation der Anforderungen“, „Auswahl der Methodenfragmente“ und „Zusammenführung der Methodenfragmente“.

Bei Modellierungsmethoden kommt es zu vielen Anforderungen durch verschiedene Stakeholder sowie durch Prozess- und Systemeigenschaften. Diese Anforderungen sind oft durch komplementäre Beziehungen untereinander geprägt. Deshalb kann es bei der Auswahl der Methodenfragmente notwendig sein, dass zwischen verschiedenen Anforderungen entschieden werden muss. Hieraus folgt für ein Vorgehensmodell bei der Entwicklung von Modellierungsmethoden die Notwendigkeit nach einer systematischen und umfassenden Anforderungsanalyse. Diesen Anspruch an die Anforderungsanalyse erfüllt das Vorgehensmodell Requirements Engineering. Deshalb werden bei der „Spezifikation der Anforderungen“ die drei Phasen des Requirements Engineering durchlaufen: „Ermittlung der Anforderungen“, „Beschreibung der Anforderungen“ und „Analyse der Anforderungsbeschreibungen“.

Die anschließende „Auswahl der Methodenfragmente“ soll sich an den Prioritäten der Anforderungen orientieren. Außerdem kann es durch die spezifischen Anforderungen an eine Modellierungsmethode vorkommen, dass Anforderungen trotz des Situational Method Engineering nicht vollständig befriedigt werden können. In diesem Fall sollte es möglich sein, dass die ausgewählten Methodenfragmente angepasst werden.

Der letzte Schritt des Situational Method Engineering, die „Zusammenführung der Methodenfragmente“, kann bei der Entwicklung von Modellierungsmethoden unverändert übernommen werden. Abschließend sollte die entwickelte Modellierungsmethode anhand von Pilotprozessen evaluiert werden. Während der Evaluation kann identifiziert werden, ob die Modellierungsmethode zuvor ermittelte Anforderungen nicht erfüllt. In einem solchen Fall muss geprüft werden, ob die Erfüllung dieser Anforderung durch weitere Anpassungen möglich ist und ob durch diese Anpassungen die Erfüllung höher priorisierter Anforderungen verhindert wird. Durch diese Anpassungen ist die folgende Vorgehensweise aus Abbildung 7-1 entstanden.

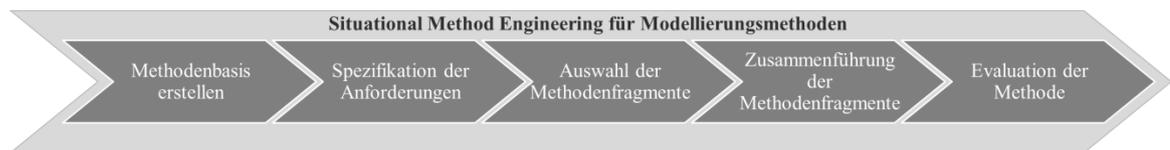


Abbildung 7-1: Situational Method Engineering für Modellierungsmethoden

8 Erstellung der Methodenbasis

Nachdem in dem vorherigen Kapitel ein Vorgehensmodell entwickelt wurde, wird in den folgenden Kapiteln anhand dieses Modells die intralogistikorientierte Wertstromanalyse entwickelt. Gemäß des Situational Method Engineerings für Modellierungsmethoden besteht der erste Schritt der Methodenentwicklung in der Erstellung der Methodenbasis.

Da das Ziel dieser Arbeit die Entwicklung einer intralogistikorientierten Wertstromanalyse ist, liegt der Fokus bei der Erstellung der Methodenbasis auf der klassischen Wertstromanalyse. Zusätzlich werden Methodenfragmente aus der logistikorientierten und aus der administrativen Wertstromanalyse mitaufgenommen. Bei der Ermittlung der Methodenfragmente können die Techniken des Requirements Engineerings, Systemarchäologie und Feldbeobachtung (Abschnitt 5.2.1), verwendet werden. Die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Methodenfragmente besteht darin, dass die vier Prozessschritte der Wertstromanalyse nach Fragmenten untersucht werden.

Im ersten Schritt der Wertstromanalyse erfolgt die Einordnung in Produktfamilien. Hierbei kann das produkt-orientierte Methodenfragment „Familienrepräsentant“ identifiziert werden. Dieses Methodenfragment wird durch das prozess-orientierte Fragment „Familienrepräsentanten auswählen“ erstellt. Als Basis dient hierfür das Produktportfolio des Unternehmens. Dieses Portfolio unterteilt das prozess-orientierte Fragment „Familienrepräsentant“ in Produktfamilien, aus denen der jeweilige Repräsentant ausgewählt wird.

Der zweite Schritt der Wertstromanalyse, die Analyse des Kundenbedarfs, besteht aus sechs Methodenfragmenten. Zunächst wird der Kundenbedarf des Familienrepräsentanten analysiert, indem verschiedene kundenspezifische Kennzahlen ermittelt werden. Dieses prozess-orientierte Methodenfragment „Kundenbedarf analysieren“ hält seine Ergebnisse in einem Kundensymbol fest. Die Zielsetzung hierbei ist, dass der Wertstrom aus Kundensicht betrachtet wird, sodass Verschwendung identifiziert werden kann. Für das Kundensymbol gibt es zwei Alternativen. Zum einen das Methodenfragment „klassisches Kundensymbol“, das in den aufzunehmenden Kennzahlen flexibel ist. Zum anderen kann das Methodenfragment „logistikorientiertes Kundensymbol“ verwendet werden, dessen standardisierte Kennzahlen sich an den fünf R der Logistik (Abschnitt 4.4) orientieren. Als nächstes werden die durch die Lieferanten gegebenen Rahmenbedingungen durch das prozess-orientierte Methodenfragment „Lieferanten analysieren“ festgehalten. Hierbei werden die Ergebnisse durch ein Lieferantensymbol festgehalten. Wie zuvor kann hierbei zwischen den produkt-orientierten Methodenfragmenten „klassisches Lieferantensymbol“ und „logistikorientiertes Lieferantensymbol“ entschieden werden. Das fünfte und sechste Methodenfragment dieses Schritts heißen

„Produktionsplanung aufnehmen“ und „Produktionsdatenkasten“. Das prozess-orientierte Fragment „Produktionsplanung aufnehmen“ analysiert, wie die Produktion des Familienrepräsentanten geplant und gesteuert wird. Das Resultat hiervon wird in dem produkt-orientierten Methodenfragment „Produktionsdatenkasten“ festgehalten.

Der dritte Schritt der Wertstromanalyse, die Prozessaufnahme, baut auf dem Wertstromdiagramm auf, das es auszufüllen gilt. Hierbei können zwei produkt-orientierte Methodenfragmente identifiziert werden. Das „klassische Wertstromdiagramm“ zeichnet sich durch den kreisförmigen Aufbau aus. Im Gegensatz hierzu ist bei dem Methodenfragment „administratives Wertstromdiagramm“ der Aufbau in Swimlanes charakteristisch. Innerhalb des dritten Schritts wird das jeweilige Wertstromdiagramm durch das prozess-orientierte Methodenfragment „Prozess aufnehmen“ bearbeitet. Dieses Fragment nimmt den Material- und Informationsfluss mit deren Verbindungen untereinander aus Kundensicht auf. Hierbei werden unter anderem die Prozessschritte des Familienrepräsentanten mit ihren Kennzahlen in der richtigen Reihenfolge aufgenommen. Der Prozessmodellierer geht iterativ und wertstromaufwärts vor. Außerdem nimmt er den für die Steuerung der Produktion notwendigen Informationsfluss auf. Dieser Prozess führt zu den produkt-orientierten Methodenfragmenten „Prozesssymbole“, „Bestandsymbole“, „Steuerungsbausteine“ und „Informationsflusssymbole“. Bei dem Methodenfragment „Prozesssymbol“ unterscheiden sich die klassische Wertstromanalyse von der logistikorientierten. So ist das Methodenfragment „klassische Prozesssymbole“ gemäß der klassischen Wertstromanalyse auf die Anforderungen der Produktion zugeschnitten. Im Gegensatz hierzu berücksichtigt die logistikorientierte Wertstromanalyse mit dem Methodenfragment „logistikorientierte Prozesssymbole“ die Eigenschaften der Logistik. Außerdem sind bei den logistikorientierten Prozesssymbolen die Symbole für Bestände mitbegriffen. Das Methodenfragment „Steuerungsbausteine“ beinhaltet solche Symbole des Material- und Informationsflusses, die das Anstoßen eines Prozesses abbilden. Das Methodenfragment „Informationsflusssymbole“ beinhaltet die übrigen Symbole des Informationsflusses, die ausschließlich die Bewegungen von Informationen darstellen.

Die Suche nach Verbesserungspotential als vierter Schritt der Wertstromanalyse startet damit, dass die Prozess- und Durchlaufzeiten der verschiedenen Prozessschritte in die Zeitachse eingetragen und summiert werden. Dieser Vorgang besteht aus dem prozess-orientierten Methodenfragment „Zeitachse erstellen“ und resultiert in dem produkt-orientierten Methodenfragment „Zeitachse“. Anhand des so ermittelten Flussgrades und den übrigen Erkenntnissen der vorherigen Schritte folgt das prozess-orientierte Methodenfragment „Verbesserungspotential identifizieren“. Die aus diesem Fragment gefundenen Verbesserungspotentiale werden durch die Eintragung der produkt-orientierten Methodenfragmente „Kaizen-Blitze“ im Wertstromdiagramm festgehalten.

9 Spezifikation der Anforderungen

Nach dem Vorgehensmodell aus Kapitel 7 werden in diesem Kapitel die Anforderungen an die intralogistikorientierten Wertstromanalyse spezifiziert. Die Vorgehensweise dieser Anforderungsanalyse orientiert sich an den Phasen des Requirements Engineerings.

9.1 Ermittlung der Anforderungen

Nach der Vorgehensweise des Requirements Engineering (Abschnitt 5.2) müssen zunächst der Umfang und die Rahmenbedingungen des Projekts definiert werden. Hierauf basierend kann die Zielsetzung erarbeitet werden. Für die Entwicklung einer intralogistikorientierten Wertstromanalyse ist der Umfang in Form der Intralogistik bereits klar eingegrenzt. Hierbei ist jedoch anzumerken, dass die Intralogistik oft als Schnittstelle zwischen Produktionsschritten fungiert. Deshalb müssen mögliche Einflüsse durch die Produktion auf die Intralogistik innerhalb einer intralogistikorientierten Wertstromanalyse berücksichtigt werden.

Als maßgebliche Stakeholder einer neuen Modellierungsmethode wurden Prozessverantwortliche intralogistischer Prozesse und die Projektmitarbeiter identifiziert. Als Vertreter der Unternehmensinteressen ist das Ziel der Prozessverantwortlichen die Effizienz der Intralogistik zu maximieren, indem jegliche Form von Verschwendung identifiziert und eliminiert wird. Um dies zu erreichen, muss die intralogistikorientierte Wertstromanalyse intralogistische Prozesse mit ihren Charakteristiken detailliert mit einer End-to-End-Sichtweise darstellen können. Darüber hinaus muss die Methode dies übersichtlich und logisch realisieren, sodass ein Prozessverantwortlicher in der Lage ist, die Prozesse ohne aufwendige Einarbeitung nachzuvollziehen. Die Projektmitarbeiter, die mit einer neuen Modellierungsmethode arbeiten müssen, wollen auf ihre bereits gesammelten Erfahrungen mit anderen Methoden zurückgreifen können. Darüber hinaus soll die intralogistikorientierte Wertstromanalyse die Projektmitarbeiter bei ihrer Arbeit unterstützen. Dies kann die Methode realisieren, indem sie bei der Identifizierung von Verbesserungspotentialen hilft und indem sie durch eine standardisierte Darstellung die Kommunikation von Sachverhalten stützt.

Basierend auf den Ergebnissen der vorbereitenden Tätigkeiten für die Ermittlung der Anforderungen lässt sich die Zielsetzung für eine intralogistikorientierte Wertstromanalyse zweiteilen. Zum einen soll die Intralogistik durch die adaptierte Wertstromanalyse detailliert dargestellt werden. Dementsprechend soll die intralogistikorientierte Wertstromanalyse in der Lage sein, als Basis für weitreichende Umstrukturierungen in der Intralogistik zu dienen. Zum anderen sollen die Vorteile, die bekannten Strukturen und die Vorgehensweise der klassischen Wertstromanalyse beibehalten werden, soweit dies mit dem anderen Teil der Zielsetzung vereinbar ist. Somit lassen sich aus dieser zweigeteilten Zielsetzung die Intralogistik und die klassische Wertstromanalyse als Quellen für

Anforderungen ableiten. Deshalb werden die Intralogistik und die klassische Wertstromanalyse detailliert nach Anforderungen an eine intralogistikorientierte Wertstromanalyse analysiert.

Die zuvor erarbeitete Zielsetzung gibt die übergeordnete Anforderung an die adaptierte Wertstromanalyse nach einer detaillierten Darstellung intralogistischer Prozesse vor. Damit hierbei sämtliche untergeordnete Anforderungen durch die Intralogistik an die intralogistikorientierte Wertstromanalyse erfasst werden, muss die Ermittlung der Anforderungen strukturiert durchgeführt werden. Hierfür wird die Intralogistik iterativ in immer kleinere Bestandteile zerlegt. Anhand dieser iterativen Zerlegung wird eine Hierarchie aus den Bestandteilen der Intralogistik entwickelt. Bei der Entwicklung dieser Hierarchie werden Erkenntnisse aus den verschiedenen Definitionen der Intralogistik und der intralogistischen Begriffe (Anhang A.2) genutzt. Anhand dieser Hierarchiebestandteile werden die Anforderungen der Intralogistik an die intralogistikorientierte Wertstromanalyse ermittelt. Während der Anforderungsermittlung werden die Technik der Feldbeobachtung (Abschnitt 5.2.1) und die Erkenntnisse aus dem Kapitel 2 genutzt.

Um die erste Hierarchiestufe zu definieren, werden zunächst die Bestandteile der Intralogistik betrachtet. Hierbei fällt auf, dass bis auf eine Ausnahme alle Autoren eine flussorientierte Sicht auf die Intralogistik teilen (vgl. Arnold 2006, S. 1; Heiserich et al. 2011, S. 53; Pfohl 2018, S. 145; ten Hompel und Heidenblut 2011, S. 141f.). Diese Autoren unterteilen die Intralogistik in den Materialfluss und in den Informationsfluss. Darüber hinaus wird diese Sichtweise durch die Definition der Intralogistik des VDMA (Kapitel 2) unterstützt. Basierend auf diesen Erkenntnissen wird in der ersten Hierarchiestufe die Intralogistik in den Materialfluss und den Informationsfluss unterteilt.

Ein ähnliches Bild ergibt sich bei der Betrachtung der Materialflussbestandteile. Hier teilen vier der fünf Autoren eine funktionsorientierte Sichtweise auf die Bestandteile des Materialflusses (vgl. Heiserich et al. 2011, S. 53; Martin 2016, S. 24; Pfohl 2018, S. 201; ten Hompel et al. 2018, S. 3f.). Darüber hinaus unterteilen zwei Autoren bereits die Intralogistik im Gesamten in funktionsorientierte Bestandteile (vgl. Arnold et al. 2008, S. 18; Martin 2016, S. 9). Demzufolge ist eine funktionsorientierte Zerlegung des Materialflusses in der Hierarchie vertretbar. Jedoch unterscheiden sich die Autoren teilweise innerhalb ihrer funktionsorientierten Aufteilungen. Im Vergleich ihrer verschiedenen funktionsorientierten Ansichten stellt sich heraus, dass ten Hompel et al. (2018) die größte Schnittmenge mit den übrigen Autoren besitzt. Da die Anforderungsanalyse der Intralogistik möglichst detailliert und umfangreich durchgeführt werden soll, empfiehlt sich die Unterteilung des Materialflusses nach ten Hompel et al. (2018) in Verpackungssysteme, Fördersysteme, Lagersysteme, Sortier- und Verteilsysteme, Kommissioniersysteme und Umschlagsysteme. Obwohl der Fokus der adaptierten Wertstromanalyse und damit verbunden der Anforderungsanalyse auf der Intralogistik

liegen soll, muss die Modellierungsmethode auch nicht-intralogistische Systeme berücksichtigen. Dies ist damit zu begründen, dass die Intralogistik beispielsweise einen Produktionsprozess des Materialflusses als nicht-intralogistisches System versorgt und die bearbeitete Ware abtransportiert. Dementsprechend müssen auch diese Systeme durch eine intralogistikorientierte Wertstromanalyse berücksichtigt werden. Zusammengefasst teilt sich der Materialfluss in der Hierarchie somit in Verpackungssysteme, Fördersysteme, Lagersysteme, Sortier- und Verteilsysteme, Kommissioniersysteme, Umschlagsysteme und nicht-intralogistische Systeme. Mit Hilfe dieser differenzierten Aufteilung des Materialflusses ist bereits eine umfassende Ermittlung der Anforderungen möglich, sodass eine weitere Hierarchieebene nicht notwendig ist.

Nachdem der Materialfluss weiter unterteilt wurde, folgt nun der Informationsfluss. Bei der Unterteilung des Informationsflusses besitzen die betrachteten Autoren unterschiedliche Meinungen. Doch sollte eine höchst mögliche Konsistenz innerhalb der Hierarchie und damit verbunden in der Anforderungsanalyse garantiert werden. Deshalb sollte der Informationsfluss nach dem Vorbild des Materialflusses funktionsorientiert mit einem hohen Detaillierungsgrad unterteilt werden. Diese Anforderungen erfüllt die Unterteilung nach Arnold und Furmans (2009, S. 329) in Datentransport, Datenerfassung, Dateninterpretation, Datenspeicherung und Datenverarbeitung. Mit Datentransport ist die Übertragung von Daten zwischen einem Empfänger und einem Sender gemeint. Sender und Empfänger können hierbei Mitarbeiter, Maschinen und IT-Systeme sein. Die Datenerfassung beinhaltet die Ermittlung und Aufnahme von Daten anhand von Dokumenten, Datenabfragen oder Prüfungen. Die Dateninterpretation befasst sich damit, wie Daten bzw. Informationen Mitarbeitern bereitgestellt werden, um ihre Arbeit zu stützen und zu steuern. Die Datenspeicherung bildet die zeitliche Transformation von Daten und Informationen analog zum Lagern von Materialien ab. In der Datenverarbeitung werden Daten insbesondere durch IT-Systeme für die Steuerung und Kontrolle des Materialflusses ausgewertet. Die vollständige Hierarchie für die Bestandteile der Intralogistik wird in Abbildung 9-1 dargestellt.

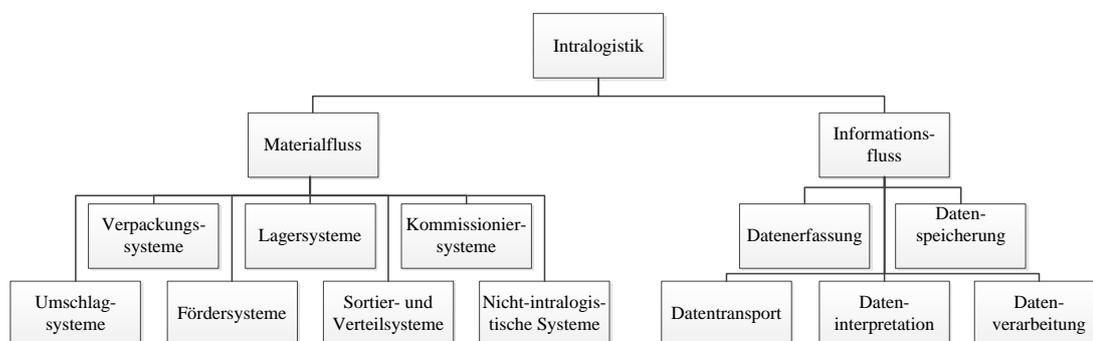


Abbildung 9-1: Hierarchie der intralogistischen Bestandteile

Anhand dieser Hierarchie (Abbildung 9-1) werden im Folgenden die Anforderungen der Intralogistik an die intralogistikorientierte Wertstromanalyse ermittelt. Hierbei werden

zunächst die einzelnen Systeme des Materialflusses betrachtet. Daraufhin werden die einzelnen Funktionen des Informationsflusses analysiert. Die Vorgehensweise bei diesen Analysen besteht darin, zu hinterfragen,

1. wo innerhalb dieses Hierarchieelements eine der sieben Verschwendungsarten der Logistik (Abschnitt 4.1.2) herrschen kann und
2. anhand welcher Eigenschaft des Hierarchieelements kann diese Verschwendung identifiziert werden.

9.1.1 Anforderungen durch den Materialfluss

Die Ergebnisse der Anforderungsermittlung in den Materialflusssystemen werden so dargestellt, dass zunächst die Anforderungen, die in allen Systemen auftreten, dargestellt werden. Daran anschließend werden die spezifischen Anforderungen aus den jeweiligen Systemen aufgeführt.

9.1.1.1 Allgemeine Anforderungen durch die intralogistischen Materialflusssysteme

Während der Analyse der verschiedenen Systeme wurden mehrere Anforderungen ermittelt, die in allen intralogistischen Materialflusssystemen identifiziert wurden. Der Grund, dass diese Anforderungen in allen Systemen aufkommen, besteht zum einen darin, dass sie grundlegende Prozesseigenschaften abbilden. Ohne die Abbildung dieser Prozesseigenschaften wäre eine nachvollziehbare Darstellung gemäß der Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung (Abschnitt 3.3) nicht möglich. Zum anderen können diese Anforderungen Prozesseigenschaften abbilden, an denen in allen Systemen Verschwendung identifiziert werden kann. Um eine kompakte Aufführung dieser Anforderungen zu realisieren, werden die Anforderungen in diesem Abschnitt für alle Systeme zusammen aufgenommen und erläutert.

Unter anderem wurde in allen Systemen die Anforderung ermittelt, dass Wartezeiten von Mitarbeitern aufgenommen werden sollten. Dies ist mit der Tatsache verbunden, dass Wartezeit eine eigene Verschwendungsart ist und somit durch die intralogistikorientierte Wertstromanalyse identifiziert werden sollte. Neben der Identifizierung von Verschwendung sollte auch die Ursache der Verschwendung durch die intralogistikorientierten Wertstromanalyse ermittelt werden können. Neben einmaligen Ereignissen wie Maschinenausfällen kann die mangelnde Auslastung eines Mitarbeiters Wartezeit verursachen. Um diese abschätzen zu können, müssen die Prozesszeit und die Inputmenge des Prozesses abgebildet werden. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese Größen schwanken können. So hängt beispielsweise die Prozesszeit bei der Warenverpackung von der Warengöße ab. Die Inputmenge für einen Prozess in der Intralogistik kann ebenfalls schwanken beispielsweise durch eine unausgeglichene Anlieferung im Wareneingang.

Aufgrund dieser Schwankungen muss bei der Zuordnung von Arbeitsaufgaben, darauf geachtet werden, dass der Mitarbeiter die Schwankungsspitzen seines Inputs in einem ausreichendem Maß bewältigen kann. Ist dies nicht der Fall, führt dies zu Verschwendung in Form von überdimensionierten Beständen innerhalb seines Arbeitspuffers, da er den Arbeitsinhalt nicht bewältigen kann. Um diese Verschwendung identifizieren zu können, muss die intralogistikorientierte Wertstromanalyse neben der Prozesszeit und der Inputmenge die Reichweite der Puffer aufnehmen. Anhand dieser Prozessparameter kann nachgewiesen werden, ob der Puffer aufgrund von Überlastung entsteht und somit Verschwendung ist. Andererseits können Puffer durch die Entkopplung vom vorausgehenden Prozess den Arbeitsinhalt eines Mitarbeiters nivellieren. Dementsprechend sollten die positiven Eigenschaften bei der Analyse von Puffern berücksichtigt werden.

Die verwendete HU innerhalb eines Prozesses kann ebenfalls die Ursache für Wartezeiten oder überdimensionierte Bestände sein. Dies beruht auf der Tatsache, dass die Bearbeitung in intralogistischen Prozessen in der Regel HU-weise erfolgt. Hiermit ist gemeint, dass ein Mitarbeiter zunächst Waren für eine HU vollständig bearbeitet, bis er diese in den nächsten Prozess weiterleitet. Dementsprechend können zu große HUs überdimensionierte Bestände in dem bearbeitenden Prozess und Wartezeiten in dem Folgeprozess verursachen. Jedoch resultieren zu kleine HUs in überflüssige Transporte.

Für eine umfassende Darstellung der Prozesse wird in den Systemen außerdem die Anforderung ermittelt, dass die Flächen aufgenommen werden sollen, auf denen die Prozesse jeweils durchgeführt werden. Durch den Vergleich dieser Flächen und der übrigen Prozessparameter zwischen zwei Prozessen kann erkannt werden, ob ein überflüssiger Transport durchgeführt wird. So sollte geprüft werden, ob Prozesse, die bis auf die Fläche ähnliche bzw. gleiche Prozessparameter aufweisen, auf derselben Fläche durchgeführt werden können. Hierdurch können der Transportaufwand sowie die benötigte Fläche reduziert werden.

9.1.1.2 Anforderungen durch Verpackungssysteme

Bei Verpackungssystemen kann Verschwendung insbesondere in Form von unnötigen Tätigkeiten und undefinierten Prozessen vorkommen. Dies ist der Fall, wenn Waren mit den falschen Packmitteln geschützt werden. Die Nutzung eines falschen Packmittels kann darin resultieren, dass entweder eine große Menge des Packmittels oder zusätzliche Packmittel genutzt werden müssen, um die Ware ausreichend zu schützen. Dieses Verschwendungsrisiko sollte durch die intralogistikorientierte Wertstromanalyse identifiziert werden können, indem das verwendete Packmittel aufgenommen wird. Ob eine zu große Menge von Packmitteln benutzt wird, deutet bereits eine zu lange Prozesszeit an.

Jedoch kann ein weiterer Grund für eine zu lange Prozesszeit darin bestehen, dass ungeeignete Betriebsmittel bei der Verpackung verwendet werden. Um dies zu erkennen,

besteht eine Anforderung an die intralogistikorientierte Wertstromanalyse in der Aufnahme der Betriebsmittel, die während des Verpackungsprozesses verwendet werden.

Wie in Abschnitt 2.1 bereits beschrieben wurde, beinhaltet das Aufgabenfeld der Verpackungssysteme neben der Verpackung von Gütern auch die Bildung von Ladeeinheiten. In der Praxis entstehen oft Wartezeiten bei Verpackungssystemen dadurch, dass die Mitarbeiter aufgrund von fehlenden leeren Ladehilfsmitteln die Ladeeinheiten nicht bilden können. Deshalb sollte die intralogistikorientierte Wertstromanalyse die Versorgung von Verpackungssystemen mit Ladehilfsmitteln, den sogenannten Leergutprozess, mitaufnehmen. Hiermit ist die Anforderungsermittlung für die Verpackungssysteme abgeschlossen. In Abbildung 9-2 werden alle identifizierten Anforderungen aus den Verpackungssystemen als Fortsatz der zuvor erarbeiteten Hierarchie zusammengefasst aufgeführt.

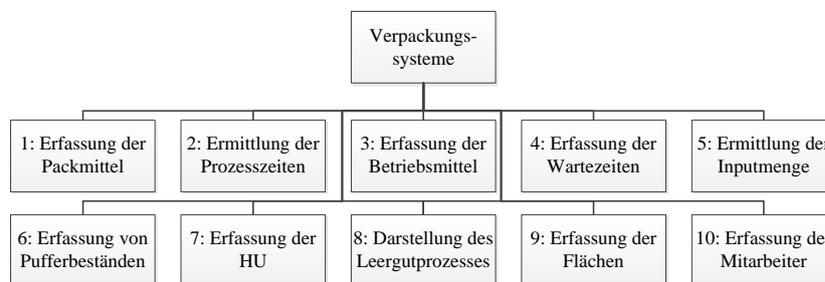


Abbildung 9-2: Anforderungen durch Verpackungssysteme

9.1.1.3 Anforderungen durch Fördersysteme

Nach den Verpackungssystemen wird die Ermittlung von Anforderungen innerhalb von Fördersystemen fortgesetzt. Fördersysteme können Verschwendung unter anderem in Form von überdimensionierten Beständen herbeiführen. Die Ursache für überdimensionierte Bestände kann in der Wahl eines Fördermittels mit zu geringer Transportkapazität liegen, sodass sich Bestände aufbauen. Um diese Ursache zweifelsfrei identifizieren zu können, muss die Auslastung der Transportkapazität des jeweiligen Fördermittels betrachtet werden. In dem Fall, dass das Fördermittel vollständig ausgelastet bzw. überlastet ist, können überdimensionierte Bestände entweder durch ein anderes Fördermittel oder durch eine erhöhte Transportfrequenz eliminiert werden. Demensprechend sollte die intralogistikorientierte Wertstromanalyse zur Beschreibung eines Fördersystems neben dem Fördermittel auch die Auslastung der Transportkapazität und die Transportfrequenz aufnehmen.

Ein weiterer wichtiger Punkt in der Planung eines Fördersystems ist die Vermeidung von überflüssigen Transporten. Ein starkes Indiz für überflüssige Transporte ist die Auslastung der Transportkapazität. Wenn die Auslastung niedrig ist, können Transporte durch die Reduzierung der Transportfrequenz an diesem Punkt des Systems vermieden werden. Leerfahrten, als einer der Hauptverursacher für überflüssige Transporte, werden

hierdurch nur bedingt vermieden. Leerfahrten kommen vermehrt in Fördersystemen mit Unstetigförderern vor. Diese werden anhand von Transportmodi (Abschnitt 2.4) organisiert. Durch die Transportmodi des Routenzugs oder des Milkruns wird das Aufkommen von Leerfahrten minimiert. Aufgrund dessen besteht eine weitere Anforderung der Transportsysteme an die Modellierungsmethode in der Erfassung der Transportmodi. In Abbildung 9-3 werden die Anforderungen der Fördersysteme an die intralogistikorientierte Wertstromanalyse in hierarchischer Form zusammengetragen.

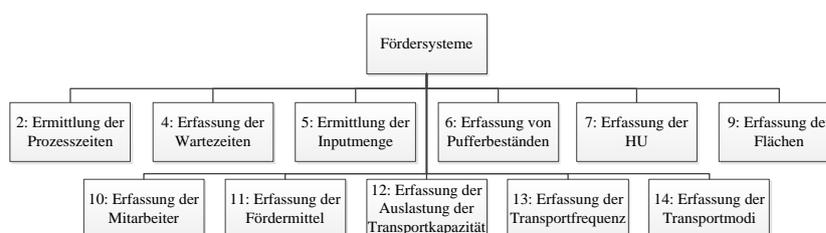


Abbildung 9-3: Anforderungen durch Fördersysteme

9.1.1.4 Anforderungen durch Sortier- und Verteilsysteme

In dem Fall, dass sich der Materialfluss aufteilt, kann ein Sortier- und Verteilsystem eingesetzt werden. Anhand der notwendigen Leistungsfähigkeit resultierend aus der Prozesszeit und der Inputmenge des Sortier- und Verteilsystems kann ein passendes Fördermittel ausgewählt werden. Jedoch ist bei dieser Auswahl die zu transportierende HU ebenfalls ein wichtiges Entscheidungskriterium. Sollten bei der Auswahl des Fördermittels Fehlentscheidungen getroffen werden, kann dies anhand der Pufferbestände oder der Wartezeiten erkannt werden. Damit die Wertstromanalyse bei der Identifizierung dieser Fehlentscheidungen unterstützt, sollte auch innerhalb eines Sortier- und Verteilsystems das Fördermittel aufgenommen werden.

Eine weitere Eigenschaft eines Sortier- und Verteilsystems, die einen hohen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit hat, ist der Einschleusungsprozess. Deshalb sollte die Wertstromanalyse zwischen den drei Möglichkeiten einer manuellen, einer teilautomatisierten und einer vollautomatisierten Einschleusung differenzieren.

Innerhalb eines Sortier- und Verteilsystems kann es außerdem zu Wartezeiten bzw. überflüssigen Transporten kommen. So können Wartezeiten beispielsweise bei einem Deadlock entstehen. Überflüssige Transporte entstehen zum Beispiel, wenn ein Packstück ein Sortier- und Verteilsystem mehrmals bis zu seiner Ausschleusung durchläuft. Diese Verschwendungen entstehen unter anderem dadurch, wenn die Strukturvariante des Sortier- und Verteilsystems nicht zu der Auftragsstruktur des Unternehmens passt. Deshalb sollte die intralogistikorientierte Wertstromanalyse zwischen den drei Strukturvarianten Linien-, Loop-, und Kreis-Topologie unterscheiden. Bei der Auswahl der Strukturvariante sollte die Größe der benötigten Fläche des Systems ebenfalls berücksichtigt werden.

Wie bereits im Kapitel 2 dargestellt wurde, teilt sich der Materialfluss aufgrund von Zusatzprozessen, verschiedener Lager- und Verbrauchsorten auf. Um all diese verschiedenen Senken berücksichtigen zu können, sollte eine intralogistikorientierte Wertstromanalyse diese Aufteilung des Materialflusses darstellen können. Die Anforderungen an die adaptierte Wertstromanalyse, um umfassend Sortier- und Verteilsysteme darstellen zu können, werden abschließend in Abbildung 9-4 dargestellt.

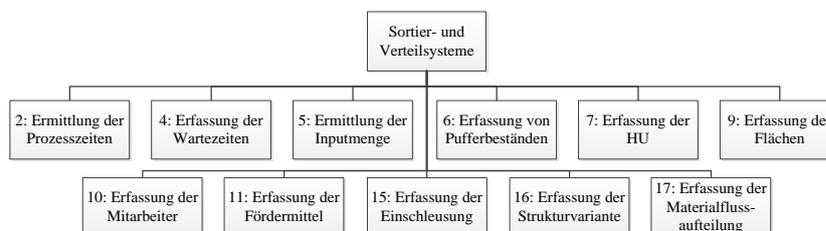


Abbildung 9-4: Anforderungen durch Sortier- und Verteilsysteme

9.1.1.5 Anforderungen durch Umschlagsysteme

Nachdem die Sortier- und Verteilsysteme betrachtet wurden, folgt nun die Analyse der Umschlagsysteme. Auch hier besteht die Vorgehensweise darin zu hinterfragen, wo Verschwendung herrschen könnte und an welchen Eigenschaften diese erkannt werden kann.

Der Warenumschlag zwischen zwei passiven Arbeitsmitteln sollte vermieden werden, sofern dies möglich ist. In dem Fall, dass dies vermeidbar wäre, wären nämlich die Tätigkeiten der zusätzlich notwendigen Arbeitsmittel Verschwendung. Um diese Verschwendung in Form von unnötigen Tätigkeiten zu identifizieren, sollten die jeweiligen Arbeitsmittel eines Umschlagssystems durch die Wertstromanalyse aufgenommen werden. Diese umfassen die Ladehilfsmittel bzw. die HU, die Fördermittel und die verwendeten Betriebsmittel.

Darüber hinaus können bei der Be- und Entladung eines LKWs oder eines ähnlichen Arbeitsmittels unnötige Tätigkeiten durch den Einsatz von Rampen vermieden werden. So kann Ware aus einem LKW mit Hilfe einer Rampe direkt mit einem Hubwagen umgeschlagen werden. Ohne eine Rampe müsste eine zusätzliche vertikale Warenbewegung beispielsweise durch eine Ladebühne oder einen Gabelstapler durchgeführt werden. Aufgrund dieses Sachverhalts sollte in der intralogistikorientierten Wertstromanalyse die Möglichkeit bestehen, dass zwischen einem Umschlag mit Rampe und ohne Rampe differenziert werden kann.

Bei der Tourenbildung im Versand eines Unternehmens kann es ebenfalls zu Wartezeiten und unnötigen Beständen kommen. Hier besteht eine spezifische Ursache darin, dass in dem herrschenden Umschlagssystem eine Komplettverladung durchgeführt wird. Die Ursache hierfür liegt darin, dass aufgrund einer Auftragslage mit nur wenig Warenvolumen die Zusammenführung einer vollständigen Fahrzeugladung einen zu langen Zeit-

raum einnehmen kann. Wenn dies der Fall ist, entstehen Wartezeiten innerhalb des Umschlagsystems und bei den Fahrzeugführern. Außerdem werden mehr Flächen für das zu puffernde Material in dem Umschlagsystemen benötigt. Jedoch in dem Fall, dass ein gewisses Warenvolumen durch die Aufträge gegeben ist, können unnötige Tätigkeiten in Form von Arbeitsspielen durch die Komplettverladung im Vergleich zur Teilverladung eingespart werden. Aufgrund dieser Entscheidung zwischen den Verladearten sollte die intralogistikorientierte Wertstromanalyse die verwendete Verladeart sowie die verwendete Fläche eines Umschlagsystems aufnehmen. Das Ergebnis der Anforderungsanalyse innerhalb der Umschlagsysteme wird in Abbildung 9-5 aufgeführt.

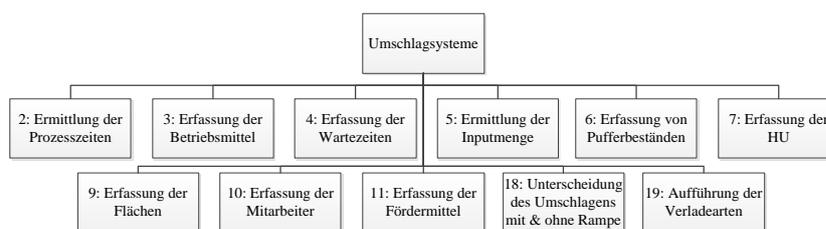


Abbildung 9-5: Anforderungen durch Umschlagsysteme

9.1.1.6 Anforderungen durch Lagersysteme

Insbesondere in einem Lagersystem besteht die Gefahr von überdimensionierten Beständen beispielsweise aufgrund von Nachfrageschwankungen oder zu hoher Sicherheitsbeständen. Deshalb besteht eine Anforderung an die intralogistikorientierte Wertstromanalyse durch die Lagersysteme in der Erfassung der Bestände.

Diese Anforderung entstammt aus der Material- und Warenlagerung. Da ein Lagersystem außerdem die Prozesse des Ein- und Auslagerns beinhaltet, müssen diese in der Anforderungsanalyse ebenfalls betrachtet werden. Wie bei den Prozessen der zuvor betrachteten Systeme kann auch bei diesen Verschwendung durch Überlieferung, überdimensionierte Beständen und Wartezeiten auftreten. Dementsprechend sollten ebenfalls die Anforderungen aus dem Abschnitt 9.1.1.1 für Lagersysteme übernommen werden. Hierdurch kann durch die intralogistikorientierte Wertstromanalyse Verschwendung aufgrund einer fehlerhaften Systemauslegung erkannt werden. Innerhalb von Lagersystemen existiert zusätzlich noch die Kennzahl der Flächennutzung, die ein Indikator für Verschwendung von Fläche ist. Deshalb wäre es von Vorteil, wenn auch die Flächennutzung aufgenommen wird.

Maßgeblichen Einfluss auf die Flächennutzung hat das verwendete Lagermittel. Dies ist damit zu begründen, dass das Lagermittel die Wahl des Fördermittels und damit verbunden die Größe der Verlustflächen zum Rangieren des Fördermittels beeinflusst. Bei der Auswahl und Dimensionierung des Lagermittels ist neben der Menge und der erzielten Flächennutzung auch die verwendete HU von Bedeutung. Dies ist damit zu begründen, dass durch die Inkompatibilität zwischen HU und Lagermittel diese Auswahl be-

reits eingeschränkt wird. Eine Zusammenfassung der Anforderungen aus den Lagersystemen ist in Abbildung 9-6 aufgeführt.

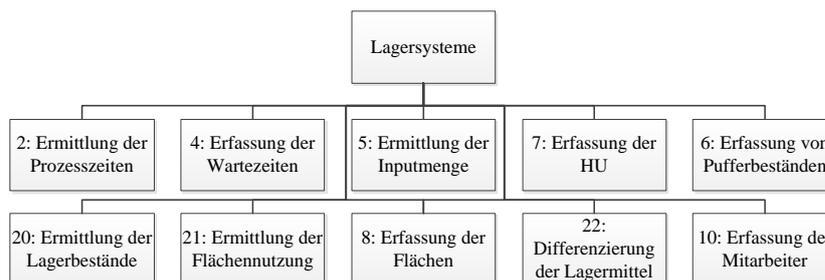


Abbildung 9-6: Anforderungen durch Lagersysteme

9.1.1.7 Anforderungen durch Kommissioniersysteme

Einem Lagersystem kann ein Kommissioniersystem folgen, das Waren entsprechend von Aufträgen zusammenstellt. Hierbei gibt es eine Vielzahl von Gestaltungsmöglichkeiten, durch die ein Kommissioniersystem den spezifischen Gegebenheiten angepasst werden kann. Dementsprechend existieren bei der Planung eines Kommissioniersystems eine Fülle von Fehlermöglichkeiten, die zu Verschwendung führen können. Um diese Entscheidungen begründet treffen zu können, müssen dem Planer die geforderte Inputmenge in Form von Kommissionierpositionen durch die Kundenaufträge, die notwendige Prozesszeit, Wartezeiten, die Mitarbeiter, der Kommissionierbehälter als HU und die Puffer bekannt sein.

Die Prozesszeit der Kommissionierung kann durch die Entscheidung von einer ungeordneten zu einer geordneten Bereitstellung optimiert werden. Der Grund hierfür liegt darin, dass durch eine geordnete Bereitstellung der Kommissionierer schneller in der Lage ist, den gesuchten Artikel zu finden. Außerdem kann er ihn einfacher und damit schneller greifen. Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Ordnung der Artikel in einem vorausgehenden Prozess zu zusätzlichen Tätigkeiten führt. Dementsprechend muss die verkürzte Prozesszeit in der Kommissionierung gegenüber dem Aufwand durch die zusätzlichen Tätigkeiten in den vorausgegangenen Prozessen abgewogen werden. Aufgrund dieses Sachverhalts besteht eine weitere Anforderung durch Kommissioniersysteme darin, zwischen diesen Griffotypen in der Wertstromanalyse zu unterscheiden. Bei der Gestaltung der Abgabe bestehen ähnliche Gestaltungsmöglichkeiten wie bei der Bereitstellung. Demzufolge sollte ebenfalls zwischen einer geordneten und ungeordneten Abgabe differenziert werden.

Die Prozesszeit wird außerdem durch die Vorgehensweise bei der Artikelentnahme beeinflusst. Zum einen kann bei der Entnahme der Waren aus der Bereitstellungseinheit zwischen den Automatisierungsgraden entschieden werden. Neben der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung beim Vergleich der verschiedenen Automatisierungsgrade müssen die Artekeigenschaften des Kommissioniersystems betrachtet werden. Diese geben bereits

durch ihre Größe, Gewicht und andere Charakteristika Vorgaben für ihre Entnahme vor. Daher kann es bei einer Missachtung zu unterschiedlichen Verschwendungsarten wie Überlieferung oder qualitative Fehler im Sinne einer Abweichung von den fünf R der Logistik kommen. Aufgrund dessen sollte es in dem intralogistikorientierten Wertstromdiagramm nachvollziehbar sein, mit welchem Betriebsmittel die Entnahme durchgeführt wird. Hierdurch wird zusätzlich die Differenzierung des Automatisierungsgrads der Entnahme mitaufgenommen.

Ein weiteres Verschwendungsrisiko besteht in unnötigen Tätigkeiten während der Entnahme von Gütern aus der Bereitstellungseinheit. So kann die Anzahl von Entnahmevorgängen reduziert werden, indem mehrere Artikel pro Zugriff entnommen werden. In der Erfassung dieser Systemeigenschaft der Kommissionierung besteht eine weitere Anforderung an die Wertstromanalyse.

Insbesondere bei großen Kommissioniersystemen kann Verschwendung durch überflüssige Transporte und unnötige Tätigkeiten mit Hilfe von Gestaltungsmöglichkeiten in der Ablauforganisation vermieden werden. Die erste Variante besteht in der Aufteilung des Kommissioniersystems in Zonen, sodass die Wegstrecken der Kommissionierer reduziert werden können. Dieser Vorteil einer Aufteilung in Zonen sollte die Nachteile durch das notwendige Zusammenführen der Teilmengen aus den Zonen überwiegen. Damit die intralogistikorientierte Wertstromanalyse den vollständigen Kommissionierungsvorgang aufnehmen kann, sollten die verschiedenen Zonen eines Systems aufgenommen werden. Darüber hinaus muss bei einer Optimierung eines Kommissioniersystems entschieden werden, ob die Anzahl an Zonen zu hoch oder zu niedrig ist. Eine zu geringe Anzahl an Zonen würde sich in einer langen Prozesszeit äußern, da die Kommissionierer lange Wegstrecken zurücklegen müssten. Die Entscheidung, dass ein System zu viele Kommissionierzonen besitzt, wird unter anderem durch die Überlegung getroffen, ob die eingesparte Wegstrecke den zusätzlichen Flächenbedarf aufwiegt.

Die zweite Gestaltungsmöglichkeit beim Layout besteht in einer einstufigen oder einer zweistufigen Kommissionierung. Da durch eine zweistufige Kommissionierung Verschwendung insbesondere in größeren Systemen mit ähnlichen Kundenaufträgen eliminiert werden kann, sollte die adaptierte Wertstromanalyse zwischen ein- und zweistufiger Kommissionierung differenzieren. Doch auch bei dieser Entscheidung müssen die Vorteile wie kürzere Laufwege den Nachteilen wie die Notwendigkeit einer zusätzlichen Kommissionierung und eines zusätzlichen Flächenbedarfs gegenübergestellt werden. Außerdem haben diese Entscheidungen weitreichende Auswirkungen auf die Kommissionierlisten des Systems. Die hieraus entstehenden Anforderungen richten sich an den Informationsfluss und werden deshalb im späteren Verlauf der Anforderungsanalyse (Abschnitt 9.1.2) wieder aufgegriffen. Die Gesamtzahl der Anforderungen an die

intralogistikorientierte Wertstromanalyse aus dem Materialfluss der Kommissioniersysteme wird in Abbildung 9-7 als weiterer Fortsatz der Hierarchie dargestellt.

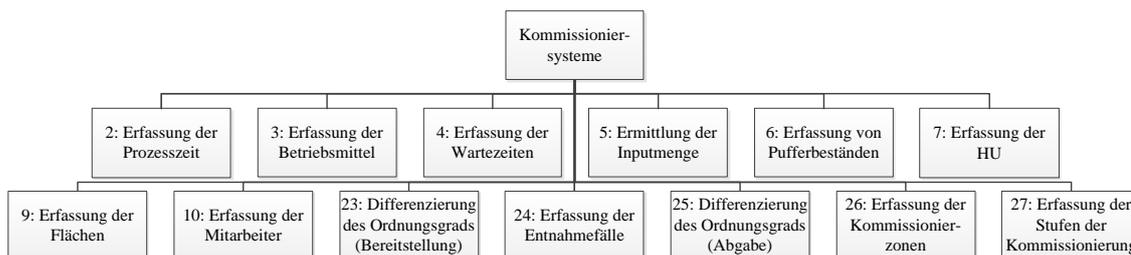


Abbildung 9-7: Anforderungen durch Kommissioniersysteme

9.1.1.8 Anforderungen durch nicht-intralogistische Systeme

Um die Analyse des Materialflusses zu beenden, werden nun die Anforderungen aus den nicht-intralogistischen Systemen an die intralogistikorientierte Wertstromanalyse ermittelt. Das Ziel bei der Darstellung dieser Systeme durch die Methode ist die Identifizierung von Verschwendung, die durch Fehler an der Schnittstelle zwischen intralogistischen und nicht-intralogistischen Materialflusssystemen entstehen. In diesen Schnittstellen können unter anderem Wartezeiten entstehen, falls die Versorgung mit Arbeitsmaterialien den Verbrauch des Systems nicht bedienen kann. Um diese Problematik des vorausgehenden, intralogistischen Prozesses identifizieren zu können, sollte die Wertstromanalyse auch für nicht-intralogistische Systeme die Wartezeiten erfassen.

Wiederum kann das entgegengesetzte Extremum einer Überlieferung des Systems für Verschwendung in der Wertschöpfungskette sorgen. Deshalb sollten auch die daraus resultierenden überdimensionierten Bestände durch die adaptierte Wertstromanalyse aufgenommen werden.

Außerdem sind überdimensionierte Bestände in den Puffern nach dem nicht-intralogistischen System ein Indiz dafür, dass der nachfolgende Prozess den anfallenden Arbeitsinhalt nicht ausreichend bewältigen kann. Damit es zu keiner Verschwendung in der Schnittstelle zu den nachfolgenden intralogistischen Prozessen kommt, sollte die Prozesszeit des nicht-intralogistischen Systems erfasst werden. Hierdurch ist es möglich, dass die Steuerung der Intralogistik auf die angrenzenden Bereiche abgestimmt wird.

Die HU, durch die ein System beliefert werden soll und die ein solches System verlassen, sollten ebenfalls aufgenommen werden. Hierdurch kann im intralogistikorientierten Wertstromdiagramm nachvollzogen werden, ob der nicht-intralogistische Prozess bzw. der nachfolgende intralogistische Prozess mit der richtigen HU bzw. dem richtigen Ladehilfsmittel beliefert wird. Dies ist kritisch für eine Analyse des Prozesses, da die Belieferung mit einem falschen Ladehilfsmittel einem Fehler bezogen auf die fünf R der Logistik entspricht.

Darüber hinaus sollte die Arbeitsaufgabe des nicht-intralogistischen Systems in abgekürzter Form aufgeführt werden. Dies beruht auf der Überlegung, dass hiermit die vollständige Betrachtung des Wertstroms gefördert wird. Die Anforderungen der nicht-intralogistischen Systeme werden ebenfalls in der hierarchischen Form in Abbildung 9-8 aufgeführt.



Abbildung 9-8: Anforderungen durch nicht-intralogistische Systeme

9.1.2 Anforderungen durch den Informationsfluss

Mit der Analyse der nicht-intralogistischen Systeme ist die Ermittlung von Anforderungen innerhalb des intralogistischen Materialflusses abgeschlossen. Gemäß der Hierarchie aus Abbildung 9-1 wird die Anforderungsanalyse nun innerhalb des intralogistischen Informationsflusses fortgesetzt. Wie auch beim Materialfluss besteht die Vorgehensweise während der Analyse darin, die Bestandteile des Informationsflusses nacheinander auf Anforderungen zu prüfen. Wieder werden mögliche Verschwendungsrisiken hinterfragt und untersucht, an welchen Eigenschaften diese identifiziert werden können.

9.1.2.1 Anforderung durch die Datenerfassung

Zunächst wird die Datenerfassung als Bestandteil des Informationsflusses analysiert. Hierbei kann Verschwendung durch unnötige Tätigkeiten entstehen. Dies beruht auf der Tatsache, dass eine Vielzahl an Betriebsmitteln zur Datenerfassung existiert, die im Vergleich untereinander ihre Vor- und Nachteile besitzen. Deshalb müssen diese Betriebsmittel nach den vorherrschenden Bedingungen des jeweiligen Prozesses ausgewählt werden, um unnötige Tätigkeiten zu verhindern. Beispielsweise wäre die manuelle Eingabe einer Bestellnummer im Wareneingang aufgrund der längeren Prozesszeit unnötig, falls die Eingabe durch das Scannen eines Codes ersetzt werden kann. Aufgrund dieses Sachverhaltes sollte im Informationsfluss der intralogistikorientierten Wertstromanalyse festgehalten werden, mit welchem Betriebsmittel Daten erfasst werden.

Jedoch besteht auch bei der Automatisierung der Datenerfassung der Zielkonflikt zur Flexibilität, wie in Kapitel 2 beschrieben wird. In unserem Beispiel aus dem Wareneingang würde die Verwendung eines Scanners erfordern, dass jedes Packstück mit einem entsprechenden Code ausgestattet ist. Wohingegen bei einer manuellen Eingabe der Sachbearbeiter die Bestellnummer flexibel von verschiedenen Dokumenten ablesen kann, die nicht standardisiert sein müssen. Dementsprechend ist es auch notwendig,

dass die verwendeten Dokumente, von denen Informationen gewonnen werden, erfasst werden.

Weitere Verschwendungsrisiken, die durch die Datenerfassung bestehen, kommen erst in den Folgeprozessen des Informationsflusses auf. Dies ist der Fall, wenn die für die Folgeprozesse benötigten Informationen nicht erfasst werden, sondern andere. Dies würde dazu führen, dass in dem jeweiligen Folgeprozess die benötigten Informationen auf einem anderen Weg ermittelt werden müssen. Daher führt die Erfassung von den falschen Daten zu unnötigen Tätigkeiten in Folgeprozessen. Damit die Prozessverantwortlichen in der Lage sind, mit der Wertstromanalyse diese Verschwendung aufzudecken, sollten die durch die Datenerfassung ermittelten Informationen aufgenommen werden. In Abbildung 9-9 werden die Anforderungen der Datenerfassung gemeinsam dargestellt.

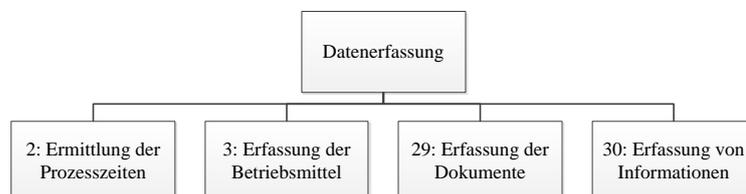


Abbildung 9-9: Anforderungen durch die Datenerfassung

9.1.2.2 Anforderungen durch die Dateninterpretation

Da sich die Dateninterpretation damit beschäftigt, in welcher Form den Mitarbeitern und Anlagen Informationen bereitgestellt werden, sollten hierfür die verwendeten Medien aufgenommen werden. Hierbei können Sprache, Dokumente oder Betriebsmittel wie Computersysteme oder Telefone als Medien bezeichnet werden. Der Einfluss dieser Betriebsmittel auf die Prozesszeit, um die Daten zu interpretieren, sollte bei einer Systemoptimierung berücksichtigt werden. So kann die Zeit, die ein Kommissionierer zum Suchen und zur Orientierung benötigt, mit Hilfe eines pick-by-light-Systems reduziert werden. Damit dies durch die Wertstromanalyse erkannt werden kann, sollte neben dem zur Dateninterpretation verwendeten Medien auch die Prozesszeit aufgenommen werden.

Wird ein Prozess mit unbrauchbaren oder falschen Daten versorgt, kann dies als Fehler bezogen auf die fünf R der Logistik gewertet werden. Damit diese Verschwendungsart identifiziert werden kann, sollte die intralogistikorientierte Wertstromanalyse die benötigten Informationen aufnehmen. Eine Übersicht über die Anforderungen der Dateninterpretation an die intralogistikorientierte Wertstromanalyse gibt die Abbildung 9-10.

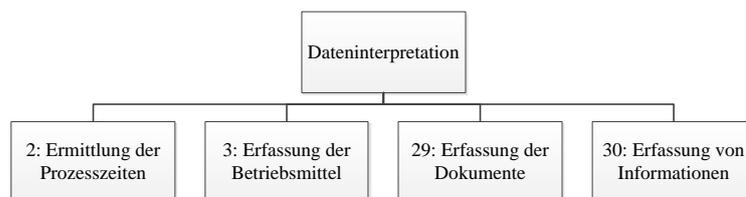


Abbildung 9-10: Anforderungen durch die Dateninterpretation

9.1.2.3 Anforderungen durch den Datentransport

Nachdem die Anforderungen aus der Dateninterpretation zusammengetragen wurden, folgt nun die Analyse des Datentransports. Da es für einen Datentransport eines Mediums bedarf, sollte die Wertstromanalyse die verwendeten Medien erfassen. Ähnlich wie bei der Dateninterpretation besteht durch die Anpassung der Medien die Möglichkeit, dass beim Datentransport unnötige Tätigkeiten vermieden werden können. Deshalb sollten neben den verwendeten Medien die Prozesszeiten in der adaptierten Wertstromanalyse erfasst werden.

Bei der weiteren Betrachtung von Datentransporten sollten zwei Tatsachen berücksichtigt werden. Zum einen wird heutzutage in der Intralogistik ein Großteil der Steuerung und Überwachung durch ein Warehouse Management System bewältigt. Zum anderen führen Medienbrüche zu Verschwendung beispielsweise durch geminderte Entnahmeraten, höhere Fehlerquoten und geringere Flexibilität. Aufgrund dieser Tatsachen sollte mit Hilfe der intralogistikorientierten Wertstromanalyse erkannt werden können, ob ein Mitarbeiter direkt durch das Warehouse Management System informiert wird oder ob dies durch einen Medienbruch indirekt geschieht.

Des Weiteren kann Verschwendung in Form eines Fehlers bezogen auf die fünf R der Logistik durch den Transport von falschen Daten entstehen. Damit diese Form der Verschwendung aufgedeckt und eliminiert werden kann, wäre ein Abgleich zwischen den erhaltenen Daten und den Daten nötig, die zur Ausführung der jeweiligen Prozesse benötigt werden. Damit dieser Abgleich durchgeführt werden kann, sollten die transferierten Informationen durch die adaptierte Wertstromanalyse erfasst werden. Die Hierarchie aus Abbildung 9-11 fasst die Anforderungen des Datentransports zusammen.

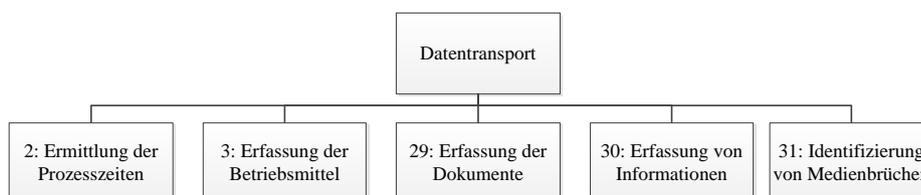


Abbildung 9-11: Anforderungen durch den Datentransport

9.1.2.4 Anforderungen durch die Datenspeicherung

Um den Informationsfluss vollständig abbilden zu können, muss die Wertstromanalyse auch aufnehmen, wo Daten gespeichert werden. Hierbei lässt sich zwischen der Speicherung von digitalisierten Daten und der Verwaltung von Dokumenten unterscheiden. Um die digitale Datenspeicherung zu erfassen, muss die intralogistikorientierte Wertstromanalyse die Computersysteme aufführen, die diese Speicherungen durchführen. Analog müssen die Ablagen erfasst werden, in denen die Dokumente aus den intralogistischen Prozessen hinterlegt werden. In Abbildung 9-12 werden die Anforderung durch die Datenspeicherung aufgeführt.

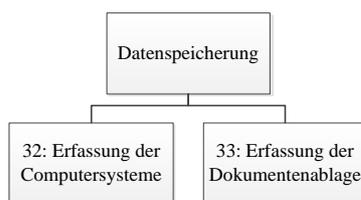


Abbildung 9-12: Anforderungen durch die Datenspeicherung

9.1.2.5 Anforderungen durch die Datenverarbeitung

Da in der Datenverarbeitung die erfassten Daten ausgewertet werden und hiermit Aufträge zur Steuerung des Materialflusses erstellt werden, hat dieser Bereich einen großen Einfluss auf die Effizienz der Intralogistik. Wie in Kapitel 2 dargestellt wurde, wird die Steuerung und Kontrolle intralogistischer Systeme in der Regel durch ein Warehouse Management System geregelt. Damit bei der Erstellung dieser Aufträge mögliche Verschwendung identifiziert werden kann, müssen zunächst die Informationen, die bei der Verarbeitung berücksichtigt werden, erfasst werden.

Nachdem mit diesen Informationen ein Auftrag erstellt wurde, kann durch die Art und Weise, wie der Auftrag in den Prozess gespeist wird, Verschwendung eliminiert werden. So kann ähnlich wie bei Beständen eine Abarbeitung der Aufträge nach dem FIFO-Prinzip durchgeführt werden, um die Durchlaufzeit der Aufträge zu reduzieren. Andererseits ist eine Einspeisung mit Priorisierung der Aufträge vorteilhaft, um Wartezeiten zu minimieren. Die Vor- und Nachteile dieser Einspeisungsverfahren müssen kontinuierlich abgewogen werden, sodass eine intralogistikorientierte Wertstromanalyse diese und ihre Auswirkungen abbilden sollte.

Eine besondere Rolle bei der Datenverarbeitung nimmt die Erstellung von Kommissionierlisten ein, da diese einen großen Einfluss auf die Kommissionierleistung bzw. auf die Prozesszeit eines Kommissioniersystems hat. Außerdem wird durch die Einspeisung der Kommissionierlisten eine zonenserielle oder eine zonenparallele Kommissionierung realisiert. Damit dies in der Abbildung des Informationsflusses nachvollziehbar ist, sollte die Wertstromanalyse die Einspeisung der Kommissionierlisten betrachten. Darüber hinaus muss bei der Realisierung einer zweistufigen Kommissionierung die Erstellung

der Kommissionierliste von einer Auftragsorientierung auf eine Artikelorientierung umgestellt werden. Diese Änderung der Datenverarbeitung für den intralogistischen Prozess der Kommissionierung sollte ebenfalls durch die Wertstromanalyse abgebildet werden. Die Anforderungen durch die Datenverarbeitung werden in Abbildung 9-13 in hierarchischer Form dargestellt.

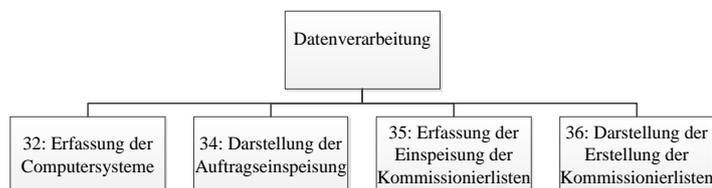


Abbildung 9-13: Anforderungen durch die Datenverarbeitung

9.1.3 Anforderungen durch die klassische Wertstromanalyse

Nachdem die Ermittlung von Anforderungen aus der Intralogistik abgeschlossen ist, wird nun mit der zweiten Hälfte der Zielsetzung fortgefahren, die zu Beginn der Anforderungsermittlung erarbeitet wurde. Dieser Teil der Zielsetzung fordert von der intralogistikorientierten Wertstromanalyse, dass die Vorteile und Strukturen der klassischen Wertstromanalyse erhalten bleiben. Aufgrund dessen werden nun entsprechende Anforderungen aus der klassischen Wertstromanalyse ermittelt. Ähnlich wie bei der Erstellung der Methodenbasis besteht hierbei die Vorgehensweise darin, dass die vier Prozessschritte der klassischen Wertstromanalyse auf Anforderungen untersucht werden. Hierdurch können die ermittelten Anforderungen den jeweiligen Prozessschritten zugeordnet werden, sodass nach dem Vorbild aus der Analyse der Intralogistik die Anforderungen in die folgende Hierarchie (Abbildung 9-14) eingeordnet werden können.

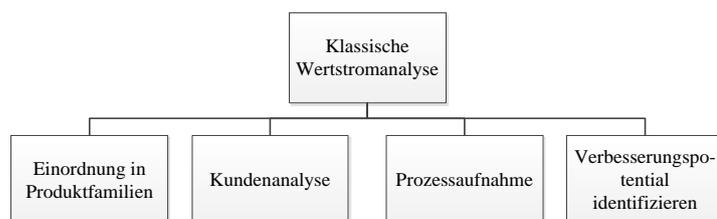


Abbildung 9-14: Hierarchie der Anforderungen aus der klassischen Wertstromanalyse

9.1.3.1 Anforderungen durch die Einordnung in Produktfamilien

Das Ergebnis des ersten Schrittes der klassischen Wertstromanalyse ist die Definition der Familienrepräsentanten. Da im weiteren Verlauf der Wertstromanalyse ausschließlich die Repräsentanten betrachtet werden, wird hierdurch der Analyse als auch dem resultierenden Wertstromdiagramm Komplexität genommen. Um diesen Vorteil in der intralogistikorientierten Wertstromanalyse zu erhalten, sollte sie ebenfalls den Betrachtungsgegenstand eingrenzen. In Abbildung 9-15 wird die Hierarchie der Anforderung aus der klassischen Wertstromanalyse fortgesetzt.

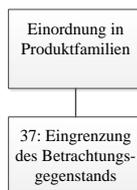


Abbildung 9-15: Anforderungen aus der Einordnung in Produktfamilien

9.1.3.2 Anforderungen durch die Kundenanalyse

Im Schritt der Kundenanalyse wird erfasst, welche Erwartungen der Kunde an das Produkt hat und wie das betrachtete System durch den Lieferanten versorgt wird. Durch diese Vorgehensweise wird in der klassischen Wertstromanalyse das betrachtete System mit seinen Grenzen und Rahmenbedingungen eindeutig definiert. Der Vorteil in der Definition des Systems besteht darin, dass der betrachtete Wertstrom klar von angrenzenden Wertströmen getrennt wird. Im Zuge dessen wird die Komplexität der Analyse gemindert. Dieser Vorteil sollte in der adaptierten Wertstromanalyse nicht verloren gehen. Deshalb besteht eine weitere Anforderung in der eindeutigen Definition des betrachteten Systems mit dessen Rahmenbedingungen.

Die ermittelten Ergebnisse der Kundenanalyse werden in einem Kundensymbol, einem Lieferantensymbol und einem Prozesskasten für die Produktionsplanung bzw. -steuerung erfasst. Diese Symbole zeichnen sich durch einen simplen Aufbau aus und können unternehmensübergreifend aufgrund ihrer weiten Verbreitung als nahezu standardisiert betrachtet werden. Dadurch verhilft die klassische Wertstromanalyse den Betrachtern zu einem schnellen Überblick des Wertstroms. Hieraus entsteht die Anforderung, dass die intralogistikorientierte Wertstromanalyse ebenfalls simple und standardisierte Symbole nutzt.

Außerdem erzielt die klassische Wertstromanalyse den Vorteil eines schnellen Überblicks, indem sie ausschließlich kritische Parameter der Prozesse aufnimmt. Diese Beschränkung der Parameter entsprechend ihrer Relevanz sollte ebenfalls übernommen werden, um ein übersichtliches Wertstromdiagramm als Ergebnis zu garantieren. Die Anforderungen aus der Kundenanalyse werden in Abbildung 9-16 hierarchisch dargestellt.

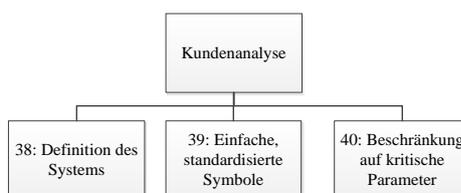


Abbildung 9-16: Anforderungen aus der Kundenanalyse

9.1.3.3 Anforderungen durch die Prozessaufnahme

Der Kundenanalyse folgt die Prozessaufnahme als dritter Schritt der klassischen Wertstromanalyse. Hierbei wird der Wertstrom vor Ort analysiert und die Ergebnisse werden ausschließlich mit Hilfsmitteln wie Zettel und Stift festgehalten. Dies hat den Vorteil, dass die klassische Wertstromanalyse ohne aufwendige Vorbereitungen mit nur simplen Mitteln durchgeführt werden kann. Die intralogistikorientierten Wertstromanalyse sollte ebenfalls ein simples Verfahren sein, das ohne digitale Hilfsmittel auskommt. Wie auch bei der Kundenanalyse werden hierbei einfache, nahezu standardisierte Symbole verwendet. Dies sollte bei der intralogistikorientierten Wertstromanalyse ebenfalls der Fall sein.

Die Aufnahme dieser Prozesssymbole erfolgt stromaufwärts aus Kundensicht. Hierdurch wird eine Optimierung des Wertstroms anhand der Kundenanforderungen realisiert, sodass Verschwendung zielgerichtet eliminiert werden kann. Da in der Intralogistik die Vermeidung von Verschwendung auch einen hohen Stellenwert hat, sollte die intralogistikorientierte Wertstromanalyse kundenorientiert durchgeführt werden.

Bei der Prozessaufnahme beschränkt sich die klassische Wertstromanalyse ebenfalls ausschließlich auf die kritischen Parameter der Prozesse. Dementsprechend sollte die intralogistikorientierte Wertstromanalyse wie schon bei der Kundenanalyse diese Konzentration auf ausschließlich entscheidungsrelevante Kriterien übernehmen.

Darüber hinaus werden die produktionsrelevanten Prozesse in der klassischen Wertstromanalyse auf Prozessschritzebene abgebildet. So kann auf dieser detaillierten Ebene der Wertstrom auf potentielle Verschwendung analysiert werden. Dementsprechend kann mehr Verschwendung identifiziert und eliminiert werden als auf einer niedrigeren Detaillierungsebene. Deshalb sollte die adaptierte Wertstromanalyse ebenfalls Prozesse auf Prozessschritzebene abbilden, aber den Fokus hierbei auf die Intralogistik legen.

Zusätzlich werden in der klassischen Wertstromanalyse der Material- und Informationsfluss gemeinsam aufgenommen. Da sich diese beiden Flüsse gegenseitig bedingen, ist ihre gemeinsame Aufnahme sinnvoll. Außerdem hat es den Vorteil, dass die Verbindungen zwischen den Flüssen direkt mitaufgenommen werden können. Diese gegenseitige Abhängigkeit zwischen Material- und Informationsfluss besteht ebenfalls in der Intralogistik. Daher sollte auch die intralogistikorientierte Wertstromanalyse diese Flüsse gemeinsam aufnehmen und darstellen. Die Anforderungen aus der Prozessaufnahme werden in Abbildung 9-17 als Fortsatz für die Hierarchie der Anforderungen aus der klassischen Wertstromanalyse dargestellt.

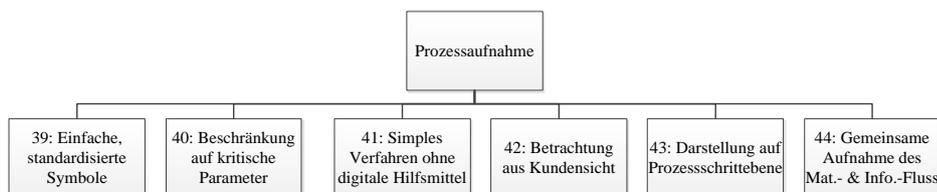


Abbildung 9-17: Anforderungen aus der Prozessaufnahme

9.1.3.4 Anforderungen durch die Identifizierung von Verbesserungspotential

Im vierten Schritt der klassischen Wertstromanalyse wird Verschwendung identifiziert und mit Kaizen-Blitzen markiert. Nachdem Vorbild der vorherigen Analyseschritten sollte die intralogistikorientierte Wertstromanalyse auch ein simples und standardisiertes Symbol für die Markierung von Verschwendung besitzen.

Im Gegensatz zur Situation in der Produktion ist in der Intralogistik nicht direkt offensichtlich, ob ein Prozess wertschöpfend ist oder nicht. Um zu erkennen, ob ein intralogistischer Prozess wertschöpfend ist, muss nachgewiesen werden, dass durch diesen Prozess der Kundenwert gesteigert wird (Abschnitt 4.1.2). Aufgrund dieses Sachverhalts sollte die intralogistikorientierte Wertstromanalyse die Prozesse ebenfalls markieren, die direkt zum Kundenwert des Produkts beitragen.

Außerdem wird im vierten Schritt der klassischen Wertstromanalyse die Durchlaufzeit des Wertstroms mit Hilfe der Zeitleiste des Wertstromdiagramms ermittelt. Die Identifikation der Verbesserungspotentiale erfolgt unter anderem mit der Hilfe der Durchlaufzeit, da an ihr als übergreifende Kennzahl in der Produktion viele Verschwendungsarten wie undefinierte Prozesse, Überproduktion usw. identifiziert werden können. Um diesen Vorteil in der Prozessanalyse nicht zu verlieren, sollte die intralogistikorientierte Wertstromanalyse ebenfalls übergeordnete Kennzahlen für intralogistische Prozesse aufnehmen. Die Hierarchie der Anforderungen der klassischen Wertstromanalyse wird in Abbildung 9-18 mit den Anforderungen aus der Identifizierung von Verbesserungspotential abgeschlossen. Im Anhang A.3 wird die gesamte Hierarchie der ermittelten Anforderungen aufgeführt.

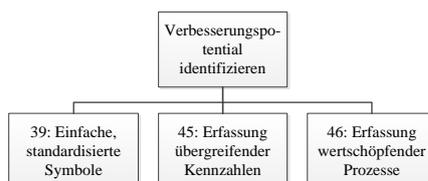


Abbildung 9-18: Anforderungen aus der Identifikation von Verbesserungspotential

9.2 Beschreibung der Anforderungen

Nachdem die Anforderungen ermittelt wurden, folgt die Beschreibung der Anforderungen. Ziel dieser Phase des Requirements Engineering ist es, die gewonnenen Erkenntnisse aus der ersten Phase zu dokumentieren. Das Resultat dieser Phase ist eine konsistente und umfassende Anforderungsspezifikation. Hierfür müssen für jede Anforderung die Eigenschaften aus Abschnitt 5.2.2 zusammengetragen werden. Bis auf die Priorität der Anforderungen sind bereits alle Eigenschaften im vorherigen Abschnitt 9.1 erarbeitet worden. Dementsprechend mussten diese zusammengetragen werden und mit Hilfe von Volere-Karten (Abbildung 5-1) dokumentiert werden. Die Volere-Karten der einzelnen Anforderungen werden im Anhang A.17 aufgeführt.

Für die Priorisierung der Anforderungen soll eine AHP-Analyse durchgeführt werden. Aufgrund der Vielzahl von Anforderungen, die im ersten Schritt der Analyse ermittelt wurden, ist eine Bewertung mit der erforderlichen Konsistenz schwer zu realisieren. Aufgrund dessen werden die Anforderungen nach dem Vorbild von Davis (2003) in zwei Gruppen unterteilt. In der ersten Gruppe sind solche Anforderungen, die erfüllt werden müssen. Ihre Relevanz ist damit zu begründen, dass entweder

1. der Wertstrom ohne ihre Einhaltung nicht sinnvoll abgebildet werden kann oder
2. der abgebildete Wertstrom ohne ihre Einhaltung die Prozessoptimierung nicht unterstützen könnte.

Die zweite Gruppe besteht dementsprechend aus den optionalen Anforderungen, bei denen der abgebildete Wertstrom die zwei oben genannten Kriterien erfüllt, obwohl die jeweilige Anforderung nicht erfüllt wurde. Das Resultat dieser Gruppierung ist, dass die Anforderungen aus der ersten Gruppe verpflichtend erfüllt werden müssen. Deshalb müssen diese Anforderungen nicht weiter durch eine AHP-Analyse betrachtet werden. Hierdurch sinkt die Komplexität der AHP-Analyse und im Umkehrschluss kann eine erhöhte Konsistenz erzielt werden. Die Einordnung in Gruppen sowie die Priorisierung mit der AHP-Analyse erfolgte in Zusammenarbeit mit der Leitung der Intralogistik der Windmüller & Hölscher KG. Im Anhang A.1 erfolgt eine kurze Unternehmensvorstellung. Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser Expertenbefragung dargestellt.

Um die Anforderungen in die zwei Gruppen einzusortieren, wird zunächst entsprechend des ersten Punkts betrachtet, welche von den Anforderungen verpflichtend zu erfüllen sind, damit der Wertstrom sinnvoll dargestellt werden kann. Eine Bedingung hierfür besteht in der Auswahl eines Betrachtungsgegenstands, der die kritischen Prozesse des zu analysierenden Systems durchläuft. Aufgrund dieses Sachverhaltes muss die intralogistikorientierte Wertstromanalyse die Anforderung 37 „Eingrenzung des Betrachtungsgegenstands“ (Abbildung A-95) erfüllen. Außerdem erfolgt in der Intralogistik die Bearbeitung der Materialien in der Regel HU-weise. Daher ist die 7. Anforderung, die „Erfassung der HU“ (Abbildung A-65) für die intralogistikorientierte Wertstromanalyse

verpflichtend. Bei dem Transport einer HU im Umfang eines Förder-, Umschlag- oder Sortier- und Verteilsystems ist das verwendete Fördermittel das Kriterium mit dem größten Einfluss auf die Leistungsfähigkeit. Dies ist mit der Vielfalt der möglichen Fördermittel zu begründen und ihren unterschiedlichen Eigenschaften beispielsweise zwischen Stetig- und Unstetigförderern. Aufgrund dieses großen Einflusses auf das jeweilige System muss die Anforderung 11 „Erfassung der Fördermittel“ (Abbildung A-69) der ersten Anforderungsgruppe zugeordnet werden. Ein weiterer Aspekt, den es darzustellen gilt, ist der Automatisierungsgrad eines Prozesses bzw. die Anzahl an Mitarbeitern, die an einem Prozess beteiligt sind. Deshalb muss auch die 10. Anforderung, die „Erfassung der Mitarbeiter“ (Abbildung A-68), in die erste Gruppe der Anforderungen aufgenommen werden.

Unter dem zweiten Punkt bei der Gruppierung der Anforderungen fallen solche Anforderungen, die bei der Prozessoptimierung unterstützen. Bereits bei den vorbereitenden Tätigkeiten für die Ermittlung der Anforderungen im Abschnitt 9.1 wurde die Identifizierung von Verbesserungspotentialen bzw. von Verschwendungen als Ziel definiert. Dementsprechend sollten Anforderungen verpflichtend erfüllt werden, die direkt bei der Identifizierung von Verschwendung unterstützen. Ein wichtiger Aspekt, um Verschwendung zu erkennen, ist die Betrachtung der Prozesse aus Kundensicht. Hierdurch kann nachvollzogen werden, welche Prozesse wertschöpfend sind und bei welchen Prozessen Verschwendung vorliegt. Aufgrund dessen muss die Anforderung 42 „Betrachtung aus Kundensicht“ (Abbildung A-100) der ersten Gruppe von Anforderungen zugeordnet werden. Die Verschwendungsart der Wartezeiten kann direkt durch die Realisierung der Anforderung 4 „Erfassung der Wartezeiten“ (Abbildung A-62) erkannt werden. Demzufolge wird diese Anforderung ebenfalls der ersten Gruppe zugeordnet, sodass die Identifizierung dieser Verschwendung im gesamten Wertstrom gewährleistet wird. Um ein Gesamtoptimum des Wertstroms realisieren zu können, müssen koordinierte Verbesserungsmaßnahmen gemäß dem Wertstrommanagement (Abschnitt 4.2) durchgeführt werden. Daher müssen die Engpässe des Wertstroms durch die Wertstromanalyse identifiziert werden. Diese können anhand der Inputmenge und der Prozesszeit der jeweiligen Prozesse erkannt werden, da bei einem Engpass die Inputmenge mit der vorherrschenden Prozesszeit nicht bewältigt werden kann. Hierbei würde es sich um die Verschwendung in Form von Überlieferung handeln, die außerdem zur Verschwendung durch überdimensionierte Bestände und durch Wartezeiten in nachfolgenden Prozessen führen kann. Somit entsteht durch Engpässe ein Großteil der Verschwendung eines Systems. Aufgrund dieser Tatsache müssen die Anforderungen, die bei der Identifizierung von Engpässen unterstützen, in der intralogistikorientierten Wertstromanalyse berücksichtigt werden. Hiermit sind die Anforderungen 2 „Erfassung der Prozesszeiten“ (Abbildung A-60), 4 „Erfassung der Wartezeiten“ (Abbildung A-62), 5 „Er-

fassung der Inputmenge“ (Abbildung A-63), und 6 „Erfassung von Pufferbeständen“ (Abbildung A-64) gemeint.

Nachdem die Anforderungen identifiziert wurden, die eine intralogistikorientierte Wertstromanalyse realisieren muss, gilt es nun die übrigen Anforderungen der zweiten Gruppe zu bewerten. Hierfür wird eine AHP-Analyse entsprechend dem Vorgehen aus Anhang A.9 durchgeführt. Der erste Schritt dieser Analyse besteht in der Einordnung der Anforderungen in eine Hierarchie. Hierfür kann die bereits erarbeitete Hierarchie wiederverwendet werden, die im Anhang A.3 aufgeführt wird. Da die Anforderungen aus der ersten Gruppe in der AHP-Analyse nicht bewertet werden sollen, werden diese in der Hierarchie nicht weiter betrachtet.

Die einzelnen Matrizen der Ebenen aus der Hierarchie werden mit ihren Eigenvektoren, maximalen Eigenwerten, Konsistenzindex und Konsistenzverhältnis im Anhang A.11 aufgeführt. In der gesamten AHP-Analyse wurde ein Konsistenzverhältnis von 5,35 % erzielt. Außerdem liegt das Konsistenzverhältnis in jeder Matrix ebenfalls unter 10 %, sodass die Priorisierung der Anforderungen ein ausreichendes Maß an Konsistenz aufweist. Die resultierenden Prioritäten der Anforderungen aus der Anforderungsbeschreibung werden in Abbildung A-31 und in Abbildung A-32 aufgeführt sowie in den jeweiligen Volere-Karten der Anforderungen im Anhang A.17.

9.3 Analyse der Anforderungsbeschreibungen

Nachdem die Anforderungen im vorausgegangenen Abschnitt beschrieben wurden, folgt nun die Analyse dieser Anforderungen. Hierdurch soll die Qualität der Anforderungen an die intralogistikorientierte Wertstromanalyse sichergestellt werden. Dies ist der Fall, wenn die Anforderungen die acht Kriterien aus Abschnitt 5.2.2 erfüllen.

Zunächst wurden die Anforderungen darauf geprüft, ob sie den jeweiligen Sachverhalt korrekt aufführen, gegebenenfalls wurden Anpassungen durchgeführt. Ein Großteil der erhobenen Anforderungen verlangen von der intralogistikorientierten Wertstromanalyse die Darstellung von einem bestimmten Sachverhalt. So sollen beispielsweise die Prozesszeiten aufgenommen werden oder es soll zu erkennen sein, aus wie vielen Zonen und Stufen ein Kommissioniersystem bestehen soll. Dementsprechend sind die Anforderungen eindeutig, da der aufzunehmende Sachverhalt konkret beschrieben wird. Außerdem wurde sichergestellt, dass die Anforderungen den gesamten Umfang der Sachverhalte miteinbeziehen, sodass diese vollständig betrachtet werden. Darüber hinaus ist der Großteil der Anforderungen konsistent, da sich die Darstellungen verschiedener Aspekte und Kennzahlen der Intralogistik nicht gegenseitig ausschließen. Bei den Anforderungen aus der Wertstromanalyse existieren jedoch Wechselbeziehungen zwischen Anforderungen aus der Intralogistik. So entstand aus der Wertstromanalyse zum einen die Anforderung, dass eine Beschränkung auf die kritischen Parameter erfolgen soll

(Abbildung A-98), und zum anderen fordert die Intralogistik beispielsweise die Aufnahme einer Vielzahl von Kennzahlen. Diese Anforderungen schließen sich nicht gegenseitig aus, jedoch beeinflussen sie sich gegenseitig, sodass dies während der Entwicklung der intralogistikorientierten Wertstromanalyse berücksichtigt werden muss. Im Abschnitt 9.2 wurden alle Anforderungen priorisiert, sodass ihre Bewertbarkeit gegeben ist. Da, wie bereits erwähnt, die Anforderungen hauptsächlich bestimmte Sachverhalte durch die Wertstromanalyse darstellen, kann eindeutig nachgewiesen werden, ob die jeweilige Anforderung erfüllt wurde. Jedoch ist die Erfüllung der Anforderungen 39 „einfache, standardisierte Symbole“ (Abbildung A-97) sowie 40 „Beschränkung auf kritische Parameter“ (Abbildung A-98) nur schwer festzustellen, da dies qualitative Kriterien sind. Um trotzdem ihre Erfüllung überprüfen zu können, wird für diese Anforderungen im weiteren Verlauf das Prinzip der „magischen Zahl Sieben“ als Referenz genommen. Dieses Prinzip besagt, dass sich Menschen in der Regel sieben (plus/minus zwei) Begriffe in ihrem Kurzzeitgedächtnis merken können (vgl. Minto 2005, S. 18f.). Dementsprechend sollten maximal sieben Parameter je Prozess aufgenommen werden, damit die intralogistikorientierte Wertstromanalyse nicht zu komplex wird. Hierdurch kann die Anforderung 40 überprüft werden. Um die Erfüllung der Anforderung 39 zu überprüfen, sollte neben dem Aufbau der einzelnen Symbole auch die Anzahl der Symbole je Symbolkategorie (Basissymbole, Materialflusssymbole, Informationsflusssymbole) betrachtet werden. Damit der Anwender der intralogistikorientierten Wertstromanalyse mit dieser Anzahl der Symbole intuitiv umgehen kann, sollten je Symbolkategorie maximal sieben Symbole existieren. Außerdem wurde sichergestellt, dass die Anforderungen Veränderungen in der adaptierten Wertstromanalyse erlauben. So ist beispielsweise die Anforderung zur „Ermittlung der Prozesszeit“ so formuliert worden, dass die Prozesszeiten im Wertstromdiagramm aufgenommen werden sollen. Jedoch wird keine Richtung vorgegeben, wie dies geschehen soll. Die Herkunft der Anforderungen ist ebenfalls durch den Punkt „Querbezüge“ innerhalb der Volere-Karten nachvollziehbar. Dieser Punkt nimmt die Systeme auf, in denen die jeweilige Anforderung ermittelt wurde.

10 Auswahl der Methodenfragmente

Nachdem mit der Analyse der Anforderungsbeschreibungen die Anforderungsanalyse beendet wurde, kann hierauf aufbauend die Auswahl der Methodenfragmente stattfinden. Hierfür wird das Quality Function Deployment (QFD) (Anhang A.10) in abgewandelter Form verwendet. Zunächst werden die Anforderungen mit ihren Prioritäten aus den vorausgegangenen Abschnitten in die Zeilen einer Matrix eingetragen. Hiernach werden die Methodenfragmente aus Kapitel 8 in die Spalten aufgeführt. Daraufhin werden die Methodenfragmente mit der Skala 9 (vollständig), 3 (teilweise bzw. möglich) und 0 (gar nicht) bewertet, inwiefern sie die jeweiligen Anforderungen erfüllen bzw. ob sie durch Anpassung erfüllt werden könnten. Daraufhin werden die Methodenfragmente priorisiert. Aufgrund der Einordnung der Anforderungen in zwei Gruppen besteht die Priorisierung der Methodenfragmenten aus zwei Kriterien. Das primäre Kriterium entspricht der Summe der Bewertungen eines Methodenfragments bei den verpflichtenden Anforderungen aus der ersten Gruppe. Das sekundäre Kriterium besteht aus den summierten Produkten der Bewertungen der Methodenfragmente mit den Priorisierungen der Anforderungen aus der zweiten Gruppe. Hierbei dominiert das primäre Kriterium das sekundäre Kriterium. Hierdurch wird sichergestellt, dass die verpflichtenden Anforderungen der ersten Gruppe als Minimalziel durch die intralogistikorientierte Wertstromanalyse erfüllt werden. Die hieraus resultierende Matrix wird im Anhang A.12 dargestellt.

Anhand der Erkenntnisse aus dieser abgewandelten QFD werden nun die Methodenfragmente ausgewählt. In dem Fall, dass sich die Verwendung zweier Methodenfragmente gegenseitig ausschließt, wird das Methodenfragment mit der höchsten Priorität ausgewählt. Hierdurch wird eine Modellierung gemäß dem Grundsatz der Wirtschaftlichkeit gefördert, weil das Methodenfragment mit der höheren Priorität einen höheren Beitrag zur Erfüllung der Anforderungen liefern kann. Nachdem auf diesem Weg ein Methodenfragment ausgewählt wurde, wird geprüft, ob es die beeinflussbaren Anforderungen bereits erfüllt. Ist dies nicht der Fall, wird das Methodenfragment entsprechend der gegebenen Situation angepasst.

10.1 Grundstruktur der Prozesskästen

Das Methodenfragment „logistikorientierte Prozesssymbole“ beeinflusst die meisten verpflichtenden Anforderungen. Aufgrund dessen sollten die Prozesssymbole aus der logistikorientierten Wertstromanalyse in der intralogistikorientierten Wertstromanalyse wiederverwendet werden. Hiermit wird jedoch gleichzeitig die Entscheidung getroffen, dass die Methodenfragmente „klassische Prozesssymbole“ und „Bestandssymbole“ der klassischen Wertstromanalyse nicht verwendet werden. Dies ist mit der höheren Priorisierung der „logistikorientierten Prozesssymbole“ zu begründen und damit, dass sich die

Verwendung dieser Methodenfragmente gegenseitig ausschließt. Folglich sollen die intralogistikorientierten Prozesskästen auf Kästen der logistikorientierten Wertstromanalyse basieren. Deshalb wird nun betrachtet, inwiefern diese bereits die Anforderungen an die intralogistikorientierte Wertstromanalyse erfüllen und wie sie gegebenenfalls angepasst werden müssen.

Bereits bei der Betrachtung der verpflichtenden Anforderungen fällt auf, dass die logistikorientierten Prozesskästen diese nicht alle ausreichend erfüllen. So wird die HU (Anforderung 7, Abbildung A-65) nicht durchgängig erfasst. Außerdem weisen die Prozesskästen unterschiedliche Detaillierungsgrade auf. So fasst der Prozesskasten „Sortimentieren/Sortieren“ die arbeitsintensive Tätigkeit des Kommissionierens zusammen. Jedoch besteht das Kommissionieren aus einer Vielzahl von Prozessschritten wie z.B. Transportieren, Packen und Buchen. Somit führen die unterschiedlichen Detaillierungsgrade zu Überlappungen im Inhalt der Prozesskästen. Deshalb sollten die unterschiedlichen Detaillierungsgrade vermieden werden, um eine eindeutige Modellierung gemäß dem Grundsatz der Richtigkeit möglichst einfach zu realisieren. Aufgrund dieser Tatsachen werden die logistikorientierten Prozesskästen überarbeitet, damit sie die ermittelten Anforderungen erfüllen und damit sie den gleichen Detaillierungsgrad aufweisen.

Bei der Entwicklung dieser intralogistikorientierten Prozesskästen werden zunächst die allgemeinen Parameter erarbeitet, die den Prozesskästen eine Grundstruktur geben sollen. Diese Parameter geben Angaben

- zum Ort des Prozesses,
- zu den benötigten Ressourcen,
- zur notwendigen Durchlaufzeit und
- zur HU.

Für den Prozessparameter „Ort“ existieren drei Informationsvarianten, die durch ihn gegeben werden können. Bei einer räumlich stationären Tätigkeit wie das Verpacken eines Packstücks wird der Arbeitsplatz in Form einer Ortsbezeichnung eindeutig kenntlich gemacht. Um der Anforderung 9 „Erfassung der Flächen“ vollständig zu genügen, sollten außerdem die Flächengrößen aufgenommen werden. In dem Fall, dass eine räumliche Transformation vorliegt, wird die Strecke des Prozesses wie folgt angegeben: Ort A > Ort B. Darüber hinaus kann optional die Länge der Strecke in Klammern hinzugefügt werden. Die dritte Möglichkeit besteht darin, dass der Sender und Empfänger bei dem Transport von Informationen aufgenommen werden.

Der zweite Parameter führt die Ressourcen auf, die für die Ausführung des Prozesses notwendig sind. Worin diese Ressourcen bestehen ist von den jeweiligen Funktionen abhängig. So wird bei einer räumlichen Transformation hiermit das Fördermittel aufgenommen. Hingegen kann bei einer qualitativen Transformation beispielsweise das Packmittel aufgeführt werden. Deshalb sind die Inhalte des Parameters Ressource für

jeden Prozess spezifisch und werden bei der Erarbeitung der jeweiligen Prozesskästen erarbeitet.

Der dritte Parameter umfasst die durchschnittliche Durchlaufzeit. In diesem Zusammenhang ist hiermit die Materialdurchlaufzeit in dem jeweiligen Prozess gemeint. Diese umfasst die Zeitspanne vom Eingang des Materials in den Prozess bis zum Ausgang des Materials. Der Vorteil in der Aufnahme der Durchlaufzeit als dritten, allgemeinen Parameter besteht in ihrer Vielseitigkeit. Zum einen entspricht die Durchlaufzeit eines Prozesses mit menschlichen oder maschinellen Tätigkeiten der Prozesszeit (Anforderung 2). Zum anderen ist bei einer zeitlichen Transformation die durchschnittliche Durchlaufzeit mit der Reichweite des Lagers bzw. des Bestands gleichzusetzen, sodass hierdurch die Lagerbestände abgebildet werden können (Anforderung 20). Jedoch erfordert die Erhebung von genauen Durchlaufzeiten einen hohen Aufwand, da für sie Zeitstudien durchgeführt werden müssen. Darüber hinaus können die Zeiten in der Intralogistik aufgrund von wechselnder Auslastung stark schwanken. Daher sollte die Verwendung von festen Werten in der intralogistikorientierten Wertstromanalyse kritisch betrachtet werden. Deshalb existiert in der intralogistikorientierten Wertstromanalyse die Möglichkeit, die Durchlaufzeit durch eine Verteilungsfunktion zu beschreiben. Damit die Praktikabilität der intralogistikorientierten Wertstromanalyse gewährleistet werden kann, sollte die Dreiecksverteilung verwendet werden. Hierbei wird ein minimaler, ein maximaler Wert sowie ein Modalwert für die Durchlaufzeit ermittelt bzw. geschätzt.

Der vierte allgemeine Parameter stellt die Erfüllung der siebten Anforderung „Erfassung der HU“ (Abbildung A-65) sicher. Im Verlauf eines Wertstroms können HUs ineinander verschachtelt und wieder voneinander getrennt werden. Diese Verschachtelung der HU kann mit Hilfe von Klammern dargestellt werden. So wird beispielsweise Material, welches in einem Karton verpackt ist und dieser auf einer Palette steht, folgendermaßen dargestellt: [Palette (Karton)]. Das Material selber wird in diesem Parameter nicht aufgeführt. Bei einem Prozess, der ausschließlich direkt mit dem Material arbeitet, wird dies durch einen Schrägstrich „/“ in dem Parameter des jeweiligen Prozesskastens kenntlich gemacht. Durch diese detaillierte Erfassung der HU wird ein Informationsverlust ausgeschlossen. Darüber hinaus kann hierdurch Verschwendung durch unnötige Packmittel und nicht benötigte Ladeeinheitsbildungen identifiziert werden.

Neben diesen vier Parametern ist bei allen Prozesskästen ein Feld für eine Kurzbeschreibung vorgesehen. In diesem Feld können optional spezifische Charakteristiken aufgeführt werden, die durch andere Parameter nicht festgehalten werden. Hierdurch kann der Wertstrom durch einen Außenstehenden einfach nachvollzogen und prozessspezifische Informationen können festgehalten werden.

Darüber hinaus werden für eine effektive Diskussion ohne Kommunikationsprobleme im anschließenden Wertstromdesign die Prozesskästen fortlaufend nummeriert. Hiermit kann ein Projektmitarbeiter die Gruppendiskussion gezielt und schnell auf den Prozess und seine Umgebung lenken, wo er Verbesserungspotential sieht.

Nachdem das Grundgerüst der Prozesskästen erarbeitet wurde, folgt nun die Entwicklung der spezifischen Prozesskästen mit ihren Parametern für die intralogistikorientierte Wertstromanalyse. Hierfür werden zunächst die Prozesskästen für den Materialfluss erarbeitet und anschließend die Prozesskästen des Informationsflusses. Hierbei sollte die Anzahl der unterschiedlichen Prozesskästen minimiert werden. Die Zielsetzung bei dieser Minimierung besteht darin, die Komplexität der intralogistikorientierten Wertstromanalyse möglichst weit zu reduzieren, damit die Anforderung 39 „einfache, standardisierte Symbole“ erfüllt wird. Jedoch müssen die übrigen Anforderungen berücksichtigt werden, die mögliche Differenzierungen zwischen Prozesskästen erfordern. Deshalb müssen diese gegenläufigen Anforderungen bei der Entwicklung der Prozesskästen gegeneinander abgewogen werden, um einen optimalen Kompromiss zwischen ihnen zu finden.

10.2 Prozesskästen für den Materialfluss

Die Entwicklung der Prozesskästen für den Materialfluss orientiert sich an den logistischen Grundfunktionen aus dem Abschnitt 4.4. Um einen intralogistischen Materialfluss vollständig darstellen zu können, müssen diese Funktionen durch die intralogistischen Prozesskästen abgebildet werden können.

10.2.1 Prozesskasten für räumliche Transformationen

Zunächst werden die räumlichen Transformationen betrachtet. Diese umfassen die Materialbewegung von einer Quelle zu einer Senke. Um diese Vorgänge in der intralogistikorientierten Wertstromanalyse abbilden zu können, wird der Prozesskasten „Fördern/Bewegen“ verwendet. In dem Parameter „Ort“ wird die zurückzulegende Strecke erfasst. Der Parameter „Ressourcen“ führt neben den verwendeten Förder- bzw. Transportmittel den/die Mitarbeiter im Prozess auf. Neben den vier allgemeinen Prozessparametern soll der Prozesskasten „Fördern/Bewegen“ drei weitere Parameter beinhalten.

Unter anderem wird von der intralogistikorientierten Wertstromanalyse die „Erfassung der Transportfrequenz“ (Anforderung 13) gefordert. Diese gibt an, wie oft der betrachtete Prozess innerhalb eines Zeitraums durchgeführt wird. Bei Routenzügen und Stetigförderern kann es sich hierbei um einen konstanten Wert handeln. Beim Direktverkehr eines Unstetigförderers kann dieser Wert stark schwanken. In diesem Fall kann die Transportfrequenz wie auch die Durchlaufzeit mit Hilfe einer Dreiecksverteilung dargestellt werden.

Die Effizienz bei einer räumlichen Transformation kann außerdem an der Auslastung der Transportkapazität erfasst werden. Deshalb wird auch dieser Parameter durch den Prozesskasten aufgenommen. Schwankungen dieses Werts können ebenfalls durch die Dreiecksverteilung dargestellt werden.

Ein weiterer wichtiger Aspekt einer räumlichen Transformation, der Verschwendung verursachen kann, ist die Organisationsform. Bei Unstetigförderern ist hiermit der Transportmodus gemeint. Dieser wird durch die Anzahl der Quellen (n) und Senken (m) aufgeführt:

- Direktverkehr: 1:1
- Routenzug: $n:m$
- Milkrun: 1: m bzw. $n:1$

Bei Stetigförderern wird durch den Parameter „Organisationsform“ die Strukturvariante aufgenommen, in der der Stetigförderer operiert. Hierbei wird zwischen einer Linien-, Loop- und Kreis-Topologie unterschieden.

10.2.2 Prozesskästen für zeitliche Transformationen

Nach der Betrachtung der räumlichen Transformationen werden die zeitlichen Transformationen analysiert. Innerhalb der zeitlichen Transformationen wird zwischen dem Lagern für lange Zeitspannen und dem Puffern für kurze Zeitspannen differenziert. In der intralogistikorientierten Wertstromanalyse wird diese Differenzierung übernommen. Dies ist wie folgt zu begründen. Das Lagern ist eine zeitliche Transformation, die aufgrund von kaufmännischen oder produktionstechnischen Gründen bewusst eingeplant wird. Im Gegensatz hierzu wird Material gepuffert, wenn Prozesse nicht optimal aufeinander abgestimmt sind oder das Puffern mangelnde Prozessstabilität ausgleichen soll. Dementsprechend sind Puffer direkte Indikatoren für Verschwendung. Um diesen Verschwendungsindikator in der intralogistikorientierten Wertstromanalyse zu verwenden, werden die Prozesskästen „Lagern“ und „Puffern“ in die Methode integriert.

Ansonsten beinhalten die Prozesskästen die gleichen Parameter. In dem standardisierten Parameter „Ressource“ soll bei den zeitlichen Transformationen ausschließlich das verwendete Lagermittel erfasst werden. Um dies dem Modellierer zu verdeutlichen und eine Modellierung gemäß dem Grundsatz der Richtigkeit zu gewährleisten, wird dieser Parameter bei diesen Prozesskästen in „Lagermittel“ umbenannt.

Außerdem nimmt die intralogistikorientierte Wertstromanalyse neben den vier standardisierten Parametern zusätzlich den Parameter „Auslastung“ bei zeitlichen Transformationen auf. Dieser gibt die prozentuale Nutzung der Puffer- bzw. der Lagerkapazität an. Etwaige Schwankungen können auch hier durch die Dreiecksverteilung dargestellt werden. Dies ist damit zu begründen, dass zum einen Lager und Puffer zur Entkopplung von Prozessen genutzt werden. Dementsprechend kann an der Auslastung erkannt wer-

den, inwieweit die nachfolgenden Prozesse mit ihren Inputmengen umgehen können. So würde bei einer Überlastung eines Prozesses die Auslastung bei nahezu 100 % liegen. Ein Wert über 100 % ist auch möglich, falls zusätzliche Flächen oder Lagermittel verwendet werden, die nicht für diese spezielle zeitliche Transformation vorgesehen sind. Zum anderen kann an der Auslastung erkannt werden, ob der Puffer bzw. das Lager überdimensioniert ist und somit Flächen und Ressourcen verschwendet werden.

Durch den Prozessparameter „Durchlaufzeit“ wird bei den zeitlichen Transformationen, wie in Abschnitt 10.1 beschrieben wurde, die jeweilige Reichweite abgebildet. Hierdurch kann die intralogistikorientierte Wertstromanalyse die 20. Anforderung „Ermittlung der Lagerbestände“ erfüllen. Aufgrund der Tatsache, dass die Umschlaghäufigkeit dem Kehrwert der Reichweite entspricht, wäre der Informationsgewinn durch die Abbildung dieser Kennzahl gering. Deshalb wird die Umschlaghäufigkeit in der intralogistikorientierten Wertstromanalyse nicht abgebildet, damit die Komplexität der Methode möglichst gering gehalten wird.

Die Kennzahl der Flächennutzung wird ebenfalls nicht durch die intralogistikorientierte Wertstromanalyse aufgenommen, um gemäß der Anforderung 40 den Fokus auf kritische Parameter zu legen. Die Begründung, dass die Flächennutzung kein kritischer Parameter für die Wertstromanalyse ist, besteht aus den folgenden Gründen. Zum einen kann die Flächennutzung eines Lagers nur durch einen Wechsel des Lagermittels realisiert werden. Somit ist diese Kennzahl eher dem Fachgebiet der Fabrikplanung zuzuordnen. Der Fokus der Wertstromanalyse liegt jedoch im kontinuierlichen Verbesserungsprozess bestehender Strukturen. Hierbei besitzt die Fabrikplanung eine eher untergeordnete Rolle, da sie sich mit langfristigen Planungsaufgaben beschäftigt, für die es gesonderte Methoden gibt. Zum anderen werden die Flächengrößen bereits durch die intralogistikorientierte Wertstromanalyse aufgenommen. Daher ist der Informationsgewinn durch die Aufnahme der Flächennutzung nur gering, sodass der zusätzliche notwendige Aufwand nicht gerechtfertigt ist.

10.2.3 Prozesskästen für qualitative, mengen- und sortenmäßige Transformationen

Bei den qualitativen Transformationen wird zwischen Ver-/Entpacken und Prüfen unterschieden. Wie bei den zeitlichen Transformationen wird diese Differenzierung der qualitativen Transformationen in Form von unterschiedlichen Prozesskästen in die intralogistikorientierten Wertstromanalyse übernommen. Dies ist damit zu begründen, dass sich diese Tätigkeiten in ihren Abläufen und Eigenschaften stark unterscheiden, sodass ihre Abbildung mit demselben Prozesskasten unübersichtlich wäre.

Der Prozesskasten „Prüfen“ beinhaltet neben den standardisierten Parametern den Parameter „Art“. Dieser Parameter führt auf, welche Prüfung vorliegt bzw. was am Mate-

rial geprüft wird. Mögliche Einträge in diesen Prozessparameter sind zum Beispiel: Qualitätsprüfung, Mengenprüfung, Prüfung der Lieferpapiere, o.ä. Hieran kann erkannt werden, welche Informationen während der Prüfung benötigt werden bzw. geprüft werden (Anforderung 30). Der Parameter Ressource führt beim Prozesskasten „Prüfen“ neben den Mitarbeitern die verwendeten Betriebsmittel wie Waagen, Scanner, Maßbänder usw. auf.

Für die qualitative Transformation Ver-/Entpacken wird kein eigener Prozesskasten verwendet. Für diese Tätigkeiten wird gemeinsam mit den mengen- und sortenmäßigen Transformationen der Prozesskasten „Packen“ in die intralogistikorientierte Wertstromanalyse eingeführt. Mit Hilfe des Felds für die Kurzbeschreibung kann der jeweilige Prozess so beschrieben werden, dass zwischen den Transformationen unterschieden werden kann. Hierdurch wird die Anzahl an verschiedenen Prozesskästen reduziert. Das hat den Vorteil, dass der intralogistikorientierten Wertstromanalyse Komplexität genommen wird. Dies ist aufgrund der Tatsache möglich, dass die Kernaufgabe dieser Transformationen die Änderung der HU, auf denen sich das Material befindet, ist. Daher wird im Prozesskasten „Packen“ der standardisierte Parameter „HU“ in die Parameter „IHU“ und „OHU“ aufgeteilt. Mit IHU ist die Input Handlings Unit gemeint. Dies ist HU, die in den Prozess eingeschleust wird. OHU bezeichnet die Output Handlings Unit, in der das Material den Prozess verlässt. Hierbei ist anzumerken, dass bei einem Umschlagprozess das Fahrzeug, das be- oder entladen wird, innerhalb dieses Prozesskastens als äußere HU betrachtet wird. Bei der Entladung eines LKW-Anhängers durch einen Gabelstapler in ein Palettenregal würden die beiden Parameter wie folgt aussehen:

- IHU: Anhänger[Palette(Karton)]
- OHU: Palettenregal[Palette(Karton)]

Durch den Prozessparameter „Art“ kann das genaue Vorgehen während des Prozesses festgehalten werden. Dementsprechend hält dieser Parameter bei einer qualitativen Transformation fest, ob das Verpacken oder Entpacken von Material vorliegt. Bei einer sortenmäßigen Transformation kann mit diesem Parameter unterschieden werden, ob eine geordnete oder ungeordnete Bereitstellung bzw. Abgabe vorliegt. Darüber hinaus wird durch den Prozessparameter der Entnahmefall aufgenommen, bei dem zwischen einer einfachen und einer mehrfachen Teileentnahme unterschieden wird. Bei einer mengenmäßigen Transformation wie das Umschlagen erfolgt durch den Parameter die Differenzierung zwischen einer Teil- und Kompletterladung.

Der Parameter „Ressourcen“ nimmt entsprechend der Transformation die verwendeten Packmittel, Betriebsmittel und Fördermittel auf. Außerdem führt er die Mitarbeiter auf. Durch die Aufführung der Betriebsmittel, Fördermittel und der Mitarbeiter ist eine Differenzierung zwischen einer manuellen, mechanischen oder automatisierten Einschleusung möglich. In dem Fall, dass ein Umschlagprozess mit einer Rampe durchgeführt

wird, sollte im Prozessparameter „Ort“ durch die Ortsbezeichnung zu erkennen sein, dass eine Rampe vorliegt. Hierdurch wird eine Differenzierung zwischen einem Umschlagen mit und ohne Rampe möglich (Anforderung 18).

Da insbesondere Umschlagprozesse schwer von Prozessen des Förderns und Bewegens zu unterscheiden sind, ist eine klare Abgrenzung zwischen diesen Prozesskästen notwendig. Prozesse, bei denen die Transportzeit den Großteil der Durchlaufzeit ausmacht, sollten durch den Prozesskasten „Fördern/Bewegen“ abgebildet werden. In dem Fall, dass der Großteil der Durchlaufzeit aus der Aufnahme und der Ablage des Materials entsteht, sollte er durch den Prozesskasten „Packen“ dargestellt werden.

Mit diesen fünf Prozesskästen können alle logistischen Grundfunktionen im Materialfluss abgebildet werden. Aus der Anforderungsanalyse resultiert jedoch die Erkenntnis, dass eine intralogistikorientierte Wertstromanalyse nicht-intralogistische Prozesse ebenfalls berücksichtigen sollte. Hierfür wird der Prozesskasten „nicht-intralogistische Operation“ verwendet, der ausschließlich aus der Grundstruktur für Prozesskästen aus Abschnitt 10.1 besteht.

10.3 Prozesskästen für den Informationsfluss

Nachdem die Prozesskästen für den Materialfluss im vorausgegangenen Abschnitt entwickelt wurden, werden in diesem Abschnitt die Prozesskästen für den Informationsfluss betrachtet. Die Prozesskästen für die informatorischen Transformationen besitzen bis auf den Prozessparameter „HU“ ebenfalls die Grundstruktur aus Abschnitt 10.1. Hierbei führt der Prozessparameter „Ressource“ bei allen informatorischen Transformationen den Mitarbeiter und das Betriebsmittel auf. Außerdem besitzen sie alle die Parameter „Information“ und „Informationsträger“. Der Parameter „Information“ erfasst die wesentliche Information, die in dem jeweiligen Prozess gehandhabt wird. Der Parameter „Informationsträger“ gibt das Medium an, welches die Information beinhaltet. Ein solches Medium kann ein Dokument wie ein Lieferschein oder ein Etikett, ein Computersystem oder ein Mitarbeiter sein.

Nach dem Beispiel der Prozesskästen für den Materialfluss orientiert sich die Entwicklung der Prozesskästen für den Informationsfluss ebenfalls an den logistischen Grundfunktionen (Abschnitt 4.4). Hierbei wurde die Notwendigkeit der vier Prozesskästen „Information anbringen“, „Information erfassen“, „Information übermitteln“ und „Auftrag erzeugen“ identifiziert.

Der Prozesskasten „Information anbringen“ wird verwendet, wenn beispielsweise Material etikettiert oder ausgezeichnet wird. In dem Parameter „Ressourcen“ werden die benötigten Betriebsmittel wie ein Etikettendrucker sowie der Mitarbeiter aufgeführt. Dieser Prozesskasten besitzt außerdem den spezifischen Parameter „Position“, der angibt, wo der Informationsträger angebracht wird. Dies kann zum Beispiel direkt am Material

sein oder am Ladungsträger. Dieser Parameter ist notwendig, damit der abgebildete Prozess nachvollziehbar ist.

Sofern Informationen eingelesen und gespeichert werden, wird der Prozesskasten „Information erfassen“ benutzt. Unter das „Information erfassen“ werden außerdem Buchungen wie die Wareneingangsbuchung verstanden. Neben den standardisierten Parametern für informatorische Transformationen wird dieser Prozesskasten durch den Parameter „Art“ beschrieben. Dieser erfasst die Buchungsart und bei der Dokumentation von Informationen, ob dies manuell oder elektrisch geschieht. Durch den Parameter „Art“ kann der Ablauf und der Sinn der Prüfung nachvollzogen werden.

Der Prozesskasten „Informationen übertragen“ wird ausschließlich durch die Grundstruktur für informatorische Transformationen beschrieben. In dem Parameter „Ort“ wird hier der Sender und Empfänger erfasst. Falls für die Informationsübertragung der Sender und/oder der Empfänger eine räumliche Distanz zurücklegen müssen, kann diese Distanz ebenfalls angegeben werden. Außerdem können mit Sender und Empfänger in diesem Kontext auch Computersysteme oder Dokumentablagen gemeint sein. Medienbrüche können durch den Prozesskasten „Information übermitteln“ anhand der Parameter „Ort“, „Informationsträger“ und „Ressource“ identifiziert werden. Beispielsweise bei einem Medienbruch durch eine gedruckte Kommissionierliste wäre der Sender das Warehouse Management System, der Informationsträger wäre die gedruckte Liste und es wäre ein Drucker als Ressource notwendig.

Abschließend ist der Prozesskasten „Auftrag erzeugen“ wie „Information übermitteln“ aufgebaut. Jedoch hat dieser Prozesskasten zusätzlich die zwei spezifischen Parameter „Art“ und „Frequenz“. Durch den Parameter „Art“ kann aufgeführt werden, was für ein Auftrag vorliegt. Insbesondere bei Kommissionierlisten bzw. –aufträgen kann hier zwischen einer Artikelorientierung und einer Auftragsorientierung unterschieden werden. Außerdem kann vermerkt werden, ob eine Wegstreckenoptimierung für die Kommissionierlisten durchgeführt wird. Durch den Parameter „Frequenz“ wird aufgenommen, in welchem Intervall die Aufträge in das System eingespeist werden. Bei einem Kommissioniersystem beispielsweise kann hierdurch festgestellt werden, was für eine Inputmenge bewältigt werden muss. Da auch diese Frequenz Schwankungen unterliegen kann, ist die Verwendung der Dreiecksverteilung empfehlenswert. Anhand des Informationsträgers kann außerdem erkannt werden, wie der Auftrag bzw. die Kommissionierliste eingeschleust wird. So würde bei der Kommissionierung in diesem Prozessparameter hinterlegt werden, ob der Mitarbeiter durch ein pick-by-light-System, durch eine gedruckte Kommissionierliste o.ä. beauftragt wird.

Durch diese informatorischen Prozesskästen kann bereits der gesamte Informationsfluss abgebildet werden, der für die Planung und Steuerung intralogistischer Prozesse notwendig ist. Außerdem werden intralogistische Prozesse nicht unbedingt zentral geplant,

wie es in der Produktion in der Regel der Fall ist, sondern durch Ereignisse ausgelöst. Beispiele für solche Ereignisse sind - wie in Kapitel 2 beschrieben - unter anderem die Ankunft eines Fahrzeugs im Wareneingang oder ein Auslagerungsauftrag aus der Produktion. Durch den Eintritt eines solchen Ereignisses wird ein Informationsfluss ausgelöst, der zum Anstoß des Materialflusses führt. Diese Auftragskette kann bereits durch die erarbeiteten Prozesskästen dargestellt werden, sodass das Methodenfragment „Produktionsdatenkasten“ in der intralogistikorientierten Wertstromanalyse nicht benötigt wird.

10.4 Design der Prozesskästen

Der Aufbau und das Design der Prozesskästen orientiert sich an den Prozesskästen der logistikorientierten Wertstromanalyse. Bei der Anordnung der Elemente innerhalb eines Prozesskastens wird von der in der westlichen Hemisphäre vorwiegenden Schreibrichtung ausgegangen. Hiermit ist gemeint, dass die Nutzer der intralogistikorientierten Wertstromanalyse die Kästen von oben nach unten und von links nach rechts betrachten. Das Ziel bei der Anordnung der Elemente besteht darin, dass der Prozessablauf möglichst schnell verständlich wird. Deshalb wird im obersten Teil der Prozesskästen die Art des Prozesskastens aufgeführt. Um die Relevanz dieser Prozesseigenschaft zu unterstreichen, erfolgt diese Aufführung mit einer fetteren und größeren Schrift. Über dem Schriftzug für die Prozessart werden die Prozesskästen „Puffern“ und „Lagern“ durch ein Dreieck mit einem „I“ für Inventory (engl.: Bestand) gekennzeichnet. Hierdurch wird auf die Unterbrechung des Materialflusses durch diese zeitlichen Transformationen verwiesen.

Unter der Prozessart wird das Feld für die Kurzbeschreibung angeordnet. Durch dieses Feld kann der Prozess oder spezifische Charakteristika des Prozesses beschrieben werden, sodass es maßgeblich zum Verständnis über den Prozessablauf beiträgt. Da die Wertstromanalyse außerdem als Grundlage für eine koordinierte Gruppendiskussion dienen soll, wird rechts neben dem Feld für Kurzbeschreibung die Nummerierung der Prozesskästen angeordnet.

Unter diesen beiden Elementen werden die Prozessparameter nach ihrer Relevanz für das Verständnis zum Prozessablauf angeordnet. Nachdem mit der Prozessart deutlich wird, was in einem Prozess vollzogen wird, sollte folgen, wo, wie und womit der Prozess durchgeführt wird. Dementsprechend werden die allgemeinen Prozessparameter in der Reihenfolge „Ort“, „Ressource“ und „HU“ von oben nach unten angeordnet. Daraufhin folgen die spezifischen Prozessparameter der Prozesskästen, da sie die Art und Weise der Prozessabläufe näher beschreiben. Abschließend wird der Parameter „Durchlaufzeit“ aufgeführt, da dieser nicht zwingend notwendig ist, um den Ablauf eines Prozesses zu verstehen. Die Prozessparameter werden jeweils so aufgebaut, dass links die

Bezeichnung des Parameters aufgeführt wird und rechts daneben der eigentliche Parameter.

Für eine klarere optische Differenzierung wird den Prozesskästen eine standardisierte Farbgebung gegeben. Um die Aufnahme vor Ort mit Zettel und Stift nicht zu verkomplizieren und weil die assoziierten Emotionen und Gefühle kulturell bedingt sind, ist die Anwendung der Farbgebung jedoch optional (vgl. Thesmann 2010, S. 273). Die Farbgebung erfolgt mit Hilfe der Farbsymboliken aus dem Anhang A.13.

Der Prozesskasten „Puffern“ kann, wie bereits beschrieben wurde, als Indikator für Verschwendung betrachtet werden. Um deshalb den Fokus zunächst auf diese Prozesse zu lenken, werden sie rot eingefärbt, da Rot mit Gefahr assoziiert wird.

Um den zeitlichen Unterschied zwischen dem Puffern und Lagern zu untermauern, erhält der Prozesskasten „Lagern“ eine blaue Farbgebung. Mit dieser Farbe wird Sicherheit und Ausgeglichenheit verbunden, sodass sie im Kontrast zu Rot steht.

Darüber hinaus werden die Prozesskästen „Packen“ und „Prüfen“ in verschiedenen Grüntönen eingefärbt. Hierdurch bilden sie mit dem roten „Puffern“ einen Komplementär-Kontrast, sodass zusätzlich der Blick des Betrachters auf die Puffer gelenkt wird. Außerdem wird Grün mit positiven Begriffen wie Wachstum und Gesundheit assoziiert, sodass der in der Regel hohe Wertschöpfungsanteil der Prozesskästen „Packen“ und „Prüfen“ verdeutlicht wird.

Für die Prozesskästen des Informationsflusses ist ein Orangeton vorgesehen. Durch diese eintönige Farbgebung und dem Farbkontrast zu den übrigen Prozesskästen, wird dem Betrachter die Unterscheidung zwischen Material- und Informationsfluss erleichtert.

Der Prozesskasten „Fördern/Bewegen“ erhält mit Weiß eine neutrale Farbgebung, um so den kontrastreichen Farben der übrigen Prozesse entgegen zu wirken. Ansonsten würde das Ergebnis der intralogistikorientierten Wertstromanalyse überladen wirken.

Hiermit ist die Anpassung des Methodenfragments „logistikorientierte Prozesskästen“ vollendet. Das hieraus resultierende Methodenfragment kann als „intralogistikorientierte Prozesskästen“ bezeichnet werden und wird in Abbildung 10-1 dargestellt.

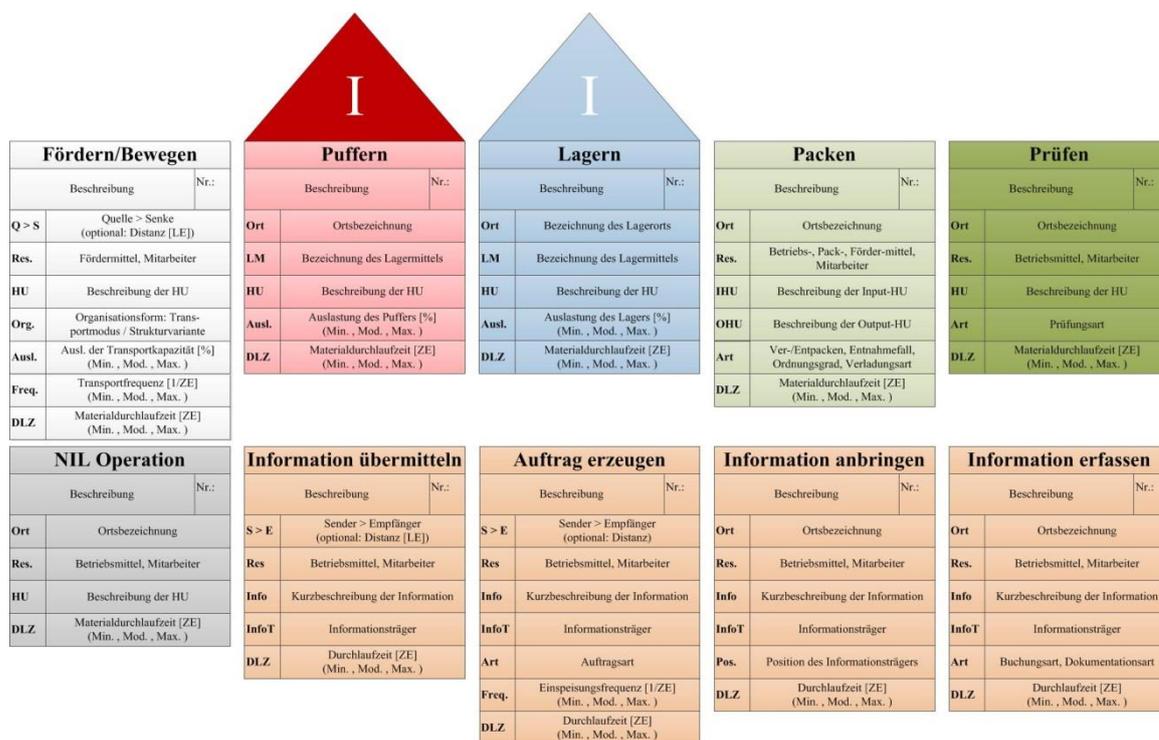


Abbildung 10-1: Intralogistikorientierte Prozesskästen

10.5 Anpassung des Kunden- und des Lieferantensymbols

Nachdem das Methodenfragment „logistikorientierte Prozesskästen“ ausgewählt wurde, besitzen die Methodenfragmente „logistikorientiertes Kundensymbol“ und „logistikorientiertes Lieferantensymbol“ die höchsten Prioritäten der auswählbaren Methodenfragmente. Folglich können die Methodenfragmente „klassisches Kundensymbol“ und „klassisches Lieferantensymbol“ nicht in der intralogistikorientierten Wertstromanalyse verwendet werden. Da das Lieferanten- und das Kundensymbol den Anfang und das Ende des Wertstroms darstellen, sollten sich diese Symbole möglichst ähneln. Die Begründung hierfür liegt darin, dass sie so leicht miteinander zu vergleichen sind. Aufgrund dessen wird hier die Grundstruktur der logistikorientierten Methodenfragmenten verwendet. Diese besitzen fünf Parameter entsprechend der fünf R der Logistik: Produkt, Ort, Zeit, Menge und Qualität (Abschnitt 4.4). Anhand dieser Parameter verdeutlicht ein einfacher Vergleich der beiden Symbole miteinander, welche logistische Wertschöpfung in dem betrachteten Wertstrom erbracht werden muss. Hierbei ist anzumerken, dass bei dem Parameter „Zeit“ zwei Varianten existieren. In dem Fall, dass das Produkt regelmäßig in kurzen Zeitperioden wie bei einer Massenfertigung nachgefragt wird, sollte der Parameter „Zeit“ den Kundentakt aufführen. Jedoch ist bei einer Einzel-fertigung wie im Sondermaschinenbau die geforderte Auftragsdurchlaufzeit des Kunden entscheidend. Deshalb sollte in einem solchen Szenario der Parameter „Zeit“ die Auftragsdurchlaufzeit aufführen. Bei der Nachfrage des Kunden und beim Nachschub durch den Lieferanten können Schwankungen in Zeit und Menge auftreten. In diesem Fall

sollten die Parameter durch eine Dreiecksverteilung abgebildet werden, sodass die minimalen, maximalen und durchschnittlichen Input- und Outputmengen des Wertstroms erfasst werden.

Durch diese Parameter der Symbole kann zwar die geforderte Wertschöpfung aus Kundensicht identifiziert werden, aber eine Leistungsbeurteilung findet nicht statt. Deshalb werden beide Symbole durch die Kennzahl des Liefergrads erweitert. Der Liefergrad eignet sich insbesondere dadurch als übergeordnete, intralogistische Kennzahl, dass er jegliche Anlieferfehler bezüglich der fünf R der Logistik berücksichtigt. Zum einen kann hierdurch die Lieferantenqualität bewertet werden und zum anderen die erzielte Leistung des Wertstroms. In dem Fall, dass mit dem Kunden oder dem Lieferanten ein Liefergrad als Zielvorgabe vereinbart wurde, sollte dieser ebenfalls in dem Parameter mitaufgenommen werden. Die hieraus resultierenden Lieferanten- und Kundensymbole der intralogistikorientierten Wertstromanalyse werden in Abbildung 10-2 dargestellt und ihre Parameter kurz umschrieben.

Lieferant		Kunde	
Liefergrad	Ist-Liefergrad [%] / Soll-Liefergrad [%] (falls vorhanden)	Liefergrad	Ist-Liefergrad [%] / Soll-Liefergrad [%] (falls vorhanden)
Material	Bezeichnung des gelieferten Materials	Material	Bezeichnung des nachgefragten Materials
Ort	Beschreibung des Anlieferungsorts	Ort	Beschreibung des Anlieferungsorts
Zeit	Anlieferzeit [ZE oder 1/ZE]	Zeitpunkt	Kundentakt [1/ZE] oder Auftragsdurchlaufzeit [ZE]
Menge	Menge des Materials	Menge	Menge des Materials
Qualität	Beschreibung der Materialqualität, der Verpackung usw.	Qualität	Beschreibung der Materialqualität, der Verpackung usw.

Abbildung 10-2: Lieferanten- und Kundensymbole der intralogistikorientierten Wertstromanalyse

10.6 Anpassung des Familienrepräsentanten

Das Methodenfragment „Familienrepräsentanten“ ist das Fragment mit der nächsthöchsten Priorität. Da in der intralogistikorientierten Wertstromanalyse der Betrachtungsgegenstand ebenfalls eingeschränkt werden soll, wird dieses Methodenfragment übernommen.

Jedoch wird in der klassischen Wertstromanalyse der Repräsentant einer Produktfamilie ausgewählt. Diese Produktfamilien werden anhand der zu durchlaufenden Produktionsschritte gebildet. Dementsprechend liegt bei der Auswahl des Betrachtungsgegenstandes der Fokus auf der Produktion. Damit in der intralogistikorientierten Wertstromanalyse der Betrachtungsgegenstand bzw. der Familienrepräsentant anhand von intralogistischen Kriterien ausgewählt wird, sollen Materialfamilien anstelle von Produktfamilien gebildet werden. Dies ist damit zu begründen, dass Materialien mit ähnlichen Eigenschaften die gleichen intralogistischen Prozesse durchlaufen. Hierbei besteht nicht die Notwendigkeit, dass diese Materialien in dem gleichen Produkt bzw. in der gleichen

Produktfamilie verarbeitet werden. Somit sollten Materialfamilien basierend auf den durchlaufenden intralogistischen Prozessen gebildet werden. Dies wirkt sich insofern auf das prozess-orientierte Methodenfragment „Familienrepräsentanten auswählen“ aus, dass Materialfamilien anstelle von Produktfamilien gebildet werden müssen.

10.7 Auswahl der prozess-orientierten Methodenfragmente

Nach den Familienrepräsentanten hat das Methodenfragment „Prozess aufnehmen“ die höchste Priorität, gefolgt von den Fragmenten „Kundenbedarf analysieren“ und „Lieferanten analysieren“. Diese Methodenfragmente sowie die Methodenfragmente „Produktionsplanung aufnehmen“ und „Verbesserungspotential identifizieren“ werden unverändert in die intralogistikorientierten Wertstromanalyse integriert. Zum einen ist dies damit zu begründen, dass die Fragmente die sie betreffenden Anforderungen erfüllen. So werden entsprechend den Anforderungen beispielsweise der Material- und Informationsfluss gemeinsam aus Kundensicht aufgenommen. Zum anderen sind die Methodenfragmente prozess-orientiert. Daher bilden sie die Vorgehensweise bei der Erstellung der produkt-orientierten Fragmente ab. Deshalb sollten sie unverändert bleiben, da die Vorgehensweise der klassischen Wertstromanalyse soweit wie möglich bestehen bleiben soll. Dies basiert auf der Überlegung, dass Prozessmodellierer, die bereits die klassische Wertstromanalyse verwenden, die intralogistikorientierte Wertstromanalyse ohne aufwändige Einführungen oder Schulungen anwenden können sollten. Somit sollten sich die Vorgehensweisen der zwei Modellierungsmethoden möglichst wenig voneinander unterscheiden.

10.8 Anpassung des Kaizen-Blitzes

Gemäß den Prioritäten wird das Methodenfragment „Kaizen-Blitz“ als nächstes ausgewählt. Mit Hilfe des Methodenfragments wird während der Prozessaufnahme und bei der Identifizierung von Verbesserungspotential Verschwendung in den Prozessen markiert und kurz beschrieben. Jedoch ist die genaue Art und Weise, wie die Verschwendung in den Kaizen-Blitzen beschrieben wird, den jeweiligen Prozessmodellierern vorbehalten. Um die verschiedenen Vorgehensweisen möglichst zu standardisieren, sollen vor der Beschreibung des Problems die vorliegenden, logistischen Verschwendungsarten angegeben werden. Hierdurch wird ein schnelleres Verständnis für den Sachverhalt im folgenden Wertstromdesign garantiert. In dem speziellen Fall, dass bei einem Mitarbeiter Wartezeiten anfallen, soll diese Zeit aufgenommen werden. Hierdurch wird für die spätere Entscheidungen das Ausmaß der Verschwendung genauer festgehalten. Außerdem wird der Kaizen-Blitz mit der Signalfarbe Gelb eingefärbt, um das Auge des Betrachters direkt auf die Verschwendung im Wertstrom zu leiten.

Anhand der Parameter des Kundensymbols und des jeweiligen Prozesskastens kann identifiziert werden, ob ein Prozess den Kundenwert des Materials gemäß der fünf R der

Logistik direkt steigert. Beispielsweise fordert der Kunde, dass das Material einer speziellen Prüfung unterzogen werden soll. In diesem Fall kann anhand der Prozessparameters „Art“ eines Prozesskastens „Prüfen“ erkannt werden, ob dieser Prozess die geforderte Prüfung durchführt und somit wertschöpfend ist. Damit die wertschöpfenden Prozesse von den übrigen Prozessen einfacher unterschieden werden können, sollen die Prozesskästen mit einer grünen Fläche im Wertstromdiagramm hinterlegt werden. Aufgrund der positiven Assoziationen durch die grüne Farbgebung wird dieser wertschöpfende Anteil des Prozesses untermauert. In Abbildung 10-3 wird der Kaizen-Blitz beispielhaft für einen wartenden Mitarbeiter aufgeführt sowie die Markierung für die Prüfung, die vom Kunden verlangt wird.



Abbildung 10-3: Beispiele für einen Kaizen-Blitz und die Markierung eines wertschöpfenden Prozesses

10.9 Anpassung der Steuerungsbausteine

Nachdem der Kaizen-Blitz angepasst wurde, besitzt das Methodenfragment „Steuerungsbausteine“ die höchste Priorität. Der Zweck dieses Fragments ist die Methodik, wie ein Prozess angestoßen wird, abzubilden. Folglich muss vor jedem Prozesskasten ein Steuerungsbaustein angeordnet werden. Da die Steuerung der Prozesse in der Intralogistik ebenfalls ein kritischer Aspekt eines Wertstroms ist, wird dieses Methodenfragment in die intralogistikorientierte Wertstromanalyse integriert. Für eine standardisierte Darstellung der Prozesssteuerung werden alle Steuerungsbausteine mit einem Quadrat umrahmt.

Für eine bedarfsgerechte Materialversorgung der Produktion wird von der Intralogistik ein hohes Maß an Flexibilität verlangt. Dies resultiert darin, dass sich der Materialfluss aufgrund vielfältiger Kriterien und Entscheidungen aufteilt. Damit diese Aufteilungen des Materialflusses nachvollzogen werden können, werden Entscheidungsrauten nach dem Vorbild von DIN 66001 verwendet (vgl. Deutsches Institut für Normung e.V. 1983, S. 3). Die Kriterien bzw. die Entscheidungen, weshalb sich an diesen Rauten der Wertstrom aufteilt, werden mit Hilfe von Sprechblasen aufgeführt. Die verschiedenen Fortsetzungen des Materialflusses werden durch durchgängige Pfeile dargestellt, die in die jeweiligen Steuerungsbausteine der Folgeprozesse münden. Diese Pfeile werden im

Folgenden Anstoßpfeile genannt. Auf diesen Anstoßpfeilen wird die jeweils getroffene Entscheidung beispielsweise „Ja“ oder „Nein“ eingetragen. Außerdem kann optional die Auftrittswahrscheinlichkeit des jeweiligen Pfades auf dem Anstoßpfeil vermerkt werden. In dem Fall, dass zwei aufeinander folgende Prozesse im Wertstromdiagramm aufgrund von darstellerischen Gründen nicht nebeneinander angeordnet werden können, werden sie ebenfalls durch einen Anstoßpfeil miteinander verbunden.

Aufgrund der Tatsache, dass der Materialfluss in der Intralogistik aus einer Vielzahl von Teilströmen bestehen kann, würde eine vollständige Abbildung zu komplex und unübersichtlich werden. In der klassischen Wertstromanalyse sollen deshalb ausschließlich die größten Teilströme abgebildet werden. Mengenmäßig kleine Teilströme beispielsweise von Sonderprozessen wie dem Zollgutprozess oder dem Leergutprozess werden nicht aufgenommen. Damit diese Teilströme nicht völlig unberücksichtigt bleiben, können in der intralogistikorientierten Wertstromanalyse Konnektoren verwendet werden. Diese Konnektoren werden durch einen Kreis dargestellt und verweisen auf den jeweiligen Teilstrom. Hierdurch wird der Informationsverlust bezüglich der kleineren Teilprozesse vermieden und diese Prozesse können zu einem späteren Zeitpunkt gesondert betrachtet werden.

Unter anderem sind diese Teilprozesse ein Beispiel dafür, dass nicht jeder intralogistische Wertstrom durch einen unternehmensexternen Lieferanten angestoßen wird oder bei einem unternehmensexternen Kunden endet. Infolgedessen kann die Verbindung zwischen Materialfluss und Lieferant bzw. Kunde nicht zwingend durch einen Versandpfeil abgebildet werden. Deshalb besitzt die intralogistikorientierte Wertstromanalyse einen gestrichelten Pfeil für wertstromexterne Anstöße.

Außerdem ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass der Materialfluss eines jeden Wertstroms mit einem der beiden Prozesskästen „Puffern“ oder „Lagern“ beginnen und enden muss. Hierdurch wird eine eindeutige Entkopplung der Materialflüsse und damit verbunden der Wertströme gewährleistet.

Innerhalb eines Wertstroms ist es außerdem möglich, dass mehrere Prozesse parallel zueinander stattfinden. Dies wird in der intralogistikorientierten Wertstromanalyse durch einen geschwungenen Anstoßpfeil abgebildet. Hierdurch kann der Betrachter zwischen alternativen und parallelen Teilströmen unterscheiden. Durch diesen geschwungenen Anstoßpfeil ist die intralogistikorientierte Wertstromanalyse beispielsweise in der Lage, den Unterschied zwischen einer zonenseriellen und einer zonenparallelen Kommissionierung aufzuzeigen.

In dem Fall, dass diese parallelen Teilströme aus identischen Prozessschritten bestehen, kann die Darstellung dieser Teilströme durch das Symbol „paralleler Prozessschritt“ vereinfacht werden. Anstatt die Kopie des Teilstroms abzubilden, wird dieses Symbol durch die geschwungenen Anstoßpfeile angesteuert. Das Symbol „parallele Prozess-

schritte“ führt die durchführenden Mitarbeiter bzw. Maschinen auf. Die Steuerungsbausteine werden in Abbildung 10-4 dargestellt.

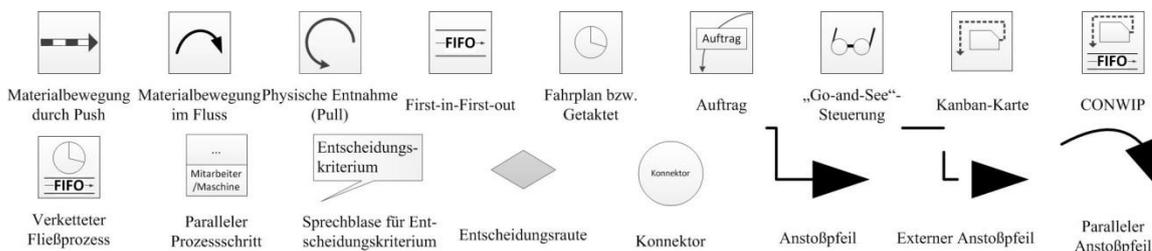


Abbildung 10-4: Intralogistikorientierte Steuerungsbausteine

10.10 Anpassung der Informationsflusssymbole

Das Methodenfragment mit der nächsthöchsten Priorität lautet „Informationsflusssymbole“. In der klassischen Wertstromanalyse besteht die primäre Aufgabe dieses Fragments darin, den von der Produktionsplanung ausgehenden Informationsfluss darzustellen. Der Zweck des Methodenfragments ist die Darstellung des Informationsflusses zwischen den informatorischen Prozesskästen untereinander oder zu anderen Prozesskästen und Systemen.

In der intralogistikorientierten Wertstromanalyse wird bei diesen Informationsflüssen zwischen drei Fällen differenziert. Der erste Fall besteht darin, dass ein Informationsfluss automatisiert durch ein IT-System generiert wird und/oder an ein System gerichtet ist. Dieser Fall wird mit einem durchgezogenen, gezackten Pfeil abgebildet und als automatisierter Informationsfluss bezeichnet. Hierbei werden IT-Systeme gemäß dem Vorbild der DIN 66001 durch eine Datenrolle abgebildet (vgl. Deutsches Institut für Normung e.V. 1983, S. 5).

Der zweite Fall stellt einen Informationsfluss dar, der räumliche Transformationen von Dokumenten oder Mitarbeitern erfordert. Beispiele für diesen manuellen Informationsfluss sind ein direktes Gespräch zwischen zwei Mitarbeitern oder die physische Ablage von Dokumenten. Diese Informationsflüsse werden in der intralogistikorientierten Wertstromanalyse durch einen gepunkteten, geraden Pfeil dargestellt. Außerdem ist an dieser Stelle anzumerken, dass der Ablageort eines Dokuments mit Hilfe des Prozesskastens „Lagern“ dargestellt wird.

Der Unterschied zwischen dem manuellen Informationsfluss und dem dritten Fall besteht darin, dass der Informationsfluss mit Hilfe eines elektrischen Betriebsmittels stattfindet. Deshalb wird im Folgenden von einem elektrischen Informationsfluss gesprochen. Dieser wird durch einen gepunkteten, gezackten Pfeil abgebildet. Beispiele für einen elektrischen Informationsfluss sind Mitarbeitergespräche per Telefon oder E-Mail oder die Digitalisierung eines Dokuments. Durch diese Dreiteilung der Informationsflüsse kann der Betrachter intuitiv erkennen, ob ein automatisierter Informationsfluss

vorliegt und ob Laufwege notwendig sind. Hierdurch können zum einen Medienbrüche und zum anderen Verschwendung in Form von überflüssigen Transporten identifiziert werden.

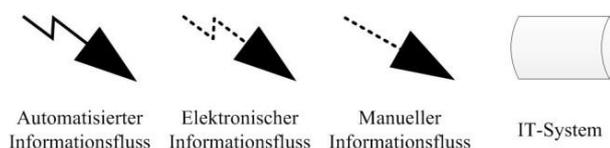


Abbildung 10-5: Intralogistikorientierte Informationsflusssymbole

10.11 Anpassung des Wertstromdiagramms

Nach dem Methodenfragment „Informationsflusssymbole“ besitzen die Methodenfragmente „klassisches Wertstromdiagramm“ und „administratives Wertstromdiagramm“ die gleiche Priorität. Für die intralogistikorientierten Wertstromanalyse werden die Swimlanes des administrativen Wertstromdiagramms als Idee wiederaufgegriffen. Der Grund für die Nutzung der Swimlanes besteht darin, dass durch sie eine Aufteilung des intralogistischen Wertstroms in Material- und Informationsfluss grafisch möglich ist. Hierdurch werden der parallele Verlauf sowie die gegenseitige Abhängigkeit der Flüsse voneinander verdeutlicht, indem die Aufteilung veranschaulicht, an welchen Stellen sich die beiden Flüsse synchronisieren müssen. Diese Synchronisationsstellen werden dadurch offensichtlich, dass die Grenze zwischen den Swimlanes überschritten wird.

Aus diesem Grund werden die Prozesse der Auftragskette und andere administrative Tätigkeiten, die nicht direkt am Material durchgeführt werden, in der Swimlane des Informationsflusses dargestellt.

In Abschnitt 10.3 wurde bereits beschrieben, dass intralogistische Prozesse durch ein Ereignis ausgelöst werden. Der informatorische Prozess dieses Ereignisses wird in der Swimlane des Informationsflusses abgebildet. Außerdem werden Anfang und Ende der Auftragskette durch ein Kunden- und ein Lieferantensymbol dargestellt. Der dazwischen liegende Prozess wird durch informatorische Prozesskästen und Informationsflusssymbole abgebildet. So wird in der Auftragskette die Entstehung der Kommissionierliste erfasst, sofern der Wertstrom innerhalb eines Kommissioniersystems analysiert werden soll. Beispiele für solche administrativen Tätigkeiten sind die Prüfung und Dokumentation von Lieferpapieren und Aufträgen zur Kommissionierung oder zum Transport. Folglich werden in der Swimlane des Informationsflusses hauptsächlich informatorische Prozesskästen und Informationsflusssymbole verwendet. Jedoch können auch andere Prozesskästen und Steuerungsbausteine notwendig sein.

In der Swimlane des Materialflusses werden dem Namen entsprechend die Prozesskästen mit den zugehörigen Steuerungsbausteinen angeordnet. Darüber hinaus werden auch solche informatorische Prozesse im Materialfluss angeordnet, die direkt am Material

durchgeführt werden müssen. Ein Beispiel hierfür ist das Etikettieren des Materials oder der HU.

In der klassischen Wertstromanalyse wird die Produktionsplanung in der oberen Hälfte des Wertstromdiagramms mit dem Kunden- und dem Lieferantensymbol dargestellt. Damit das Wertstromdiagramm der intralogistikorientierten Wertstromanalyse nicht zu stark hiervon abweicht, wird die Swimlane zum Informationsfluss über der Swimlane des Materialflusses angeordnet. Darüber hinaus werden das Kunden- und das Lieferantensymbol in der Swimlane des Informationsflusses dargestellt.

Neben den Swimlanes beinhaltet das Wertstromdiagramm der intralogistikorientierten Wertstromanalyse eine Kopfzeile. In dieser Kopfzeile können organisatorische Dinge wie der Name des Prozessmodellierers, Zeitpunkt der Analyse und Bezeichnung des Wertstroms sowie des Betrachtungsgegenstands aufgenommen werden. Im Anhang A.14 wird dieses intralogistikorientierte Wertstromdiagramm anhand eines beispielhaften Prozesses schematisch dargestellt.

10.12 Auswahl der Zeitachse

Abschließend wird das Fragment „Zeitachse“ ausgewählt. Da dieses Methodenfragment die Durchlaufzeit des gesamten Systems visuell nachvollziehbar erfasst, erfüllt es die gestellte Anforderung der „Ermittlung übergreifender Kennzahlen“ (Abbildung A-103). Somit wird dieses Methodenfragment ohne Anpassungen aus der klassischen Wertstromanalyse in die intralogistikorientierte Wertstromanalyse übernommen. Außerdem folgt hieraus, dass das zugehörige prozess-orientierte Methodenfragment ebenfalls ohne Anpassungen wiederverwendet werden kann.

Da in der Zeitachse die Durchlaufzeit des Materials durch den Wertstrom aufgenommen werden soll, müssen hierbei nur die Durchlaufzeit der Prozesskästen aus dem Materialfluss betrachtet werden. Der Grund hierfür wird an dem folgenden Beispiel verdeutlicht. In dem Fall, dass ein Staplerfahrer auf die Zustellung des Transportauftrags wartet, puffert das Material auf der Bereitstellungsfläche für den Abtransport. Infolgedessen ist diese Bearbeitungszeit aus dem Informationsfluss in der Pufferzeit des Materials enthalten. Um diese Zugehörigkeit zum Materialfluss bei der Nutzung der intralogistikorientierten Wertstromanalyse zu verdeutlichen, wird die Zeitleiste direkt unter dem Materialfluss innerhalb seiner Swimlane angeordnet. In Abbildung A-33 wird die Zeitleiste im unteren Teil der Swimlane für den Materialfluss abgebildet.

11 Zusammenführung der Methodenfragmente

Nach ihrer Auswahl und Anpassung müssen die Methodenfragmente zu einer konsistenten Methode nach dem Vorgehen aus Abschnitt 5.1 zusammengeführt werden. Bei der Auswahl der Methodenfragmente wurde für eine ordnungsgemäße Modellierung darauf geachtet, dass sich Fragmente nicht überschneiden. Aufgrund dessen ist die Strategie der Integration nicht notwendig. Folglich können die Methodenfragmente durch die Strategie der Verbindung zur intralogistikorientierten Wertstromanalyse zusammengeführt werden. Jedoch erfordert die Verbindungsstrategie die Verwendung von Richtlinien bzw. Regeln, um eine konforme Verwendung der Methodenfragmente zu garantieren.

Bei einer Modellierungsmethode spiegelt die Vorgehensweise der Methode die Richtlinien und Regeln wider, wie und in welcher Reihenfolge die Methodenfragmente verwendet werden müssen. Aufgrund der Tatsache, dass die intralogistikorientierte Wertstromanalyse der Vorgehensweise der klassischen Wertstromanalyse soweit wie möglich ähneln soll, wird ihre Vorgehensweise (Abschnitt 4.3) nur leicht angepasst. Abweichungen in der klassischen Vorgehensweise bestehen aus den folgenden Punkten.

Im ersten Schritt der Wertstromanalyse werden entsprechend der angepassten Methodenfragmente Materialfamilien anstelle von Produktfamilien gebildet. Innerhalb des zweiten Schritts werden weiterhin das Kunden- und Lieferantensymbol ermittelt. Jedoch wird anstelle eines zentralen Produktionsdatenkastens in der intralogistikorientierten Wertstromanalyse die Auftragskette mit mehreren informatorischen Prozesskästen aufgenommen. Der dritte und vierte Analyseschritt verändern sich insofern, dass die neuentwickelten Symbole verwendet und die darin geforderten Kennzahlen ermittelt werden müssen. Zusätzlich müssen bei der Identifikation von Verbesserungspotential die Prozesse mit einer direkten Wertschöpfung durch eine grüne Fläche als Hintergrund markiert sowie Wartezeiten aufgenommen werden.

Somit besteht die Vorgehensweise der intralogistikorientierten Wertstromanalyse aus den folgenden vier Prozessschritten:

1. Einordnung in Materialfamilien
2. Analyse des Kundenbedarfs
3. Prozessaufnahme
4. Verbesserungspotential identifizieren

12 Evaluation der intralogistikorientierten Wertstromanalyse

Die Vorgehensweise bei der Evaluation der intralogistikorientierten Wertstromanalyse besteht darin, dass die Modellierungsmethode zunächst an zwei Pilotprozessen angewendet wird. Hierfür wurden der Wareneingangsprozess für Kleinteile (Abbildung A-34) sowie die Kommissionierung von Kleinteilen der Windmüller & Hölscher KG (Abbildung A-35) ausgewählt. Im Anhang A.15 befinden sich kurze Beschreibungen dieser Prozesse sowie die resultierenden intralogistikorientierten Wertstromdiagramme. Während dieser Anwendungen wird die Modellierungsmethode daran gemessen, inwiefern sie die ermittelten Anforderungen aus Kapitel 9 erfüllt. Dies erfolgt analog zur Priorisierung der Methodenfragmente, indem die intralogistikorientierten Methodenfragmente, die im Kapitel 10 entwickelt wurden, durch eine QFD-Matrix bewertet werden. Hierbei wird wieder die Skala 9 (vollständig), 3 (teilweise bzw. möglich) und 0 (gar nicht) verwendet. In dem Fall, dass eine Anforderung durch das Zusammenspiel mehrerer Methodenfragmente erfüllt wird, wird allen Methodenfragmenten eine 3 zugeordnet. Das Ergebnis dieser Evaluation wird in Abbildung A-36 und in Abbildung A-37 dargestellt.

In der Evaluation wurde deutlich, dass der Großteil der Anforderungen an eine intralogistikorientierte Modellierungsmethode erfüllt wurden. Außerdem konnten aus der Evaluation die folgenden Erkenntnisse gewonnen werden. Eine Vielzahl der intralogistischen Anforderungen an eine Modellierungsmethode werden durch die intralogistikorientierten Prozesskästen erfüllt. Dies wurde durch die Nachschärfung und die Erweiterung der Prozessparameter aus der logistikorientierten Wertstromanalyse erzielt. So wurden beispielsweise Charakteristiken der Materialflusssysteme wie die Strukturvarianten, die Verladearten oder die Ordnungsgrade bei der Bereitstellung in die Prozessparameter integriert. Allerdings wurde während der Methodenentwicklung (Abschnitt 10.2.2) gegen die Aufnahme der Flächennutzung als Kennzahl entschieden, da der Informationsgewinn zu gering gewesen wäre. Deshalb kann die intralogistikorientierte Wertstromanalyse die Anforderung 21 „Erfassung der Flächennutzung“ nicht erfüllen. Jedoch ist durch die Aufnahme dieser intralogistischen Anforderungen die Anzahl der Prozessparameter gestiegen. Dies wirkt sich negativ auf die Anforderung 40 „Beschränkung auf kritische Parameter“ aus. Allerdings zeigt sich bei der Überprüfung dieser Anforderung, dass das Minimalziel - die Prozessbeschreibung durch maximal sieben Parameter - eingehalten wird.

Außerdem wurde ein höherer Detaillierungsgrad für die Prozesskästen ausgewählt, sodass die Anforderung 43 „Darstellung auf Prozessschritzebene“ nicht erfüllt wird. Obwohl hierdurch die intralogistikorientierte Wertstromanalyse nur bedingt einen schnell-

len Prozessüberblick gewährleisten kann, wurde ein höherer Detaillierungsgrad gewählt, da die Vorteile in Form einer detaillierten Darstellung der Intralogistik überwiegen. Die Begründung für diesen Schritt besteht zum einen darin, dass die Erfüllung der zuvor erwähnten intralogistischen Anforderungen möglich wurde. Zum anderen besaßen die Prozesskästen der logistikorientierten Wertstromanalyse, die als Basis für die intralogistikorientierten Wertstromanalyse verwendet wurden, unterschiedliche Detaillierungsgrade. Um Überlappungen zwischen den Prozesskästen zu vermeiden und so eine ordnungsgemäße Modellierung zu gewährleisten, musste ein einheitlicher Detaillierungsgrad gewählt werden.

Durch diesen höheren Detaillierungsgrad und der Berücksichtigung verschiedener Anforderungen wie die Berücksichtigung von Materialflussaufteilungen und Medienbrüchen ist die Anzahl an Symbolen in der intralogistikorientierten Wertstromanalyse gestiegen. Insbesondere sind die Prozesskästen durch die angepassten Prozessparameter komplexer geworden. Daher können die Prozesskästen die Anforderung 39 „einfache, standardisierte Symbole“ nur teilweise erfüllen. Insgesamt erfüllt die intralogistikorientierte Wertstromanalyse die Anforderung 39 jedoch. Dies ist mit dem einheitlichen und standardisierten Aufbau der Symbole insbesondere der Prozesskästen und des Kunden- und Lieferantensymbols zu begründen. So unterscheiden sich die Prozesskästen nur durch ihre Felder für die Kurzbeschreibung und für die Nummerierung von dem Kunden- und dem Lieferantensymbol. Darüber hinaus wird dem Nutzer die Differenzierung zwischen den Prozesskästen durch die unterschiedliche Farbgebung erleichtert. Außerdem kann aus der Pilotierung der intralogistikorientierten Wertstromanalyse die Erkenntnis gezogen werden, dass die intralogistikorientierte Wertstromanalyse die Anforderung 41 „Simple Verfahren ohne digitale Hilfsmittel“ ebenfalls erfüllt. Trotzdem können komplexe Strukturen im Wertstrom wie die Unterteilung eines Kommissioniersystems in verschiedene Zonen und Stufen abgebildet werden. Bei der Modellierung der Kommissionierung von Kleinteilen wird dies offensichtlich. Hier werden die verschiedenen Kommissionierzonen mit Hilfe der Prozesskästen und der Steuerungsbausteine zusammen abgebildet.

Neben Sonderprozessen wie Zoll und dem Leergutprozess wird von der Intralogistik ein hohes Maß an Flexibilität verlangt, sodass der Materialfluss aus vielen Teilflüssen besteht. Die intralogistikorientierte Wertstromanalyse verweist auf diese Teilflüsse mit Hilfe der Konnektoren. Aufgrund der Vielzahl dieser Teilflüsse ist zu empfehlen, dass ein Metamodell für die intralogistikorientierte Wertstromanalyse entwickelt wird. Diese Entwicklung würde jedoch den Umfang dieser Arbeit übersteigen.

Durch die Aufnahme des Liefergrads im Kunden- und im Lieferantensymbol ist die intralogistikorientierte Wertstromanalyse zum einen in der Lage, den Lieferanten zu bewerten und somit hiervon ausgehende Verschwendung zu identifizieren. Außerdem

kann die zeitliche und qualitative Leistung durch den erzielten Liefergrad an den Kunden übergreifend für den gesamten Wertstrom bewertet werden. Durch die Ermittlung der Durchlaufzeit im letzten Schritt der intralogistikorientierten Wertstromanalyse wird der Fokus insbesondere auf die zeitliche Leistung des Wertstroms gesetzt. Darüber hinaus kann durch die zusätzliche Markierung im letzten Analyseschritt schnell nachvollzogen werden, an welcher Stelle im Wertstrom Wertschöpfung stattfindet.

13 Zusammenfassung und Ausblick

Die wachsende Bedeutung der Intralogistik macht eine intralogistikorientierte Modellierungsmethode erforderlich. Zusätzlich wird die Planung und Steuerung in der Intralogistik durch eine steigende Vernetzung des innerbetrieblichen Material- und Informationsflusses komplexer. Aufgrund dessen besteht ein Bedarf nach mehr Transparenz in der Intralogistik. Diese Transparenz kann durch eine intralogistikorientierte Modellierungsmethode geschaffen werden.

Die Wertstromanalyse zeichnet sich unter anderem durch die gemeinsame Abbildung von Material- und Informationsfluss und der Identifizierung von Verschwendung aus. Darüber hinaus wird die Wertstromanalyse bereits erfolgreich in der Produktion und somit in einem ähnlichen Umfeld wie bei der Intralogistik angewendet. Deshalb empfiehlt sich die Wertstromanalyse im Vergleich zu anderen Modellierungsmethoden als Basis für die Entwicklung einer intralogistikorientierten Modellierungsmethode. Daher wurde die Entwicklung einer intralogistikorientierten Wertstromanalyse als Ziel dieser Arbeit formuliert.

Für eine strukturierte Vorgehensweise während der Entwicklung wurde das Situational Method Engineering für Modellierungsmethoden angepasst. Unter anderem wurde das Situational Method Engineering während der Spezifikation der Anforderungen um die Methodik des Requirements Engineering erweitert. Außerdem wurde das Situational Method Engineering so ausgelegt, dass es die Wertstromanalyse in prozess-orientierte und produkt-orientierte Methodenfragmente aufteilt. Hierdurch wird eine differenzierte Betrachtung der Vorgehensweise und der Sprache der Wertstromanalyse ermöglicht. Darüber hinaus gestaltet das Situational Method Engineering für Modellierungsmethoden den Entwicklungsprozess effizient, indem die Auswahl der Methodenfragmente auf den Prioritäten der Anforderungen basiert. Dies ist damit zu begründen, dass durch diesen priorisierten Auswahlprozess bereits ein Großteil von Anforderungen erfüllt wird. Das ursprüngliche Situational Method Engineering bildet eine Methodenbasis aus einer Vielzahl von Methoden. Daher ist es möglich, dass das angepasste Vorgehensmodell eine höhere Güte erzielt, wenn es eine Methodenbasis aus mehreren Modellierungsmethoden bildet. Dieser Sachverhalt sollte in fortführenden Forschungsarbeiten getestet werden.

Nach der Entwicklung der intralogistikorientierten Wertstromanalyse wurde diese an Praxisbeispielen aus dem Sondermaschinenbau pilotiert und evaluiert. Die Evaluation bestätigte, dass intralogistische Prozesse mit ihren spezifischen Eigenschaften mit der intralogistikorientierten Wertstromanalyse detailliert dargestellt werden. Dies realisiert sie insbesondere durch die modifizierten Prozesskästen. Darüber hinaus identifiziert die intralogistikorientierte Wertstromanalyse neben Verschwendung auch wertschöpfende

Prozesse und hebt diese hervor. Hiermit verfolgt die Methode das Ziel, dass das folgende Wertstromdesign Verbesserungspotential zielgerichteter nutzen kann und so eine höhere Wertschöpfung erzielt wird. Ob diese Zielsetzung erreicht wird, muss in der Anwendung der intralogistikorientierten Wertstromanalyse während des Wertstromdesigns geprüft werden. Im Gegensatz zu den Prozesskästen wurde die Vorgehensweise der klassischen Wertstromanalyse nur leicht angepasst. Hierdurch kann die intralogistikorientierte Wertstromanalyse in Unternehmen leicht implementiert werden, sofern Vorkenntnisse zur klassischen Wertstromanalyse vorhanden sind. Jedoch ist hierbei anzumerken, dass durch die hohe Priorisierung der Intralogistik im Vergleich zu den Vorteilen der klassischen Wertstromanalyse die Komplexität der Prozesskästen leicht gestiegen ist. Dies ist mit dem höheren Detaillierungsgrad zu begründen, der wegen dieser Priorisierung gewählt wurde. Aufgrund der vielfältigen Prozesse in der Intralogistik besteht ihr Materialfluss aus einer Vielzahl von Teilflüssen. Diese berücksichtigt die intralogistikorientierte Wertstromanalyse durch die Verwendung von Konnektoren. Hierdurch ergibt sich weiterer Forschungsbedarf darin, ein Metamodell für die intralogistikorientierte Wertstromanalyse zu entwickeln. Die Zielsetzung dieses Metamodells sollte die übersichtliche Strukturierung der verschiedenen Wertströme sein.

Abschließend kann das Fazit gezogen, dass die in dieser Arbeit entwickelte intralogistikorientierte Wertstromanalyse die Anforderungen aus der Intralogistik erfüllen kann. Demzufolge kann der Bedarf nach einer höheren Transparenz in der Intralogistik durch die intralogistikorientierte Wertstromanalyse gedeckt werden. Jedoch resultiert dies in einer leicht erhöhten Komplexität der Modellierungsmethode im Vergleich zur klassischen Wertstromanalyse.

14 Literaturverzeichnis

- Ali Khan, Javed, Izaz Ur Rehman, Yawar Hayat Khan, Iftikhar Javed Khan und Salman Rashid. 2015. Comparison of Requirement Prioritization Techniques to Find Best Prioritization Technique. *International Journal of Modern Education and Computer Science* 7 (11): 53–59. doi: 10.5815/ijmecs.2015.11.06.
- Andriolo, Alessandro, Daria Battini, Martina Calzavara, Mauro Gamberi, Umberto Peretti, Alessandro Persona, Francesco Pilati und Fabio Sgarbossa. 2016. New RFID Pick-to-Light System: Operating Characteristics and Future Potential. *International Journal of RF Technologies* 7 (1): 43–63. doi: 10.3233/RFT-150071.
- Arndt, Holger. 2015. *Logistikmanagement*. Studienwissen kompakt. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Arnold, Dieter (Hrsg.). 2006. *Intralogistik. Potentiale, Perspektiven, Prognosen*. VDI-Buch. Berlin Heidelberg: Springer.
- Arnold, Dieter und Kai Furmans. 2009. *Materialfluss in Logistiksystemen*, 6. Aufl. VDI. Berlin: Springer.
- Arnold, Dieter, Heinz Isermann, Axel Kuhn, Horst Tempelmeier und Kai Furmans. 2008. *Handbuch Logistik*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Baar, Michael. 2016. W & H setzt auf weiteres Wachstum. *Westfälische Nachrichten*. 22 Oktober 2016. <http://www.wn.de/Muensterland/Kreis-Steinfurt/Lengerich/2016/10/2574939-Windmoeller-Hoelscher-W-H-setzt-auf-weiteres-Wachstum>. Zugegriffen: 9. Januar 2019.
- Balsliemke, Frank. 2015. *Kostenorientierte Wertstromplanung. Prozessoptimierung in Produktion und Logistik*. essentials. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Bani-Salameh, Hani und Nadera Al jawabreh. 2015. Towards a Comprehensive Survey of the Requirements Elicitation Process Improvements. In *Proceedings of the International Conference on Intelligent Information Processing, Security and Advanced Communication - IPAC '15*, 1–6. the International Conference, Batna, Algeria. 23.11.2015 - 25.11.2015. New York, USA: ACM Press. doi: 10.1145/2816839.2816872.
- Bauer, Jürgen. 2014. Grundlagen der Produktionslogistik. In *Produktionslogistik/Produktionssteuerung kompakt*, hrsg. Jürgen Bauer, 1–15. essentials. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Baumeister, B. und A. Groß-Ophoff. 2017. Windmüller & Hölscher KG: Konzernabschluss zum Geschäftsjahr vom 01.01.2016 bis 31.12.2016. <https://www.bundesanzeiger.de/ebanzwww/wexsservlet>. Zugegriffen: 9. Januar 2019.
- Bea, Franz Xaver. 2011. *Projektmanagement*, 2. Aufl. Grundwissen der Ökonomik. Betriebswirtschaftslehre, Bd. 2388. Konstanz: UVK Verlagsgesellschaft.

-
- Becker, Jörg, Wolfgang Probandt und Oliver Vering. 2014. *Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung. Konzeption und Praxisbeispiel für ein effizientes Prozessmanagement*. BPM Kompetent. Secaucus: Springer.
- Beckhaus, Kai und Willibald A. Günthner. 2010. Verknüpfung von Identifikationstechnologien an Flurförderzeugen mit übergeordneten Lagerverwaltungssystemen mittels standardisierter IT-Integration. *Logistics Journal nicht-referierte Veröffentlichungen*. doi: 10.2195/LJ_Not_Ref_Beckhaus_032010.
- Berander, Patrik und Anneliese Andrews. 2005. Requirements Prioritization. In *Engineering and Managing Software Requirements*, hrsg. Aybüke Aurum und Claes Wohlin, 69–94. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Bertagnolli, Frank. 2018. *Lean Management*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Besrou, Souhaib, Lukman Bin Ab Rahim und P. D. D. Dominic. 2014. Assessment and Evaluation of Requirements Elicitation Techniques Using Analysis Determination Requirements Framework. In *ICCOINS2014*, 1–6. 2014 International Conference on Computer and Information Sciences, Kuala Lumpur, Malaysia. 6/3/2014 - 6/5/2014. Tronoh, Perak Darul Ridzuan, Malaysia: UTP. doi: 10.1109/ICCOINS.2014.6868446.
- Bichler, Klaus, Ralf Krohn, Peter Philippi und Frank Schneidereit (Hrsg.). 2017. *Kompakt-Lexikon Logistik. 2.250 Begriffe nachschlagen, verstehen, anwenden*, 3. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Bichler, Klaus, Ralf Krohn, Guido Riedel und Frank Schöppach. 2010. *Beschaffungs- und Lagerwirtschaft*. Wiesbaden: Gabler.
- Bichler, Klaus, Guido Riedel und Frank Schöppach. 2013. Grundlagen der Lagerwirtschaft. In *Kompakt Edition: Lagerwirtschaft*, hrsg. Klaus Bichler, Guido Riedel, und Frank Schöppach, 1–8. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Bork, Dominik. 2018. Metamodel-Based Analysis of Domain-Specific Conceptual Modeling Methods. In *The Practice of Enterprise Modeling*, Bd. 335, hrsg. Robert Andrei Buchmann, Dimitris Karagiannis, und Marite Kirikova, 172–187. Lecture Notes in Business Information Processing. Cham: Springer International Publishing.
- Bourque, Pierre und R. E. Fairley. 2014. *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge. Swebok*, 3. Aufl. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society.
- Davis, A. M. 2003. The Art of Requirements Triage. *Computer* 36 (3): 42–49. doi: 10.1109/MC.2003.1185216.
- Deutsches Institut für Normung e.V. 1983. DIN 66001: Informationsverarbeitung: Sinnbilder und ihre Anwendung. Berlin: Beuth.
- Dickmann, Philipp (Hrsg.). 2015. *Schlanker Materialfluss. Mit Lean Production, Kanban und Innovationen*, 3. Aufl. VDI-Buch. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Durchholz, Janina. 2013. Zehn Leitlinien für schlanke Logistik. In *Lean Logistics*, hrsg. Willibald A. Günthner und Julia Boppert, 43–58. Berlin, Heidelberg: Springer.

-
- Erlach, Klaus. 2013. *Value Stream Design. The Way Towards a Lean Factory*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Fischermanns, Guido. 2013. *Praxishandbuch Prozessmanagement*, 11. Aufl. Ibo-Schriftenreihe, Bd. 9. Gießen: Schmidt.
- Franzke, Torsten. 2018. *Der Mensch als Faktor in der manuellen Kommissionierung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Freund, Jakob und Bernd Rücker. 2014. *Praxishandbuch BPMN 2.0*. München: Carl Hanser.
- Fusko, Miroslav, Miroslav Rakyta und František Manlig. 2017. Reducing of Intralogistics Costs of Spare Parts and Material of Implementation Digitization in Maintenance. *Procedia Engineering* 192: 213–218. doi: 10.1016/j.proeng.2017.06.037.
- Gadatsch, Andreas. 2017. *Grundkurs Geschäftsprozess-Management. Analyse, Modellierung, Optimierung und Controlling von Prozessen*, 8. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Gladen, Werner. 2014. *Performance Measurement*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Göpfert, Ingrid, David Braun und Matthias Schulz (Hrsg.). 2017. *Automobillogistik. Stand und Zukunftstrends*, 3. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Gudehus, Timm. 2010. *Logistik. Grundlagen - Strategien - Anwendungen*, 4. Aufl. Berlin: Springer.
- Günthner, Willibald A., Janina Durchholz, Eva Klenk und Julia Boppert. 2013a. Analyse Methoden zur Analyse von Logistikprozessen hinsichtlich schlanker Gesichtspunkte. In *Schlanke Logistikprozesse: Handbuch für den Planer*, hrsg. Willibald A. Günthner, 133–173. Berlin: Springer Vieweg.
- Günthner, Willibald A., Janina Durchholz, Eva Klenk und Julia Boppert. 2013b. Baukasten für schlanke Logistik. In *Schlanke Logistikprozesse: Handbuch für den Planer*, hrsg. Willibald A. Günthner, 175–265. Berlin: Springer Vieweg.
- Heiserich, Otto-Ernst, Klaus Helbig und Werner Ullmann. 2011. *Logistik*. Wiesbaden: Gabler.
- Henderson-Sellers, Brian, Cesar Gonzalez-Perez und Jolita Ralyt. 2008. Comparison of Method Chunks and Method Fragments for Situational Method Engineering. In *19th Australian Conference on Software Engineering*, 479–488. ASWEC, Perth, Australia. 2008-03: IEEE. doi: 10.1109/ASWEC.2008.4483237.
- Henderson-Sellers, Brian und J. Ralyte. 2010. Situational Method Engineering: State-of-the-Art Review. *Journal of Universal Computer Science* 16 (3): 424–478.
- Holler, Guido und Klaus-Peter Langenkamp. 2014. *Zollrecht und Zollabwicklung*, 3. Aufl. Hagen Law School, Fachanwaltslehrgänge. Hagen, Berlin: HWV Hagener Wiss.-Verl.

- Hormes, Fabian, Christian Lieb, Johannes Fottner und Willibald A. Günthner. 2017. Steuerung von Routenzugsystemen. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 112 (11): 778–782. doi: 10.3139/104.111821.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. 1998. *IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications. Approved 25 June 1998, IEEE-SA Standards Board*. New York, NY: IEEE.
- International Standards Organization / International Electrotechnical Commission. 2014. ISO/IEC 24744: Software Engineering: Metamodel for Development Methodologies: British Standards Institution.
- Khojasteh, Yacob. 2016. *Production Control Systems. A Guide to Enhance Performance of Pull Systems*. Management for professionals. Tokyo: Springer.
- Klein, Andreas. 2014. *Unternehmenssteuerung mit Kennzahlen. Auswahl, Ermittlung, Analyse, Kommunikation*, 1. Aufl. München: Haufe-Lexware.
- Klevers, Thomas. 2009. *Wertstrom-Mapping und Wertstrom-Design. Verschwendung erkennen - Wertschöpfung steigern*, 1. Aufl. München: Mi-Wirtschaftsbuch.
- Klug, Florian. 2018. *Logistikmanagement in der Automobilindustrie*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Knössl, Tobias. 2013. Logistikorientierte Wertstromanalyse. In *Lean Logistics*, hrsg. Willibald A. Günthner und Julia Boppert, 135–144. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Koch, Susanne. 2015. *Einführung in das Management von Geschäftsprozessen*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Krampe, Horst, Hans-Joachim Lucke und Michael Schenk (Hrsg.). 2012. *Grundlagen der Logistik. Einführung in Theorie und Praxis logistischer Systeme*, 4. Aufl. München: Huss.
- Künzel, Hansjörg. 2016. Lean Management: Das neue Lean ist smart. In *Erfolgsfaktor Lean Management 2.0*, hrsg. Hansjörg Künzel, 1–18. Erfolgsfaktor Serie. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Lange, Jörg, Frank-Peter Bauer, Christoph Persich, Tim Dalm, Gunther Sanchez und Tobias Adler. 2017. *Warehouse Management mit SAP EWM. Prozesse und Customizing der Lagerverwaltung mit SAP Extended Warehouse Management 9.4*. SAP PRESS: Rheinwerk.
- Li, Wen, Sebastian Thiede, Sami Kara und Christoph Herrmann. 2017. A Generic Sankey Tool for Evaluating Energy Value Stream in Manufacturing Systems. *Procedia CIRP* 61: 475–480. doi: 10.1016/j.procir.2016.11.174.
- Liebetruth, Thomas. 2016. *Prozessmanagement in Einkauf und Logistik. Instrumente und Methoden für das Supply Chain Process Management*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Logistik Heute Redaktion. 2017. Hafen Hamburg: Keine Lkw-Abfertigung mehr ohne Slot: Hamburg hat Slotbuchung für Container-Trucker eingeführt.

- <https://www.logistik-heute.de/Logistik-News-Logistik-Nachrichten/Markt-News/17663/Hamburg-hat-Slotbuchung-fuer-Container-Trucker-eingefuehrt-Hafen-Hamburg-Kei>. Zugegriffen: 9. Januar 2019.
- Magenheimer, Kai, Gunther Reinhart und Cornelius S. L. Schutte. 2014. Lean Management in Indirect Business Areas: Modeling, Analysis, and Evaluation of Waste. *Production Engineering* 8 (1-2): 143–152. doi: 10.1007/s11740-013-0497-8.
- Martin, Heinrich. 2016. *Transport- und Lagerlogistik*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Meißner, Sebastian. 2013. Schlanke Materialversorgungsprozesse am Beispiel eines Nutzfahrzeugherstellers. In *Lean Logistics*, hrsg. Willibald A. Günthner und Julia Boppert, 293–304. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Meran, Renata, Alexander John, Christian Staudter, Olin Roenpage und Stephan Lunau. 2014. *Six Sigma+Lean Toolset*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Minto, Barbara. 2005. *Das Prinzip der Pyramide. Ideen klar, verständlich und erfolgreich kommunizieren*. München: Pearson Studium.
- Mirbel, Isabelle und Jolita Ralyté. 2006. Situational Method Engineering: Combining Assembly-Based and Roadmap-Driven Approaches. *Requirements Engineering* 11 (1): 58–78. doi: 10.1007/s00766-005-0019-0.
- Muchna, Claus, Hans Brandenburg, Johannes Fottner und Jens Gutermuth. 2018. *Grundlagen der Logistik. Begriffe, Strukturen und Prozesse*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Ōno, Taiichi. 2013. *Das Toyota-Produktionssystem*, 3. Aufl. Frankfurt, M., New York, NY: Campus-Verl.
- Oxford University Press. 2018. English Oxford Living Dictionaries: Definition of Logistics in English. <https://en.oxforddictionaries.com/definition/logistics>. Zugegriffen: 9. Januar 2019.
- Partsch, Helmuth A. 2010. *Requirements-Engineering systematisch*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Pfohl, Hans-Christian. 2018. *Logistiksysteme*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Pinto, José Luís Quesado, João Carlos O. Matias, Carina Pimentel, Susana Garrido Azevedo und Kannan Govindan. 2018. *Just in Time Factory*. Cham: Springer International.
- Preußig, Jörg. 2015. *Agiles Projektmanagement. Scrum, User Stories, Timeboxing & Co*. Freiburg: Haufe-Lexware.
- Project Management Institute. 2017. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*, 6. Aufl. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute.
- Ralyte, Jolita. 2013. Situational Method Engineering in Practice: A Case Study in a Small Enterprise. *CEUR Workshop Proceedings* 998.

-
- Rother, Mike und John Shook. 2015. *Sehen lernen. Mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen*, 1. Aufl. Workbooks für Lean-Management. Mülheim an der Ruhr: Lean Management Institut.
- Rupp, Chris und die Sophisten. 2014. *Requirements-Engineering und -Management. Aus der Praxis von klassisch bis agil*, 6. Aufl. München: Hanser, Carl.
- Saaty, Thomas L. 2013. The Modern Science of Multicriteria Decision Making and Its Practical Applications: The AHP/ANP Approach. *Operations Research* 61 (5): 1101–1118. doi: 10.1287/opre.2013.1197.
- Schenk, Michael, Siegfried Wirth und Egon Müller. 2014. Fabrikbetrieb und Systemnutzung. In *Fabrikplanung und Fabrikbetrieb*, hrsg. Michael Schenk, Siegfried Wirth, und Egon Müller, 349–495. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Schulte, Christof. 2016. 5 Lager- und Kommissioniersysteme. In *Logistik*, hrsg. Christof Schulte, 228–288: Franz Vahlen.
- Schwaber, Ken und Jeff Sutherland. 2017. *Der Scrum Guide: Der gültige Leitfaden für Scrum: Die Spielregeln*.
<https://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-German.pdf>. Zugegriffen: 9. Januar 2019.
- Seeck, Stephan. 2010. *Erfolgsfaktor Logistik*. Wiesbaden: Gabler.
- Seidlmeier, Heinrich. 2015. *Prozessmodellierung mit ARIS®. Eine beispielorientierte Einführung für Studium und Praxis in ARIS 9*, 4. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Stirna, Janis und Anne Persson. 2018a. Background to Enterprise Modeling and to Related Elicitation Approaches. In *Enterprise Modeling*, Bd. 13, hrsg. Janis Stirna und Anne Persson, 9–31. Cham: Springer International Publishing.
- Stirna, Janis und Anne Persson. 2018b. Tools for Participatory Enterprise Modeling. In *Enterprise Modeling*, Bd. 8, hrsg. Janis Stirna und Anne Persson, 149–163. Cham: Springer International Publishing.
- ten Hompel, Michael und Volker Heidenblut. 2011. *Taschenlexikon Logistik*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- ten Hompel, Michael, Volker Sadowsky und Maria Beck. 2011. *Kommissionierung*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- ten Hompel, Michael und Thorsten Schmidt. 2008. *Warehouse Management*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- ten Hompel, Michael, Thorsten Schmidt und Johannes Dregger. 2018. *Materialflusssysteme*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Thesmann, Stephan. 2010. *Einführung in das Design multimedialer Webanwendungen*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Thoma, Alexander, Robert Böhm und Ellen Kirchhainer. 2016. *Zoll und Umsatzsteuer*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

-
- Toutenburg, Helge und Philipp Knöfel. 2009. *Six Sigma*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Verein Deutscher Ingenieure. 1994. VDI 3590: Kommissioniersysteme Grundlagen. Berlin: Beuth.
- Verein Deutscher Ingenieure. 1996. VDI 3612: Wareneingang/Warenausgang, Bd. 03.100.10. Berlin: Beuth 03.100.10.
- Verein Deutscher Ingenieure. 1999. VDI 2525: Praxisorientierte Logistikkennzahlen für kleine und mittelständische Unternehmen, Bd. 03.100.00. Berlin: Beuth 03.100.00.
- Verein Deutscher Ingenieure. 2005. VDI 3629: Organisatorische Grundfunktionen im Lager, Bd. 55.220. Berlin: Beuth 55.220.
- Verein Deutscher Ingenieure. 2016. VDI 5586: Routenzugsysteme. Planung und Dimensionierung, Bd. 53.060. Berlin: Beuth 53.060.
- Wassermann, Otto und Michael Schwarzer. 2012. *Das intelligente Unternehmen*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Wille, Tobias. 2016. *Lean Thinking in produzierenden Unternehmen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Windmüller & Hölscher KG. 2016. *Unternehmensvorstellung*, 2016.
- Windmüller & Hölscher KG. 2018. Unternehmenshomepage: Unternehmen. <https://www.wuh-lengerich.de/de/unternehmen/>. Zugegriffen: 9. Januar 2019.
- Womack, James P., Daniel T. Jones und Daniel Roos. 2007. *The Machine that Changed the World*. New York, London, Toronto, Sydney: Free Press.

A. Anhang

A.1 Windmüller & Hölscher KG

Die Windmüller & Hölscher KG ist der Weltmarktführer in der Fertigung von Maschinen zur Herstellung und Verarbeitung von flexibler Verpackung (vgl. Baar 2016). Diese Maschinen teilt das Unternehmen in die drei Kerngeschäftsbereiche, Extrusion, Druck und Verarbeitung ein. Windmüller & Hölscher wurde 1869 durch Gottfried Windmüller und Hermann Hölscher in Lengerich gegründet. Seitdem konnten bereits mehr als 5.000 Kunden in über 130 Ländern mit Maschinen ausgestattet werden (vgl. Windmüller & Hölscher KG 2018).

Der Konzernabschluss zum Jahr 2016 ergab, dass die Windmüller & Hölscher KG das Wachstum der letzten Jahre fortführen konnte. Der Konzernumsatz ist um 8 % auf 784,7 Mio. € gestiegen. Diesen Umsatz erwirtschaften ca. 2.700 Mitarbeiter für die Windmüller & Hölscher KG (vgl. Baumeister und Groß-Ophoff 2017). Die Forschung und Produktion finden am Hauptsitz in Lengerich statt. Außerdem wird im tschechischen Prostějov produziert. Darüber hinaus hat die Windmüller & Hölscher KG zwanzig Standorte und Vertretungen für den Service und Vertrieb, verteilt über alle Kontinente (vgl. Windmüller & Hölscher KG 2016).

A.2 Begriffe der Intralogistik und ihre Definitionen

Die Aufteilungen der intralogistischen Begriffe in ihre Bestandteile werden verschiedenen Sichtweisen zugeordnet. Diese Sichtweisen und ihre Ursprünge werden im Folgenden erläutert. Arnold und Furmans (2009, S. 339) sowie Martin (2016, S. 9) schlagen eine funktionsorientierte Sichtweise bei der Aufteilung in Bestandteile vor, indem die elementaren Grundfunktionen der Begriffe als Bestandteile identifiziert werden. Darüber hinaus ist eine Unterteilung orientiert an den Flüssen eine weit verbreitete Sichtweise gemäß der ursprünglichen Definition des VDMA, wie im Kapitel 2 bereits gezeigt wurde. Außerdem werden Materialflusssysteme insbesondere im Umfeld der Produktionslogistik oft als Netzwerke betrachtet, sodass der Materialfluss aus einer netzwerkorientierten Sicht aus elementaren Bestandteilen besteht (vgl. Krampe et al. 2012, S. 220ff.). Unter anderem nutzten Heiserich et al. (2011, S. 53) sowie Martin (2016, S. 23f.) eine bereichsorientierte Sichtweise. Hierbei werden Materialflüsse in den Größen ihrer Bereiche differenziert. Bei Unterteilung des Informationsflusses teilen Hompel und Heidenblut (2011, S. 136) sowie Martin (2016, S. 520) eine aufgabenorientierte Sichtweise, indem sie den Informationsfluss in die zu erfüllenden Aufgaben unterteilen. Darüber hinaus ist eine Unterteilung der Begriffe möglich, indem man nach den verwendeten Technologien differenziert (vgl. Heiserich et al. 2011, S. 337f.; Pfohl 2018, S. 145).

Autor	Intralogistik		Materialfluss		Informationsfluss	
	Definition	Bestandteile	Definition	Bestandteile	Definition	Bestandteile
Arnold	"Die Intralogistik umfasst die Organisation, Steuerung, Durchführung und Optimierung des innerbetrieblichen Materialflusses, der Informationsströme sowie des Warenumschlags in Industrie, Handel und öffentlichen Einrichtungen." (Arnold 2006, S. 1)	<p>Flussorientierte Sicht: Innerbetrieblichen Material- und Informationsfluss (vgl. Arnold 2006, S. 1)</p> <p>Funktionsorientierte Sicht: Transportieren, Be- und Entladen, Sammeln, Verteilen, Puffern, Lagern (vgl. Arnold et al. 2008, S. 18)</p>	"Ein Materialfluss im Sinne der [...] Materialflusslehre bezieht sich auf diskrete Objekte, [...] die sich in regelmäßigen oder in unregelmäßigen zeitlichen Abständen über Transportwege oder Förderstrecken bewegen." (Arnold und Furmans 2009, S. 1)	Netzwerkorientierte Sicht: Förderstrecken, Verzweigungen, Zusammenführungen (Arnold und Furmans 2009)	Der Informationsfluss stellt die Informationen bereit, die der Materialfluss erfordert. Hierbei kann es sich um strategisch, organisatorisch, betriebswirtschaftlich oder technologisch bedingte Informationen handeln (vgl. Arnold und Furmans 2009, S. 329).	Funktionsorientierte Sicht: Daten erfassen, speichern, transportieren, verarbeiten und interpretieren (vgl. Arnold und Furmans 2009, S. 329)

Tabelle A-1: Definitionen intralogistischer Begriffe I

Autor	Intralogistik		Materialfluss		Informationsfluss	
	Definition	Bestandteile	Definition	Bestandteile	Definition	Bestandteile
Heiserich	"Für die Organisation, Durchführung und Optimierung innerbetrieblicher Materialflüsse in Unternehmen der Industrie, des Handels und in öffentlichen Einrichtungen mittels technischer Systeme und Dienstleistungen haben sich die Begriffe 'Innerbetriebliches Materialfluss-System' bzw. 'Intralogistik etabliert.'" (Heiserich et al. 2011, S. 53)	Flussorientierte Sicht: Material- und Informationsfluss (vgl. Heiserich et al. 2011, S. 53)	"Nach VDI-Richtlinie 3300 [ist der Materialfluss] 'die Verkettung aller Vorgänge beim Gewinnen, Be- und Verarbeiten sowie bei der Verteilung von Gütern innerhalb festgelegter Bereiche'" (Heiserich et al. 2011, S. 53)	Funktionsorientierte Sicht: Transport, Umschlag, Lagerung, Kommissionierung (vgl. Heiserich et al. 2011, S. 53) Bereichsorientierte Sicht: betriebsintern, gebäudeintern, arbeitsplatzbezogen (vgl. Heiserich et al. 2011, S. 53)	"Kernprozesse werden unterstützt [...] durch die Informationsflüsse der Auftragsbearbeitung und der Planung und Steuerung der materiellen Abläufe im innerbetrieblichen Produktionsprozess." (Heiserich et al. 2011, S. 55)	Technologieorientierte Sicht: Hardware, Systemsoftware, Anwendungssoftware, Datenbank, Orgware, Manware, Informationsmanagement (vgl. Heiserich et al. 2011, S. 337f.)

Tabelle A-2: Definitionen intralogistischer Begriffe II

Autor	Intralogistik		Materialfluss		Informationsfluss	
	Definition	Bestandteile	Definition	Bestandteile	Definition	Bestandteile
Martin	"Die innerbetriebliche Logistik (=Intralogistik [...]) ist ein Teilbereich der Unternehmenslogistik, deckt die betriebsstätten-bezogenen Aufgabenbereiche der Beschaffungs- und Distributions- sowie die Produktionslogistik ab." (Martin 2016, S. 9)	Funktionsorientierte Sicht: Transportlogistik, Umschlaglogistik, Lager- und Kommissionier-logistik, Entsorgungslogistik, Informationslogistik (vgl. Martin 2016, S. 9)	"In Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3300 ist der Materialfluss die räumliche, zeitliche und organisatorische Verkettung aller Vorgänge bei der Gewinnung, Bearbeitung und Verteilung von Gütern innerhalb festgelegter Bereiche." (Martin 2016, S. 22)	Bereichsorientierte Sicht: Betriebsinterne Bereiche, Gebäudeinterne Bereiche, Arbeitsplatzbereiche (vgl. Martin 2016, S. 23f.) Funktionsorientierte Sicht: Lager- und Kommissioniersystem; Transport- und Handhabungssystem (vgl. Martin 2016, S. 24)	"Die Reihung von aufeinanderfolgenden Informationen wird als Informationsfluss bezeichnet und enthält alle Informationen für Planung, Steuerung und Überwachung der Unternehmensprozesse." (Martin 2016, S. 520)	Aufgabenorientierte Sicht: Planung, Steuerung, Überwachung (vgl. Martin 2016, S. 520)

Tabelle A-3: Definitionen intralogistischer Begriffe III

Autor	Intralogistik		Materialfluss		Informationsfluss	
	Definition	Bestandteile	Definition	Bestandteile	Definition	Bestandteile
Pfohl	"Die Intralogistik umfasst die Organisation, Steuerung, Durchführung und Optimierung des innerbetrieblichen Materialflusses, der Informationsströme und des Warenumschlags mit Hilfe technischer Systeme und Dienstleistungen.“ (Pfohl 2018, S. 145)	Flussorientierte Sicht: Material- und Informationsfluss (vgl. Pfohl 2018, S. 145) Technologieorientierte Sicht: Materialfluss- und Fördertechnik (vgl. Pfohl 2018, S. 145)	"Denn gemäß der Definition des Begriffes Materialfluss werden nicht nur die Vorgänge des Transportierens, Lagerns und Handhabens, sondern auch die Bearbeitung der Erzeugnisse als dem Materialfluss zugehörig betrachtet.“ (Pfohl 2018, S. 201)	Funktionsorientierte Sicht: Transportieren, Lagern, Handhaben, Bearbeitung, Prüfen, Verpacken, Fördern (vgl. Pfohl 2018, S. 201)	"Die Informationen lösen den Güterstrom vorausgehend aus, begleiten ihn erläuternd und folgen ihm bestätigend oder nicht bestätigend nach.“ (Pfohl 2018, S. 8)	Funktionsorientierte Sicht: Auftragsübermittlungs- und Auftragsbearbeitungsprozesse (vgl. Pfohl 2018, S. 8)

Tabelle A-4: Definitionen intralogistischer Begriffe IV

Autor	Intralogistik		Materialfluss		Informationsfluss	
	Definition	Bestandteile	Definition	Bestandteile	Definition	Bestandteile
ten Hompel	"Intralogistik (in Anlehnung an die Definition des VDMA) beschreibt den innerbetrieblichen Materialfluss, der zwischen den unterschiedlichsten Logistiknoten stattfindet (vom Materialfluss in der Produktion, in Warenverteilzentren und in Flug- und Seehäfen) sowie den dazugehörigen Informationsfluss." (ten Hompel und Heidenblut 2011, S. 141f.)	Flussorientierte Sicht: Innerbetrieblicher Material- und Informationsfluss (vgl. ten Hompel und Heidenblut 2011, S. 141f.)	"Materialfluss [...] ist die physische Bewältigung von Warenbewegungen aller Art als Teil einer logistischen Aufgabe. Nach VDI 3300/DIN 30781 ist der Materialfluss die Verkettung aller Vorgänge beim Gewinnen, Be- und Verarbeiten sowie bei der Verteilung von Gütern innerhalb fester Bereiche." (ten Hompel und Heidenblut 2011, S. 193)	Funktionsorientierte Sicht: Verpackungssysteme, Fördersysteme, Lagersysteme, Sortier- und Verteilersysteme, Kommissioniersysteme und Umschlagsysteme (vgl. ten Hompel et al. 2018, S. 3f.)	"Informationsfluss (in der Logistik) [...] bezeichnet die Planung, Steuerung und Überwachung aller Informationen, die zur Erfüllung von Kundenanfragen über alle Stufen des Unternehmens notwendig sind." (ten Hompel und Heidenblut 2011, S. 136)	Aufgabenorientierte Sicht: Planung, Steuerung, Überwachung (vgl. ten Hompel und Heidenblut 2011, S. 136)

Tabelle A-5: Definitionen intralogistischer Begriffe V

A.3 Hierarchie der Anforderungen

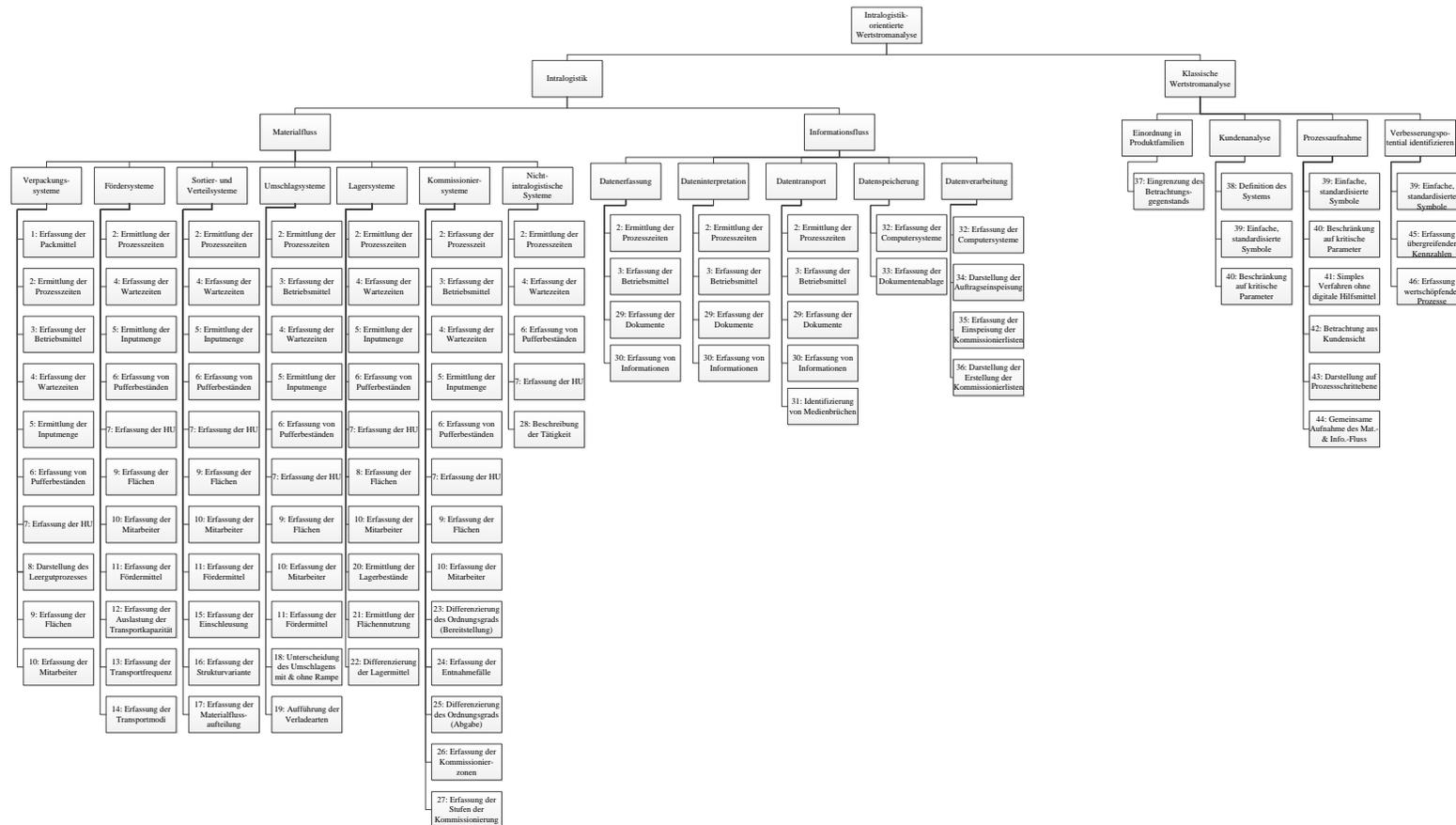


Abbildung A-1: Hierarchie der Anforderungen

In der beigegefügte Datei „Hierarchie der Anforderungen.vsd“ kann die Hierarchie der ermittelten Anforderungen mit Microsoft Visio detailliert betrachtet werden.

A.4 Funktionen des Materialflusses in Kommissioniersystemen

In Anhang A.4 werden die Funktionen des Materialflusses in Kommissioniersystemen mit ihren unterschiedlichen Ausprägungen erläutert.

Funktionen	Realisierungsmöglichkeiten			
Transport der Güter zur Bereitstellung	Findet nicht statt	Findet statt		
		Eindimensional	Zweidimensional	Dreidimensional
		Manuell	Mechanisch	automatisch
Bereitstellung	Statisch		Dynamisch	
	Zentral		Dezentral	
	Geordnet		Ungeordnet	
Bewegung des Kommissionierers zur Bereitstellung	Findet nicht statt	Findet statt		
		Eindimensional	Zweidimensional	Dreidimensional
		Manuell	Mechanisch	Automatisch
Entnahme der Güter	Manuell	Mechanisch		Automatisch
	Ein Teil pro Zugriff		Mehrere Einzelteile je Zugriff	
Transport der Güter zum Abgabeort	Findet nicht statt	Findet statt		
		Eindimensional	Zweidimensional	Dreidimensional
		Manuell	Mechanisch	Automatisch
Abgabe	Statisch		Dynamisch	
	Zentral		Dezentral	
	Geordnet		Ungeordnet	
Rücktransport der angebrochenen Ladeeinheiten	Findet nicht statt	Findet statt		
		Eindimensional	Zweidimensional	Dreidimensional
		Manuell	Mechanisch	Automatisch

Tabelle A-6: Funktionen des Materialflusssystemes in der Kommissionierung (i.A. Verein Deutscher Ingenieure 1994, S. 6)

Mit den Transporten der Güter zur Bereitstellung sind solche Transporte gemeint, durch die der Kommissionierer auf die erforderlichen Güter zugreifen kann. Hiermit sind keine Nachschubtransporte zur Versorgung der Lagerplätze, sondern Transporte speziell für einen Kommissionierauftrag gemeint. Diese Unterscheidung ist erforderlich, sofern der Lagerplatz nicht mit dem Bereitstellplatz übereinstimmt. Ist dies jedoch der Fall, wäre der Transport der Güter zur Bereitstellung nicht erforderlich. Somit bestehen die Alternativen bei der Modellierung des Kommissioniersystems darin, ob sich der Kommissionierer oder die Bereitstellungseinheit bewegt (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 1994, S. 5). Der Transport der Güter ist hierbei ein-, zwei- oder dreidimensional. Eindimensional ist ein Transport beispielweise per Förderband oder Rollenbahn. Eine Fortbewegung mit Hilfe eines Regalbediengerätes ist ein Beispiel für einen zweidimensionalen Transport. Wohingegen eine dreidimensionale Bewegung durch einen Kran realisiert werden kann. Die dritte Eigenschaft des Gütertransports ist der Automatisierungsgrad. Die verschiedenen Ausprägungen hierbei lauten manuell, mechanisch und automatisch. Ein manueller Transport wird durch den Kommissionierer ohne Hilfsmittel

durchgeführt. Benötigt er beim Transport ein Hilfsmittel wie beispielsweise einen Hubwagen, ist es ein mechanischer Transport. In dem Fall, dass der Transport ohne menschliche Beteiligung durchgeführt wird, wird der Transport der Güter automatisch durchgeführt (vgl. ten Hompel et al. 2011, S. 21f.).

Analog zum Transport der Güter zur Bereitstellung wird die Bewegung des Kommissionierers kategorisiert. In dem Fall, dass die Bewegung notwendig ist, wird auch sie in ihrer Dimensionalität und ihrem Automatisierungsgrad differenziert (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 1994, S. 6).

Die Bereitstellung definiert, wie der Kommissionierer die Güter zur Kommissionierung vorfindet (vgl. Seeck 2010, S. 143). Die Art und Weise der Bereitstellung kann anhand von drei Entscheidungen differenziert werden. Die erste Entscheidung besteht zwischen einer statischen und einer dynamischen Bereitstellung. Bei einer statischen Bereitstellung verweilen die Güter stationär und der Kommissionierer bewegt sich zur Ware, um sie zu entnehmen. Im Gegensatz hierzu werden die Bereitstellungseinheiten der benötigten Güter bei einer dynamischen Bereitstellung zum Kommissionierer gefördert. Die zweite Entscheidung unterscheidet zwischen einer zentralen und einer dezentralen Bereitstellung. Bei einer zentralen Bereitstellung können die Güter an einem örtlich festen Punkt entnommen werden. Hierfür werden die Bereitstellungseinheiten sequentiell zur Verfügung gestellt. Im Gegensatz hierzu wird bei einer dezentralen Bereitstellung die Entnahme der Güter an verschiedenen Orten durchgeführt. Zu diesen Orten muss sich der Kommissionierer selber bewegen. Diese beiden Entscheidungen sind eng miteinander verknüpft. Jedoch lässt sich sagen, dass sich die Entscheidung zwischen statischer und dynamischer Bereitstellung mit der notwendigen Bewegung der Güter befasst. Wohingegen die Entscheidung zwischen zentraler und dezentraler Bereitstellung klärt, inwieweit sich der Kommissionierer bewegen muss (vgl. Franzke 2018, S. 14). Die dritte Entscheidung befasst sich damit, ob die Bereitstellung geordnet oder ungeordnet erfolgt. Diese Entscheidung kann innerhalb eines Kommissioniersystems mehrmals getroffen werden in Abhängigkeit der Gütereigenschaften. Darüber hinaus erfordert eine steigende Automatisierung einen höheren Ordnungszustand, da ansonsten höhere Kosten für die Sensorik der Lageerkennung anfallen (vgl. ten Hompel et al. 2011, S. 22f.).

Nachdem die Güter bereitgestellt wurden, folgt die Entnahme der Güter durch den Kommissionierer. Dies erfolgt entweder manuell, mechanisch oder automatisch. Eine manuelle Entnahme erfolgt nur durch den Kommissionierer. Wohingegen der Kommissionierer bei einer mechanischen Entnahme durch ein Hilfsmittel bzw. einen Manipulator unterstützt wird. Ist keine menschliche Beteiligung nötig, wird von einer automatischen Entnahme gesprochen (vgl. Seeck 2010, S. 144). Darüber hinaus kann bei der Entnahme dazwischen unterschieden werden, ob entweder ein Teil oder mehrere Teile pro Zugriff entnommen werden (vgl. ten Hompel et al. 2011, S. 25).

In dem Fall, dass es notwendig ist, folgt der Transport der Güter zum Abgabeort. Auch bei diesem Transport wird anhand der Dimensionalität und dem Automatisierungsgrad differenziert (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 1994, S. 6).

Bei der Abgabe werden die kommissionierten Güter auf den Abgabeort platziert. Die Unterschiede in der Art und Weise der Abgabe können wie bei der Bereitstellung anhand von drei Entscheidungen klassifiziert werden. Doch im Gegensatz zur Bereitstellung bezieht sich bei der Abgabe die Entscheidung zwischen statisch und dynamisch auf die Bewegung des Fördermittels bzw. die Sammeleinrichtung, durch die die kommissionierten Güter abgegeben werden. Eine Abgabe durch ein Förderband ist beispielsweise eine dynamische Abgabe, da sich das Förderband in einer stetigen Bewegung befindet. Eine Abgabe durch eine Sammeleinrichtung wie einer Palette ist eine statische Abgabe, weil die Palette stationär ist (vgl. ten Hompel et al. 2011, S. 26). Im Gegensatz hierzu ist die Entscheidung zwischen zentral und dezentral ähnlich wie bei der Bereitstellung. Eine dezentrale Abgabe liegt vor, wenn hierbei eine Sammeleinrichtung zu verschiedenen Abgabeorten mitgeführt wird. Gibt es einen örtlich festgelegten Abgabepunkt ist es eine zentrale Abgabe (vgl. Seeck 2010, S. 144).

Bei einer dynamischen Bereitstellung der Güter zum Kommissionierer kann es zu Restmengen nach der Kommissionierung kommen. In diesem Fall werden in der Regel die Restmengen direkt nach der Entnahme zurück zum Identifikations-Punkt des Lagers transportiert. Bei diesem Rücktransport der angebrochenen Ladeeinheiten wird ebenfalls durch die Dimensionalität und durch den Automatisierungsgrad unterschieden (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 1994, S. 4ff.).

A.5 Das Toyota-Produktionssystem

Aufbauend auf den zuvor erläuterten Prinzipien aus Abschnitt 4.1 hat Toyota mehrere Strategien und Methoden entwickelt, um das Ziel einer Produktion mit höchster Qualität und Variabilität, geringsten Kosten und kürzesten Durchlaufzeiten zu erreichen. Diese Strategien und Methoden bilden das Toyota-Produktionssystem und werden in Abbildung A-2 als Haus dargestellt. Hierbei ist jedoch anzumerken, dass das Toyota-Produktionssystem nicht nur eine Sammlung einzelner Werkzeuge für die Produktionsplanung ist. Stattdessen sollte das System ganzheitlich als Unternehmensstrategie und -kultur in allen Bereichen eingeführt werden (vgl. Wille 2016, S. 4).

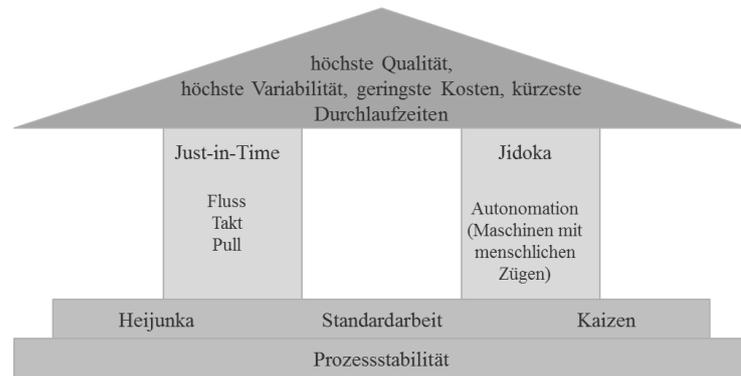


Abbildung A-2: Schematische Darstellung des Toyota-Produktionssystems (i.A. Wille 2016, S. 69)

Wie in der Abbildung A-2 zu erkennen ist, stützen sich die Ziele des Toyota-Produktionssystems auf den zwei Säulen Just-in-Time und Jidoka. Diese wiederum stehen auf dem Fundament Heijunka, Standardarbeit und Kaizen und auf dem untersten Fundament der Prozessstabilität.

Das Toyota-Produktionssystem baut auf einer hohen Prozessstabilität auf, da es ohne Stabilität zu Störungen und Ausfällen in der Produktion kommt. Folglich würde es zu ungeplanten Belastungen der Mitarbeiter kommen. Dies steht jedoch im Gegensatz zum ersten Prinzip des Toyota-Produktionssystems Muri. Die Prozessstabilität ist außerdem wichtig für den nächsten Schritt des Toyota-Produktionssystems, der Standardarbeit. Der Grund hierfür liegt darin, dass bei Abweichungen des Prozesses durch Instabilität die Mitarbeiter ihre vorgesehene Standardarbeit nicht fortführen können (vgl. Wille 2016, S. 70).

Durch die Standardisierung der Arbeitsvorgänge verfolgt Toyota zwei Ziele. Zum einen soll Überforderung bei den Mitarbeitern vermieden werden, indem die Mitarbeiter einem eindeutig definierten Arbeitsablauf folgen können. Zum anderen kann durch diesen definierten Arbeitsablauf die Auslastung der Mitarbeiter geglättet werden. Dies wird realisiert, indem Arbeitsschritte aus den Arbeitsabläufen von Mitarbeitern mit einer hohen Auslastung gleichmäßig den Arbeitsabläufen von Mitarbeitern mit geringer Auslastung zugeordnet werden (vgl. Wille 2016, S. 70).

Ein weiterer Baustein des Fundaments, der als Ziel die Glättung der Auslastung nach dem Mura-Prinzip hat, ist das sogenannte Heijunka. Es erzielt die Nivellierung der Auslastung nicht nur durch die Begrenzung des Produktionsvolumens, sondern auch durch die Anwendung einer festen Produktionsreihenfolge der Varianten. Hierfür wird die Nachfrage an den verschiedenen Varianten für einen festen Planungshorizont in kürzere Planungsintervalle runtergebrochen. Daraufhin wird für die Planungsintervalle die feste Produktionsreihenfolge determiniert. Durch diese Produktionsreihenfolge werden Produktionsspitzen und -tiefen vermieden und somit auch Auslastungsschwankungen.

Darüber hinaus senkt diese Glättung des Produktionsplanes die Bestände der fertigen Produkte nach dem Muda-Prinzip (vgl. Pinto et al. 2018, S. 95).

Der letzte Teil des Fundaments für das Toyota-Produktionssystem ist Kaizen, womit eine kontinuierliche Verbesserung aller Prozesse im Unternehmen als Ziel gesetzt wird. Basis hierfür ist das absolute Streben nach Perfektion in der Unternehmenskultur. Toyota wendet Kaizen an, indem es in iterativen Planungsschleifen (PDCA-Zyklus, Kapitel 5) mögliche Prozessverbesserungen testet und bei Erfolg im gesamten Unternehmen anwendet. Hierbei sollen nach Kaizen nicht nur Verschwendungen und Auslastungsschwankungen eliminiert werden sondern jegliche Abweichungen von der Standardarbeit (vgl. Wille 2016, S. 72).

Die Vorgehensweise Jidoka, im Deutschen auch Autonomation genannt, fußt auch auf dem Streben nach Perfektion. Ziel ist eine fehlerfreie Produktion. Hierfür soll eine Automation der Maschinen mit menschlichen Zügen helfen. Hiermit ist gemeint, dass die Maschinen möglichst automatisch oder mit Hilfe des Mitarbeiters ihre Arbeit unterbrechen, sobald es zu einem Fehler oder einer Abweichung vom Standard im Prozess kommt. Nach einem solchen Produktionsstopp wird die Arbeit erst wieder aufgenommen, wenn das Problem behoben wurde. Auch durch die Säule Jidoka werden die Prinzipien des Toyota-Produktionssystems durchgesetzt. Zum einen wird die Belastung der Mitarbeiter durch den Produktionsfehler mit dem Produktionsstopp minimiert. Zum anderen wird die Verschwendung durch die Produktion weiterer defekter Produkte eliminiert (vgl. Wille 2016, S. 72).

Ein weiterer wichtiger Bestandteil des Toyota-Produktionssystems ist die Produktionsorganisation nach der Just-in-Time Strategie. Durch Just-in-Time ist ein Unternehmen in der Lage, kundenspezifische Varianten in kleinen Quantitäten mit nur kurzer Durchlaufzeit zu produzieren (vgl. Khojasteh 2016, S. 3). Dies wird realisiert, indem sämtliche Bestände eliminiert werden. Damit dies ohne Produktionsausfälle durchgeführt werden kann, muss zunächst ein kontinuierlicher Materialfluss durch hohe Prozessstabilität, Heijunka und Standardarbeit sichergestellt sein (vgl. Wille 2016, S. 70). Im Speziellen durch Heijunka ist der Wertstrom getaktet. Hiermit ist gemeint, dass die jeweiligen Prozessschritte des Wertstroms innerhalb einer festen Zeitspanne durchgeführt werden. Diese Zeitspanne wird Takt genannt. Damit keine Überproduktion stattfindet, sollte der Takt in der Produktion dem Kundentakt entsprechen. Dieser entspricht der durchschnittlichen Nachfrage der Kunden innerhalb eines festen Zeitintervalls, berechnet auf die verfügbare Produktionszeit in diesem Zeitintervall. Durch die folgende Formel ist der Kundentakt definiert (vgl. Pinto et al. 2018, S. 94f.):

$$\text{Kundentakt} = \frac{\text{Arbeitszeit}}{\text{Menge der Kundennachfrage}}$$

Trotz der Austaktung des Wertstromes kann es jedoch noch immer zur Überproduktion kommen beispielsweise bei unvorhergesehenen Nachfrageschwankungen oder Maschinenausfällen in nachgelagerten Prozessen. Dies wird damit begründet, dass die Prozesse innerhalb des Taktes produzieren ohne auf ihre nachfolgenden Prozesse zu achten. Diese nachfolgenden Prozesse können jedoch möglicherweise stillstehen, sodass sie kein Material verbrauchen. Deshalb würde es bei den vorgelagerten Prozessen zur Produktion ohne Bedarf kommen und die Bestände würden wachsen. Diese Produktionsorganisation wird daher auch drückende Produktion oder auch Pull-Produktion genannt, da Produkte in die Bestände ohne Absprache mit den nachfolgenden Prozessen „gedrückt“ werden. Um diese Art der Überproduktion zu verhindern, hat Toyota die ziehende Produktion oder auch Pull-Produktion entwickelt. Hierfür muss die Produktion prozessorientiert betrachtet werden, mit den jeweils nachfolgenden Prozessen als (interne) Kunden. Ein Prozess produziert erst sein Produkt wieder, wenn sein nachgelagerter Prozess/sein Kunde sein Produkt verbraucht hat. Somit wurde die Produktion erst durch den direkten Bedarf des Kunden angestoßen. Folglich kann gesagt werden, dass der Kunde das Produkt aus dem vorgelagerten Prozess „gezogen“ hat. Für einen problemlosen Ablauf der Pull-Produktion muss der Materialfluss eng mit dem Informationsfluss verknüpft werden. Der Grund hierfür ist, dass trotz der Reduzierung der Bestände nach dem Just-in-Time Prinzip die Logistik die Nachfrage der verschiedenen Arbeitsstationen rechtzeitig bedienen muss (vgl. Bertagnolli 2018, S. 84f.).

A.6 Erläuterungen der Begriffe und Symbole aus der Wertstromanalyse

Auftrag

Durch Aufträge wird dem Prozess eine feste Reihenfolge im Voraus vorgegeben. Die Aufträge werden in der Regel durch ein System eingespeist (vgl. Günthner et al. 2013b, S. 234).

Ausschussrate

Die Ausschussrate ist der prozentuale Anteil an fehlerhaften Teilen eines Prozessschrittes.

Bearbeitungszeit/Prozesszeit

Dies ist die Zeitspanne, die ein Teil benötigt um einen Prozessschritt zu durchlaufen.

CONWIP

CONWIP ist die Abkürzung für „Constant Work in Process“. Hiermit wird beschrieben, dass durch ein Kanban-System ein Prozess angesteuert wird, zwischen dem mehrere andere Prozesse liegen. Innerhalb dieser Prozesse wird gemäß der FIFO-Steuerung vorgegangen, sodass der Bestand in diesen Prozessen konstant bleibt (vgl. Günthner et al. 2013b, S. 235).

Fahrplan bzw. getaktet

Ein Prozess kann durch einen Fahrplan oder durch einen konstanten Takt unabhängig von den angrenzenden Prozessen angesteuert werden (vgl. Günthner et al. 2013b, S. 236).

FIFO

Mit First-in-First-out ist die Produktionsorganisation gemeint, bei der die Teile, die zuerst als Input in einen Prozessschritt eingeführt wurden, auch als erste bearbeitet werden. Diese Produktionsorganisation kann beispielsweise durch den Einsatz eines Förderbandes umgesetzt werden (vgl. ten Hompel und Heidenblut 2011, S. 99).

Go-and-See-Steuerung

Diese Steuerungsweise wird häufig in Unternehmen aufgefunden, bei denen die Umsetzung der Lean-Prinzipien nicht weit vorangeschritten ist. Bei der „Go-and-See“-Steuerung entscheidet der Mitarbeiter selbst über seinen Arbeitsablauf nach den Informationen, die er zur Verfügung hat. Da er aber keinen Einblick in die folgenden Prozesse und den Kundenbedarf hat, kann es zu Verschwendung kommen (vgl. Balsliemke 2015, S. 10).

Kanban-Steuerung

Um die Pull-Produktion durch einen Supermarkt zu realisieren, wurde im Toyota-Produktionssystem das Kanban-System eingeführt. In diesem System wird die Produktion eines Teils verbrauchsorientiert angestoßen, indem ein Prozessschritt erst ein Teil produziert, wenn er eine entsprechende Kanban-Karte des Teils erhalten hat. Diese Kanban-Karte erhält der Prozessschritt durch seinen internen Kunden, sobald dieser den Bestand des Teils im Supermarkt bis zu einem bestimmten Meldebestand verbraucht hat (vgl. Bertagnolli 2018, S. 87).

Maschinenverfügbarkeit

Die Maschinenverfügbarkeit ist der produzierende Zeitanteil einer Maschine.

Materialbewegung im Fluss

Die Bearbeitung des Materials in einem Prozess beginnt direkt ohne Puffer, nachdem das Material den vorausgegangenen Prozess verlassen hat (vgl. Günthner et al. 2013b, S. 234)

Mitarbeiterzahl

Dies ist die Anzahl an Mitarbeitern, die bei dem Prozessschritt benötigt werden

Rüstzeit

Die Rüstzeit entspricht der Zeitspanne, die benötigt wird, um eine Maschine bei einem Variantenwechsel umzustellen.

Supermarkt

Ein Supermarkt ist eine spezielle Form von Bestand zwischen zwei Prozessschritten. Das Besondere eines Supermarktbestandes ist, dass der interne Lieferant den Bestand erst wieder auffüllt, wenn sein interner Kunde zuvor ein Teil entnommen hat. Somit wird durch einen Supermarkt zwischen zwei Prozessschritten eine Pull-Produktion umgesetzt (vgl. Bertagnolli 2018, S. 84f.).

Verketteter Fließprozess

Bei einem verketteten Fließprozess wird ein Prozess durch einen festen Fahrplan oder einen Takt angesteuert und die darauffolgenden Prozesse bearbeiten das Material gemäß der FIFO-Steuerung (vgl. Günthner et al. 2013b, S. 236).

Zykluszeit

Die Zykluszeit ist die Zeitspanne eines Prozessschrittes zwischen zwei fertigen Teilen.

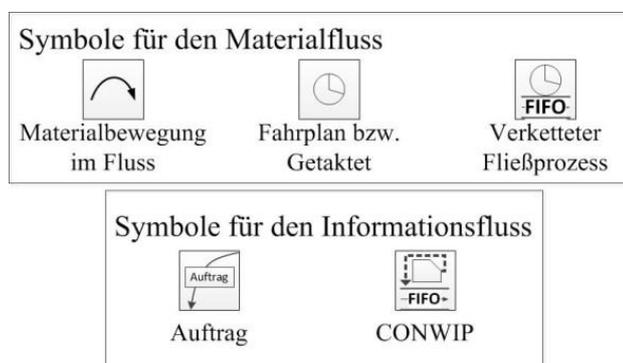


Abbildung A-3: Material- und Informationsflusssymbole aus dem logistischen Umfeld

A.7 Logistische Grundfunktionen

	Logistische Grundfunktion	Vorher	Nachher
Räumliche Transformation	Transportieren/ Fördern		
Zeitliche Transformation	Puffern (kurze Zeit)		$\Delta t \uparrow$
	Lagern (lange Zeit)		$\Delta t \uparrow$
Mengenmäßige	Sammeln		

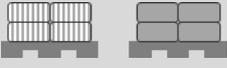
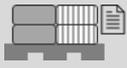
Trans-formation	Verteilen		
Sorten-mäßige Trans-formation	Sortimentieren		
	Sortieren		
Qualitative Trans-formation	Ver-/ Entpacken		
	Prüfen (Menge, Qualität)		
Infor-matorische Trans-formation	Buchen		
	Etikettieren		
	Auftrag erzeugen		
	Dokumentieren		
	Information übermit-teln		

Tabelle A-7: Logistikfunktionen (i.A. Knössl 2013, S. 137ff.)

Transportieren/Fördern		Sammeln/Verteilen		Sortimentieren/Sortieren	
Strecke	Quelle, Senke, Entfernung	Strecke	Quellen, Senken, Entfernung	Strecke	Quelle, Senke, Entfernung
Zykluszeit	Verteilungsfunktion mit Minimum, Maximum und Durchschnitt	Zykluszeit	Verteilungsfunktion	Zykluszeit	Verteilungsfunktion
Frequenz	Ggf. Verteilungsfunktion	Frequenz	Ggf. Verteilungsfunktion	Kommissionierungseinheit	Auftragsgröße(n)
Ladung	Sortenrein/gemischt	Fehlerquote	In [%]	Frequenz	Ggf. Verteilungsfunktion
Ladungsträger	Behältertyp, Behälterkapazität	Ressourcen	Technische Hilfsmittel, Mitarbeiter, Information	Fehlerquote	In [%]
Kapazität	Anzahl Ladungsträger, Auslastung Transportmittel	Organisationsform	z.B. 2-stufiger Verteilprozess	Anteil Greifzeit an Kommissionierzeit	In [%]
Ressourcen	Transportmittel, Mitarbeiter, Informationen			Ressourcen	Technische Hilfsmittel, Mitarbeiter, Information
Organisationsform	z.B. 1:1-Direktverkehr, 1:n-Routenverkehr, n:1-Milch-Run			Organisationsform	z.B. 1-stufige Mann-zu-Ware-Kommissionierung

Puffern/Lagern		Verpacken/Entpacken/Prüfen		Buchten	
Bestand	Gesamtmenge der Anzahl Teile pro Sachnummer	Zykluszeit	Verteilungsfunktion	Zykluszeit	Verteilungsfunktion
Flächen-/Raumbedarf	In [m ² /m ³]	Frequenz	z.B. in Form einer Prüfquote in [%]	Frequenz	Ggf. Verteilungsfunktion
Liegezeit	Ggf. Verteilungsfunktion	Fehlerquote	In [%]	Information	z.B. Teilenummer, Teilmenge, Lagerort
Ressourcen	Lagermittel, Informationen	Ressourcen	Technische Hilfsmittel, Mitarbeiter, Information	Informationsträger	z.B. Warenbegleitschein, Barcode, RFID-Chip
Organisationsform	z.B. Supermarkt mit fixer Stellplatzordnung, FIFO-Bahn	Organisationsform	z.B. 2-stufiger Prüfprozess (1. Stufe: Menge, 2. Stufe: Qualität)	Fehlerquote	In [%]
				Ressourcen	Technische Hilfsmittel, Mitarbeiter
				Organisationsform	z.B. Einzelbuchung, Sammelbuchung

Auftrag erzeugen		Etikettieren/Dokumentieren		Information übermitteln	
Zykluszeit	Verteilungsfunktion	Zykluszeit	Verteilungsfunktion	Information	z.B. Abladestellplatz für LKW, Änderung an Auftrag
Frequenz	Ggf. Verteilungsfunktion	Frequenz	Ggf. Verteilungsfunktion	Strecke	Quelle, Senke, Entfernung
Information	z.B. Auftragsnummer, Teilenummern, Teilmengen, Lagerort	Information	z.B. Wareninformationen, Bestätigung einer Lieferung	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

Abbildung A-4:Logistikfunktionen mit ihren relevanten Parametern (i.A. Knössl 2013, S. 140)

A.8 Beispiele für Methodenfragmente

Name:	Adresse eintragen	Nr.: 1
Attribute		
Zweck:	Der Brief soll dem Empfänger zuzuordnen sein.	
Beschreibung:	Der Verfasser ermittelt die Adresse des Empfängers und schreibt diese auf den Briefumschlag.	
Beziehungen		
Beeinflusst:	Modifiziert „Briefumschlag“	
Grundlage:	Verwendet „Adressbuch“	

Abbildung A-5: Prozess-orientiertes Methodenfragment am Beispiel „Adresse eintragen“

Name:	Briefumschlag	Nr.: 2
Attribute		
Beschreibung:	Der Briefumschlag soll den Brief vor äußeren Einflüssen schützen und die Zustellung des Briefes garantieren.	
Beziehungen		
Beeinflusst:	Modifiziert durch „Brief frankieren“	
	Modifiziert durch „Adresse eintragen“	
	Modifiziert durch „Brief einstecken“	

Abbildung A-6: Produkt-orientiertes Methodenfragment am Beispiel „Briefumschlag“

A.9 Vorgehensweise der AHP-Analyse

In diesem Anhang wird die Vorgehensweise anhand der Obstauswahl im Supermarkt beispielhaft erläutert. In diesem Szenario wäre das übergeordnete Ziel die Auswahl des optimalen Obst mit den untergeordneten Zielen des besten Geschmacks und dem Gesundheitsgrad des Obstes. Auf der letzten Ebene sind dann die zu priorisierenden Obstsorten wie beispielsweise Apfel, Banane und Kirsche. Durch Verbindungen zwischen den einzelnen Elementen dieser Hierarchie werden ihre Beziehungen untereinander beschrieben. Es ist also nicht zwingend notwendig, dass ein Element alle Elemente der übergeordneten Hierarchieebene beeinflusst. Eine solche Hierarchie wird im AHP wie in Abbildung A-7 dargestellt.

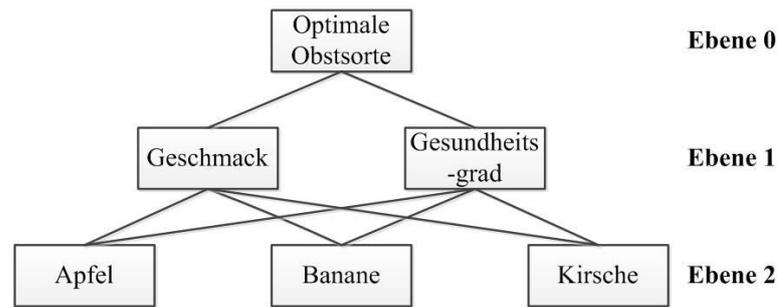


Abbildung A-7: Beispielhafte Hierarchie beim AHP

Nachdem die Hierarchie gebildet wurde, folgen die Paarvergleiche auf den jeweiligen Ebenen. So wird im Beispiel zunächst verglichen, welches Teilziel wichtiger bzw. den höheren Einfluss auf die Entscheidung der optimalen Obstsorte hat. Daraufhin folgen die Gegenüberstellungen auf Ebene 2. Zunächst unter der Fragestellung welches der Obstsorten den besseren Geschmack hat. Danach wird bewertet, welche Obstsorte gesünder ist. Die Einordnung der Paarvergleiche erfolgt anhand einer absoluten Skala wie aus Tabelle A-8. Bei dieser Skala ist zu beachten, dass die Bewertung durch die Zwischenwerte 3, 4, 6 und 8 ebenfalls möglich ist (vgl. Ali Khan et al. 2015, S. 55).

Skalenwert	Definition	Erklärung
1	Gleicher Einfluss	Gleicher Einfluss durch zwei Anforderungen.
2	Etwas mehr Einfluss	Nach Erfahrung hat eine Anforderung etwas mehr Einfluss.
5	Starker Einfluss	Nach Erfahrung ist eine Anforderung bedeutend wichtiger als die andere.
7	Sehr starker Einfluss	Nach Erfahrung ist eine Anforderung stark favorisiert und ihre Dominanz ist in der Praxis zu beobachten.
9	Extrem starker Einfluss	Die Dominanz der Anforderung ist erwiesen und es besteht die höchstmögliche Favorisierung.

Tabelle A-8: Skala für den Paarvergleich im AHP (i.A. Ali Khan et al. 2015, S. 55)

Den Vergleichen folgt ihre Auswertung. Hierfür wird für jedes Hierarchieelement aus den zugehörigen Paarvergleichen eine Matrix erstellt. In dem Beispiel sind demzufolge drei Matrizen notwendig: für den Einfluss auf die Entscheidung des optimalen Obst, für den Geschmack und für den Gesundheitsgrad (Abbildung A-8, Abbildung A-9 und Abbildung A-10). Hierbei wird so vorgegangen, dass alle betrachteten Elemente durch die Zeilen und Spalten abgebildet werden. Somit wird der Vergleich zwischen den zwei Elementen 1 und 2 mit dem Ergebnis, dass Element 2 mehr Einfluss hat als Element 1 (Skalenwert 3), an den Matrixelementen wie folgt festgehalten: $a_{1,2} = \frac{1}{3}$; $a_{2,1} = 3$. Die-

ses Beispiel entspricht dem Vergleich zwischen dem Geschmack und dem Gesundheitsgrad.

Optimales Obst	Geschmack	Gesundheitsgrad	Eigenvektor
Geschmack	1	$\frac{1}{3}$	0,25
Gesundheitsgrad	3	1	0,75
$\lambda_{max} = 2; CI = 0; CR = 0$			

Abbildung A-8: Matrix für den Einfluss auf die Entscheidung des optimalen Obst im AHP

Geschmack	Apfel	Banane	Kirsche	Eigenvektor
Apfel	1	$\frac{1}{3}$	5	0,2828
Banane	3	1	7	0,6434
Kirsche	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{7}$	1	0,0738
$\lambda_{max} = 3,0967; CI = 0,0484; CR = 9,31 \%$				

Abbildung A-9: Matrix für den Einfluss auf den Geschmack im AHP

Gesundheitsgrad	Apfel	Banane	Kirsche	Eigenvektor
Apfel	1	6	3	0,6393
Banane	$\frac{1}{6}$	1	$\frac{1}{4}$	0,0869
Kirsche	$\frac{1}{3}$	4	1	0,2737
$\lambda_{max} = 3,0787; CI = 0,0394; CR = 7,58 \%$				

Abbildung A-10: Matrix für den Einfluss auf den Gesundheitsgrad im AHP

Nachdem die Matrizen gebildet wurden, können die Priorisierungen für die jeweiligen Matrizen durch die Berechnung der Eigenvektoren ermittelt werden. Dies kann anhand einer Approximation durchgeführt werden. Hierfür wird zunächst die entsprechende Matrix normiert durch die Division der Matrixelemente mit ihren zugehörigen Spalten-

summen. Daraufhin ergibt sich der Eigenvektor, indem die arithmetischen Mittel der Zeilen gebildet werden. Der Eigenvektor gibt die Prioritäten der jeweiligen Elemente relativ zueinander an. In Abbildung A-11 werden der Eigenvektor und damit verbunden die Prioritäten für das Kriterium Geschmack berechnet (vgl. Saaty 2013, S. 1104).

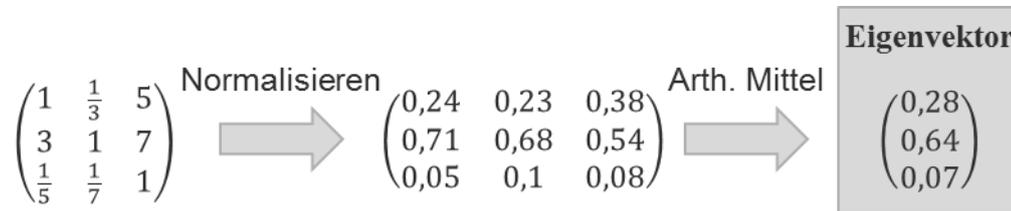


Abbildung A-11: Approximation zur Bestimmung des Eigenvektors im AHP

Der Eigenvektor aus diesem Beispiel ist so zu interpretieren, dass Äpfel bezüglich des Kriteriums Geschmack eine Priorität von 0,28 besitzen, Bananen von 0,64 und Kirschen von 0,07. Da diese Priorisierung auf der menschlichen Wahrnehmung während der Paarvergleiche basiert, können die ermittelten Matrizen inkonsistent sein. Beispielsweise ist der Geschmack des Apfels im Vergleich zur Kirsche mit 5 eingeschätzt worden und im Vergleich zur Banane mit $\frac{1}{3}$. Bei vollständiger Konsistenz müsste daher die Banane im Vergleich zur Kirsche mit 8 bewertet werden und nicht nur mit 7. Deshalb sieht der AHP eine Konsistenzprüfung vor. Hierfür wird zunächst der maximale Eigenwert λ_{max} berechnet, indem das homogene Lösungssystem $A - \lambda I = 0$ gelöst wird. Daraufhin wird anhand der folgenden Formel der Konsistenzindex CI ermittelt, wobei n die Anzahl der verglichenen Elemente wiedergibt:

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{n - 1}$$

Um den Konsistenzindex vergleichbarer zu machen, schlägt Saaty (2013) vor, den Konsistenzindex ins Verhältnis mit dem Zufallsindex RI zu bringen. Dieses Verhältnis wird Konsistenzverhältnis CR genannt. Anhand des Konsistenzverhältnisses wird entschieden, ob die geprüfte Matrix konsistent ist. Hierbei gilt es abzuwägen, wie genau die Konsistenzprüfung durchgeführt werden soll. Einerseits ist eine vollständige Konsistenz nahezu unmöglich, da die Paarvergleiche auf der menschlichen Wahrnehmung basieren. Andererseits sollte nicht zu viel Freiraum gewählt werden, damit die folgenden Entscheidungen nicht auf falschgelegten Prioritäten basieren. Deshalb empfiehlt Saaty (2013) eine 10%-Grenze für das Konsistenzverhältnis. In dem Fall, dass diese gesetzte Grenze überschritten wird, gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder wird die Priorisierung verschoben, bis neue Informationen zu dem Sachverhalt vorliegen. Oder die Paarvergleiche werden überarbeitet, sodass die Grenze eingehalten wird. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass die ursprünglich abgebildete Meinung nicht zu sehr verändert wird.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Für das Konsistenzverhältnis wird der Zufallsindex verwendet. Dieser wurde ermittelt, indem zufällig 50.000 Matrizen nach dem Vorbild der Matrizen aus den Paarvergleichen erstellt wurden. Für diese Matrizen wurde jeweils der Konsistenzindex berechnet und der Durchschnitt hiervon stellt den Zufallsindex dar. Tabelle A-9 enthält die Werte des Zufallsindex für Matrizen mit bis zu sieben Elementen. Für Matrizen mit mehr als sieben Elementen kann der Zufallsindex für eine Matrix mit sieben Elementen verwendet werden. Dies ist damit zu begründen, dass die jeweiligen Zufallsindizes nicht stark von diesem Zufallsindex abweichen (vgl. Saaty 2013, S. 1110).

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7
<i>RI</i>	0	0	0,52	0,37	0,22	0,14	0,1

Tabelle A-9: Zufallsindex *RI* (i.A. Saaty 2013, S. 1111)

Nachdem auf diese Weise alle Elemente bewertet wurden, kann die übergeordnete Priorität der Anforderungen auf der untersten Ebene der Hierarchie ermittelt werden. Für die allgemeine Priorität einer Anforderung wird die Summe aus den Produkten der Priorität der Anforderung für ein Kriterium und der Priorität dieses Kriteriums. Beispielhaft werden die Prioritäten der Obstsorten, wie folgt, berechnet:

$$P_{Apfel} = 0,28 * 0,25 + 0,64 * 0,75 = 55,02 \%$$

$$P_{Banane} = 0,64 * 0,25 + 0,09 * 0,75 = 22,60 \%$$

$$P_{Kirsche} = 0,07 * 0,25 + 0,27 * 0,75 = 22,37 \%$$

Bevor diese Priorisierung innerhalb eines Projekts verwendet werden sollte, muss zunächst das Konsistenzverhältnis des gesamten Prozesses geprüft werden. Hierfür wird die Summe der mit der Priorität gewichteten Konsistenzindizes mit der Summe aus den gewichteten Zufallsindizes dividiert. Für die Entscheidung des optimalen Obstes erfolgt dies folgendermaßen:

$$CR_{Gesamt} = \frac{1 * 0 + 0,25 * 0,0484 + 0,75 * 0,0394}{1 * 0 + 0,25 * 0,52 + 0,75 * 0,52} = 8,01 \%$$

A.10 Quality Function Deployment

Das Quality Function Deployment (QFD) ist ein Werkzeug der Produkt- und Dienstleistungsentwicklung. Mit Hilfe des QFD werden Messkriterien erarbeitet, die die Erfüllung der Kundenanforderungen am besten messen können. Die Vorgehensweise besteht darin, dass zunächst die Anforderungen in die Zeilen einer Matrix eingetragen werden und mit einer Skala von 1 (niedrige Priorität) bis 5 (hohe Priorität) gewichtet werden. Daraufhin werden möglichst viele Messkriterien in die Spalten der Matrix eingetragen.

Daran anschließend werden die Messkriterien und die Anforderungen jeweils einzeln gegenübergestellt. Hierbei wird mit der Skala 9 (stark), 3 (mittel), 1 (schwach) und 0 (gar nicht) bewertet, inwiefern die Messkriterien geeignet sind, die Erfüllung der Kundenanforderung zu messen. Hiernach werden die Produkte aus dieser Bewertung und der Gewichtung der Anforderungen gebildet. Die Summe dieser Produkte je Messkriterium bildet die jeweilige Priorität (vgl. Toutenburg und Knöfel 2009, S. 74ff.).

A.11 Matrizen aus der AHP-Analyse

Intralogistik-orientierte WSA	Intralogistik		Klassische WSA	Eigenvektor
	Intralogistik	Klassische WSA		
Intralogistik	1	4		0,8
Klassische WSA	0,25	1		0,2
$\lambda_{max} = 2; CI = 0; CR = 0\%$				

Abbildung A-12: Matrix für den Einfluss auf die intralogistikorientierte Wertstromanalyse

Intraglogistik	Materialfluss		Informationsfluss	Eigenvektor
	Materialfluss	Informationsfluss		
Materialfluss	1	4		0,8
Informationsfluss	0,25	1		0,2
$\lambda_{max} = 2; CI = 0; CR = 0\%$				

Abbildung A-13: Matrix für den Einfluss auf die Darstellung der Intralogistik

Klassische WSA	Kundenanalyse		Prozessaufnahme	Verbesserungspot. identifizieren	Eigenvektor
	Kundenanalyse	Prozessaufnahme	Verbesserungspot. identifizieren		
Kundenanalyse	1	0,25	0,5		0,14
Prozessaufnahme	4	1	3		0,62
Verbesserungspot. ident.	2	0,33	1		0,24
$\lambda_{max} = 3,0255; CI = 0,0127; CR = 2,45\%$					

Abbildung A-14: Matrix für den Einfluss der Prozessschritte auf die klassische Wertstromanalyse

Materialfluss	Materialfluss							Eigenvektor
	Verpackungssystem	Fördersystem	Sortier- & Verteilsystem	Umschlagssystem	Lagersystem	Kommissioniersystem	Nicht-IL Systeme	
Verpackungssystem	1	0,2	0,5	0,5	0,17	0,33	2	0,05
Fördersystem	5	1	3	3	1	2	9	0,28
Sortier- & Verteilsys.	2	0,33	1	1	0,25	0,5	3	0,09
Umschlagssystem	2	0,33	1	1	0,25	0,5	3	0,09
Lagersystem	6	1	4	4	1	2	9	0,31
Kommissioniersystem	3	0,5	2	2	0,5	1	7	0,16
Nicht-IL Systeme	0,5	0,11	0,33	0,33	0,11	0,14	1	0,03
$\lambda_{max} = 7,0428; CI = 0,0071; CR = 7,13\%$								

Abbildung A-15: Matrix für den Einfluss der Materialflusssysteme

Informationsfluss	Informationsfluss					Eigenvektor
	Datenerfassung	Dateninterpretation	Datentransport	Datenspeicherung	Datenverarbeitung	
Datenerfassung	1	1	2	9	3	0,33
Dateninterpretation	1	1	2	9	3	0,33
Datentransport	0,5	0,5	1	6	2	0,19
Datenspeicherung	0,11	0,11	0,17	1	0,2	0,03
Datenverarbeitung	0,33	0,33	0,5	5	1	0,12
$\lambda_{max} = 5,0567; CI = 0,0141; CR = 6,41\%$						

Abbildung A-16: Matrix für den Einfluss der Bestandteile des Informationsflusses

Verpackungssysteme	Verpackungssysteme				Eigenvektor
	Erfassung der Packmittel	Erfassung der Betriebsmittel	Darstellung des Leergutprozesses	Erfassung der Flächen	
Erfassung der Packmittel	1	0,5	0,25	2	0,14
Erfassung der Betriebsmittel	2	1	0,33	3	0,23
Darstellung des Leergutprozesses	4	3	1	5	0,54
Erfassung der Flächen	0,5	0,33	0,2	1	0,09
$\lambda_{max} = 4,0739; CI = 0,0246; CR = 6,66\%$					

Abbildung A-17: Matrix für den Einfluss der Anforderungen in Verpackungssystemen

Fördersysteme	Fördersysteme				Eigenvektor
	Erfassung der Flächen	Erfassung der Auslastung der Transportkapazität	Erfassung der Transportfrequenz	Erfassung der Transportmodi	
Erfassung der Flächen	1	0,25	0,14	0,5	0,07
Erfassung der Auslastung der Transportkapazität	4	1	0,33	2	0,23
Erfassung der Transportfrequenz	7	3	1	5	0,58
Erfassung der Transportmodi	2	0,5	0,2	1	0,12
$\lambda_{max} = 4,0447; CI = 0,0149; CR = 4,03\%$					

Abbildung A-18: Matrix für den Einfluss der Anforderungen in Fördersystemen

Sortier- & Verteilsysteme	Sortier- & Verteilsysteme				Eigenvektor
	Erfassung der Flächen	Erfassung der Einschleusung	Erfassung der Strukturvariante	Erfassung der Materialflussaufteilung	
Erfassung der Flächen	1	0,2	0,5	0,11	0,05
Erfassung der Einschleusung	5	1	2	0,25	0,21
Erfassung der Strukturvariante	2	0,5	1	0,14	0,1
Erfassung der Materialflussaufteilung	9	4	7	1	0,64
$\lambda_{max} = 4,095; CI = 0,0316; CR = 8,55\%$					

Abbildung A-19: Matrix für den Einfluss der Anforderungen in Sortier- & Verteilsystemen

Umschlagsysteme	Umschlagsysteme			Eigenvektor
	Erfassung der Flächen	Unterscheidung des Umschlagens mit & ohne Rampe	Aufführung der Verladeart	
Erfassung der Flächen	1	0,33	0,25	0,12
Unterscheidung des Umschlagens mit & ohne Rampe	3	1	0,5	0,32
Aufführung der Verladeart	4	2	1	0,56
$\lambda_{max} = 3,0234; CI = 0,0117; CR = 2,25\%$				

Abbildung A-20: Matrix für den Einfluss der Anforderungen in Umschlagsystemen

Lagersysteme					Eigenvektor
	Erfassung der Flächen	Ermittlung der Lagerbestände	Ermittlung der Flächennutzung	Differenzierung der Lagermittel	
Erfassung der Flächen	1	0,2	3	0,5	0,13
Ermittlung der Lagerbestände	5	1	9	3	0,59
Ermittlung der Flächennutzung	0,33	0,11	1	0,25	0,05
Differenzierung der Lagermittel	2	0,33	4	1	0,22
$\lambda_{max} = 4,0503$; $CI = 0,0168$; $CR = 4,53\%$					

Abbildung A-21: Matrix für den Einfluss der Anforderungen in Lagersystemen

Kommissioniersysteme								Eigenvektor
	Erfassung der Betriebsmittel	Erfassung der Flächen	Differenzierung des Ordnungsgrads (Bereitstellung)	Erfassung der Entnahmefälle	Differenzierung des Ordnungsgrads (Abgabe)	Erfassung der Kommissionierzonen	Erfassung der Stufen der Kommissionierung	
Erfassung der Betriebsmittel	1	2	3	3	3	0,33	0,33	0,13
Erfassung der Flächen	0,5	1	2	2	2	0,2	0,2	0,08
Differenzierung des Ordnungsgrads	0,33	0,5	1	1	1	0,14	0,14	0,04
Erfassung der Entnahmefälle	0,33	0,5	1	1	1	0,14	0,14	0,04
Differenzierung des Ordnungsgrads (Abgabe)	0,33	0,5	1	1	1	0,14	0,14	0,04
Erfassung der Kommissionierzonen	3	5	7	7	7	1	1	0,33
Erfassung der Stufen der Kommissionierung	3	5	7	7	7	1	1	0,33
$\lambda_{max} = 7,0496$; $CI = 0,0082$; $CR = 8,27\%$								

Abbildung A-22: Matrix für den Einfluss der Anforderungen in Kommissioniersystemen

Datenerfassung				Eigenvektor
	Erfassung der Betriebsmittel	Erfassung der Dokumente	Erfassung der Informationen	
Erfassung der Betriebsmittel	1	0,5	0,25	0,14
Erfassung der Dokumente	2	1	0,33	0,24
Erfassung der Informationen	4	3	1	0,62
$\lambda_{max} = 3,0255$; $CI = 0,0127$; $CR = 2,45\%$				

Abbildung A-23: Matrix für den Einfluss der Anforderungen bei der Datenerfassung

Dateninterpretation				Eigenvektor
	Erfassung der Betriebsmittel	Erfassung der Dokumente	Erfassung der Informationen	
Erfassung der Betriebsmittel	1	0,5	0,25	0,14
Erfassung der Dokumente	2	1	0,33	0,24
Erfassung der Informationen	4	3	1	0,62
$\lambda_{max} = 3,0255$; $CI = 0,0127$; $CR = 2,45\%$				

Abbildung A-24: Matrix für den Einfluss der Anforderungen bei der Dateninterpretation

Datentransport	Erfassung der Betriebsmittel				Eigenvektor
	1	0,5	0,33	0,11	
Erfassung der Betriebsmittel	1	0,5	0,33	0,11	0,06
Erfassung der Dokumente	2	1	0,5	0,14	0,1
Erfassung der Informationen	3	2	1	0,2	0,17
Identifizierung von Medienbrüchen	9	7	5	1	0,67
$\lambda_{max} = 4,0765; CI = 0,0255; CR = 6,89\%$					

Abbildung A-25: Matrix für den Einfluss der Anforderungen beim Datentransport

Datenspeicherung	Erfassung der Computersysteme		Eigenvektor
	1	0,2	
Erfassung der Computersysteme	1	0,2	0,17
Erfassung der Dokumentenablage	5	1	0,83
$\lambda_{max} = 2; CI = 0; CR = 0\%$			

Abbildung A-26: Matrix für den Einfluss der Anforderungen bei der Datenspeicherung

Datenverarbeitung	Erfassung der Computersysteme			Darstellung der Auftrags-einspeisung		Eigenvektor
	1	0,2	0,14	0,33	0,06	
Erfassung der Computersysteme	1	0,2	0,14	0,33	0,06	
Darstellung der Auftragseinspeisung	5	1	0,5	3	0,3	
Erfassung der Einspeisung von Kommissionierlisten	7	2	1	4	0,5	
Darstellung der Erstellung der Kommissionierlisten	3	0,33	0,25	1	0,13	
$\lambda_{max} = 4,08; CI = 0,0267; CR = 7,21\%$						

Abbildung A-27: Matrix für den Einfluss der Anforderungen bei der Datenverarbeitung

Kundenanalyse	Definition des Systems			Eigenvektor
	1	2	0,33	
Defintion des Systems	1	2	0,33	0,23
Einfache, standardisierte Symbole	0,5	1	0,2	0,12
Beschränkung auf kritische Parameter	3	5	1	0,65
$\lambda_{max} = 3,0054$; $CI = 0,0027$; $CR = 0,52\%$				

Abbildung A-28: Matrix für den Einfluss der Anforderungen bei der Kundenanalyse

Prozessaufnahme	Darstellung auf Prozessschrittebene				Eigenvektor
	1	1	3	2	
Einfache, standardisierte Symbole	1	1	3	2	0,32
Beschränkung auf kritische Parameter	1	1	3	2	0,32
simples Verfahren ohne digitale Hilfsmittel	0,33	0,33	1	0,5	0,11
Darstellung auf Prozessschrittebene	0,5	0,5	2	1	0,18
Gemeinsame Aufnahme des Mat.- und Info.-Flusses	0,25	0,25	0,5	0,33	0,07
$\lambda_{max} = 5,0452$; $CI = 0,0113$; $CR = 5,14\%$					

Abbildung A-29: Matrix für den Einfluss der Anforderungen bei der Prozessaufnahme

Verbesserungspotential identifizieren	Erfassung übergreifender Kennzahlen		Eigenvektor
	1	0,125	
Einfache, standardisierte Symbole	1	0,125	0,07
Erfassung übergreifender Kennzahlen	8	1	0,66
Erfassung wertschöpfender Prozesse	5	0,33	0,27
$\lambda_{max} = 3,0672$; $CI = 0,0336$; $CR = 6,46\%$			

Abbildung A-30: Matrix für den Einfluss der Anforderungen bei der Identifizierung von Verbesserungspotential

In der beigefügten Datei „AHP-Analyse.xlsx“ kann die AHP-Analyse mit Microsoft Excel detailliert nachvollzogen werden.

A.12 QFD zur Auswahl der Methodenfragmente

Anforderungen		Methodenfragmente										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nr.	Prio.											
1	0,45 %											
2	Pflicht											
3	3,73 %											
4	Pflicht											
5	Pflicht				9	9		9	9			
6	Pflicht											
7	Pflicht											
8	1,76 %											
9	5,81 %											
10	Pflicht											
11	Pflicht											
12	4,10 %											
13	10,22 %											
14	2,14 %											
15	1,15 %											
16	0,55 %											
17	3,57 %											
18	1,78 %											
19	3,10 %											
20	11,64 %											
21	1,08 %											
22	4,37 %											
23	0,46 %											
24	0,46 %											
25	0,46 %											
26	3,49 %											
27	3,49 %											
28	1,82 %											
29	2,84 %											
30	7,12 %											
31	2,01 %											
32	0,20 %											
33	0,43 %											
34	0,58 %											
35	0,95 %											
36	0,25 %											
37	Pflicht		9									
38	0,63 %		9		3	9		3	9			
39	4,63 %				9	9		9	9		9	
40	5,75 %		9		3	3		3	3		9	
41	1,37 %	9		9			9			9		9
42	Pflicht	9		9			9					9
43	2,29 %											
44	0,86 %											9
45	3,15 %											
46	1,32 %											
Primäres Kriterium		9	9	9	9	9	9	9	9	0	0	9
Sekundäres Kriterium		0,12	0,57	0,12	0,61	0,65	0,12	0,61	0,65	0,12	0,93	0,20

Abbildung A-31: QFD-Matrix zur Auswahl der Methodenfragmente 1-11

Anforderungen		Methodenfragmente										
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Nr.	Prio.											
1	0,45 %	3		9								
2	Pflicht	9		9								
3	3,73 %	3		9								
4	Pflicht	3		3								3
5	Pflicht	3		9								
6	Pflicht		9	9								
7	Pflicht	3	9	9								
8	1,76 %											
9	5,81 %	3	3	3								
10	Pflicht	9		9								
11	Pflicht			9								
12	4,10 %	3		9								
13	10,22 %	3		9								
14	2,14 %	3		9								
15	1,15 %	3		3								
16	0,55 %	3		3								
17	3,57 %				9							
18	1,78 %											
19	3,10 %	3		3								
20	11,64 %		9	9								
21	1,08 %		3	3								
22	4,37 %		3	9								
23	0,46 %	3		3								
24	0,46 %	3		3								
25	0,46 %	3		3								
26	3,49 %	3		3	3							
27	3,49 %	3		9	3							
28	1,82 %			9								
29	2,84 %	3		9								
30	7,12 %	3		3								
31	2,01 %					3						
32	0,20 %	9		9		3						
33	0,43 %			3								
34	0,58 %					9						
35	0,95 %					9						
36	0,25 %					3						
37	Pflicht											
38	0,63 %											
39	4,63 %	9		9	9	9						9
40	5,75 %	9		9								
41	1,37 %						9	9	9			9
42	Pflicht											
43	2,29 %	9										
44	0,86 %						9	9				
45	3,15 %									3		
46	1,32 %											
Primäres Kriterium		27	18	57	0	0	0	0	0	0	0	3
Sekundäres Kriterium		2,65	1,39	5,71	0,95	0,63	0,20	0,20	0,12	0,09	0,12	0,42

Abbildung A-32: QFD-Matrix zur Auswahl der Methodenfragmente 12-22

Die Methodenfragmente, die durch die QFD bewertet werden, können anhand der Nummerierung im Anhang A.16 nachgeschlagen werden. Analog können die Anforderungen mit ihrer Nummerierung im Anhang A.17 nachverfolgt werden. Außerdem kann das QFD zur Auswahl der Methodenfragmente anhand der beigefügten Datei „QFD zur

Auswahl der Methodenfragmente.xlsx“ mit Microsoft Excel detailliert nachvollzogen werden.

A.13 Farbsymbolik

Die folgende Tabelle führt Assoziationen und Gefühle auf, die Menschen durch die Betrachtung von Farben suggeriert werden.

Farbe	Assoziationen und Gefühle
Rot	Hitze, Aktivität, Dynamik, Macht, Stärke, Schnelligkeit, Energie, Leben, Liebe, Erotik, Begierde, Unruhe, Aggressivität, Zorn, Blut, Krieg, Gefahr, Warnung
Orange	Wärme, Geselligkeit, Freude, Aktivität, Vergnügen, Aufdringlichkeit
Gelb	Sonne, Reife, Helligkeit, Heiterkeit, Lebhaftigkeit, Hoffnung, Optimismus, Glück, Geiz, Eifersucht
Grün	Natur, Wachstum, Üppigkeit, Frische, Ruhe, Friedlichkeit, Ausgeglichenheit, Entspannung, Gesundheit, Hoffnung, Neid, Gift
Blau	Himmel, Meer, Unendlichkeit, Weite, Sicherheit, Ausgeglichenheit, Glaubwürdigkeit, Ernst, Konzentration, Treue, Harmonie, Freundschaft, Passivität, Statik, Distanz, Kälte
Lila	Fragilität, Einsamkeit, Sehnsucht, Phantasie, Nostalgie, Pietät, Sakralität, Magie, Verborgenheit, Frauenemanzipation, Selbstbezogenheit, Eitelkeit, Dekadenz, Trauer
Rosa	Zartheit, Weichheit, Baby, Weiblichkeit, Zärtlichkeit, Lieblichkeit, Sanftheit, Milde, Sensibilität, Romantik, Naivität, Kitschigkeit
Schwarz	Eleganz, Würde, Schwere, Nacht, Geheimnis, Undurchdringlichkeit, Individualität, Intellektualität, Eleganz, Introvertiertheit, Arroganz, Härte, Gewalt, Tod, Trauer, Melancholie
Grau	Neutralität, Nüchternheit, Sachlichkeit, Biederkeit, Theorie, Nachdenklichkeit, Eleganz, Technologie, Alter, Einsamkeit, Langeweile, Trostlosigkeit, Elend, Depression
Weiß	Reinheit, Klarheit, Unschuld, Ordnung, Vollkommenheit, Authentizität, Idealismus, Leichtigkeit, Neutralität, Ehrlichkeit, Wahrheit, Leere

Tabelle A-10: Beispiele für Farbsymbolik (i. A. Thesmann 2010, S. 272)

A.14 Schematisches Beispiel eines intralogistikorientiertem Wertstromdiagramms

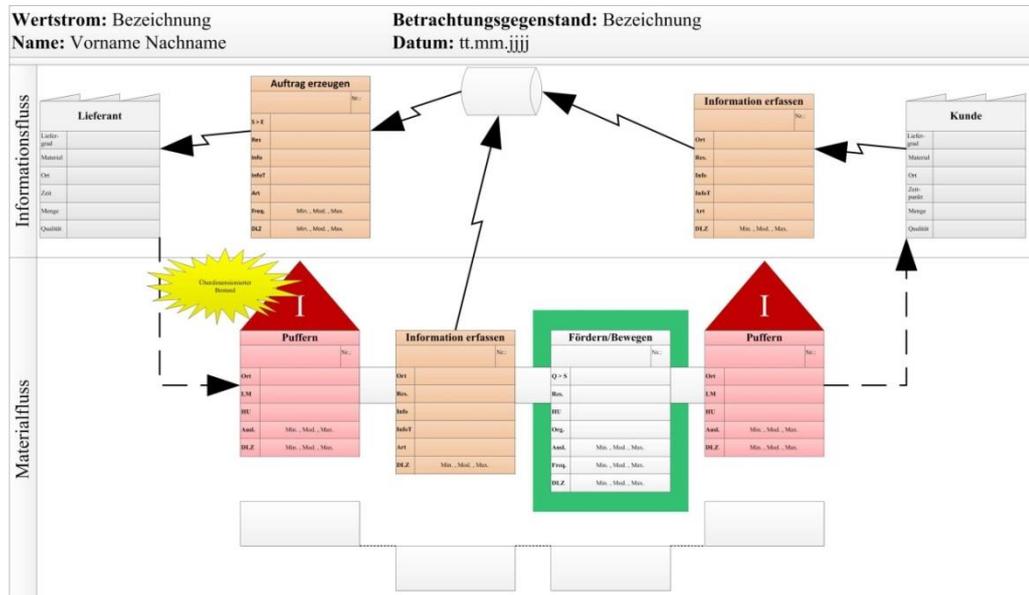


Abbildung A-33: Beispiel für ein intralogistikorientiertes Wertstromdiagramm

A.15 Ergebnisse der Evaluation

Der Wareneingangsprozess für Kleinteile wird bei der Windmüller & Hölscher KG durch eine Materialbestellung über die Pool4Tool-Software ausgelöst. Der Lieferant nimmt diese Bestellung an und hat die Möglichkeit die Lieferung per ASN im Vorhinein anzumelden. Sobald die Lieferung mit einem KEP auf dem Werksgelände eintrifft, muss dieser an einer Schranke warten. Diese Schranke wird durch den Mitarbeiter in der Warenannahme ferngesteuert. Sobald dem KEP die Durchfahrt erlaubt wird, stellt der Mitarbeiter eine Palette für die Entladung bereit. Die Entladung der Packstücke durch den KEP überprüft der Mitarbeiter der Warenannahme und quittiert sie abschließend. Hiernach transportiert er die Packstücke auf der Palette zu seinem Arbeitsplatz oder puffert sie zunächst in einem Palettenregal. Hiernach legt er die Anlieferungen der Packstücke im Warehouse Management System an, sofern dies notwendig ist und etikettiert sie. Außerdem überprüft er, ob die Packstücke Fehlteile enthalten und schleust sie gegebenenfalls aus. Nach der Bearbeitung aller Packstücke einer Palette transportiert er die Palette zum Arbeitspuffer der Dekonsolidierung. Die Dekonsolidierer vereinzeln die Materialien und prüfen sie auf Mengen- und Qualitätsabweichungen. Sofern hierbei keine Mängel entdeckt werden, wird die Wareneingangsbuchung durchgeführt und die Materialien werden mit dem Lageretikett markiert. Daraufhin werden die Materialien in Schäferkisten gepackt, die wiederum auf einer Palette gesammelt werden. Sobald eine solche Palette gefüllt ist, wird sie dem innerbetrieblichen Transport bereitgestellt. Dieser transportiert das Material mit einem Planwagen, der durch einen Gabelstapler gezogen

wird, zum Lager. Hier werden die Paletten mit den Schäferkisten auf der Bereitstellungsfläche für das Lager entladen.

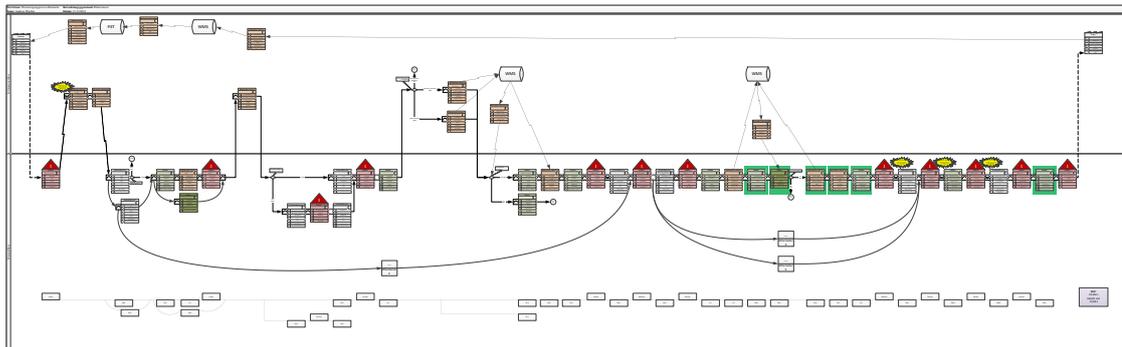


Abbildung A-34: Intralogistikorientiertes Wertstromdiagramm zum Wareneingangsprozess für Kleinteile der Windmüller & Hölscher KG

Die Kommissionierung der Kleinteile wird bei der Windmüller & Hölscher KG dadurch ausgelöst, dass ein Montageteamleiter einen Arbeitsgang im ERP-System freigibt. Daraufhin wird eine auftragsorientierte Kommissionierliste durch das Warehouse Management System erstellt und das Kleinteillager wird beauftragt, die entsprechenden Materialien auszulagern. Die Kleinteile bei der Windmüller & Hölscher KG werden in zwei Zonen zonenparallel kommissioniert. Im Kleinteillager werden die entsprechenden Materialien in Schäferkisten durch ein Förderband zum Kommissionierer transportiert. Dieser tütet die geforderte Menge des jeweiligen Materials mit Hilfe einer gedruckten Kommissionierliste ein und etikettiert die Tüte mit dem Montagetikette. In der zweiten Zone, dem Kardexlager, beauftragt der Kommissionierer selbstständig die Auslagerung der jeweiligen Materialien. Die Materialien werden für den Kommissionierer in einer digitalen Kommissionierdatei in seinem Computer aufgeführt. Nachdem das Tablar mit dem jeweiligen Material zum Kommissionierer gefördert wurde, tütet er ebenfalls die gewünschte Menge des Materials ein und etikettiert sie. Die Kommissionierer beenden jeweils ihren Kommissioniervorgang, indem sie das eingetütete Material in die vorgesehene Gitterbox in der IBT Bereitstellungsfläche ablegen. Hierbei besitzen die Kommissionierer aus dem Kleinteillager die zusätzliche Aufgabe, dass sie den Abtransport mit Hilfe des IBT Transportzettels beauftragen sollen, sobald eine Gitterbox ausreichend befüllt ist. Wenn der zuständige Staplerfahrer den angehefteten IBT Transportzettel sieht, transportiert er die Gitterbox direkt zur Montage Bereitstellungsfläche.

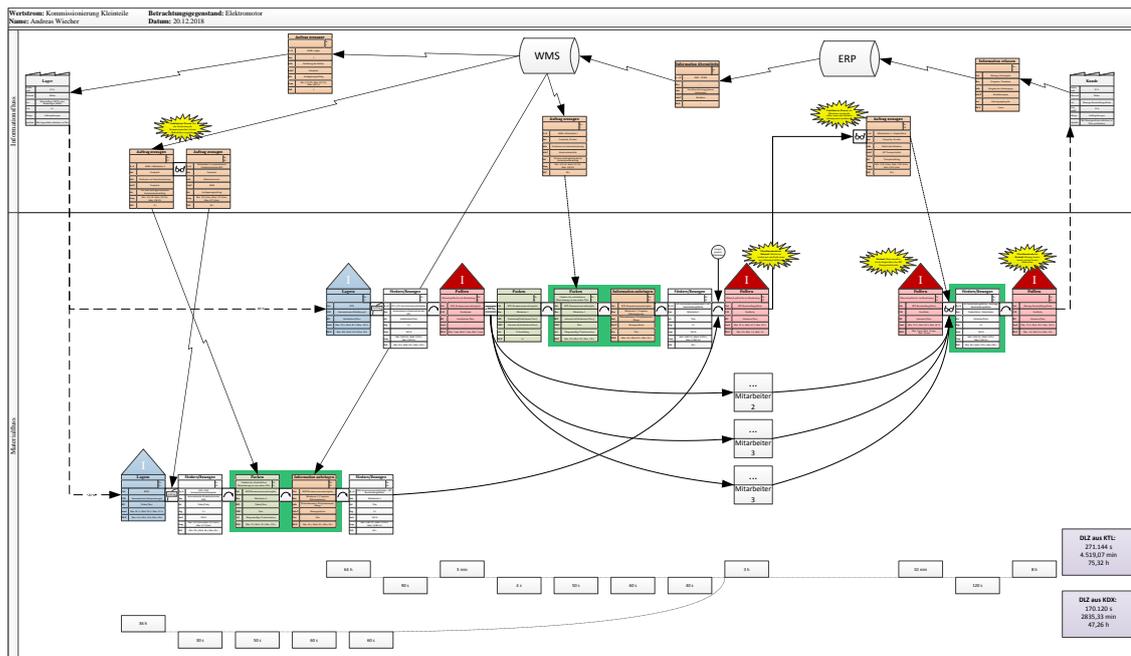


Abbildung A-35: Intralogistikorientiertes Wertstromdiagramm zur Kommissionierung von Kleinteilen der Windmüller & Hölscher KG

In der beigefügten Datei „Pilotprozesse.vsd“ können die Wertstromdiagramme mit Microsoft Visio detailliert nachvollzogen werden.

Anforderungen		Methodenfragmente								
		Familienrepräsentanten auswählen	Familienrepräsentant	Kundenbedarf analysieren	IL-orientiertes Kundensymbol	Lieferanten analysieren	IL-orientiertes Lieferantensymbol	Auftragskette aufnehmen	Prozess aufnehmen	IL-orientierte Prozesssymbole
Nr.	Prio.									
1	0,45 %									9
2	Pflicht									9
3	3,73 %									9
4	Pflicht									
5	Pflicht				9		9			9
6	Pflicht									9
7	Pflicht									9
8	1,76 %									
9	5,81 %									9
10	Pflicht									9
11	Pflicht									9
12	4,10 %									9
13	10,22 %									9
14	2,14 %									9
15	1,15 %									9
16	0,55 %									9
17	3,57 %									
18	1,78 %									9
19	3,10 %									9
20	11,64 %									9
21	1,08 %									
22	4,37 %									9
23	0,46 %									9
24	0,46 %									9
25	0,46 %									9
26	3,49 %									3
27	3,49 %									3
28	1,82 %									9
29	2,84 %									9
30	7,12 %									9
31	2,01 %									9
32	0,20 %									9
33	0,43 %									9
34	0,58 %									
35	0,95 %									
36	0,25 %									
37	Pflicht		9							
38	0,63 %		9		9		9			
39	4,63 %				9		9			3
40	5,75 %		9		9		9			9
41	1,37 %	9		9		9		9	9	
42	Pflicht	9		9		9			9	
43	2,29 %									
44	0,86 %							9		
45	3,15 %				9		9			
46	1,32 %									

Abbildung A-36: Bewertung der intralogistikorientierten Methodenfragmenten I

Anforderungen		Methodenfragmente							
		IL-orientierte Steuerungsbausteine	IL-orientierte Informationsfluss symbole	IL-orientiertes Wertstromdiagramm	Zeitachse erstellen	Zeitachse	Verbesserungspotential identifizieren	Kaizen-Blitze	Markierung der Wertschöpfung
Nr.	Prio.								
1	0,45 %								
2	Pflicht								
3	3,73 %								
4	Pflicht							9	
5	Pflicht								
6	Pflicht								
7	Pflicht								
8	1,76 %	9							
9	5,81 %								
10	Pflicht								
11	Pflicht								
12	4,10 %								
13	10,22 %								
14	2,14 %								
15	1,15 %								
16	0,55 %								
17	3,57 %	9							
18	1,78 %								
19	3,10 %								
20	11,64 %								
21	1,08 %								
22	4,37 %								
23	0,46 %								
24	0,46 %								
25	0,46 %								
26	3,49 %	3							
27	3,49 %	3							
28	1,82 %								
29	2,84 %								
30	7,12 %								
31	2,01 %		9						
32	0,20 %		3						
33	0,43 %								
34	0,58 %		9						
35	0,95 %		9						
36	0,25 %			9					
37	Pflicht								
38	0,63 %								
39	4,63 %	9	9					9	
40	5,75 %								
41	1,37 %			9	9		9		
42	Pflicht								
43	2,29 %								
44	0,86 %			9					
45	3,15 %					9			
46	1,32 %								9

Abbildung A-37: Bewertung der intralogistikorientierten Methodenfragmenten II

A.16 Methodenfragmente

Name:	Familienrepräsentant auswählen	Nr.: 1
Attribute		
Zweck:	Dem Wertstrom wird seine Komplexität durch die Betrachtung eines Produkts genommen, indem der aufgenommene Wertstrom des Produkts mit denen der übrigen Produkte möglichst weit übereinstimmt.	
Beschreibung:	Es werden Produktfamilien erstellt, indem homogene Produkte zu einer Produktfamilie zusammengeführt werden, sodass die Produktfamilien untereinander möglichst heterogen sind. Daraufhin wird ein Produkt je Familie mit den typischen Eigenschaften der Produktfamilie ausgewählt.	
Beziehungen		
Beeinflusst:	Erstellt „Familienrepräsentant“	
Grundlage:	Verwendet „Produktportfolio“	

Abbildung A-38: Methodenfragment „Familienrepräsentant auswählen“

Name:	Familienrepräsentant	Nr.: 2
Attribute		
Beschreibung:	Es ist ein Familienrepräsentant je Produktfamilie ausgewählt worden.	
Beziehungen		
Beeinflusst:	Erstellt durch „Familienrepräsentant auswählen“	

Abbildung A-39: Methodenfragment „Familienrepräsentant“

Name:	Kundenbedarf analysieren	Nr.: 3
Attribute		
Zweck:	Den Wertstrom aus Kundensicht betrachten, sodass Verschwendung im Prozess vermieden werden kann.	
Beschreibung:	Kunden des Familienrepräsentanten werden analysiert, um ihre Anforderungen in Form von Kennzahlen (Anzahl der Varianten, Kundentakt, Lieferzeit, Liefertreue usw.) festzuhalten.	
Beziehungen		
Beeinflusst:	Erstellt „Kundensymbol“	
Grundlage:	Verwendet „Familienrepräsentant“	

Abbildung A-40: Methodenfragment „Kundenbedarf analysieren“

Name:	Klassisches Kundensymbol	Nr.: 4
Attribute		
Beschreibung:	Die Lieferanforderungen des Kunden sind durch Kennzahlen im Kundensymbol festgehalten.	
Beziehungen		
Beeinflusst:	Erstellt durch „Kundenbedarf analysieren“	

Abbildung A-41: Methodenfragment „klassisches Kundensymbol“

Name:	Logistikorientiertes Kundensymbol	Nr.: 5
Attribute		
Beschreibung:	Die Lieferanforderungen des Kunden sind anhand der fünf R der Logistik (Material, Menge, Qualität, Zeit und Ort) im Kundensymbol festgehalten.	
Beziehungen		
Beeinflusst:	Erstellt durch „Kundenbedarf analysieren“	

Abbildung A-42: Methodenfragment „Logistikorientiertes Kundensymbol“

Name:	Lieferanten analysieren	Nr.: 6
Attribute		
Zweck:	Die durch den Lieferanten gegebenen Rahmenbedingungen erfassen, um ihre Anforderungen festzuhalten.	
Beschreibung:	Lieferanten für den jeweiligen Familienrepräsentanten werden analysiert.	
Beziehungen		
Beeinflusst:	Erstellt „Lieferantensymbol“	
Grundlage:	Verwendet „Familienrepräsentant“	

Abbildung A-43: Methodenfragment „Lieferanten analysieren“

Name:	Klassisches Lieferantensymbol	Nr.: 7
Attribute		
Beschreibung:	Die gegebenen Rahmenbedingungen durch den Lieferanten sind durch Kennzahlen im Lieferantensymbol festgehalten.	
Beziehungen		
Beeinflusst:	Erstellt durch „Lieferanten analysieren“	

Abbildung A-44: Methodenfragment „klassisches Lieferantensymbol“

Name:	Logistikorientiertes Lieferantensymbol	Nr.: 8
Attribute		
Beschreibung:	Die gegebenen Rahmenbedingungen durch den Lieferanten sind anhand der fünf R der Logistik (Material, Menge, Qualität, Zeit und Ort) im Lieferantensymbol festgehalten.	
Beziehungen		
Beeinflusst:	Erstellt durch „Lieferanten analysieren“	

Abbildung A-45: Methodenfragment „logistikorientiertes Lieferantensymbol“

Name:	Produktionsplanung aufnehmen	Nr.: 9
Attribute		
Zweck:	Die Produktionsplanung im Informationsfluss berücksichtigen, um ihren Einfluss auf den Materialfluss festzuhalten.	
Beschreibung:	Die Produktionsplanung für den jeweiligen Familienrepräsentanten wird aufgenommen.	
Beziehungen		
Beeinflusst:	Erstellt „Produktionsdatenkasten“	
Grundlage:	Verwendet „Familienrepräsentant“	

Abbildung A-46: Methodenfragment „Produktionsplanung aufnehmen“

Name:	Produktionsdatenkasten	Nr.: 10
Attribute		
Beschreibung:	Stellt die Produktionsplanung anhand von Kennzahlen dar.	
Beziehungen		
Beeinflusst:	Erstellt durch „Produktionsplanung aufnehmen“	

Abbildung A-47: Methodenfragment „Produktionsdatenkasten“

Name: Prozess aufnehmen		Nr.: 11
Attribute		
Zweck:	Die Ist-Zustände des Material- und Informationsflusses sollen gemeinsam aus Kundensicht detailliert aufgenommen werden, da sich diese gegenseitig bedingen.	
Beschreibung:	Die Prozessschritte des Materialflusses mit ihren Kennzahlen werden in der richtigen Reihenfolge aufgenommen. Dies geschieht mit Zettel und Stift wertstromaufwärts iterativ vor Ort in der Produktion. Kennzahlen werden selber gemessen/beobachtet. Parallel wird der Informationsfluss mit seinen Prozessschritten aufgenommen sowie die Verbindungen zwischen diesen Flüssen. Die Ergebnisse werden in das Wertstromdiagramm eingetragen.	
Beziehungen		
Beeinflusst:	Erstellt „Prozesssymbole“ Erstellt „Bestandssymbole“ Erstellt „Steuerungsbausteine“ Erstellt „Informationsflusssymbole“ Erweitert „Wertstromdiagramm“	
Grundlage:	Verwendet „Familienrepräsentant“ Verwendet „Wertstromdiagramm“	

Abbildung A-48: Methodenfragment „Prozess aufnehmen“

Name: Klassische Prozesssymbole		Nr.: 112
Attribute		
Beschreibung:	Stellt die einzelnen Prozessschritte des Materialflusses mit ihren Kennzahlen dar.	
Beziehungen		
Beeinflusst:	Erstellt durch „Prozess aufnehmen“	

Abbildung A-49: Methodenfragment „Klassische Prozesssymbole“

Name:	Bestandssymbole	Nr.: 13
Attribute		
Beschreibung: Stellt die Bestände wie Puffer und Supermärkte im Materialfluss mit ihren Reichweiten dar.		
Beziehungen		
Beeinflusst: Erstellt durch „Prozess aufnehmen“		

Tabelle A-11: Methodenfragment „Bestandssymbole“

Name:	Logistikorientierte Prozesssymbole	Nr.: 14
Attribute		
Beschreibung: Stellt die einzelnen Prozessschritte des Materialflusses mit ihren Kennzahlen anhand der standardisierten Logistikfunktionen dar.		
Beziehungen		
Beeinflusst: Erstellt durch „Prozess aufnehmen“		

Abbildung A-50: Methodenfragment „Logistikorientierte Prozesssymbole“

Name:	Steuerungsbausteine	Nr.: 15
Attribute		
Beschreibung: Stellt die Verbindungen zwischen den Prozessen des Materialflusses dar und führt auf, wie ein Prozess ausgelöst wird.		
Beziehungen		
Beeinflusst: Erstellt durch „Prozess aufnehmen“		

Abbildung A-51: Methodenfragment „Materialflusssymbole“

Name:	Informationsflusssymbole	Nr.: 16
Attribute		
Beschreibung: Stellt die Bewegungen von Informationen dar.		
Beziehungen		
Beeinflusst: Erstellt durch „Prozess aufnehmen“		

Abbildung A-52: Methodenfragment „Informationsflusssymbole“

Name:	Klassisches Wertstromdiagramm	Nr.: 17
Attribute		
Beschreibung: Entspricht dem klassischen Aufbau eines Wertstromdiagramms.		
Beziehungen		
Beeinflusst: Erweitert durch „Prozess aufnehmen“		
Erweitert durch „Zeitachse erstellen“		

Abbildung A-53: Methodenfragment „Klassisches Wertstromdiagramm“

Name:	administratives Wertstromdiagramm	Nr.: 18
Attribute		
Beschreibung: Entspricht dem Aufbau eines administrativen Wertstromdiagramms.		
Beziehungen		
Beeinflusst: Erweitert durch „Prozess aufnehmen“		
Erweitert durch „Zeitachse erstellen“		

Abbildung A-54: Methodenfragment „administratives Wertstromdiagramm“

Name:	Zeitachse erstellen	Nr.: 19
Attribute		
Zweck: Anhand der Zeitachse kann die Zusammensetzung der Durchlaufzeit analysiert werden.		
Beschreibung: Mit Hilfe der Zeiten aus den aufgenommen Prozessschritten des gesamten Wertstroms wird die Zeitachse befüllt und abschließend die gesamte Prozesszeit sowie die Durchlaufzeit ermittelt.		
Beziehungen		
Beeinflusst: Erstellt „Zeitachse“		
Erweitert „Wertstromdiagramm“		
Grundlage: Verwendet „Wertstromdiagramm“		

Abbildung A-55: Methodenfragment „Zeitachse erstellen“

Name:	Zeitachse	Nr.: 20
Attribute		
Beschreibung: Gibt die Prozess-, Puffer- und Durchlaufzeiten an.		
Beziehungen		
Beeinflusst: Erstellt durch „Zeitachse erstellen“		

Abbildung A-56: Methodenfragment „Zeitachse“

Name:	Verbesserungspotential identifizieren	Nr.: 21
Attribute		
Zweck: Es wird Verbesserungspotential für direkte Maßnahmen identifiziert sowie für die Vorbereitung des Wertstromdesigns		
Beschreibung: Durch Analyse des aufgenommen Wertstroms wird Verbesserungspotential identifiziert		
Beziehungen		
Beeinflusst: Erstellt „Kaizen-Blitze“		
Grundlage: Verwendet „Wertstromdiagramm“		

Abbildung A-57: Methodenfragment „Verbesserungspotential identifizieren“

Name:	Kaizen-Blitze	Nr.: 22
Attribute		
Beschreibung: Markieren Verbesserungspotentiale im Wertstrom.		
Beziehungen		
Beeinflusst: Erstellt durch „Verbesserungspotentiale identifizieren“		

Abbildung A-58: Methodenfragment „Kaizen-Blitze“

A.17 Anforderungen

Nr.: 1	Erfassung der Packmittel
Priorität	0,45 %
Beschreibung	Die Packmittel eines Verpackungssystems sollen erfasst werden.
Einschränkungen	Ausschließlich die Packmittel, die im betrachteten Wertstrom verwendet werden.
Nutzen	Identifikation von Verschwendung durch falsche Verwendung von Packmitteln
Querbezüge	Verpackungssysteme

Abbildung A-59: Anforderung „Erfassung der Packmittel“

Nr.: 2	Erfassung der Prozesszeiten
Priorität	Pflicht
Beschreibung	Die Zeiten, die zur Ausführung der jeweiligen Tätigkeiten im Wertstrom nötig sind, sollten aufgenommen werden.
Einschränkungen	Es wird die durchschnittliche Prozesszeit aufgenommen.
Nutzen	Verschwendung insbesondere durch unnötige Tätigkeiten kann anhand einer zu langen Prozesszeit erkannt werden.
Querbezüge	Verpackungssysteme, Fördersysteme, Umschlagsysteme, Sortier- und Verteilsysteme, Lagersysteme, nicht-intralogistische Systeme, Datenerfassung, Dateninterpretation, Datentransport

Abbildung A-60: Anforderung „Erfassung der Prozesszeiten“

Nr.: 3	Erfassung der Betriebsmittel
Priorität	3,73 %
Beschreibung	Die Betriebsmittel, die ein Mitarbeiter für die Durchführung eines intralogistischen Prozesses benötigt, sollen aufgenommen werden.
Einschränkungen	Es werden nur die Betriebsmittel betrachtet, die zur Durchführung eines Prozesses des betrachteten Wertstroms benötigt werden.
Nutzen	Ressourcenverschwendung durch falsche/unpassende Betriebsmittel kann identifiziert werden.
Querbezüge	Verpackungssysteme, Umschlagsystem, Kommissioniersystem, Datenerfassung, Dateninterpretation

Abbildung A-61: Anforderung „Erfassung der Betriebsmittel“

Nr.: 4	Erfassung der Wartezeiten
Priorität	Pflicht
Beschreibung	Die Wartezeit eines Mitarbeiters bzw. die Brachzeit einer Maschine im Prozess soll aufgenommen werden.
Einschränkungen	Es wird die durchschnittliche Wartezeit betrachtet.
Nutzen	Hieran kann direkt Verschwendung in Form von Wartezeiten identifiziert werden, um diese zu eliminieren.
Querbezüge	Verpackungssysteme, Fördersysteme, Sortier- und Verteilsysteme, Umschlagsysteme, Lagersysteme, Kommissioniersysteme, nicht-intralogistische Systeme

Abbildung A-62: Anforderung „Erfassung der Wartezeiten“

Nr.: 5	Ermittlung der Inputmenge
Priorität	Pflicht
Beschreibung	Es soll die Inputmenge aufgenommen werden, die in ein System eingespeist wird. Sofern die Inputmenge Schwankungen unterliegt, sollten diese ebenfalls berücksichtigt werden.
Einschränkungen	Es werden nur die durchschnittliche Anzahl von Gütern aufgenommen, die im betrachteten Wertstrom bearbeitet werden.
Nutzen	Es kann überprüft werden, ob der Arbeitsinhalt eines Systems ausreichend nivelliert ist oder ob es zu Verschwendung durch Überlieferung oder Wartezeiten kommen kann.
Querbezüge	Verpackungssysteme, Fördersysteme, Sortier- und Verteilsysteme, Umschlagsysteme, Lagersysteme, Kommissioniersysteme

Abbildung A-63: Anforderung „Ermittlung der Inputmenge“

Nr.: 6	Erfassung von Pufferbeständen
Priorität	Pflicht
Beschreibung	Puffer sollen mit ihren Reichweiten erfasst werden.
Einschränkungen	Es werden ausschließlich die Puffer betrachtet, in denen Materialien und Produkte des betrachteten Wertstroms gepuffert werden.
Nutzen	Verschwendung unter anderem durch überdimensionierte Bestände bzw. Überlieferung kann anhand der Puffer identifiziert werden.
Querbezüge	Verpackungssysteme, Fördersysteme, Sortier- und Verteilsysteme, Umschlagsysteme, Lagersysteme, Kommissioniersysteme, nicht-intralogistische Systeme

Abbildung A-64: Anforderung „Erfassung von Pufferbeständen“

Nr.: 7	Erfassung der HU
Priorität	Pflicht
Beschreibung	Die HU mit denen die Güter in den Prozessen gehandelt bzw. eingespeist werden, sollen erfasst werden.
Einschränkungen	Es werden ausschließlich die HU der Güter betrachtet, die den betrachteten Wertstrom durchlaufen.
Nutzen	Verschwendung durch überdimensionierte Bestände, Wartezeiten oder undefinierte Prozesse können durch falsche Ladehilfsmittel entstehen, sodass die Erfassung der HU bei der Identifikation von Verschwendung unterstützt.
Querbezüge	Verpackungssysteme, Fördersysteme, Sortier- und Verteilsysteme, Umschlagsysteme, Lagersysteme, nicht-intralogistische Systeme

Abbildung A-65: Anforderung „Erfassung der HU“

Nr.: 8	Darstellung des Leergutprozesses
Priorität	1,76 %
Beschreibung	Der Leergutprozess zur Versorgung eines Prozesses mit Leergut soll erfasst werden.
Einschränkungen	Es werden ausschließlich die Leergüter betrachtet, die im betrachteten Wertstrom verwendet werden.
Nutzen	Verschwendung im Leergutprozess selber und durch den Leergutprozess kann durch seine Darstellung aufgedeckt werden.
Querbezüge	Verpackungssysteme

Abbildung A-66: Anforderung „Darstellung des Leergutprozesses“

Nr.: 9	Erfassung der Flächen
Priorität	5,81 %
Beschreibung	Die Flächen, die durch den betrachteten Prozess genutzt werden, sollten aufgenommen werden.
Einschränkungen	Es sollten nur Flächen betrachtet werden, die der untersuchten Wertstrom nutzt.
Nutzen	Ressourcenverschwendung durch ineffiziente Flächenausnutzung kann identifiziert werden.
Querbezüge	Verpackungssysteme, Fördersysteme, Sortier- und Verteilsysteme, Umschlagsysteme, Lagersysteme, Kommissioniersysteme

Abbildung A-67: Anforderung „Erfassung der Flächen“

Nr.: 10	Erfassung der Mitarbeiter
Priorität	Pflicht
Beschreibung	Die beteiligten Mitarbeiter an einem Prozess sollen aufgenommen werden.
Einschränkungen	Es sollen nur die Mitarbeiter aufgenommen werden, die direkt im betrachteten Wertstrom tätig sind.
Nutzen	Verschwendung durch einen fehlerhaften Abgleich zwischen Auslastung und Durchlaufzeit kann identifiziert werden.
Querbezüge	Verpackungssysteme, Fördersysteme, Sortier- und Verteilsysteme, Umschlagsysteme, Lagersysteme, Kommissioniersysteme, nicht-intralogistische Prozesse

Abbildung A-68: Anforderung „Erfassung der Mitarbeiter“

Nr.: 11	Erfassung der Fördermittel
Priorität	Pflicht
Beschreibung	Die Art der verwendeten Fördermittel (z.B. Gabelstapler, Förderband, Kran, Hubwagen, manuell, usw.) sollte erfasst werden.
Einschränkungen	Es sollten ausschließlich solche Fördermittel aufgenommen werden, die im betrachteten Wertstrom verwendet werden.
Nutzen	Anhand des Fördermittels kann die Ursache von überdimensionierten Beständen identifiziert werden.
Querbezüge	Fördersysteme, Sortier- und Verteilsysteme, Umschlagsysteme

Abbildung A-69: Anforderung „Erfassung der Fördermittel“

Nr.: 12	Erfassung der Auslastung der Transportkapazität
Priorität	4,10 %
Beschreibung	Die Auslastung der Transportkapazität eines Fördermittels sollte aufgenommen werden.
Einschränkungen	Es soll die durchschnittliche Auslastung der Transportkapazität von Fördermitteln aufgenommen werden, die an dem Transport von Waren des betrachteten Wertstrom beteiligt sind.
Nutzen	Verschwendung durch eine mangelnde Auslastung kann identifiziert werden.
Querbezüge	Fördersysteme

Abbildung A-70: Anforderung „Erfassung der Auslastung der Transportkapazität“

Nr.: 13	Erfassung der Transportfrequenz
Priorität	10,22 %
Beschreibung	Die Frequenz, in der ein Fördermittel die Waren zwischen einer Quelle und einer Senke transportiert, soll aufgenommen werden.
Einschränkungen	Es soll die durchschnittliche Transportfrequenz erfasst werden, in der die Güter des betrachteten Wertstroms transportiert werden.
Nutzen	Hierdurch kann eine mögliche Ursache für überdimensionierte Bestände analysiert werden.
Querbezüge	Fördersysteme

Abbildung A-71: Anforderung „Erfassung der Transportfrequenz“

Nr.: 14	Erfassung der Transportmodi
Priorität	2,14 %
Beschreibung	Die Transportmodi der erfassten Fördermittel sollten aufgenommen werden.
Einschränkungen	Direktverkehr, Routenzug, Milkrun
Nutzen	Höhere Transparenz im Materialfluss; Ressourcenverschwendung durch Wahl des falschen Transportmodus kann identifiziert werden.
Querbezüge	Fördersystem

Abbildung A-72: Anforderung „Erfassung der Transportmodi“

Nr.: 15	Erfassung der Einschleusung
Priorität	1,15 %
Beschreibung	Die Art und Weise, wie die Güter in ein Sortier- und Verteilsystem eingeschleust werden, sollte aufgenommen werden.
Einschränkungen	Manuell, Teilautomatisiert, Vollautomatisiert
Nutzen	Verschwendung beispielsweise durch Überlieferung kann anhand der Einschleusung minimiert werden.
Querbezüge	Sortier- und Verteilsystem

Abbildung A-73: Anforderung „Erfassung der Einschleusung“

Nr.: 16	Erfassung der Strukturvariante
Priorität	0,55 %
Beschreibung	Die Strukturvariante eines Sortier- und Verteilsystems wird erfasst.
Einschränkungen	Unterscheidung zwischen Linien-, Loop- und Kreistopologie
Nutzen	Die Ursachen von Wartezeiten und überflüssigen Transporten können in der Struktur eines Sortier- und Verteilsystems liegen und somit daran identifiziert werden.
Querbezüge	Sortier- und Verteilsystem

Abbildung A-74: Anforderung „Erfassung der Strukturvariante“

Nr.: 17	Erfassung der Materialflussaufteilung
Priorität	3,57 %
Beschreibung	Im Falle einer Materialflussaufteilung sollen die verschiedenen Quellen bzw. Senken aufgenommen werden.
Einschränkungen	Materialflüsse zu Zusatzprozessen sollten nur vermerkt werden.
Nutzen	Es wird der vollständige Materialfluss berücksichtigt.
Querbezüge	Sortier- und Verteilsysteme

Abbildung A-75: Anforderung „Erfassung der Materialflussaufteilung“

Nr.: 18	Unterscheidung des Umschlagens mit & ohne Rampe
Priorität	1,78
Beschreibung	Es sollte aufgenommen werden, ob ein Fördermittel über eine Rampe oder nicht ent- und beladen wird.
Einschränkungen	Es sollten nur Fördermittel betrachtet werden, die Waren für den betrachteten Wertstrom transportieren.
Nutzen	Verbesserungspotential durch die Verwendung einer Rampe wird aufgedeckt.
Querbezüge	Umschlagsystem

Abbildung A-76: Anforderung „Unterscheidung des Umschlagens mit & ohne Rampe“

Nr.: 19	Aufführung der Verladeart
Priorität	3,10 %
Beschreibung	Die verschiedenen Verladearten in einem Umschlagsystem sollen aufgenommen werden.
Einschränkungen	Teilverladung, Komplettverladung
Nutzen	Hieran kann Verschwendung in Form von Wartezeiten, unnötigen Tätigkeiten oder überdimensionierten Beständen identifiziert werden.
Querbezüge	Umschlagsysteme

Abbildung A-77: Anforderung „Aufführung der Verladeart“

Nr.: 20	Ermittlung der Lagerbestände
Priorität	11,64 %
Beschreibung	Die Lagerbestände sollen durch die Wertstromanalyse erfasst werden.
Einschränkungen	Es sollen nur die Lagerbestände der Waren des betrachteten Wertstroms berücksichtigt werden.
Nutzen	Hieran kann Verschwendung in Form von überdimensionierten Beständen identifiziert werden.
Querbezüge	Lagersysteme

Abbildung A-78: Anforderung „Ermittlung der Lagerbestände“

Nr.: 21	Ermittlung der Flächennutzung
Priorität	1,08 %
Beschreibung	Die Flächennutzung soll durch die Wertstromanalyse erfasst werden.
Einschränkungen	Es soll nur der Liefergrad der Waren des betrachteten Wertstroms ermittelt werden.
Nutzen	Hieran kann der Grund für Verschwendung in Form von Wartezeiten und Fehler bezogen auf die fünf R der Logistik identifiziert werden.
Querbezüge	Lagersystem

Abbildung A-79: Anforderung „Ermittlung der Flächennutzung“

Nr.: 22	Differenzierung der Lagermittel
Priorität	4,37 %
Beschreibung	Die verwendeten Lagermittel sollen durch die Wertstromanalyse aufgenommen werden.
Einschränkungen	Es soll zwischen den Arten von Lagermitteln (z.B.: Palettenlager, Freifläche, Kragarmregal usw.) differenziert werden.
Nutzen	An dem Lagermittel kann die Ursache für eine schlechte Flächennutzung identifiziert werden.
Querbezüge	Lagersystem

Abbildung A-80: Anforderung „Differenzierung der Lagermittel“

Nr.: 23	Differenzierung des Ordnungsgrads (Bereitstellung)
Priorität	0,46 %
Beschreibung	Es soll unterschieden werden, ob die Aufnahme der Güter in der Kommissionierung geordnet oder ungeordnet durchgeführt wird.
Einschränkungen	Geordnet, Ungeordnet
Nutzen	Hierdurch kann Verschwendung unter anderem durch unnötige Tätigkeiten identifiziert werden.
Querbezüge	Kommissioniersysteme

Abbildung A-81: Anforderung „Differenzierung des Ordnungsgrads (Bereitstellung)“

Nr.: 24	Erfassung der Entnahmefälle
Priorität	0,46 %
Beschreibung	Es soll differenziert werden, ob ein oder mehrere Teile pro Zugriff bei der Entnahme eines Guts entnommen werden.
Einschränkungen	Ein Teil pro Zugriff, Mehrere Teile pro Zugriff
Nutzen	Hierdurch kann Verschwendung durch unnötige Tätigkeiten identifiziert werden.
Querbezüge	Kommissioniersysteme

Abbildung A-82: Anforderung „Erfassung der Entnahmefälle“

Nr.: 25	Differenzierung des Ordnungsgrads (Abgabe)
Priorität	0,46 %
Beschreibung	Es soll unterschieden werden, ob die Abgabe der Güter in der Kommissionierung geordnet oder ungeordnet durchgeführt wird.
Einschränkungen	Geordnet, Ungeordnet
Nutzen	Hierdurch kann Verschwendung unter anderem durch unnötige Tätigkeiten identifiziert werden.
Querbezüge	Kommissioniersysteme

Abbildung A-83: Anforderung „Differenzierung des Ordnungsgrads (Abgabe)“

Nr.: 26	Erfassung der Kommissionierzonen
Priorität	3,49 %
Beschreibung	Es sollen alle Zonen eines Kommissioniersystems erfasst werden.
Einschränkungen	Es soll nur die Zonen aufgenommen werden, in denen Güter des betrachteten Wertstroms kommissioniert werden.
Nutzen	Hierdurch kann Verschwendung unter anderem durch unnötige Tätigkeiten und überflüssige Transporte identifiziert werden.
Querbezüge	Kommissioniersysteme

Abbildung A-84: Anforderung „Erfassung der Kommissionierzonen“

Nr.: 27	Erfassung der Stufen der Kommissionierung
Priorität	3,49 %
Beschreibung	Er soll erfasst werden, in wie vielen Stufen kommissioniert wird.
Einschränkungen	Einstufig, Zweistufig
Nutzen	Hierdurch kann Verschwendung unter anderem durch unnötige Tätigkeiten und überflüssige Transporte identifiziert werden.
Querbezüge	Kommissioniersysteme

Abbildung A-85: Anforderung „Erfassung der Stufen der Kommissionierung“

Nr.: 28	Beschreibung der Tätigkeit
Priorität	1,82 %
Beschreibung	Bei nicht-intralogistischen Systemen soll eine Kurzbeschreibung der Tätigkeit aufgenommen werden.
Einschränkungen	Es soll sich nur um eine grobe und kurze Beschreibung handeln.
Nutzen	Dies soll ein vollständiges Prozessverständnis durch die Wertstromanalyse garantieren.
Querbezüge	Kommissioniersysteme

Abbildung A-86: Anforderung „Beschreibung der Tätigkeit“

Nr.: 29	Erfassung der Dokumente
Priorität	2,84 %
Beschreibung	Die verschiedenen Dokumente, die für die Durchführung eines intralogistischen Prozesses benötigt werden oder die durch diesen Prozess erstellt werden, sollten erfasst werden und dem jeweiligen Prozess zugeordnet werden können.
Einschränkungen	Es ist nur ein Titel bzw. eine Kurzbeschreibung der Dokumente notwendig und nicht ihre Inhalte.
Nutzen	Durch die Erfassung aller Dokumente kann mehr Transparenz in den Prozessen geschaffen werden.
Querbezüge	Datenerfassung, Dateninterpretation, Datentransport

Abbildung A-87: Anforderung „Erfassung der Dokumente“

Nr.: 30	Erfassung der Informationen
Priorität	7,12 %
Beschreibung	Die Informationen, die durch die Computersysteme oder den Dokumenten bereitgestellt werden oder die in diese gespeist werden, sollten erfasst werden.
Einschränkungen	Es soll ausschließlich die Art der Informationen erfasst werden z.B.: Menge, Maße, Gewicht.
Nutzen	Höhere Transparenz im Informationsfluss
Querbezüge	Datenerfassung, Dateninterpretation, Datentransport

Abbildung A-88: Anforderung „Erfassung der Informationen“

Nr.: 31	Identifizierung von Medienbrüchen
Priorität	2,01 %
Beschreibung	Medienbrüche sollten durch Wertstromanalyse zu erkennen sein.
Einschränkungen	Differenzierung des Datentransports durch ein Computersystem (WMS, ERP o.ä.) und anderen Medien (E-Mail, Telefonat, Dokumente o.ä.)
Nutzen	Das Verschwendungsrisiko durch einen Medienbruch kann identifiziert werden.
Querbezüge	Datentransport

Abbildung A-89: Anforderung „Identifizierung von Medienbrüchen“

Nr.: 32	Erfassung der Computersysteme
Priorität	0,20 %
Beschreibung	Die verschiedenen Computersysteme, die an der Steuerung und Dokumentation des Arbeitsablaufs beteiligt sind, sollten erfasst werden.
Einschränkungen	Es sollten nur Computersysteme aufgenommen werden, die direkt an dem Informationsfluss des betrachteten Wertstrom beteiligt sind.
Nutzen	Durch Erfassung aller beteiligter Computersysteme kann mehr Transparenz im Informationsfluss geschaffen werden und zusätzlich werden Schnittstellen identifiziert, die häufig Fehler verursachen.
Querbezüge	Datenspeicherung, Datenverarbeitung

Abbildung A-90: Anforderung „Erfassung der Computersysteme“

Nr.: 33	Erfassung der Dokumentenablage
Priorität	0,43 %
Beschreibung	Die Dokumentenablagen, in denen die Dokumente abgelegt und gelagert werden, sollen aufgenommen werden.
Einschränkungen	Es sollten nur die Ablagen von intralogistischen Dokumenten betrachtet werden.
Nutzen	Durch die Erfassung der Dokumentenablagen wird eine vollständige Aufnahme des Informationsflusses garantiert und bezweckt somit eine höhere Transparenz.
Querbezüge	Datenspeicherung

Abbildung A-91: Anforderung „Erfassung der Dokumentenablage“

Nr.: 34	Darstellung der Auftragseinspeisung
Priorität	0,58 %
Beschreibung	Die Art und Weise wie Aufträge in die Systeme eingespeist werden, sollte aufgenommen werden.
Einschränkungen	Es soll aufgenommen werden, inwiefern die Aufträge an einen Mitarbeiter/ein System eingespeist werden, sodass sich die Arbeitsreihenfolge der Aufträge ergibt.
Nutzen	Anhand der Auftragseinspeisung kann Verbesserungspotential identifiziert werden.
Querbezüge	Datenverarbeitung

Abbildung A-92: Anforderung „Darstellung der Auftragseinspeisung“

Nr.: 35	Erfassung der Einspeisung der Kommissionierlisten
Priorität	0,95 %
Beschreibung	Die Art und Weise wie Kommissionierlisten in die Systeme eingespeist werden, sodass sich entweder eine zonenserielle oder zonenparallele Kommissionierung ergibt, sollte aufgenommen werden.
Einschränkungen	Zonenseriell, Zonenparallel
Nutzen	Anhand der Einspeisung der Kommissionierlisten kann Verschwendung in Form Wartezeiten identifiziert werden und die Durchlaufzeit reduziert werden.
Querbezüge	Datenverarbeitung

Abbildung A-93: Anforderung „Erfassung der Einspeisung der Kommissionierlisten“

Nr.: 36	Darstellung der Erstellung der Kommissionierlisten
Priorität	0,25 %
Beschreibung	Es sollte aufgenommen werden, welche Informationen bei der Erstellung der Kommissionierlisten benötigt werden und wie diese zu einer Liste verarbeitet werden.
Einschränkungen	Unterscheidung zwischen artikelorientiert und auftragsorientiert; Betrachtung.
Nutzen	Hierdurch kann Verschwendung in Form von unnötigen Tätigkeiten und überflüssigen Transporten identifiziert werden.
Querbezüge	Datenverarbeitung

Abbildung A-94: Anforderung „Darstellung der Erstellung der Kommissionierlisten“

Nr.: 37	Eingrenzung des Betrachtungsgegenstands
Priorität	Pflicht
Beschreibung	Der Betrachtungsgegenstand der Wertstromanalyse soll eingeschränkt werden.
Einschränkungen	Es sollte sich um einen einzelnen Gegenstand oder Auftrag handeln.
Nutzen	Der Wertstromanalyse wird hierdurch Komplexität genommen.
Querbezüge	Einordnung in Produktfamilien

Abbildung A-95: Anforderung „Eingrenzung des Betrachtungsgegenstands“

Nr.: 38	Definition des Systems
Priorität	0,63 %
Beschreibung	Das betrachtete System sollte eindeutig mit den gegebenen Rahmenbedingungen definiert werden.
Einschränkungen	Angrenzende Systeme und Prozesse sollten vermerkt werden.
Nutzen	Hierdurch wird der Wertstromanalyse Komplexität genommen.
Querbezüge	Kundenanalyse

Abbildung A-96: Anforderung „Definition des Systems“

Nr.: 39	Einfache, standardisierte Symbole
Priorität	4,63 %
Beschreibung	Die verwendeten Symbole sollten einfach zu verstehen sein und den Anwendern der Wertstromanalyse bereits bekannt sein.
Einschränkungen	Nach Möglichkeit sollten den Symbolen der klassischen Wertstromanalyse ähneln.
Nutzen	Anwendern wird der Umgang mit der neuen Wertstromanalyse erleichtert.
Querbezüge	Kundenanalyse, Prozessaufnahme, Verbesserungspotential identifizieren

Abbildung A-97: Anforderung „Einfache, standardisierte Symbole“

Nr.: 40	Beschränkung auf kritische Parameter
Priorität	5,75 %
Beschreibung	Es werden ausschließlich kritische Parameter der Prozesse aufgenommen.
Einschränkungen	Es sollten ausschließlich Daten in die Parameter einfließen ,die sich auf den betrachteten Wertstrom beziehen. Außerdem sollten maximal sieben Parameter je Prozess aufgenommen werden, damit bei der Analyse des Prozesses dieser schnell nachvollzogen werden kann.
Nutzen	Anwendern wird der Umgang mit der neuen Wertstromanalyse erleichtert.
Querbezüge	Kundenanalyse, Prozessaufnahme

Abbildung A-98: Anforderung „Beschränkung auf kritische Parameter“

Nr.: 41	Simple Verfahren ohne digitale Hilfsmittel
Priorität	1,37 %
Beschreibung	Bei der adaptierten Wertstromanalyse sollte es sich um ein möglichst simples Verfahren handeln, dass keine aufwendige Vorbereitung bedarf und ohne digitale Hilfsmittel durchgeführt werden kann.
Einschränkungen	Ausschließlich Vorkenntnisse in der klassischen Wertstromanalyse sollten vorhanden sein. Außerdem sollten je Symbolkategorie (Basisymbole, Materialflusssymbole, Informationsflusssymbole) maximal sieben unterschiedliche Symbole existieren, damit der Prozessmodellierer leicht zwischen den zur Verfügung stehenden Symbolen differenzieren kann.
Nutzen	Die intralogistikorientierte Wertstromanalyse ist ebenfalls praktikabel und bedarf keiner zusätzlichen Schulungen der Mitarbeiter.
Querbezüge	Prozessaufnahme

Abbildung A-99: Anforderung „Simple Verfahren ohne digitale Hilfsmittel“

Nr.: 42	Betrachtung aus Kundensicht
Priorität	Pflicht
Beschreibung	Die Prozessaufnahme sollte stromaufwärts aus Kundensicht durchgeführt werden.
Einschränkungen	Die Prozessaufnahme sollte ebenfalls mehrere Iterationen durchlaufen.
Nutzen	Durch die Betrachtung aus Kundensicht können mehr Verschwendungsrisiken identifiziert werden.
Querbezüge	Prozessaufnahme

Abbildung A-100: Anforderung „Betrachtung aus Kundensicht“

Nr.: 43	Darstellung auf Prozessschritzebene
Priorität	2,29 %
Beschreibung	Die betrachteten intralogistischen Prozesse sollen auf Prozessschritzebene dargestellt werden.
Einschränkungen	Prozesse, die nicht der Intralogistik zugehörig sind, können in einer höheren Detaillierungsebene aufgenommen werden.
Nutzen	Intralogistische Prozesse können detailliert aufgenommen werden, sodass Verschwendung besser identifiziert werden kann.
Querbezüge	Prozessaufnahme

Abbildung A-101: Anforderung „Darstellung auf Prozessschritzebene“

Nr.: 44	Gemeinsame Aufnahme des Material- und Informationsflusses
Priorität	0,86 %
Beschreibung	Der Material- und Informationsfluss sollen während der Prozessaufnahme gemeinsam aufgenommen und dargestellt werden, sodass ihre Verbindungen eindeutig aufgeführt werden.
Einschränkungen	Es sollten nur solche Prozesse aufgenommen werden, die den betrachteten Wertstrom betreffen.
Nutzen	Die Verbindungen zwischen Material- und Informationsfluss werden präzise abgebildet und es wird eine hohe Transparenz erreicht.
Querbezüge	Prozessaufnahme

Abbildung A-102: Anforderung „Gemeinsame Aufnahme des Material- und Informationsflusses“

Nr.: 45	Erfassung übergreifender Kennzahlen
Priorität	3,15 %
Beschreibung	Kennzahlen sollen erfasst werden, die die Wertschöpfung des gesamten Wertstroms widerspiegeln.
Einschränkungen	Die Kennzahlen sollen einen Fokus auf den intralogistischen Prozessen des Wertstroms besitzen.
Nutzen	Anhand dieser Kennzahlen soll erkannt werden können, inwiefern ein System fähig ist, seine Leistung (Aufträge, Leistungsdurchsatz, Warendurchsatz usw.) zu erfüllen und mögliche Verschwendung aufdecken.
Querbezüge	Verbesserungspotential identifizieren

Abbildung A-103: Anforderung „Erfassung übergreifender Kennzahlen“

Nr.: 46	Erfassung wertschöpfender Prozesse
Priorität	1,32 %
Beschreibung	Wertschöpfende Prozesse sollen identifiziert und herausgestellt werden.
Einschränkungen	Es sind nur solche Prozesse gemeint, die direkt den Kundennutzen steigern. Nutzbringende oder notwendige Prozesse sind hierbei nicht mitinbegriffen.
Nutzen	Hierdurch soll die Unterscheidung zwischen wertschöpfenden Prozessen und Verschwendung stärker herausgestellt werden.
Querbezüge	Verbesserungspotential identifizieren

Abbildung A-104: Anforderung „Erfassung wertschöpfender Prozesse“

Eidesstattliche Versicherung (Affidavit)

Name, Vorname
(Last name, first name)

Matrikelnr.
(Enrollment number)

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

I declare in lieu of oath that I have completed the present Bachelor's/Master's* thesis with the following title independently and without any unauthorized assistance. I have not used any other sources or aids than the ones listed and have documented quotations and paraphrases as such. The thesis in its current or similar version has not been submitted to an auditing institution.

Titel der Bachelor-/Masterarbeit*:
(Title of the Bachelor's/ Master's* thesis):

*Nichtzutreffendes bitte streichen
(Please choose the appropriate)

Ort, Datum
(Place, date)

Unterschrift
(Signature)

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:

Official notification:

Any person who intentionally breaches any regulation of university examination regulations relating to deception in examination performance is acting improperly. This offense can be punished with a fine of up to €50,000.00. The competent administrative authority for the pursuit and prosecution of offenses of this type is the chancellor of TU Dortmund University. In the case of multiple or other serious attempts at deception, the examinee can also be unenrolled, section 63, subsection 5 of the North Rhine-Westphalia Higher Education Act (*Hochschulgesetz*).

The submission of a false affidavit will be punished with a prison sentence of up to three years or a fine.

As may be necessary, TU Dortmund will make use of electronic plagiarism-prevention tools (e.g. the "turnitin" service) in order to monitor violations during the examination procedures.

I have taken note of the above official notification:**

Ort, Datum
(Place, date)

Unterschrift
(Signature)

****Please be aware that solely the German version of the affidavit ("Eidesstattliche Versicherung") for the Bachelor's/ Master's thesis is the official and legally binding version.**