

Diplomarbeit

Optimierung von Layout und Logistikprozessen innerhalb eines zentralen Auslieferungslagers für Ersatzteile mittels Wertstromdesign und Methods-Time Measurement (MTM)

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Ass.-Prof. Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. techn. Peter Kuhlang

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung)

Proj.-Ass. Dipl.-Ing. Alexander Sunk

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung, Fraunhofer Austria Research GmbH)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Philipp Walter Reiß

0725428 (066.482)

Karajangasse 6/14

1200 Wien

Wien, im Mai 2015	
	Philipp W. Reiß



Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

Diplomarbeit

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt habe.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Wien, im Mai 2015	
	Philipp W. Reiß

Danksagung

Meinen von mir sehr geschätzten Betreuer Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Peter Kuhlang und Proj.-Ass. Dipl.-Ing. Alexander Sunk möchte ich hiermit aufs Ausdrücklichste für die Unterstützung und der besonders lehrreichen Zeit im Zuge der Diplomarbeit meinen ergebensten Dank aussprechen.

Besonderer Dank gilt auch Thomas Gehart und dem Team der Thanos Gmbh, deren fachmännisches Know-How und Methodenwissen bei den angestellten Berechnungen besonders hilfreich war. Ihnen bin ich für die gute Zusammenarbeit und die Erfahrungen, die ich im Rahmen der Arbeit machen durfte, sehr verbunden.

Zum Schluss richte ich meinen größten Dank an meine Eltern Christine und Walter, und meinem Bruder Markus. Ihnen danke ich für ihre langjährige Unterstützung und der entgegengebrachten Geduld. Ihnen werde ich noch weit über meinen Studienabschluss hinaus zu herzlichstem Dank verpflichtet sein.

Erkläre mir, und ich vergesse. Zeige mir, und ich erinnere. Lass es mich tun, und ich verstehe.

Konfuzius

Kurzfassung

Schlüsselworte: Ersatzteillogistik, Wertstromanalyse und -design, Methods-Time Measurement (MTM)

Das generelle Ziel der vorliegenden Arbeit bestand in der Ausarbeitung von Konzepten zur Optimierung der Transportlogistik eines zentralen Auslieferungslagers für Ersatzteile, einschließlich der arbeitstechnischen Analyse manueller Prozesse zur Erstellung von versandfertigen Transporteinheiten, den sogenannten Packstücken.

Die Erfassung des Materialflusses und die Analyse aller mit der Packstückerstellung in Verbindung stehenden Arbeitstätigkeiten bilden die Grundlage zur Abbildung des Ist-Zustandes. Die bedeutendsten Optimierungspotentiale des Ist-Zustandes liegen bei der angewandten Arbeitsmethode beim Umpacken von Stückgütern und der Bereichsanordnung des Ist-Layouts.

Zur Erarbeitung von Verbesserungsmaßnahmen wurden aus einer theoretischen Ideal-Bereichsanordnung zwei Varianten abgeleitet, welche beide Möglichkeiten zur Verbesserung der Flächennutzung und Reduzierung des Transportaufwandes aufzeigen. Die angeführten Layoutvarianten unterscheiden sich durch das theoretisch zur Verfügung gestellte Investitionskapitel. Eine Rahmenbedingung für beide Layouts stellt die begrenzt planbare Layout-Grundfläche dar, die im Falle der Restrukturierung der Ist-Grundfläche entspricht.

Layout-Variante A bezeichnet eine Variante, die eine Neuanordnung der bestehenden Bereiche mit minimalem Investitionsaufwand vorsieht, wodurch eine sichtliche Verbesserung des Materialflusses erzielt wird. Layout-Variante B sieht eine teilautomatisierte Fördertechnik durch Rollenbahnsysteme vor, wobei für diese investitionsaufwändige Variante als theoretische Rahmenbedingung unbegrenztes Investitionskapital vorgesehen wird.

Als Vergleichskennzahl zur Bewertung der Layouts wurde die erforderliche Transportleistung des jeweiligen Layouts herangezogen, die aus den Transportintensitäten und Transportstreckenentfernungen berechnet wird.

Die angewandte Arbeitsmethode innerhalb des Arbeitssystems wurde mittels Methods-Time Measurement (MTM) analysiert und bewertet. Als Ergebnis ging eine verbesserte Arbeitsmethode hervor, die kundenspezifische Packmodule vorsieht. Diese Module können sukzessiv erweitert werden und berücksichtigen durch deren kundenspezifische Beschickung mit Originalgebinden die Pareto-Verteilung der Kunden, geordnet nach dem Volumen ihrer Bestellaufträge. Dies ermöglicht die gesonderte Behandlung der Großkundenaufträge mit dem Ziel der Bestandsminderung, der Reduzierung des Logistikaufwandes und zur Sicherung des Servicegrades.

Abstract

Keywords: After Sales Service, Value Stream Mapping, Methods-Time Measurement (MTM), Picking and Packing

The general purpose of this thesis was the improvement of the transport logistics as well as the development of an advantageous packaging method, for the packing process in the spare parts logistics for the vehicle aftersales department of an automotive group.

Additional tasks are the design of different layout variants for better economical utilization of the work space capacity, the optimization of pallet transporter pathways and the analysis of the manual packing process.

The analysis of the current material flow, the evaluation of transport unit quantities and the measurement of transport path length are the basis for further calculations. The results are two selected layout variants and a task-specific packing method. The different variants are compared through the transport performance of each individual layout. The implementation of those results offers an efficiency enhancement of the plant layout compared to the current condition.

Variant A is an economically implementation, based on the rearrangement of the current work areas with a positive effect on the material flow.

Variant B is a solution without any restrictions on investment capital. The halfautomated material flow is maintained by roller conveyor, so that the unnecessary handling and transportation of containers by workers can be passed by.

The conclusion of this work is a packing method, which is based on dynamic packing modules with customer-specific batching of container. This offers a solution to the greatest problem of the packing process, the random sequenced supplying of containers. The modules can be successively enlarged and regards to the Pareto distribution of the quantities of customer-specific orders.

The design of the workplace regards to basic ergonomically aspects like the reduction of workers travel time and length of pathways, therefor the number of steps. The aim is to avoid handling of transportation units and repetitive motions. This will cut costs, improves productivity and is good for the workers' health.

Inhaltsverzeichnis

1	E	Einlei	tung	. 1
	1.1	N	otivation und Problemstellung	. 2
	1.2	2 N	lethodik und Kapitelübersicht	. 3
2	N	Meth	oden zur Fabrikanalyse und -planung	. 5
	2.1	G	Grundlagen der Ersatzteillogistik	. 5
	2	2.1.1	Aufgabe der Ersatzteillogistik	. 5
	2	2.1.2	Konzeption der Ersatzteillogistik beim Anbieter	. 6
	2	2.1.3	Ziele der Ersatzteillogisitk	. 8
	2	2.1.4	Transportgut - Verpackung - Ladeeinheit	10
	2	2.1.5	Flurförderzeuge	14
	2	2.1.6	Starre Fördertechnik	15
	2	2.1.7	Manueller Verpackungsprozess	15
	2.2	2 N	laterialflussanalyse	17
	2	2.2.1	Ziele, Aufgabe, Vorgehensweise	19
	2	2.2.2	Erfassen des Materialflusses	20
	2.3	8 V	Vertstrom-Management	21
	2	2.3.1	Wertstromanalyse und -design	22
	2	2.3.2	Logistikorientierte Wertstromanalyse	27
	2.4	ł C	ie 7 Arten der Verschwendung in der Logistik	30
	2.5	5 K	ontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP)	33
	2.6	6 A	BC-Analyse	35
	2.7	' L	ayoutplanung	38
	2	2.7.1	Grob-, Ideal- und Reallayout-Planung	39
	2	2.7.2	Gestaltungsgrundsätze zur Layoutplanung	41
	2	2.7.3	Dreieck-Probiermethode	42
	2	2.7.4	Dreieck-Berechnungsmethode	42
	2.8	3 B	ewertung alternativer Layouts	44
	2	2.8.1	Transportentfernung	44
	2	2.8.2	Transportintensität	45
	2	2.8.3	Berechnung der Transportleistung	46

	2.	9	Zeit	wirtschaft	47
		2.9.	1	Methoden der Zeitermittlung	50
		2.9. Pro		Systeme vorbestimmter Zeiten - Unternehmensneutra	
		2.9.	3	Methods-Time Measurement (MTM)	52
		2.9.	4	Standardvorgänge Logistik (MTM-SLV)	56
		2.9.	5	Die Kalkulationssoftware "calculation4u" (c4u)	58
	2.	10	Dur	chlaufzeitanalyse	59
		2.10	0.1	Definition und Nutzen	60
		2.10	0.2	Modellbildung	61
		2.10	0.3	Gesetz von Little (Little's Law)	63
3		lst-/	Anal	yse des Arbeitssystems	64
	3.	1	lst-l	_ayout	65
	3.	2	lst-l	Materialfluss	67
		3.2.	1	Ist-Wertstromdesign	70
		3.2.	2	Ist-Transportbeziehungen	73
		3.2.	3	Ist-Transportrouten	74
		3.2.	4	Ist-Mengenstruktur	76
		3.2.	5	Ist-Transportintensität	77
		3.2.	6	Ist-Transportleistung	78
	3.	3	lst-/	Arbeitssystem	80
		3.3.	1	Arbeitsmethode	81
		3.3.	2	Methodenzeit und Personalbedarf für Logistik	82
	3.	4	Dur	chlaufzeit	86
	3.	5	ABO	C-Kundenstruktur	88
4		Ver	bess	serungspotential des Ist-Zustandes	90
	4.	1	Pro	blemstellen des Ist-Zustandes	90
		4.1.	1	Layout	90
		4.1.	2	Wertstrom	91
		4.1.	3	Arbeitssystem	92
		4.1.	4	Mengensteigerungen	93
	4.	2	Ver	besserungsmaßnahmen	95
	4.	3	Fes	tlegung des Ideal-Zustandes	96

	4.3	.1	Ideal-Layout	97
	4.3	.2	Ideal-Transportleistung	98
	4.3	.3	Ideal-Wertstromdesign	99
5	Kor	nzep	te für den Soll-Zustand	101
į	5.1	Soll	I-Zustand Variante A	102
	5.1	.1	Soll-Layout A	102
	5.1	.2	Transportleistung Layout A	103
	5.1	.3	Soll-Arbeitssystem A	104
į	5.2	Soll	l-Zustand Variante B	107
	5.2	.1	Soll-Layout B	110
	5.2	.2	Transportleistung Soll-Zustand B	111
	5.2	.3	Soll-Arbeitssystem B	112
į	5.3	Met	thodenzeit und Personalbedarf-Logistik der Soll-Varianten	115
6	Zus	samn	menfassung der Ergebnisse	116
6	5.1	Ver	gleich der Layouts	116
6	5.2	Ver	gleich der Arbeitsmethoden	117
(6.3	Res	sümee	118
7	Aus	sblick	K	119
8	Anł	nang		122
8	3.1	Ber	echnungstabellen für den Ideal-Zustand	122
8	3.2	Ber	echnungstabellen für Soll-Zustand A	124
8	3.3	Ber	echnungstabellen für Soll-Zustand B	126
9	Ver	zeic	hnisse	129
Ç	9.1	Lite	raturverzeichnis	129
Ć	9.2	Abb	pildungsverzeichnis	132
Ć	9.3	For	melverzeichnis	136
Ç	9.4	Tab	pellenverzeichnis	136

1 Einleitung

Die rechtzeitige Bereitstellung von Ersatzteilen durch den Aftersales Service ist erforderlich, um die Kundenzufriedenheit zu gewährleisten und durch den zuverlässigen Instandhaltungsservice das Vertrauen in die Marke zu erhalten.

Durch die Notwendigkeit eine hohe Anzahl unterschiedlichster Produkte und Produktvarianten bei unzureichender Prognostizierbarkeit von Kundenaufträgen fristgerecht und in großer Menge bereitstellen zu müssen, ist der Aftersales Service eines Automobilkonzernes zur Erfüllung dieser Aufgabenstellung dazu angehalten, intelligente Lösungen zu finden, die es ermöglichen, sich flexibel an die wechselnde Kundennachfrage anzupassen.¹

Die Umsetzung einer effizienten Ersatzteil-Logistik ist daher in vielen technischen Bereichen ein wichtiges Thema, da sie maßgeblich zum Unternehmenserfolg beiträgt. Sie wird daher in Fachkreisen auch gerne als die Königsdisziplin der Logistik bezeichnet wird.²

Laut ARNOLD stellen die schnellen Veränderungen der Produkte und Marktanforderungen permanent neue Herausforderungen an das Versorgungsnetz, und auch an die Intralogistik der vorhandenen Standorte der Ersatzteil-Logistik (siehe Abbildung 1).³

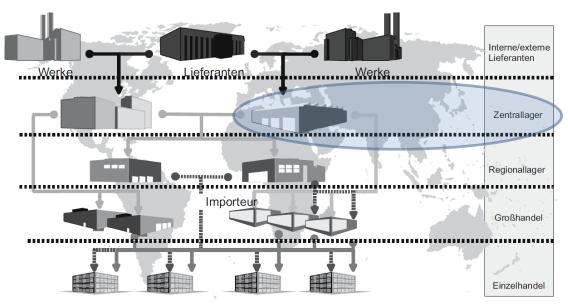


Abbildung 1: Weltweites Versorgungsnetz der Ersatzteillogisitk auf 5 Ebenen⁴

¹ vgl. http://www.dhl-discoverlogistics.com/cms/de/course/processes/spare_part_logistics/definition.jsp (gelesen am: 03.03.2015)

² vgl. http://www.dhl-discoverlogistics.com/cms/de/course/processes/spare_part_logistics/definition.jsp (gelesen am: 03.03.2015)

³ vgl. Arnold, 2006, S.53

⁴ Arnold, 2006, S.53

Die Zentrallager haben neben der Aufgabe der Grundversorgung auch noch den aus ökonomischen oder technischen Gründen resultierenden Auftrag der Zwischen- und Endbevorratung. In der Praxis ergeben sich dadurch Bevorratungsmengen, die von einigen Teilen pro Teilenummer bis zu mehreren hundert Behältern für eine Teilenummer reichen.⁵

Laut ARNOLD bedeutet dies arbeitstäglich 40.000 - 50.000 Nachfragen aus aller Welt, wobei in den letzten Jahren die Summe der Nachfragen bei steigendem Umsatz gesenkt wurde.⁶ Mit einem aus rund 400.000 Artikeln bestehenden Warensortiment werden Kunden in über 170 Ländern beliefert, wobei bei 42 Mio. ausgelieferten Auftragspositionen der Servicegrad 98 Prozent beträgt.⁷

Die Lager- und Kommissioniersysteme der Zentrallagerstufe sind für großvolumige Aufträge ausgelegt.⁸ Die Auftraggeber sind die weltweiten Regionallager und der Ersatzteile Großhandel. Die Zentrallager werden von den internen/externen Lieferanten mit Ersatzteilen beliefert, die sich zu großen Mengen in Produktionsgebinden befinden. Dieser Inbound an Produktionsgebinden muss in weiterer Folge in der Inbound-Packstufe kunden- bzw. auftragsspezifisch in verschiedene Originalgebinde (OG), wie Gitterboxen (GiBo), Paletten, Kartons, Kleinladungsträgern (KLT) oder Körbe umgepackt werden.

Nach diesem Schritt erfolgt die Outbound-Packstufe, bei der aus den Originalgebinden versandbereite Packstücke (PS) gebildet werden. Diese Arbeiten werden entweder direkt in den Zentrallagern oder von externen Dienstleister durchgeführt. Der Transport der fertigen Packstücke von den Zentrallagern zum Kunden erfolgt direkt mittels LKW, Bahn, See- oder Luftfracht.

Der Fokus dieser Arbeit richtet sich auf die Outbound-Packstufe auf Ebene der Zentrallager, die als Bindeglieder zwischen den Fertigungswerken und den Regionallagern fungieren.

1.1 Motivation und Problemstellung

Das generelle Ziel vorliegender Arbeit bestand in der Ausarbeitung von Konzepten zur Optimierung der Transportlogistik in der Outbound-Packstufe eines zentralen Auslieferungslagers für Ersatzteile durch die Reduzierung des Transportaufwandes. Ein weiteres Ziel war die arbeitstechnische Analyse manueller Prozesse zur Erstellung von versandfertigen Transporteinheiten, einschließlich der Ausarbeitung einer Arbeitsmethode zur Produktivitätssteigerung des Verpackungsprozesses.

⁶ vgl. Arnold, 2006, S.56

-

⁵ vgl. Arnold, 2006, S.56

⁷ vgl. Becker, 2009, S.108

⁸ vgl. Arnold, 2006, S.56

Die Automatisierung von industriellen Produktions- und Fertigungsprozessen ist eine Notwendigkeit, um der weltweit steigenden Nachfrage nach Produkten und Industriegütern nachkommen zu können. Bei Kommissionier-, und Verpackungsprozessen bleibt der Einsatz manueller Arbeitskraft iedoch unentbehrlich, da je nach Grad der Komplexität des Prozesses nicht auf den Faktor Mensch verzichtet werden kann.

Die Erfassung des Materialflusses und die Analyse aller mit der Packstückerstellung in Verbindung stehenden Arbeitstätigkeiten bilden die Grundlage zur Abbildung des Ist-Zustandes. Die bedeutendsten Optimierungspotentiale des Ist-Zustandes liegen bei der angewandten Arbeitsmethode, beim Umpacken von Stückgütern und der Bereichsanordnung des Ist-Layouts.

Eine weitere Aufgabenstellung bestand in der arbeitstechnischen Analyse von Prozessen zur manuellen Erstellung von versandfertigen Transporteinheiten, sowie der Erarbeitung einer Arbeitsmethode, die es zulässt, den Prozess des manuellen Verpackens effizienter zu gestalten, um Packstücke mit geringstmöglichem logistischen Aufwand mit Ersatzteilen zu beschicken.

Der Prozess des Verpackens besteht darin, Ersatzteile, die nach ihrer Herstellung und anschließender kundenspezifischen Kommissionierung in Originalgebinde vorliegen, in versandfertige Transporteinheiten (Kartonagen) umzupacken, und kann anders ausgedrückt als das *manuelle Umschichten von Ersatzteilen aus Originalgebinden in Kartonagen* verstanden werden.

Das Vorgehen zur Lösungsfindung bezüglich der Aufgabenstellung und die Gliederung dieser Arbeit sind im folgenden Abschnitt beschrieben.

1.2 Methodik und Kapitelübersicht

Beginnend mit der Recherche nach facheinschlägiger Literatur und Journalen zum Thema *Ersatzteillogistik* und *manuellen Verpackungsprozessen* wurden die benötigten Erkenntnisse zum Stand der Technik akquiriert.

Im Kapitel *Methoden zur Fabrikanalyse und -planung* werden wissenschaftliche Grundlagen und Werkzeuge präsentiert, die bei der Erschließung des Ist-Zustandes Anwendung fanden. Einleitend mit den *Grundlagen der Ersatzteillogistik* werden dessen Ziele, Aufgabe, sowie Kosten- und Leistungsaspekte beschrieben. Abschließend ist die Problematik bei manuellen Umpackprozessen angeführt.

Darauf folgend finden sich Beschreibungen zur *Materialflussanalyse* und *Wertstromanalyse*. Die Analyse der logistischen Transportprozesse bezüglich der 7 *Arten der Verschwendung* öffnet den Blick auf die Identifizierung von wertschöpfenden und nicht wertschöpfenden Tätigkeiten. Die *ABC-Analyse* von

Großkunden und Behälterarten hinsichtlich des Transportauftragsvolumens brachte Erkenntnisse zur gezielten Ausarbeitung von Verbesserungsmöglichkeiten mit sich.

Zur Beschreibung des Vorgangs bei der Ideal-Layoutplanung wird das rechnerische Modell zur Optimierung der Bereichsanordnung, das Dreiecksverfahren, angeführt. Zudem sind hier allgemeine Gestaltungsgrundsätze des Ideal-Layouts aufgezählt.

Zur Bewertung alternativer Layouts wird die Transportleistung herangezogen, die aus dem Produkt von Transportintensität und Transportstreckenlänge errechnet wird. Der ausführliche Berechnungsablauf zur Bildung der Transportleistung, zuzüglich aller verwendeten Tabellen, ist für den Ist-Zustand angeführt. Bei allen weiteren Layouts wird auf die Tabellen, die sich im Anhang befinden, verwiesen.

Das Kapitel *Ist-Analyse des Arbeitssystems* enthält in dokumentierter Form die Erkenntnisse der Arbeitsablaufanalyse (auch Prozessablaufanalyse) des Ist-Zustandes vor Ort. Die Vorgehensweise bestand in der ganzheitlichen Erfassung des Materialflusses und der Transportrouten im Ist-Layout. Die dazugehörigen Mengendaten der transportieren Einheiten wurden dem betriebsinternen SAP ERP-System entnommen.

Die Gitterbox ist die am mengenmäßig stärksten vertretene Behälterart in der betrachteten Systemgrenze. Beispielhaft wird in dieser Arbeit besonders der Fluss dieser Behälterart verfolgt und dokumentiert, um den methodischen Ablauf der Analyse darzustellen. Mit der Analyse der Problemstellen des Ist-Zustandes, der Formulierung von Verbesserungsmaßnahmen (Gestaltungsprinzipien) und der Definition des Ideal-Zustandes wird das Verbesserungspotential aufgedeckt.

Im Kapitel Konzepte für den Soll-Zustand werden, orientierend an den Gestaltungsprinzipien und dem Ideal-Zustand, zwei Varianten von möglichen Soll-Zuständen abgleitet sowie die konzipierten Arbeitssysteme vorgestellt.

Im Kapitel *Zusammenfassung der Ergebnisse* sind die Auswertung der Berechnungsergebnisse sowie der Vergleich der Layouts und Arbeitsmethoden angeführt.

Als Abschluss werden im Kapitel *Ausblick* die Chancen des Einsatzes von Informationstechnologie und moderner Technik im Gebiet der Kommissionierung und des manuellen Umpackens von Ersatzteillogisitk aufgezeigt.

2 Methoden zur Fabrikanalyse und -planung

Im Kapitel *Methoden zur Fabrikanalyse und -planung* werden relevante wissenschaftliche Grundlagen und Werkzeuge präsentiert, die im Zusammenhang mit den praktischen Ausführungen Anwendung fanden.

2.1 Grundlagen der Ersatzteillogistik

"Ersatzteile sind nach DIN 24420 solche Teile, Gruppen oder vollständige Erzeugnisse, die dazu bestimmt sind, beschädigte, verschlissene oder fehlende Teile, Gruppen oder Erzeugnisse zu ersetzen. Nach DIN EN 13306, DIN 31051 und DIN 24420 können Ersatzteile in Reserve-, Verbrauchs- und Kleinteile unterschieden werden."

2.1.1 Aufgabe der Ersatzteillogistik¹⁰

Mit dem Verkauf eines Neuwagens ist der Automobilhersteller dazu verpflichtet, den Fahrzeugkäufer über die gesamte Fahrzeug-Nutzungsdauer mit Ersatzteile und Verschleißteilen zu beliefern. Aus diesem Grund ist die Bevorratung von Ersatzteilen über die gesamte Lebensdauer des Fahrzeuges seitens des Herstellers zu gewährleisten. Abbildung 2 zeigt den Ersatzteilbedarf, eingeteilt in seine Lebenszyklusphasen:

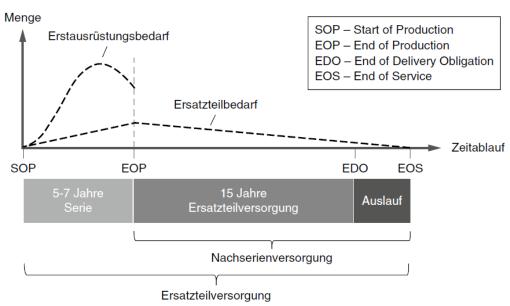


Abbildung 2: Lebenszyklusphasen des Ersatzteilbedarfs¹¹

⁹ VDI-Richtlinie 2892:2006-06, S.4

¹⁰ vgl. Klug, 2010, S.447ff

¹¹ Klug, 2010, S.448

Laut KLUG wird in der Nachkaufphase die Kundenbindung gestärkt und somit der Wechsel zu anderen Wettbewerbern nachhaltig vermieden. Somit zählt die Ersatzteilelogistik zu den wichtigsten Erfolgspotenzialen einer Marken- und Produktstrategie im Rahmen des After-Sales Services und ist ein bedeutender Faktor in der Wettbewerbsdifferenzierung geworden. Neben dem Primärproduktgeschäft trägt das Ersatzteilgeschäft maßgeblich zur Generierung von Umsätzen und Gewinnen bei und beinhaltet noch hohes Wachstumspotential.

Automobilhersteller sind aus rechtlichen Gründen bis zehn Jahre nach Serienauslauf verpflichtet ihre Fahrzeuge mit Ersatzteilen zu versorgen. Laut KLUG gewährleisten die Fahrzeughersteller in der Regel freiwillig längere Versorgungszeiträume von durchschnittlich 15 Jahren nach End-of-Production (EOP).

Nach KLUG resultiert aus der Schwierigkeit der Langfristigkeit des Planungshorizonts mit hohen Unsicherheiten in der Ersatzteillogistik ein enormes Mengenproblem. Durch die steigende Vielfalt an Modell-, Typen-, Ausstattungs- und Ländervarianten im Fahrzeugbau ist ein Artikelspektrum von bis zu 300.000 lebenden Positionen im Ersatzteilbereich der Automobilindustrie möglich.

Im Vergleich zur Fahrzeuglogistik liegen die spezifischen Kernprobleme der Ersatzteillogistik in den hohen Kundenanforderungen an den Lieferservice und der stark schwankenden Ersatzteilbedarfe bei kleinen Nachfragemengen mit geringer Prognostizierbarkeit. Die zentralen Variablen bei der Gestaltung der Ersatzteillogistik sind laut KLUG die Sicherstellung der Ersatzteilverfügbarkeit zum Kundenwunschtermin bei gleichzeitig niedrigen Prozesskosten der Teileversorgung.

Für KLUG kommt der Ersatzteillogistik die Aufgabe zu, die Klärung, Durchführung und Kontrolle aller ersatzteilwirtschaftlichen Teilfunktionen, wie Auftragsabwicklung, Disposition, Beschaffung, Vorverpackung, Lagerung, Kommissionierung, Verpackung, Auslieferung und Transport erfolgsorientiert zu koordinieren und zu realisieren.

2.1.2 Konzeption der Ersatzteillogistik beim Anbieter¹²

Es wird unterschieden zwischen der Ersatzteillogistik des Anbieters (Herstellers) und der Ersatzteillogistik des Abnehmers (Verwenders). Der Aufgabenumfang der Ersatzteillogistik besteht beim Abnehmer aus der Beschaffung, der Lagerhaltung und dem Einsatz der Ersatzteile im Rahmen der Instandhaltung. Beim Hersteller jedoch aus der anforderungsgerechten Ersatzteilversorgung der Kunden im Rahmen des Kundendienstes. In dieser Arbeit wird die Ersatzteillogistik beim Hersteller betrachtet. Abbildung 3 zeigt den Zusammenhang der ersatzteillogistischen Systeme des Anbieters und des Abnehmers:

_

¹² vgl. Pfohl, 2010, S.210ff

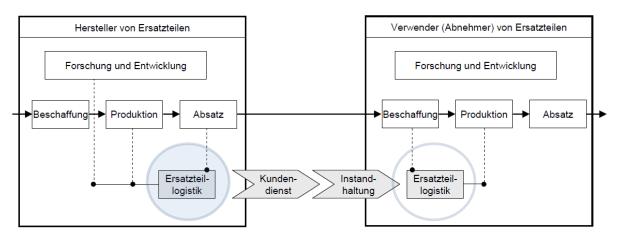


Abbildung 3: Ersatzteillogistik beim Hersteller (Anbieter) und Verwender (Abnehmer) von Ersatzteilen¹³

Laut PFOHL handelt es bei Ersatzteilen grundsätzlich um Sekundärprodukte, deren Umsatz und Anforderungen an die Versorgung immer in Verbindung mit dem Primärprodukt betrachtet werden müssen. Folgende Besonderheiten haben Einfluss auf die Anforderungen und die Gestaltung der Ersatzteillogistik:

- Dem Ersatzteilkauf geht ein Negativerlebnis des Kunden in Form eines Ausfalls des Primärproduktes voraus.
- Der Bedarf an Ersatzteilen ist nur begrenzt planbar.
- Der Bedarf an Ersatzteilen ist u. a. abhängig von der Anzahl der verkauften Primärprodukte, den durchgeführten Instandhaltungsmaßnahmen und der Lebensdauer der eingesetzten Teile.
- Ersatzteilsortimente können z. B. je nach Erforderlichkeit für die Funktionsfähigkeit des Primärproduktes nicht immer allein nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten gebildet werden.
- Produktinnovationen führen zum Ersatz ausgelaufener Primärprodukte.
 Ersatzteile müssen aber für alte und neue Primärprodukte bereitgestellt werden, was zu einer ständigen Ausweitung des Sortiments führt.
- Endabnehmer sind häufig nicht Ersatzteilkunden, sondern oftmals auch Werkstätten.

Nach PFOHL erfordert das Systemdenken deshalb nicht nur eine enge Verbindung mit dem Kundendienst, sondern auch die Sicht der Ersatzteillogistik als ein Teil des logistischen Gesamtsystems, das mit den anderen logistischen Subsystemen in engem Zusammenhang steht. Das Ersatzteillogistiksystem soll dabei zur Zielerreichung des Gesamtsystems beitragen.

¹³ Pfohl, 2010, S.211

2.1.3 Ziele der Ersatzteillogisitk

Ziel der Ersatzteillogistik, sowie aller logistischen Prozesse ist die Erfüllung der so genannten "5R": Das richtige Produkt muss in der richtigen Menge und der richtigen Qualität, zur richtigen Zeit am richtigen Ort für den Kunden zur Verfügung stehen.¹⁴

Der gegebene Bedarf an Ersatzteilen ist somit in seiner mengenmäßigen, qualitativen, zeitlichen und räumlichen Dimension "richtig", das heißt dem Anforderungsprofil der Instandhaltung und Produktion entsprechend, sicherzustellen.¹⁵

Laut KLUG zählen daher alle Unternehmensprozesse zur Ersatzteillogistik, die dafür sorgen, dass ein Empfangspunkt gemäß seines Bedarfs vom Lieferpunkt unter Berücksichtigung der "5R" und zu minimalen Kosten versorgt wird.¹⁶

Zudem ist es nach DRUCKER wichtig, dass Arbeitsvorgänge und Prozesse auch effektiv, und nicht nur effizient ausgeführt werden, was so viel bedeutet, wie die richtigen Dinge *richtig* zu tun, um die Kundenorientierung und Ressourceneffizienz zu gewährleisten (siehe Abbildung 4).¹⁷

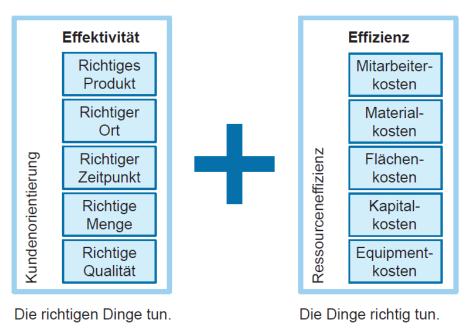


Abbildung 4: Die 5R der Logistik¹⁸

Nach **BIEDERMANN** daher die Hauptaufgabe ist es der logistischen Ersatzteilbestand Ersatzteilbewirtschaftung den SO steuern. dass zu ersatzteilwirtschaftliches Optimum erreicht wird, wobei sich dieses Optimum auf den

¹⁴ vgl. Günthner; Durchholz; Klenk, 2013, S.237; vgl. Biedermann, 2008, S.7

¹⁵ vgl. Günthner; Durchholz; Klenk, 2013, S.237; vgl. Biedermann, 2008, S.7

¹⁶ vgl. Klug, 2010, S.449

¹⁷ vgl. Drucker, 1967, S.1f

¹⁸ Günthner; Durchholz; Klenk, 2013, S.237

kostenminimierenden Abgleich der gegenläufigen Fehlbestands- und Bestandskosten konzentriert, da, wie in Abbildung 5 dargestellt, ¹⁹

- die Minimierung der Ausfallzeiten durch erhöhte Ersatzteilbevorratung zu erhöhten Bestandskosten führt,
- eine nicht risikoorientierte Senkung der Ersatzteilbestände Fehlmengen, längere Ausfallzeiten und damit erhöhte Ausfallfolgekosten (Fehlbestandskosten) nach sich zieht.

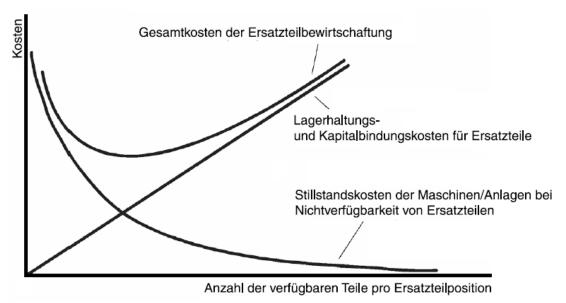


Abbildung 5: Kosten in Abhängigkeit von der Vorratsmenge einer Einzelposition²⁰

Mit der Lagerung von Ersatzteilen ist ein großer Kostenblock verbunden, wobei die jährlichen Lagerhaltungskosten grob in Kapitalkosten durch Kapitalbindung und in Kosten für die Lagerung unterteilt werden. Durch nicht rechtzeitig gelieferte Ersatzteile aufgrund fehlender Teileverfügbarkeit treten laut PFOHL monetäre Kosten in Form von Reputations- und Imageverlust hinzu.

Durch die hohen Werte der Ersatzteile ist der Zielkonflikt zwischen Bestands- und Fehlmengenkosten in diesem Logistiksystem besonders ausgeprägt.²¹ Nach KLUG ist daher ein hoher Servicegrad unter Berücksichtigung der Logistikkosten das Ziel einer optimalen Ersatzteillogistik.²²

Laut PFOHL kann für den Ersatzteilumsatz als Ziel entweder die Unterstützung des Primärproduktumsatzes definiert werden oder der Ersatzteilumsatz als eigener Umsatzträger (Profitcenter) geführt werden. In beiden Fällen ist auch hier die

¹⁹ vgl. Biedermann, 2008, S.7

²⁰ VDI-Richtlinie 2892:2006-06, S.4

²¹ vgl. Pfohl, 2005, S.41

²² vgl. Klug, 2010, S.447

Optimierung zwischen Lieferservice und Logistikkosten anzustreben, wobei die Verbundwirkungen zum Primärprodukt berücksichtigt werden müssen.²³

2.1.4 Transportgut - Verpackung - Ladeeinheit

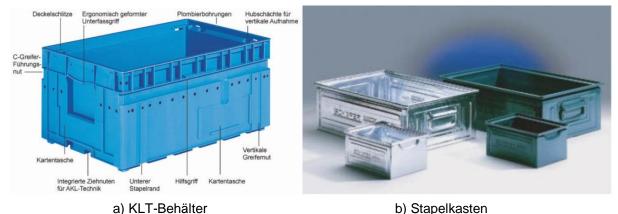
Laut MARTIN wird alles feste Transportgut, das während des Transportvorganges seine Gestalt nicht ändert und einzeln als Einheit gehandhabt werden kann, als Stückgut bezeichnet. Typisches Stückgut sind zum Beispiel Fertigungs- und Montageteile, Pakete, Kisten, Behälter, Trays, Ladeeinheiten und Maschinen.²⁴

Transport-, Lager- und Ladehilfsmittel²⁵

Transport-, Lager- und Ladehilfsmittel LHM sind Ladungsträger (DIN 30781) die auch jeweilige Hilfsmittel zur Bildung uniformer logistischer Einheiten umfassen, wodurch die Voraussetzung für die Mechanisierung und Automatisierung im Material- und Güterfluss geschaffen wird. Die Begriffe Transport-, Lager- und Ladehilfsmittel sowie Ladungsträger werden synonym benutzt. Die Kategorisierung erfolgt auf ihre Bodenunterfahrbarkeit:

- nicht unterfahrbare Transport- und Lagerhilfsmittel
- unterfahrbare Transport- und Lagerhilfsmittel.

Nicht unterfahrbare Transport- und Lagerhilfsmittel (Abbildung 6) sind nach MARTIN Kleinladungsträger (KLT; bis zu einer Grundfläche von 400 x 600 mm), die genormt oder standardisiert sind und oft eine modulare Größenaufteilung besitzen. Zu den KLT zählen z.B. Kisten, Schachteln, Kästen und Kleinbehälter die aus Pappe, Holz, verzinktem oder lackiertem Stahlblech sowie aus farbigem Kunststoff bestehen.



a) KLT-Behälter

Abbildung 6: Nicht unterfahrbare Transport- und Lagerhilfsmittel. a) KLT-Behälter für Kleinteile; b) Stapelkasten für Schwerteile²⁶

²³ vgl. Pfohl, 2010, S.214 ²⁴ vgl. Martin, 2014, S.62

²⁵ vgl. Martin, 2014, S.62ff

²⁶ Martin, 2014, S.63

Unterfahrbare Transport- und Lagerhilfsmittel (Abbildung 7) sind nach MARTIN Großladungsträger (GLT; > 400 x 600 mm) wie z. B. Paletten, Großbehälter und Ladegestelle mit tragender, umschließender oder geschlossener Plattform, die für das Zusammenfassen von Stückgut wie z. B. Kleinbehälter, Schachteln, Packstücken zu größeren Ladeeinheiten verwendet werden. Nicht unterfahrbare Güter werden somit unterfahrbar und ermöglichen damit ein rationelles Transportieren und Lagern.

Ladehilfsmittel bestehen aus Pressspan, Holz, Kunststoff, Stahlblech oder Aluminium, sind zudem teilweise genormt, standardisiert und zum Teil dem Transportgut angepasst.

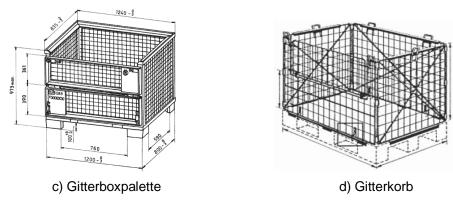


Abbildung 7: Unterfahrbare Transport- und Lagerhilfsmittel. c) Gitterboxpalette (kurz: Gibo); d) Flachpalette mit Gitteraufsetzrahmen (auch: Gitterkorb)²⁷

Container²⁸

Container (Abmessung gemäß DIN ISO 668) sind genormte Großbehälter mit 10 bis 80 m³ Ladevolumen (siehe Abbildung 8). Container sind mit Gabelstaplern befahrbar und ihr Transport erfolgt mittels Krane und Verladebrücken, die mit Greifrahmen ausgestattet sind. Die Vorteile von Container sind laut MARTIN:

- die Kostenersparnis durch Umschlagrationalisierung,
- der schnellen Transport über Schiff, Schiene und Straße,
- die Stapelbarkeit der Container und
- der Witterungsschutz für das Transportgut.

Der größte Nachteil besteht darin, dass die Innenbreite der Container nicht auf das Europalettenmaß abgestimmt sind (Breite innen: 2,33m).

Beispiel: "Der Transport eines 20-Fuß-Containers von Singapur nach Hamburg kostet abhängig von der Nachfrage zwischen 700 € und 1.500 €, dauert ca. 4 Wochen, verteuert eine Flasche Wein von Australien nach Hamburg nur um ca. 10 Cent!"29

vgl. Martin, 2014, S.66
 vgl. Martin, 2014, S.69

²⁹ Martin, 2014, S.69



Abbildung 8: Überseecontainer (Abmessung gemäß DIN ISO 668)³⁰

Verpackung³¹

"Packstück und Sammelpackung sind Stückgüter. Das Packstück, auch Packung genannt, entsteht durch Verpacken von Packgut mit der Verpackung, d. h. das Verpacken umfasst alle Tätigkeiten zur Bildung eines Packstückes."32

Das Packstück dieser Arbeit besteht aus den 3 Komponenten (siehe Abbildung 9).

Die Packstückbildung muss laut MARTIN unter dem Gesichtspunkt der Minimierung der Verpackungskosten geschehen. Zudem sind folgende Begriffe in Bezug auf die Verpackung definiert:

- Packgut kann Schüttgut, Stückgut, Flüssigkeit oder Gas sein.
- Die Verpackung besteht aus dem Packmittel und den Packhilfsmitteln.
- Packmittel sind z. B. Papier, Folie, Schachtel, Kiste, Dose, Flasche, Beutel.
- Packhilfsmittel werden in Verschließ- und Polstermittel eingeteilt.
 - Verschließmittel sind Klebe und Umreifungsbänder, Heftklammern etc.
 - o Polstermittel bzw. Leerraumfüllung sind Schaumstoffe, Holzwolle, Papierschnitzel, Styropor, Papiermatten, Luftkissen etc.
- Packstoffe, aus denen Packmittel und Packhilfsmittel bestehen, sind Papier, Karton, Glas, Pappe, Aluminium, Stahl, Kunststoff, Holz etc.



Abbildung 9: Das Packstück - Komponenten

 $^{^{30}}$ Quelle: http://www.paul-v-maur-dd.de/deutsch/40'-container (Aufgerufen am: 12.04.2015) vgl. Martin, 2014, S.71f

³² Martin, 2014, S.71

Laut MARTIN wird die Verpackung unterteilt in die Transportverpackung, die zum Schutz der Ware auf dem Transportweg dient, sowie in die Verkaufsverpackung, die der Haltbarkeit und dem Schutz der Ware bis zum Endverbraucher dient. Die letztere entspricht dabei der unmittelbaren Umhüllung eines Produkts, wobei die Abgrenzung zwischen Transport- und Verkaufsverpackung nicht immer eindeutig ist.

Logistische Einheit, Ladeeinheit³³

"Im logistischen Sinn ist jedes Stückgut mit einem genügend großen Gewicht, Volumen und Abmessungen dann eine Einheit, wenn es sich mit mechanischen oder automatischen Transport- oder Lagermitteln bewegen, handhaben, lagern oder kommissionieren lässt."34

Laut MARTIN sind logistische Einheiten z. B. Werkstücke, Werkzeuge, Schachteln, Kästen, Kleinbehälter. Größere logistische Einheiten entstehen dabei durch das Zusammenfassen von Stückgütern, wie zum Beispiel von kleinen logistischen Einheiten mittels Ladehilfsmittel zu standardisierten Transport- und Lagereinheiten.

Wenn es möglich ist soll dabei versucht werden, dass Montageeinheit = (gleich) Transporteinheit = Versandeinheit = Verkaufseinheit ist. Die Systematik zur Bildung der logistischen Ladeeinheit ist in Abbildung 10 in der Queransicht dargestellt:

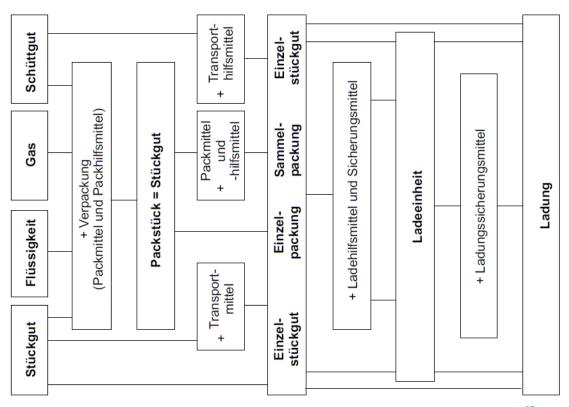


Abbildung 10: Systematik zur Bildung logistischer Ladeeinheiten (Ladungen)³⁵

³³ vgl. Martin, 2014, S.74 Martin, 2014, S.74

³⁵ Martin, 2014, S.75

2.1.5 Flurförderzeuge³⁶

"Flurförderzeuge (VDI 3586, VDI 2198) sind gleislose, überwiegend innerbetrieblich verwendete Fahrzeuge mit oder ohne Einrichtungen zum Heben oder Stapeln von Lasten".37

Nach TEN HOMPEL sind innerhalb von Gebäuden die elektrisch angetriebenen Flurförderzeuge die gängigste Form der Fördertechnik. Abbildung 11 zeigt die Definition folgender Flurförderzeugen nach DIN ISO 5053, welche in den betrachteten Prozessen dieser Arbeit vorrangig zur Beförderung und Handhabung von Transporteinheiten verwendet werden:

Benennungen von Flurförderzeugen nach DIN ISO 5053				
ISO Code	DIN-ISO 5053	Englisch		
3.1.3.1.1	Gabelstapler	Counterbalanced lift truck		
3.1.3.1.4	Gabelhochhubwagen	Pallet stacking truck		

Abbildung 11: Flurgebundene Unstetigförderer nach DIN ISO 5053³⁸

Unter dem allgemeinen Begriff Stapler sind Fördermittel mit einer Hubfunktion zu verstehen, die für eine Lastaufnahme bzw. -übergabe von am Boden gelagertem Fördergut ebenso geeignet sind wie für die Handhabung von Fördergut, das in Regalen gelagert oder übereinander gestapelt ist.

In intralogistischen Systemen finden vor allem Gabelstapler als flexibles Arbeitsmittel aus einer Kombination von horizontalem Stückguttransport mit Stapelarbeiten an zahllosen Stellen Einsatzmöglichkeiten (siehe Abbildung 12, a).

Hochhubwagen/Elektrohochhubwagen sind angetriebene Flurförderzeuge mit einer Hubeinrichtung, die ein Stapeln ermöglichen und neben der Stapelfähigkeit auch für Kommissioniertätigkeiten verwendet werden, da die Hubeinrichtung ergonomisches Greifen der Ware ermöglicht (siehe Abbildung 12, b).

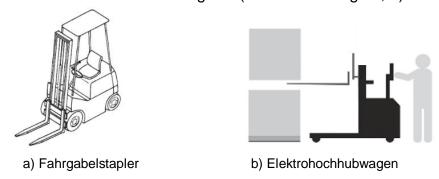


Abbildung 12: a) Fahrgabelstapler und b) Elektrohochhubwagen (Symbolische Darstellung)³⁹

vgl. ten Hompel; Schmidt; Nagel, 2007, S.156ff
 ten Hompel; Schmidt; Nagel, 2007, S.156

³⁸ vgl. ten Hompel; Schmidt; Nagel, 2007, S.158

2.1.6 Starre Fördertechnik⁴⁰

"Starre Fördertechnikelemente wie z. B. Rollenbahnen fördern Ware von einem Anfangspunkt zu einem Zielpunkt."41

Wenn Anfangs- und Zielpunkt nicht dem internen Lieferanten und Empfänger entsprechen, müssen vor- bzw. nachgelagert weitere Förder- und Umschlagprozesse mittels Flurförderzeuge vorgesehen werden.

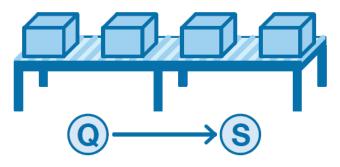


Abbildung 13: Angetriebene Rollenbahn⁴²

Die starre Fördertechnik ist geeignet für:

- sehr hohe Fördermengen zwischen internem Lieferanten und Empfänger.
- möglichst starre, langfristige Verkettung von Lieferant und Empfänger.

Vorteile dieser sind:

- eine sehr hohe erzielbare Förderleistung,
- sowie das ein definierter, starrer Förderprozess entsteht.

Nachteile:

- Aufgrund der unflexiblen Fördertechnik sind Veränderungen mit hohen Kosten verbunden.
- Bei flurnaher Bauweise ist kein Queren des F\u00f6rderers m\u00f6glich.
- Der Förderer führt zu dauerhaftem Platzbedarf.

2.1.7 Manueller Verpackungsprozess

Ersatzteillogistik besteht laut KLUG aus den ersatzteilwirtschaftlichen Teilfunktionen: Auftragsabwicklung, Disposition, Beschaffung, Vorverpackung, Lagerung, Kommissionierung, Verpackung, Auslieferung und Transport. 43

In Abbildung 14 ist die Verpackung in der Wertschöpfungskette als Bindeglied zwischen Kommissionierung und Auslieferung dargestellt:

³⁹ ten Hompel; Schmidt; Nagel, 2007, S.169; ten Hompel; Schmidt; Nagel, 2007, S.172

vgl. Günthner; Durchholz; Klenk, 2013, S.184 Günthner; Durchholz; Klenk, 2013, S.184

⁴² vgl. Günthner; Durchholz; Klenk, 2013, S.184

⁴³ vgl. Klug, 2010, S.449



Abbildung 14: Ersatzteilwirtschaftliche Teilfunktionen - Die Verpackung als Bindeglied zwischen Kommissionierung und Versand

Nach GUDEHUS endet der Kommissionierprozess mit der Bereitstellung versandbereiter bzw. abholfähig zusammengestellten Auftragsmengen. Wird dabei nicht nach dem Pick&Pack-Prinzip gearbeitet, muss die unverpackte Ware nach dem Kommissionieren in der Packerei versandfertig gemacht werden. Diese wird anschließend mit der bereits verpackten Ware auf einem Auftragssammelplatz zusammengeführt.⁴⁴

Nach GUDEHUS findet das Verpacken an parallel arbeitenden Packplätzen statt, deren Anzahl sich nach dem Durchsatz, der Struktur der Packaufträge und aus dem Zeitbedarf für den Packvorgang bemisst. Der Zeitbedarf für den Verpackungsprozesses wird dabei bestimmt durch:⁴⁵

- die ergonomische Gestaltung der Arbeitsplätze,
- die Art der Bereitstellung des benötigten Packmaterials,
- der Zuführung der zu verpackenden Ware und
- dem Abtransport der fertigen Pakete.

Laut MARTIN werden in einem Kfz-Ersatzteillager die Aufträge eines Kunden oft durch das manuelle Kommissionieren eines Mitarbeiters ohne Hilfsmittel bzw. von Hand abgewickelt. Handelt es sich dabei, wie es in einem Kfz-Ersatzteillager der Fall ist, um viele unterschiedliche Kommissionieraufträge, so muss dies wirtschaftlich erfolgen. Dazu sind erforderlich:⁴⁶

- die Wegzeit zu reduzieren um die Ermüdung des Kommissionierers zu minimieren und
- generell die Kommissionierleistung zu steigern.

Nach MARTIN gelingt dies durch den Einsatz von Transportmitteln, die entweder die Artikel zu einem Kommissionierplatz bringen oder die die Fortbewegung des Kommissionierers übernehmen.⁴⁷

"Trotz zahlreicher Automatisierungslösungen und technischer Unterstützungssysteme läuft auch heute eine Vielzahl von Logistikprozessen manuell ab."⁴⁸

vgi. Gudehus, 2013, S.137

⁴⁷ vgl. Martin, 2014, S.408

⁴⁴ vgl. Gudehus, 2013, S.137

⁴⁶ vgl. Martin, 2014, S.408

⁴⁸ Günthner; Durchholz; Klenk, 2013, S.237

Der Prozess des manuellen Verpackens besteht auf die Kartonagen bezogen generell aus den Operationen: Falten, Einfügen, Umschlagen, Versiegeln und Etikettieren. In der englischen Literatur werden diese Prozessschritte folgendermaßen bezeichnet: folding, inserting, wrapping, sealing and labelling (siehe Abbildung 15).49



Abbildung 15: Prozessschritte des manuellen Verpackens

Unabhängig manueller und automatischer Verpackung besteht Verpackungsprozess aus der Auswahl und Vorbereitung der zu verpackenden Versandeinheiten, der Entnahme aus der Endstelle und dem anschließenden Packen. Nach entsprechender Beschriftung bzw. Markierung ist das Packstück fertig und kann dem Versand übergeben werden.⁵⁰

2.2 Materialflussanalyse⁵¹

Die Materialflussanalyse ist die Erfassung des Transportvorgangs und -ablaufs sowie alle gewollten und ungewollten Lagerungen aller Materialien des innerbetrieblichen Bereiches des Unternehmens. Synonym werden dafür auch die Begriffe Materialflussuntersuchung, Materialfluss-Ablaufanalyse, Materialfluss-IST-Aufnahme oder auch Schwachstellenanalyse verwendet.⁵²

Nach MARTIN werden durch Beobachtungen vor Ort sämtliche Abläufe erhoben die am Materialfluss beteiligt sind. Dazu zählen unter anderem Daten zu Personal, Material, Fläche, Transport- und Lagerungsmittel.

Materialfluss laut VDI 3300

"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."53

Der Materialfluss umfasst nach MARTIN also alle Vorgänge in einem betrieblichen Objektfluss, die mit den Aufgaben der Beschaffung, der Produktion und der Distribution in Zusammenhang stehen. Der Materialfluss hat somit die Aufgabe, die Fertigungs- und Montageeinheiten zu verknüpfen und die Versorgung und

⁵⁰ vgl. Jodin; ten Hompel, 2005, S.52 ⁵¹ vgl. Martin, S.29ff

⁴⁹ vgl. Lee, 2003, S.168

⁵² vgl. Martin, 2014, S.29

⁵³ Martin, 2014, S.22

Entsorgung zu gewährleisten. Folgende Basisfunktionen dienen dazu zur Beschreibung:

- Fertigen mit Bearbeiten und Prüfen,
- Bewegen mit Transportieren und Handhaben,
- Ruhen mit Lagern und ungewolltem Aufenthalt.

"Der Materialfluss entsteht durch eine Aneinanderreihung von Vorgängen zur Erzielung des Endproduktes z. B. Bearbeiten - Handhaben - Prüfen - Transportieren - Montieren - Lagern - Verladen."⁵⁴

Die physische Ausprägung des innerbetrieblichen Materialflusses erkennt man laut MARTIN an den eingesetzten Transport- und Lagersystemen, die des externen Güterflusses an der eingesetzten Verkehrstechnik. Die Materialflusssteuerung wird durch das Bring- oder Holprinzip realisiert.

"Beim Bringprinzip (Pushprinzip) wird das Material vom Beschaffungs- oder Produktionslager den Produktionsstellen bedarfsgesteuert durch Transportarbeiter und/oder Transportmittel gebracht, beim Holprinzip (Pullprinzip) müssen sich die Werker der Fertigungs- und Montagestellen die benötigten Materialien verbrauchsgesteuert selber von den entsprechenden Lagerbereichen abholen."55

Materialflusskosten

Je nach Branche und Produkt können die Logistikkosten einen Anteil von 50% und mehr an den Selbstkosten ausmachen, was die Bedeutung des innerbetrieblichen Materialflusses verdeutlicht. Nach MARTIN kann eine Aufteilung der Materialflusskosten nach vier Hauptkostenarten erfolgen:

- Materialflussbedingte Personalkosten,
- Betriebsmittelkosten der Transportmittel- und Lagereinrichtungen,
- Materialflussbedingte Raum- und Wegekosten,
- Materialflussbedingte Kapitalbindungskosten.

Nach MARTIN erfassen die in den Betriebsabrechnungen aufgeführten Transportkosten meist nur einen Teil der wirklichen Materialflusskosten. Verlustzeiten durch mangelhafte Transportverhältnisse, Zwischenlagerkosten, Transportarbeitskosten durch Facharbeiter usw. werden nicht erfasst, obwohl die Bedeutung und die Beurteilung des Materialflusses nur dann richtig erkannt wird, wenn alle vom Materialfluss verursachten Kosten bekannt sind.

_

⁵⁴ Martin, 2014, S.22

⁵⁵ Martin, 2014, S.23

Ursache der Materialflussanalyse

Nach MARTIN sind folgende Ursachen Beispiele für das auslösende Moment einer innerbetrieblichen Materialflussuntersuchung, welche zu einer Untersuchung und Bewertung der vorhandenen Verhältnisse, sowie zur Materialflussoptimierungen und -planungen zwingen:

- Mechanisierung und Automatisierung des Transport- und/oder Lagerbereichs,
- hohe Transport- und Lagerkosten,
- veraltete Transport- und Lagertechniken,
- Erweiterung der Produktionsmenge und des Produktspektrums,
- Engpässe, Unfälle, Störungen, hohe Auftragsdurchlaufzeiten,
- hohe Personalkosten, umständliche Ablauforganisation.

2.2.1 Ziele, Aufgabe, Vorgehensweise

"Das Ziel jeder Materialflussuntersuchung ist das Erkennen von Schwachstellen, das Auffinden ihrer Ursachen sowie das Ermitteln und Aufteilen der Materialflusskosten, um danach durch Planung einen optimalen Materialfluss mit minimierten Materialflusskosten zu erreichen."⁵⁶

Somit besteht die Aufgabe der Materialflussuntersuchung im Gewinnen von Informationen und Daten zur Beurteilung und Planung des Materialflusses. Es werden folgende Daten ermittelt:

- Daten des Produktsortimentes: z. B. Artikelstruktur
 - Daten des Transport- und Lagergutes
 - Merkmale, Eigenschaften; Transporteinheiten, Lagereinheiten
 - Transportgutströme, Transportfrequenz
 - Transportorganisation, -Steuerung, Verwaltung der Bestände
- Daten der Transport- und Lagerhilfsmittel
- Informationsdaten
 - Materialflusssteuerung
 - Lagerverwaltungssystem
 - Datenübertragung
 - Auftragsdurchlaufzeiten
- Daten der Transportmittel und Lagerarten
 - Kapazitäten, Leistungen, Durchsatz, Auslastung, Verfügbarkeit
 - Flächen- und Raumgrößen, Höhen
 - Geschwindigkeiten, Wege; Kommissioniersystem, Kommissionierzeiten, leistung

⁵⁶ Martin, 2014, S.30

- Lagergrößen, -kapazität, -umschlag, -organisation, -steuerung
- Daten der Betriebswirtschaft
 - Betriebskosten (Personalkosten, Instandhaltung)
 - Materialflusskosten, Lagerhaltungskosten (Kapitalbindungskosten)
- Daten der Gebäude und Hallen, des Grundstückes

Komponenten des Materialflusses

"Der innerbetriebliche Materialfluss umfasst sämtliche Materialbewegungen innerhalb eines abgeschlossenen Bereiches."⁵⁷ Dieser lässt sich beschreiben durch seine

- technische und räumliche,
- quantitative,
- zeitliche und organisatorische Komponente.

Technische und räumliche Komponente: Diese sind zu erkennen an den vorhandenen Lager-, Kommissionier-, Umschlag- und Transportmittel. Zur räumlichen Komponente zählen auch Bereichsanordnung, Flussrouten und Strukturtyp. Diese Komponenten werden laut MARTIN durch ingenieurmäßige Planungen ermittelt, verbessert und optimiert.

Quantitative Komponente: Die quantitative Darstellung des Materialflusses erfolgt laut MARTIN durch die Angabe der Transportgutströme als Volumenstrom \dot{V} , Massenstrom \dot{m} und Stückstrom \dot{m}_{St} . Mengengrößen können dabei Produkt-, Auftrags- bzw. Palettenanzahl sein, wobei zwischen stetig und unstetig arbeitenden Transportmitteln differenziert wird. Ein Beispiel für den unstetig geförderten Stückguttransport ist laut MARTIN der Transport von Paletten mittels Gabelstapler im Lager sowie Einlagerungs- und Auslagerungsprozesse.

Ausdruck für die zeitliche und organisatorische Komponente des Materialflusses ist zum Beispiel die Größe der Auftragsdurchlaufzeit.

Organisatorische Komponente: Beispiel dafür sind Verlaufsformen, Organisationsformen und Logistikprinzipien.⁵⁸

2.2.2 Erfassen des Materialflusses

Laut MARTIN kann die Erfassung der Materialflussdaten direkt vor Ort oder indirekt durch die statistische Analyse über Betriebsunterlagen wie Fertigungspläne, Lagerkarteien, Kostenstellenverzeichnisse, EDV-Dateien erfolgen. In der Praxis werden beide Methoden parallel angewendet um den Zeitaufwand der Analyse zu verringern.

_

⁵⁷ Martin, 2014, S.25

⁵⁸ vgl. Grundig, 2009, S.119

Die Erfassungsmethoden werden nach Art und Aussagefähigkeit der vorliegenden Daten und nach dem Ziel, was mit diesen Daten erreicht werden soll ausgewählt. Einfache und effektive Hilfsmittel sind Erhebungsbogen, Fragelisten, Tabellen oder Formulare. Nach MARTIN muss sich der Materialflussplaner dabei immer folgende W-Fragen stellen:

- Warum wird transportiert oder gelagert? (Notwendigkeit des Transportes oder des Lagerns),
- 2. Was und wie viel wird bewegt und gelagert? (Stückgut, Schüttgut, Fertigwaren, Rohstoffe, Abfall, Volumen- oder Massenstrom, Stückzahl, Volumen, Gewicht),
- 3. Woher und wohin wird transportiert? (vom Lager zur Fertigung, vom Wareneingang zum Lager, vom Arbeitsplatz zum nächsten Arbeitsplatz),
- 4. Womit und wie wird bewegt oder gelagert? (mit Hebezeugen, mit Stetigförderern, mit Flurförderzeugen, in gebündelter, gestapelter, palettierter Form, durch Lager- oder Transportarbeiter, Fach- oder Hilfsarbeiter),
- 5. Wann und wie lange wird transportiert oder gelagert?

Zu den Aufnahmeverfahren des Materialflusses zählen z. B.:

- Multimomentaufnahmen
- Gantt-Balkendiagramm
- VON-NACH-Matrix
- Erhebungsbogen.

Um verbindliche Aussagen und Daten für eine Materialflussuntersuchung zu erhalten muss laut MARTIN die Untersuchung des IST-Zustandes nach unterschiedlichen Gesichtspunkten erfolgen, z. B. in Form von Ablaufstudien, von Auslastungs- oder Kostenstudien.

2.3 Wertstrom-Management

In der Literatur finden sich unterschiedliche Strukturierungen zur Beschreibungen von Wertstromanalyse und Wertstromdesign. Als Überbegriff des Verfahrens wird oft der Ausdruck Wertstrom-Design verwendet, wobei in den Beschreibungen ein fließender Übergang von der Analyse des Ist-Zustandes zum Wertstromdesign des Soll-Zustandes erfolgt.

Nach KLEVERS werden Wertstromanalyse und -design als Teil des Wertstrommanagements beschrieben, wobei die Gesamtaufgabe des Wertstrom-Managements aus den folgenden drei Teilschritten besteht (siehe Abbildung 16):⁵⁹

_

⁵⁹ vgl. Klevers, 2013

- 1. Wertstrom-Analyse des Ist-Zustandes (engl.: Value Stream Mapping; VSM),
- 2. Wertstrom-Design des Soll-Zustandes (engl.: Value Stream Design; VSD),
- 3. Wertstrom-Planung der fortlaufenden Umsetzung der Verbesserungsmaßnahmen (engl.: Value Stream Planning; VSP).



Abbildung 16: Teilschritte des Wertstrom-Managements

Abweichend von KLEVERS Beschreibung, wurde zur ganzheitlichen Beschreibung des Verfahrens historisch und chronologisch der Begriff Wertstromdesign als erstes verwendet.

In dieser Arbeit werden die beiden ersten Punkte des Wertstrom-Managements gemeinsam und ohne gesonderte Überleitung beschrieben. Die Beschreibung der klassischen Wertstromanalyse wird durch die logistikorientierte Wertstromanalyse ergänzt, die in dieser Arbeit besonders im Vordergrund steht.

Die Ausführung der Wertstrom-Planung ist nicht mehr Teil der Aufgabenstellung. Es wird dazu auf die zugehörige Literatur von KLEVERS⁶⁰ verwiesen.

2.3.1 Wertstromanalyse und -design

Entstehung des Verfahrens

Das Wertstromdesign wurde von Mike Rother und John Shook entwickelt, die das Potential dieser Darstellungsart erkannten, aufgriffen und 1998 im Buch "Learning to see" unter dem Namen "Value Stream Mapping" veröffentlichten, wobei der ursprüngliche Gedanke dabei aus dem Toyota-Produktionssystem stammt.⁶¹

"Aufgrund des großen Erfolges in den USA hat das Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) zusammen mit Mike Rother im Dezember 2002 eine deutsche Version des Buches mit dem Titel "Sehen lernen"⁶² herausgebracht und das Konzept, zu Deutsch "Wertstromdesign", publiziert."⁶³

"Unter einem Wertstrom versteht man hierbei alle Aktivitäten (sowohl wertschöpfende als auch nicht-wertschöpfende), die notwendig sind, um ein Produkt vom Rohmaterial bis in die Hände des Kunden zu bringen."64

vgl. Klevers, 2013
 vgl. Günthner; Boppert, 2013, S.135; vgl. VDI-Gesellschaft, 2011, S.93
 vgl. Rother; Shook, 2004

⁶³ VDI-Gesellschaft, 2011, S.93

⁶⁴ VDI-Gesellschaft, 2011, S.93

KUHLANG beschreibt das Wertstromdesign als ein Verfahren der Prozessanalyse und -gestaltung, das zur Gewinnung eines schnellen, flussorientierten Überblicks über einen vollständigen Produktionsprozess vom Lieferanten bis zum Kunden im Mittelpunkt steht. Daraus können in Folge mit den Instrumenten des Lean Managements Optimierungsansätze abgeleitet werden.⁶⁵

Ziele des Verfahrens

"Ziel des Wertstromdesigns ist es, in einer 'einfachen Darstellung' Verschwendungen des existierenden Wertstroms (Ist-Zustand/Wertstromanalyse) wie z. B. durch hohe Bestände, hohe Durchlaufzeiten, Überproduktion, häufige Transporte, Nacharbeiten etc. zu identifizieren. Anschließend wird nach Möglichkeiten gesucht, den vorhandenen Ist-Zustand zu optimieren, so dass ein effizienterer und somit kundenorientierter Wertstrom (Soll-Zustand/Wertstromdesign) entsteht."⁶⁶

Vorgehensweise zur Erstellung der Wertstromgraphik

Mit der Wertstromanalyse werden Material- und Informationsfluss vom Lieferanten bis zum Kunden in einer Wertstromgraphik dargestellt. Mit diesem Vorgehen wird eine Gesamtsicht auf den Prozess und somit ein einfacher Zugang zu seinen Problemschwerpunkten erlangt.⁶⁷

Die Untersuchung der vorherrschenden Abläufe geschieht nicht isoliert, sondern ganzheitlich "von Rampe zu Rampe". Dadurch werden Ist-Prozesse schnell und anschaulich mit Hilfe von Papier und Bleistift abgebildet. Auf dessen Basis wird ein Soll-Zustand abgeleitet, der fließende Prozesse mit kürzesten Durchlaufzeiten, zu niedrigsten Kosten, mit höchster Qualität und mit der notwendigen Flexibilität ermöglicht.⁶⁸

Die Modellierung des Wertstroms in einer Fabrik basiert laut ERLACH auf sechs Grundelementen (Abbildung 17):⁶⁹

- 1. Produktionsprozesse: Produzierenden Tätigkeiten sowie externe Bearbeitung,
- 2. *Geschäftsprozesse:* Aufgaben der Auftragsabwicklung, Produktionsplanung und -steuerung,
- 3. Der *Materialfluss:* Transport der Materialien zwischen den Produktionsprozessen einschließlich der Bestände,
- 4. Der *Informationsfluss:* Transferierte Daten und Dokumente zwischen den Geschäftsprozessen und hin zu den Produktionsprozessen,

⁶⁵ vgl. Kuhlang, 2010b, S.267ff

⁶⁶ VDI-Gesellschaft, 2011, S.93

⁶⁷ vgl. Kuhlang, 2010b, S.267ff

⁶⁸ vgl. Günthner; Boppert, 2013, S.135

⁶⁹ vgl. Erlach, 2010, S.32f

- 5. Der *Kunde*: Zeigt die von der Produktion abzudeckende Kundennachfrage auf und modelliert so die Systemlast,
- 6. Der *Lieferant*: Versorgung der Produktion mit Rohmaterialien und Teilen.

"Die Geschäftsprozesse der Auftragsabwicklung, der physische Materialfluss in der Fabrik sowie der komplette Informationsfluss zu allen Produktionsprozessen bilden in Summe die gesamte Produktionslogistik einer Fabrik. Die logistische Verknüpfung zweier Produktionsprozesse bezeichnet den Materialfluss zwischen beiden Prozessen sowie die zugehörige Steuerungslogik. Auf übergeordneter Ebene kann man also zwischen Produktion und Logistik unterscheiden."⁷⁰

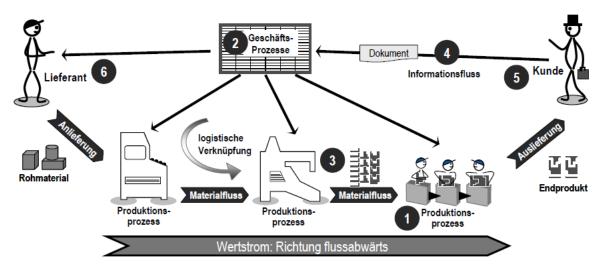


Abbildung 17: Wertstrom einer Fabrik⁷¹

ERLACH fasst zusammen, dass es Grundidee der Wertstromanalyse ist, immer Kundensicht einzunehmen, wobei die Kundensicht ausgehend vom Versand Schritt für Schritt den Materialfluss entlang flussaufwärts an die Produktionsprozesse herangetragen wird. Der Gang flussabwärts erscheint zwar intuitiv richtiger, doch hat das umgekehrte Vorgehen ausgehend vom Kunden, der eigentlichen Finalursache des Produzierens, zahlreiche Vorteile.⁷²

Nach KUHLANG besteht die Vorgehensweise aus folgenden Schritten:⁷³

Schritt 1: Das Projekt-Team startet unter der Moderation des Wertstrommanagers mit dem Rundgang durch die gesamte Produktion, entgegen dem Material- und Informationsfluss. So werden Stauungen, überflüssige Lager, Such- und Handlingsaufwand, ergonomische Unzulänglichkeiten, fehlende Teile usw. erkannt.

Schritt 2: Qualitative und quantitative Untersuchung des ausgewählten Bereichs, ebenfalls entgegen dem Fluss.

⁷¹ Erlach, 2010, S.33

⁷⁰ Erlach, 2010, S.33

⁷² vgl. Erlach, 2010, S.35

⁷³ vgl. Kuhlang, 2010b, S.267ff

Schritt 3: Darstellung des Ist-Zustandes des Ablaufes in einer Wertstromgraphik.

Schritt 4: Suche nach Optimierungspotenzialen im Ist-Wertstrom und die Kennzeichnung dieser mit sogenannten KAIZEN-Blitzen (Star-Burst-Symbol).

Schritt 5: Entwicklung und Zeichnung eines Soll-Zustandes mittels der Wertstrom-Symbolik, woraus abschließend Maßnahmen abgeleitet und dokumentiert werden.

Der folgenden Abbildung 18 ist eine Wertstromgraphik sowie die darin benutzte Symbolik zu entnehmen:

- Der Informationsfluss wird durch gerade Linien bzw. durch Blitze dargestellt.
- Den Materialfluss repräsentieren Pull- und Push-Pfeile,
- Dreiecke kennzeichnen die Materialpuffer, daneben gibt es eine Reihe anderer Symbole für diverse Speichereinrichtungen (z. B. Supermarkt, Kanban-Regal),
- Kästen beschreiben Vorgänge (z. B. Kleben, Montieren) mit Daten wie Zykluszeiten, Nacharbeit, Rüstzeiten usw.,
- dazu kommt die Zeitlinie, welche sowohl die Pufferzeit als auch die Zykluszeit darstellt.

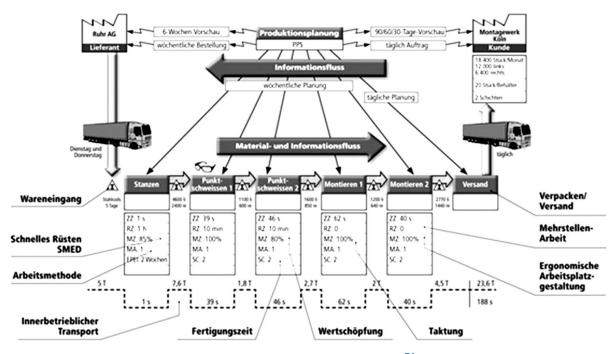


Abbildung 18: Wertstromgraphik⁷⁴

In Tabelle 1 sind die grundlegenden Symbole aufgelistet, die im Wertstromdesign dieser Arbeit Anwendung fanden:

-

⁷⁴ Kuhlang, 2010b, S.267

Symbole - Wertstromdesign					
Prozess, Logistikprozess, Arbeitsplatz, Transport	PS herstellen "umpacken"	Bestand, Lager, Puffer	Ţ		
First-In-First-Out Flusssequenz	→ FIFO →	Supermarkt	<u>A</u>		
PUSH-Pfeil		Waren zum Kunden			
Entnahme	\bigcirc	Wochenplan	SAP ERP- System		
Bediener, Arbeiter	0	Manueller Transport	J		
Staplerbewegung		Kaizen-"Blitz" (auch: Starburst-Symbol)	Z		
Manueller Informationsfluss	→	Elektronischer Informationsfluss			

Tabelle 1: Symbole des Wertstromdesigns 15

Nach ROTHER und SHOOK dient das Wertstromdesign primär Produktionsprozesse aufzunehmen und zu optimieren. Logistische Tätigkeiten werden bei der Abbildung von Wertströmen zwar berücksichtigt, doch nur in abstrahierter Art und Weise.

So werden Transportvorgänge lediglich über Pfeilsymbole und Materialbestände in Form von Dreiecken erfasst, wohingegen Produktionsprozesse über Datenkästen auf einem detaillierteren Niveau beschrieben werden. Dies führt zu folgenden Vor- und Nachteilen, die in Abbildung 19 zusammengefasst sind:⁷⁶

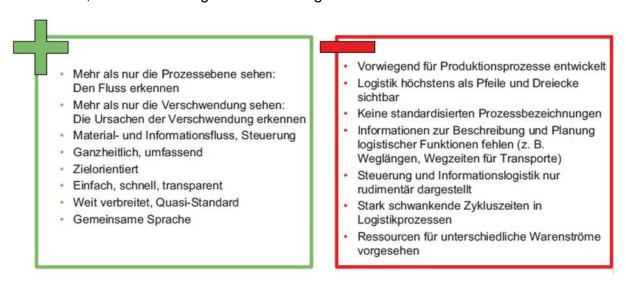


Abbildung 19: Vor- und Nachteile der klassischen Wertstromanalyse in Bezug auf Logistikprozesse⁷⁷

 $^{^{75}}$ vgl. Rother, 2004, Anhang A: Zeichnungssymbole vgl. Günthner; Boppert, 2013, S.135

⁷⁷ Günthner; Boppert, 2013, S.136

Weitere Vorteile sind:⁷⁸

- Einfache pragmatische Herangehensweise,
- Konzentration der Betrachtung auf den Wertstrom und dessen Einflussgrößen,
- Instrument f
 ür Analyse, Visualisierung und Verbesserung,
- Anschaulichkeit, Transparenz der Darstellung,
- Papier- und Bleistift-Methode und
- die bereichsübergreifende Zusammenarbeit.

Weitere Nachteile sind:⁷⁹

- Anwendung vorrangig in der Serienfertigung,
- Einheitlichkeit der Begriffe und Gliederungen fehlt,
- keine Vergleichsbasis durch Subjektivität,
- der Momentaneindruck wird beschrieben,
- · schnelle Anfangserfolge aber kaum Nachhaltigkeit.

2.3.2 Logistikorientierte Wertstromanalyse

Die ursprüngliche Wertstromanalyse dient generell zur Abbildung und Analyse von Produktionsprozessen. Logistikprozesse werden oft nur als Pfeile und Dreiecke (für Transport und Bestände) dargestellt und daher nicht zur Genüge abgebildet.⁸⁰

"Eine gründliche und zielgerichtete Analyse von Logistikprozessen erfordert demzufolge eine Anpassung bzw. Erweiterung des klassischen Wertstromdesigns, damit die Vorteile der Methode in vollem Umfang ebenso bei der Optimierung von logistischen Tätigkeiten zum Tragen kommen."81

GÜNTHNER/DURCHHOLZ/KLENK beschreiben die logistikorientierte Wertstromanalyse als eine Weiterentwicklung der herkömmlichen Wertstromanalyse mit Fokus auf Logistikprozesse, wobei der Beitrag der Logistik zur betrieblichen Wertschöpfung im Mittelpunkt der Betrachtung steht.⁸²

GÜNTHNER/BOPPERT Nach können physische Logistikprozesse sowie unterstützende administrative und steuernde Prozesse durch Vor-Ort-Aufnahme abgebildet, notwendige und überflüssige Tätigkeiten identifiziert, Verschwendung innerhalb von Prozessschritten aufgedeckt und Prozessketten anhand verschiedener Kenngrößen bewertet werden.83

⁷⁸ vgl. Kuhlang, 2010b, S.267ff ⁷⁹ Kuhlang, 2010b, S.267ff

vgl. Günthner; Durchholz; Klenk, 2013, S.135

⁸¹ Günthner; Boppert, 2013, S.136

⁸² vgl. Günthner, Durchholz, Klenk, 2013, S.135

⁸³ val. Günthner; Boppert, 2013, S.131

Auch die logistikorientierte Wertstromanalyse wird wie die klassische Wertstromanalyse als Prozessaufnahme mit Papier und Bleistift am Ort des Geschehens durchgeführt.⁸⁴

"Bei dieser Methode verlässt man sich nicht auf Werte in einem IT-System oder auf früher einmal dokumentierte Prozesse, sondern betrachtet die tatsächlichen Prozessabläufe, zählt die wirklich vorhandenen Bestände und spricht mit den Mitarbeitern, die die Prozesse aktuell durchführen."⁸⁵

Aufbau eines logistikorientierten Wertstromes

"Im Logistik-Wertstrom werden, analog zum klassischen Wertstrom, Materialfluss, Informationsfluss und Steuerung, vom Lieferanten bis zum Kunden, übersichtlich auf einer sogenannten Wertstromkarte, dargestellt".⁸⁶

Der Aufbau der Karte ist grundsätzlich immer gleich (siehe Abbildung 20).

"Die standardisierte Darstellung erleichtert das Prozessverständnis, macht unterschiedliche Prozesse besser vergleichbar und hilft dabei, Verschwendung innerhalb der Prozessschritte (anhand der Attribute) sowie in der gesamten Prozesskette (z. B. sich wiederholende Funktionen ohne echten Wert für den Kunden) sichtbar zu machen."⁸⁷

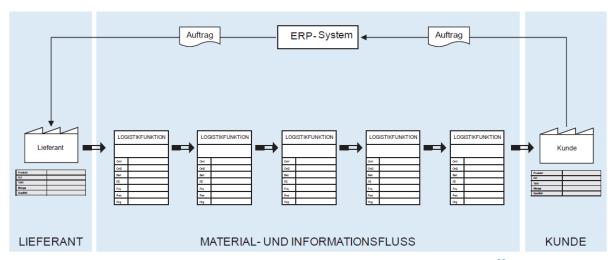


Abbildung 20: Aufbau der logistikorientierten Wertstromkarte⁸⁸

Die Bestandteile des Wertstroms werden also wie auch bei der klassischen Wertstromanalyse durch standardisierte Symbole dargestellt.

Physische und administrative Tätigkeiten werden hier durch sogenannte Prozessbausteine dargestellt, die eine Tätigkeit hinsichtlich ihrer Funktion

⁸⁴ vgl. Günthner; Durchholz; Klenk, 2013, S.138

⁸⁵ Günthner; Durchholz; Klenk, 2013, S.138

⁸⁶ Günthner; Durchholz; Klenk, 2013, S.136

⁸⁷ Günthner; Durchholz; Klenk, 2013, S.136

⁸⁸ Günthner; Boppert, 2013, S.141

klassifizieren und anhand spezifischer Attribute beschreiben. Zur Darstellung des Informationsflusses, von IT-Systemen und Schwachstellen wird ebenfalls die gleichen Symbole wie beim klassischen Wertstromdesign verwendet (siehe Abbildung 21):89

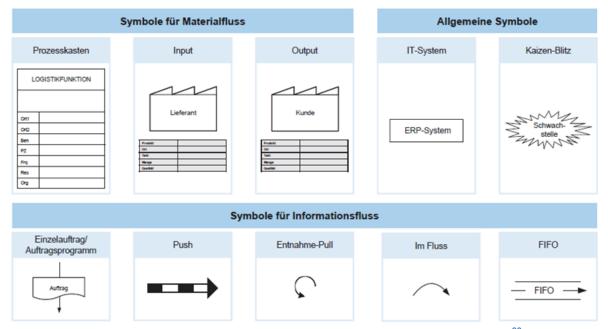


Abbildung 21: Symbolik der logistikorientierten Wertstromanalyse⁹⁰

"Bei der Aufnahme komplexerer Prozessketten stößt man auf eine Vielzahl an Transport und Lagerstufen entlang des Materialflusses, welche oftmals sehr unterschiedlich bezeichnet werden."91

Daher werden nach GÜNTHNER/BOPPERT standardisierte Logistikfunktionen definiert, die sich aus der übergeordneten Aufgabenstellung der Logistik ableiten lassen. Diese Logistikfunktionen beschreiben grundsätzlich die

- zeitliche,
- räumliche,
- mengenmäßige,
- sortenmäßige,
- qualitative und
- informatorische

Transformation von Artikeln und Transporteinheiten.

In folgender Tabelle 2 sind die logistischen Grundfunktionen mit den dazugehörigen Wertstrom-Symbolen sowie einigen Beispielen aufgelistet:

vgl. Günthner; Durchholz; Klenk, 2013, S.137
 vgl. Günthner; Boppert, 2013, S.141 ⁹¹ Günthner; Boppert, 2013, S.137f

	Logistische Grundfunktion	Wertstrom-Symbol
	Puffern (kurze Zeit)	A
Zeitliche Transformation	Lagern (lange Zeit)	
Räumliche Transformation	Transportieren/Fördern/Bewegen	
Mengenmäßige	Sammeln, Zusammenfassen	
Transformation	Verteilen, Trennen, Vereinzeln	
Sortenmäßige	Sortimentieren, Kommissionieren	LOGISTIKFUNKTION
Transformation	Sortieren	
	Ver-/Entpacken, Auspacken,	
Qualitative	Einpacken, Umreifen, Stretchen	Ort1
Transformation	Prüfen (Menge, Qualität Information), Kontrollieren, Identifizieren	Beh PZ
	Buchen, Vereinnahmen	Frq Res
	Etikettieren, Bezetteln, Labeln	Org
Informatorische	Auftrag erzeugen	
Transformation	Dokumentieren, Papiere	
	unterschreiben, Archivieren	
	Information übermitteln	

Tabelle 2: Logistische Grundfunktionen⁹²

Die logistikorientierte Wertstromanalyse erfolgt nach GÜNTHNER/BOPPERT in mehreren Einzelschritten, die in Abbildung 22 dargestellt sind:



Abbildung 22: Schritte zur Erstellung eines logistikorientierten Wertstroms⁹³

Die Vorgehenswiese erfolgt somit gleich wie bei der klassischen Wertstromanalyse und wird hier deshalb nicht mehr weiter beschrieben.

2.4 Die 7 Arten der Verschwendung in der Logistik⁹⁴

"Die Optimierung von Logistikprozessen gewinnt zunehmend an Bedeutung, was auch ein Blick auf die ansteigenden Logistikkosten verdeutlicht. Während die Logistikkosten in der Industrie im Regelfall zwischen 5 und 15 % des Umsatzes liegen, erreichen sie im Handel sogar eine Höhe von 15 bis über 25 % des Umsatzes."95

 ⁹² vgl. Günthner; Boppert, 2013, S.137ff
 93 vgl. Günthner; Boppert, 2013, S.143
 94 vgl. Günthner; Boppert, 2013, S.44ff

⁹⁵ Günthner; Boppert, 2013, S.177

Bestehen Produkte aus Ware und Service, so besteht laut GÜNTHNER/BOPPERT der Wert des Produktes aus Warenwert und Servicewert. Verglichen damit wie Produktionsprozesse den Warenwert erhöhen, erhöhen logistische Leistungen den Servicewert, jedoch ohne physische Veränderung des Produktes.

Der Gesamtaufwand eines Unternehmens setzt sich aus wertschöpfenden und nicht wertschöpfenden Tätigkeiten zusammen. Wie durch GÜNTHNER/BOPPERT beschrieben erzeugen wertschöpfende Prozesse jenen Wert, für den Kunden bereit sind zu bezahlen. Dies gilt auch für logistische Prozesse, die sich ebenfalls aus Wert und Verschwendung zusammensetzen, sowie den Servicewert, der aus den Logistiktätigkeiten entsteht (Abbildung 23).

Laut GÜNTHNER/BOPPERT ist eine Erhöhung des Wertschöpfungsanteils somit gleichbedeutend mit einer Reduktion von Verschwendung. Daher gilt es den zusätzlichen logistischen Aufwand aufgrund logistischer Verschwendung, im Sinne des Kunden und des Unternehmens zu reduzieren und zu eliminieren.

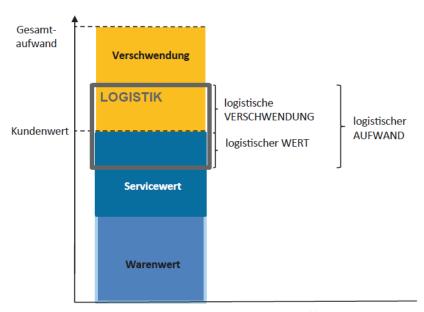


Abbildung 23: Wert der Logistik⁹⁶

Bei der Gestaltung schlanker Logistikprozesse gilt es laut GÜNHNER/BOPPERT deshalb die sieben Arten der Verschwendung konsequent zu vermeiden und notwendige, aber nicht wertschöpfende Prozessschritte klar zu benennen um kontinuierlich an der Verbesserung und Weiterentwicklung der Prozesse zu arbeiten.

Die von OHNO⁹⁷ ursprünglich für die Produktion definierten sieben Arten der Verschwendung können laut GÜNTHNER/BOPPERT für die Logistik adaptiert werden. Die sieben Arten der Verschwendung in der Logistik haben folgende Ursachen (siehe Abbildung 24):

_

⁹⁶ Günthner; Boppert, 2013, S.45

⁹⁷ vgl. Ohno, 2009

- 1. Überlieferung
- 2. Wartezeiten
- 3. Überflüssige Transporte
- 4. Undefinierte Prozesse
- 5. (Überdimensionierte) Bestände
- 6. Unnötige Tätigkeiten
- 7. Fehler bezogen auf die 5 Aspekte der Logistik (falsches Produkt, falscher Ort, falsche Zeit, falsche Menge, falsche Qualität)















Abbildung 24: Die 7 Arten der Verschwendung, Symbolhafte Darstellung⁹⁸

Überlieferung entsteht, wenn das angeforderte Produkt zu einem früheren Zeitpunkt als erforderlich beim Kunden eintrifft. Diese Übererfüllung erzeugt beim Kunden Kosten und weist auf einen ungleichmäßigen Fluss in den Logistikprozessen hin. Daher ist es wichtig den Wert des Kunden genau zu erfüllen.

Wartezeiten sind nach GÜNTHNER/BOPPERT ebenfalls ein Resultat schlecht aufeinander abgestimmter Prozesse. Arbeiten Prozessschritte unterschiedlich schnell, kommt Ware zu spät an, oder fallen notwendige Hilfsmittel, Fahrzeuge etc. aus, so entstehen Wartezeiten, die nicht zum Erzielen des Kundenwerts beitragen.

"Unter *überflüssige Transporte* fallen Umwege, mehrfaches Aufnehmen und Abstellen der Ware und Transporte zu verschiedenen Lagerorten und Puffern bis die Ware den eigentlichen Bestimmungsort erreicht."⁹⁹

"Undefinierte Prozesse finden sich an vielen Stellen: Leergut bringt derjenige zum Sammelplatz, der gerade Zeit hat. Der Nachschub für den Kommissionierprozess wird ausgelöst, wenn "nur noch wenig Ware da ist". Die Ware wird von der Pufferfläche ins Lager gebracht, wenn ein Staplerfahrer greifbar ist. Bauteile müssen umgepackt werden und der eine Mitarbeiter macht das langsam und sorgfältig, der andere weniger genau und schneller. Undefinierte Prozesse werden zu beliebigen Prozessen. Ohne Verantwortlichkeit und klare Anforderungen kann keine Prozessqualität und keine prognostizierbare Effizienz sichergestellt werden."

Das *Puffern* oder *Lagern* ist eine der wesentlichen Logistikfunktionen. Trotzdem besteht aus Sicht der Logistik das Ziel, Bestände möglichst gering zu dimensionieren, da diese Kosten verursachen, Prozesse bremsen und Probleme verdecken.

Günthner; Boppert, 2013, S.47

 ⁹⁸ Günthner; Boppert, 2013, S.46
 ⁹⁹ Günthner; Boppert, 2013, S.47

Unnötige Tätigkeiten können sogar gesamte Prozessschritte betreffen oder auch innerhalb von Prozessen auftreten. "Sobald der Zweck und Sinn einer Handlung oder einer Bewegung in Bezug auf den Kundenwert nicht klar hervorgeht, kann es sein, dass Handhabungsschritte überflüssig sind, eine Vereinfachung möglich ist, Doppelarbeit vermieden werden kann etc."¹⁰¹

Auch Fehler zählen zur Verschwendung, da sie nicht zur Schaffung des Kundenwerts dienen. Laut GÜNTHNER/BOPPERT sind eine falsch abgestellte Palette, ein zu früh gelieferter Behälter, ein falsch kommissioniertes Produkt oder ein heruntergefallener Karton Beispiele für Verschwendung, die zur Erreichung eines schlanken Wertstroms vermieden werden müssen.

Liegt der Fall vor, dass der Prozess selbst die Verschwendung verursacht, müssen laut GÜNTHNER/BOPPERRT die einzelnen Prozessschritte verändert und verbessert werden. Jedoch entsteht ein großer Teil der Verschwendung im Zusammenspiel der Prozessschritte, da die Abläufe, die logistischen Aufträge, die Güter und Informationen nicht fließen.

2.5 Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP)¹⁰²

Um einen KVP zu aktivieren, sind Prozess-Ziele in Form von Kennzahlen nicht oder nur bedingt geeignet. Die Informationen, wie diese Prozess-Ziele realisiert werden sollen, müssen deshalb weitaus spezifischer mit Hilfe eines sogenannten Zielzustands dargestellt werden. Der Zielzustand beschreibt, wie der betrachtete Prozess in naher Zukunft ablaufen soll. Dadurch werden alle Aktivitäten im kontinuierlichen Verbesserungsprozess allein zum Zweck der Prozessverbesserung durchgeführt. In Abbildung 25 ist das Grundprinzip der kurzzyklischen Verbesserung dargestellt:

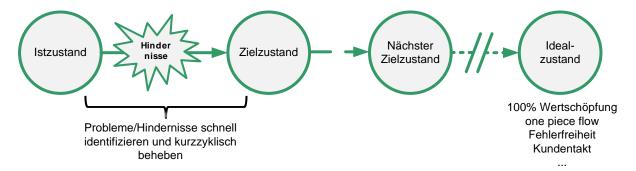


Abbildung 25: Zielzustand als Meilenstein auf dem Weg zum Idealzustand 105

¹⁰¹ Günthner; Boppert, 2013, S.47

¹⁰² vgl. Kuhlang, 2012, S.42ff

vgl. Hempen et al., 2010, S.283

¹⁰⁴ vgl. Rother, 2009, S.123

¹⁰⁵ vgl. Rother, 2009, S.86

In diesem Kontext taucht die Frage nach einem "guten" Zielzustand oder "Wie man den einen Zielzustand spezifizieren kann?" auf. Diese Spezifikation erfordert in der praktischen Anwendung viel Erfahrung und üblicherweise wird pragmatisch ausprobiert, ob sich ein festgelegter Zielzustand eignet. 106

Bei dieser Vorgehensweise wird ausgehend vom Istzustand ein Zielzustand, d.h. ein Prozessstandard, spezifiziert, den es zu erreichen gilt und der sich an einem Idealzustand orientiert. Ein Zielzustand kann als eine Art "Meilenstein" auf dem Weg zum Idealzustand betrachtet werden. Dieser Idealzustand - vergleichbar mit einer Vision, wie der Prozess ablaufen soll - dient als Navigationspunkt ("true north") bzw. Orientierungshilfe. Er ist richtungsweisend für die Festlegung der verschiedenen Zielzustände der Prozesse.¹⁰⁷

Beispiele für Parameter eines Idealzustands sind

- 100 % Wertschöpfung,
- "one piece flow",
- Fehlerfreiheit und
- Beeinträchtigungslosigkeit für den arbeitenden Menschen.

Der Weg vom Ist- zum Zielzustand ist von kurzzyklischen (schnell aufeinanderfolgenden, univariaten, kleinschrittigen) Verbesserungen bzw. PDCA-Zyklen gekennzeichnet.

Ein Zielzustand wiederum wird durch Ergebnisse bzw. Zielgrößen sowie durch Parameter, die den Zustand des Prozesses beschreiben, genauer spezifiziert. Ergebnisgrößen können die Produktivität (z. B. in Form von "Leistung/Zeiteinheit" oder "Menge/Zeiteinheit") oder die Qualität (z. B. Teile in Ordnung/Gesamtmenge) sein.

Der Zustand des Prozesses wird bspw. durch Parameter oder Indikatoren wie Zykluszeit (Kundentakt), Variabilität, angewandte Arbeitsmethode, Bestand im Arbeitssystem, Anzahl Schichten, Anzahl Mitarbeiter, Vorgaben zum Layout und zum organisatorischen Ablauf spezifiziert.

Eine mögliche Routine, die die Strukturierung von Prozessverbesserungen unterstützt, besteht aus den folgenden fünf Schritten (siehe Abbildung 26):

- 1. Orientierung an Idealzuständen, Definition von Zielzuständen
- 2. Vergleich von Ziel- und Istzustand
- 3. Systematische Identifikation von Problemen und Hindernissen

1

¹⁰⁶ vgl. Hempen, 2013

¹⁰⁷ vgl. Spear; Bowen, 1999, S.105

- 4. Festlegen und systematisches Ausprobieren einer Maßnahme zur Problemlösung
- 5. Interpretation und Bewertung der Ergebnisse.

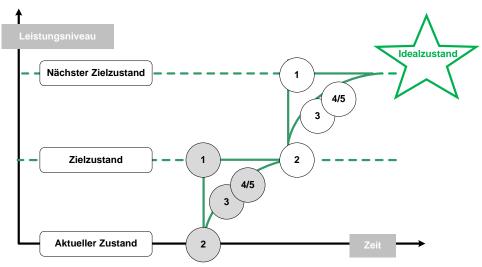


Abbildung 26: Routine zur Prozessverbesserung¹⁰⁸

Der - bereits von W. Edwards DEMING und Toyota bekannte - Ansatz der kurzzyklischen Verbesserungsroutinen stellt in dieser modernen Interpretation eine Vertiefung des Gedankens der kontinuierlichen Verbesserung dar und ist eine weitere Idee. Er ist ein neuer, richtungsweisender Weg, um Wertströme, Arbeitssysteme und Arbeitsmethoden systematisch zu gestalten.

2.6 ABC-Analyse¹⁰⁹

Die ABC-Analyse wird zur Bestimmung von Beschaffungs-, Lager- und Transportstrategien eingesetzt, um folgende Vorteile zu erzielen:¹¹⁰

- Kostenersparnisse,
- Bestandsreduzierungen,
- Verringerung der Kapitalbindung,
- Entwicklung von effizienten Lagerungs- und Transportstrategien.

Der ABC-Analyse liegt laut BIEDERMANN die Erkenntnis zugrunde, dass ein relativ kleiner Prozentsatz der Gesamtanzahl gelagerter Güter (hier Ersatzteile) einen hohen Anteil am gesamten Lagerbestandswert in sich bindet. Mit der ABC-Analyse wird nun die mengenmäßige mit der wertmäßigen Struktur des Ersatzteilspektrums untersucht und in Verbindung gebracht, damit eine Einteilung der Ersatzteile nach ihrem relativen Anteil am Gesamtlagerbestand in A-Teile, B-Teile und C-Teile möglich ist.

¹¹⁰ vgl. Sihn; Kuhlang, 2011, S.40ff

¹⁰⁸ vgl. Deuse; Hempen; Maschek, 2011, S.41

¹⁰⁹ vgl. Biedermann, 2008, S.82ff

"In der Praxis der Ersatzteilwirtschaft hat sich gezeigt, dass die Mengen- zu Wert-Verteilung zwischen diesen einzelnen Bestandsklassen eine relativ konstante Struktur aufweisen. Typischerweise binden etwa 20% des Bestandes 70–80% des Gesamtlagerwertes; weitere 10–15% des Lagerwertes werden durch weitere 30% der Lagermenge gebunden; die restlichen 10–15% des Wertes werden durch die C-Teile repräsentiert, die meist einen Anteil an der Menge von etwa 50% haben."¹¹¹

Folgendes Beispiel zeigt die Vorgehensweise zur Berechnung einer ABC-Analyse.

<u>Beispiel</u>: In einem Industrieunternehmen sollen 10 verschiedene Ersatzteilarten beschafft werden (x_1-x_{10}) . Im 1. Schritt wird für alle Positionen (Ersatzteilarten) die Bedarfsmenge erfasst, die im betrachteten Zeitraum angefallen ist (z. B. 1 Jahr). Im 2. Schritt werden die Ersatzteile mit Ist-Preisen, Durchschnittspreisen oder Planpreisen bewertet und der Verbrauch in Geldeinheiten (GE) berechnet (siehe Tabelle 3).

In Schritt 3 wird eine Rangzahl vergeben und eine Reihung der Güter nach dem wertmäßigen Periodenverbrauch vorgenommen um anschließend die kumulierten Prozentsätze des Mengen- und wertmäßigen Verbrauchs zu berechnen.

Gut	Verbrauch in ME	Einheitspreis in GE	Verbrauch in GE	Rang
X_1	20.000	0,15	3.000	6
\mathbf{X}_2	7.500	0,90	6.750	5
X_3	36.000	0,05	1.800	10
X_4	21.000	1,80	37.800	1
X5	50.000	0,14	7.000	4
X_6	2.000	1,00	2.000	9
X7	4.000	2,00	8.000	3
X8	11.000	0,25	2.750	7
X9	35.000	0,07	2.450	8
X ₁₀	19.500	1,90	37.050	2

Tabelle 3: Rangzuordnung der Güterarten entsprechend den Lagerbestandswerten der Periode¹¹²

In Schritt 4 werden für die kumulierten Werte die Grenzwerte der einzelnen Klassen festgesetzt. Im angeführten Beispiel ist zu sehen, dass Klasse A, welche aus 19,6% der Ersatzteilarten (x_4 und x_{10}) besteht, 68,9% des kumulierten Verbrauchs bzw. einen Bestandwertes von 74.850 GE ergeben. Weitere 30% ergeben 20% des gebundenen Wertes in der Höhe von 21.750 GE (Klasse B, Ersatzteilarten x_7 , x_5 , x_2), sowie die restlichen Ersatzteilarten (Klasse C) mit 50,4% der Menge 11,1% des Verbrauchswertes ergeben (siehe Tabelle 4).

¹¹¹ Biedermann, 2008, S.82f

¹¹² Biedermann, 2008, S.83

Gut	Kumulierter Mengenver- brauch in %	Mengenver- brauch je Klasse in %	Verbrauch in GE	Kumulierter Verbrauch in GE	Kumulierter Verbrauch in %	Verbrauch je Klasse in %	Klasse
1	2	3	4	5	6	7	8
X4	10,1		37.800	37.800	34,8		A
X10	19,6	19,6	37.050	74.850	68,9	68,9	A
X7	21,5		8.000	82.850	76,3		В
X5	45,9		7.000	89.850	82,7		В
X2	49,6	30	6.750	96.600	88,9	20	В
X10	59,3		3.000	99.600	91,7		С
X8	64,6		2.750	102.350	94,4		C
X9	81,6		2.450	104.800	96,5		C
X6	82,6		2.000	106.800	98,3		C
X3	100	50,4	1.800	108.600	100	100	C

A Verbrauch: 74.850,- (68,9%) B Verbrauch: 21.750,- (20%) C Verbrauch: 12.000,- (11,1%)

Tabelle 4: Beispiel einer ABC-Einteilung¹¹³

Abschließend folgt die graphische Darstellung der ABC-Verteilung. Abbildung 27 zeigt einen typischen Verlauf der ABC- bzw. Pareto-Kurve:

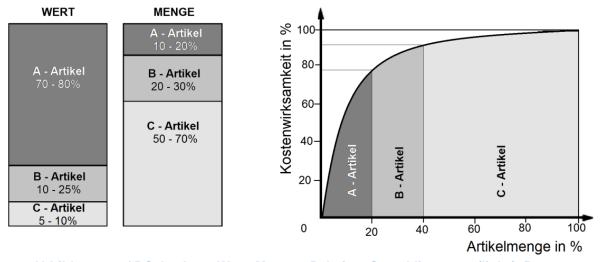


Abbildung 27: ABC-Analyse: Wert- Mengen Relation, Stapeldiagramm (links), Pareto-Darstellung (rechts)¹¹⁴

ABC-Analyse nach Kunden

Auf der Abszisse kann der Analysesituation entsprechend der Materialwert oder der Materialverbrauch aufgetragen werden. Speziell für die Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit erwies es sich als sinnvoll, Kunden nach festgelegten ABC-Kategorien zu gruppieren. Die Kategorisierung der Kunden in ABC-Kundengruppen half in weiterer Folge der Entwicklung von kundenspezifischen Lösungen.

¹¹³ Biedermann, 2008, S.83

¹¹⁴ vgl. Sihn; Kuhlang, 2011, S.40f

¹¹⁵ vgl. Sihn; Kuhlang, 2011, S.40f

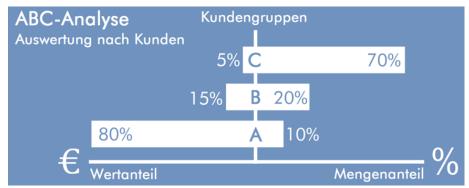


Abbildung 28: ABC-Auswertung nach Kunden

2.7 Layoutplanung

Zur Neu- oder Erweiterungsplanung und bei der Reorganisation eines Werkes werden zur Erzielung einer materialflussgerechte Bereichsanordnung Methoden der Anordnungsoptimierung angewendet. 116

Nach MARTIN muss ein Industriebetrieb in Abhängigkeit von dem Produktionsablauf die einzelnen Betriebsbereiche wie Lager, Fertigung, Montage usw. nach organisatorischen, technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten zueinander anordnen. Die Hauptzielsetzung besteht dabei in der Minimierung Materialflusskosten, was bedeutet das Produkt Tonne x Kilometer möglichst gering zu halten. Auf dieses Ziel sind Zuordnungsverfahren wie das Kreis- und das Dreiecksverfahren ausgerichtet. 117

Zur Erfüllung dieser Zielsetzung werden laut MARTIN Verfahren für guantifizierbare Größen benutzt. Unter den Optimierungsverfahren zu unterscheiden sind dabei Maximierungs- und Minimierungsverfahren. Diese werden für Zuordnungsprobleme eingesetzt, um Transportwege und damit die Transportkosten zu minimieren. Weitere Anwendungsgebiete sind Schwachstellenprobleme, um dadurch eine maximale Auslastung von Anlagen zu erzielen und die Engpassermittlungen von Transportanlagen, um Redundanzen festzulegen. 118

Nach PAWELLEK können zur Anordnungsoptimierung grafische und mathematische Methoden unterschieden werden, wobei die Anordnungsmethoden ein Idealschema liefern, das als Zwischenschritt zum realen Layout angesehen werden kann (sihe Abbildung 29).¹¹⁹

¹¹⁶ vgl. Pawellek, 2014, S.201 ¹¹⁷ vgl. Martin, 2014, S.465

¹¹⁸ vgl. Martin, 2014, S.465

¹¹⁹ vgl. Pawellek, 2014, S.201

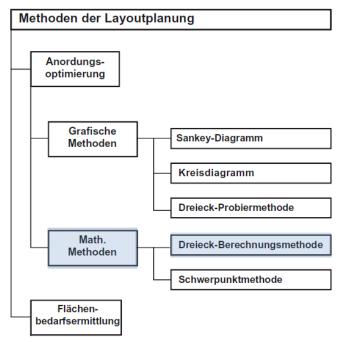


Abbildung 29: Methoden zur Anordnungsoptimierung 120

2.7.1 Grob-, Ideal- und Reallayout-Planung¹²¹

Die grobe Planung dient dazu, die notwendigen Entfernungsdaten für eine weitere Planung zu erhalten und die im Layout fixierten Bereiche zu ermitteln und um Layoutalternativen festzulegen. Aus den Layoutalternativen wird dann das endgültige Layout in Iterationschleifen mit der Feinplanung erarbeitet.

Nach GÜNTHNER/DURCHHOLZ/KLENK empfiehlt sich als erste Layoutplanung das einer Transportmatrix, die Aufschluss über die Intensität Transportbeziehungen der einzelnen Funktionsbereiche gibt (Abbildung 30, siehe Schritt 1).

Ideallayout-Planung

"Mit der Erstellung des Ideallayouts soll eine restriktionsfreie Anordnung der Struktureinheiten unter Berücksichtigung der Flächenbedarfe und flusstechnischen Zusammenhänge erreicht werden."122

Bei der Idealplanung eines vorhandenen Layouts auf "grüner Wiese" (engl.: green field) kann das Dreiecksrasterverfahren genutzt werden um Bereiche mit der stärksten Transportbeziehung mit möglichst kurzem Weg zueinander anzuordnen (Abbildung 30, siehe Schritt 2).

¹²⁰ Pawellek, 2014, S.201 ¹²¹ vgl. Günthner; Durchholz; Klenk, 2013, S.55f

¹²² Schenk; Wirth; Müller, 2014, S.341

Im Anschluss werden die Bereiche als vereinfachtes Blocklayout abgebildet (siehe Abbildung 30, Schritt 3). SCHENK/WIRTH/MÜLLER definieren das Blocklayout dabei wie im folgenden Absatz:

"Unter Verwendung des flächenmaßstäblichen Beziehungsschemas und des idealen (meist auf dem Materialfluss basierenden) Anordnungsmodells ist es möglich, ein ideales Layout zu entwickeln. Dabei werden die Flächen der Struktureinheiten unter möglichst weitgehender Einhaltung der idealen Anordnung zusammengeführt."¹²³

Dabei erfolgt nach SCHENK/WIRTH/MÜLLER noch keine Orientierung am Gebäuderaster und es wird keine Zuordnung zu eventuellen Gebäuden oder zu verfügbaren Flächenform vorgenommen. Die Form der Gesamtfläche ist hier grundsätzlich ein Rechteck. 124

"Das Ideallayout ist die Basis zur Ableitung, Gestaltung und Bewertung von Reallayoutvarianten."¹²⁵

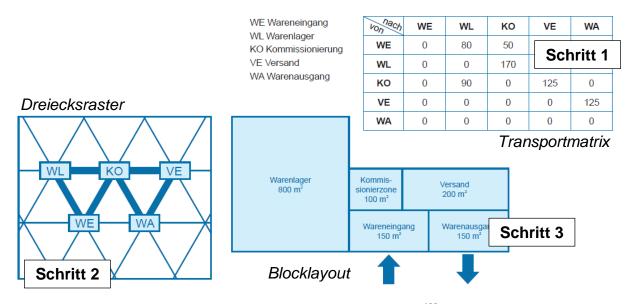


Abbildung 30: Grobe Layoutplanung 126

Reallayout-Planung

Das Reallayout ist die realisierbare räumliche Anordnung der Bereichsflächen, der funktionelle, flussseitige, flächen- und praxisbezogene sowie behördliche Einflussfaktoren zugrunde gelegt sind.¹²⁷

Ziel der Reallayout-Planung ist es, das Modell des Ideallayouts in die reale Welt der betrieblichen Gegebenheiten zu überführen um dabei ein Gesamtoptimum hinsichtlich der Zielsetzungen und Restriktionen zu erreichen.¹²⁸

¹²³ Schenk; Wirth; Müller, 2014, S.341

¹²⁴ vgl. Schenk; Wirth; Müller; 2014, S.341

¹²⁵ Schenk; Wirth; Müller, 2014, S.341

¹²⁶ vgl .Günthner; Durchholz; Klenk, 2013, S.55

¹²⁷ vgl. Schenk; Wirth; Müller, 2014, S.341

Soll das bestehende Gebäude genutzt werden (brown field) werden zuerst alle vorhandenen Fixpunkte wie Wareneingangs-/Warenausgangs-Tore, Verkehrswege, verbaute Flächen, etc. ermittelt und die Funktionsbereiche anschließend im Fluss angeordnet. Bei der Anordnung gilt es laut GÜNTHNER/DURCHHOLZ/KLENK neue, entstehende Fixpunkte zu identifizieren und daraufhin strategisch günstig anzulegen.¹²⁹

Nach GÜNTHNER/DURCHHOLZ/KLENK darf die Werksstruktur nicht den Logistikfluss bestimmen, vielmehr hat sich die Werkstruktur an den Logistikfluss anzupassen. Es gilt daher stets:

[FORM FOLLOWS FLOW!]

"Im Allgemeinen existieren vielfältige Einschränkungen bezüglich des Layouts. Die verfügbaren Flächen sind begrenzt. Teilweise ist die Lage der Funktionsbereiche bereits vorgegeben. Festgelegte Fahrwege müssen eingehalten werden. etc."¹³⁰

Der Planer muss daher nach GÜNTHNER/DURCHHOLZ/KLENK eine praxistaugliche Grobplanung des Layouts unter Einbeziehung aller Restriktionen vornehmen, wobei er sich oft nur ansatzweise an der Idealplanung basierend auf Transportintensität und Fluss orientieren kann.¹³¹

"Auch bei der Prüfung der bestehenden Anordnung der Funktionsbereiche muss hinterfragt werden, welche Einschränkungen dazu geführt haben, dass Umwege in Kauf genommen wurden und keine Orientierung am Fluss möglich war? Welche Restriktionen müssen weiterhin als gesetzt gelten?"¹³²

Nach GÜNTHNER/DURCHHOLZ/KLENK stellt sich auch die Frage, welche Einschränkungen aufgrund von Bequemlichkeit, mangelnder Fantasie, fehlender Kommunikation mit den Beteiligten, bereits überholter Annahmen und Tatsachen etc. nicht aus dem Weg geräumt worden sind und ob diese im Rahmen der Optimierung verändert werden können.

2.7.2 Gestaltungsgrundsätze zur Layoutplanung

Als Gestaltungsgrundsätze bei der Layoutplanung können nach SCHENK/WIRTH/MÜLLER folgende ausgewählte Punkte genannt werden: 133

 Anordnung der Struktureinheiten und deren Flusssysteme nach logistischen Aspekten, der Wirtschaftlichkeit und der Minimierung von Beständen (erst

¹²⁸ vgl. Schenk; Wirth; Müller, 2014, S.341

vgl. Günthner; Durchholz; Klenk, 2013, S.55

Günthner; Durchholz; Klenk, 2013, S.56

¹³¹ vgl. Günthner; Durchholz; Klenk, 2013, S.56

¹³² Günthner; Durchholz; Klenk, 2013, S.56

¹³³ vgl. Schenk; Wirth; Müller, 2014, S.345f

Funktionsfähigkeit, dann Ökonomie fixieren, erst Organisationskonzept, dann Automatisierungskonzept),

- Minimieren der Prozesskette
- Maximale Übereinstimmung von Reallayout mit dem Ideallayout anstreben,
- Laufwege für das Bedienpersonal so kurz wie möglich halten; Fluchtwege und Sicherheitszonen frei halten,
- Angemessene Flexibilität (Produktmix, Produktionsumfang) ermöglichen sowie Erweiterungsfähigkeit (wachsender Kapazitätsbedarf) durch Verlegen dieser strukturellen Einheiten in die Peripheriezonen und durch Berücksichtigung zusätzlicher Flächen gewährleisten.

2.7.3 Dreieck-Probiermethode 134

Bei der Dreieck-Probiermethode geht man laut PAWELLEK davon aus, dass drei Betriebsmittel, die miteinander in Verbindung stehen, dann mit geringstem Transportaufwand angeordnet sind, wenn sie in einem Dreieck zueinander stehen.

Der vierte Betriebsbereich kann folglich nur zu zwei Bereichen optimal angeordnet werden, da zum dritten ein zusätzlicher Transportaufwand entsteht. Im Vergleich zum Sankey-Diagramm werden hier nur die Transportintensitäten zwischen den Betriebsmitteln einbezogen, jedoch ohne die Richtungen der Materialströme zu berücksichtigen.

2.7.4 Dreieck-Berechnungsmethode

Nach PAWELLEK ist der Grundgedanke dieser mathematischen Methode der gleiche wie bei der Probiermethode, jedoch wird die Reihenfolge, mit der die Betriebsmittel anzuordnen sind, berechnet. Die Berechnung erfolgt hierbei unabhängig von der Strukturgrafik, da durch die Berechnung die Reihenfolge der Bereichsanordnung festgelegt wird und somit eine schnelle Variantenbildung möglich ist, die auch bei einer hohen Bereichsanzahl noch überschaubar bleibt. ¹³⁵

Die Darstellung der Rechenschritte ist in Abbildung 31 zu sehen:

1

¹³⁴ vgl. Pawellek, 2014, S.203

¹³⁵ vgl. Pawellek, 2014, S.20f

iatrix	der T					_	_			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	_
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	90	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	170	90	0	0	0	0	0	0	0	
4 5	140 0	0	180 100	0 210	0	0	0	0	0	
6	10	0	0	10	90	0	0	0	0	
7	0	0	40	30	80	0	0	0	0	
8	0	0	30	0	180	110	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	40	0	
Schri	tt: su	che di	e 2 Pui	nkte mi	t M	ax {l _{ij} } =	210			,
		anspo	rtintens	ität		⇒j: 4 ↔			_	
					Б.				7	X X 4 5 X
. Schri	tt: suc	cne na	achstint	ensive	n Punk	τ			-	\times \times \times \times \times
	1	2	3	6	7	8	9			V V V V V V
*4	140	0	180	10	30	0	0		_	$\overline{\wedge}$
*5	0	0	100	90	80	180	0		7	$\langle \times \times \times 3 \times \times \times \rangle$
	140	0	280	100	110	180	0		_	\ \ 4 \ 5 \ \ \ \
<u>. Schri</u>	<u>tt:</u> wie	e 2							\rightarrow	
	1	2	6	7	8	9				
*3	170	90	0	40	30	0			_	\times \times \times \times
*4	140	0	10	30	0	0			\rightarrow	/ 1 3 $/$
5_	0	0	90	80	180	0			/	
	310	90	100	150	210	0			_	X X 4 5 X
									\rightarrow	\leftarrow \times \times \times \times
Schri	tt:									
1	9									
1	0	5	0						_	\times \times 2 $9 \times \times$
2	0	6	0						\rightarrow	1 3 8
2	0	7	0						/	
4	0	*8	40						_	4 5 6
	1		40						\rightarrow	\leftarrow \times \rightarrow \uparrow \uparrow \rightarrow \times

Abbildung 31: Abfolge der Dreieck-Berechnungsmethode 136

Als Ergebnis der Anordnungsoptimierung liegt eine Strukturgrafik vor, die die Makrolage der anzuordnenden Objekte in ihrer Gesamtheit ausweist. Sie bildet als analoges Modell die Grundlage für die Layoutgestaltung (Abbildung 32). 137

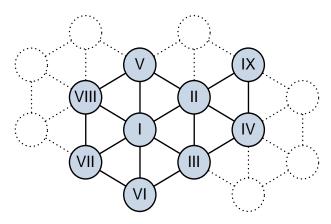


Abbildung 32: Skizze einer Strukturgraphik in dreieckiger Anordnung

¹³⁶ Pawellek, 2014, S.204 ¹³⁷ Schenk; Wirth; Müller, 2014, S.326

2.8 Bewertung alternativer Layouts

"Zielsetzung bei der Anordnung ist die Minimierung der Materialflusskosten. Da jedoch die Erfassung der relevanten Kosten in der Regel schwierig und wegen der Länge des Bezugszeitraums der Planung mit erheblichen Unsicherheiten behaftet ist, wird häufig die Transportleistung, ermittelt als Produkt aus Transportintensität und entfernung, als Beurteilungskriterium verwendet."¹³⁸

Transportleistung(TL) = Transportintensität(TI) * Transportentfernung(TE)

Formel 1: Definition der Transportleistung

"Weitere Kriterien zur Beurteilung alternativer Layouts sind die Übersichtlichkeit und Einheitlichkeit der Fließrichtung der Materialflüsse, die Flexibilität in Bezug auf wechselnde Anforderungen der Produktion und der Grad der Raumausnutzung."¹³⁹

"Unabhängig von der Modifizierung durch die verschiedenen mathematischen Verfahren bzw. Lösungsmodelle für die Optimierung der räumlichen Struktur baut diese auf folgender Grundgleichung auf:"¹⁴⁰

$$K_T = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{m} J_{ij} * s_{ij} * k_{T_{ij}} \longrightarrow min$$

 K_T Transportkosten

I Transportintensität

s Transportweg zwischen den Flächenbereichen i und j

 k_T spezifische Kosten des Transportmittels

Formel 2: Grundgleichung der Transportkosten¹⁴¹

Nach Formel 2 beeinflussen folgende Faktoren den Transportaufwand (bzw. die Transportleistung):¹⁴²

- der Transportweg (Entfernung zwischen zwei Struktureinheiten),
- die Transportintensität (Anzahl der Transporte pro Bezugszeitraum zwischen zwei Struktureinheiten).

2.8.1 Transportentfernung

Die Berechnung der Transportstreckenlänge erfolgt vereinfacht über die Flächenmittelpunkte jeweiliger Bereiche. Bei einfachen Verbindungsrouten wird die Streckenlänge über die Differenzen der Bereichskoordinaten gebildet. Bei komplexeren Routen werden schlicht die zusätzlichen Teilstrecken aufsummiert.

¹³⁹ Pfohl, 2010, S.190

¹⁴⁰ Schenk; Wirth; Müller, 2014, S.323

141 vgl. Schenk; Wirth; Müller, 2014, S.323

¹³⁸ Pfohl, 2010, S.190

¹⁴² vgl. Schenk; Wirth; Müller, 2014, S.340

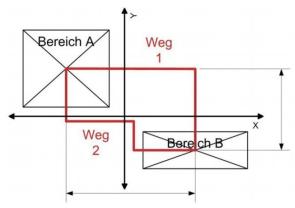


Abbildung 33: Prinzip der Streckenmessung

Die berechneten bzw. gemessenen Transportstreckenlängen werden gemäß den vorhandenen Transportbeziehungen in eine VON-NACH-Matrix eingetragen.

"Die VON-NACH-Matrix oder auch Materialflussmatrix genannt, dient der Aufnahme von Transportfrequenzen (Anzahl Transporteinheiten pro Zeiteinheit zwischen Quellen und Senken), Transportgewichten, Transportvolumen, Transportwegen, Transportkosten oder Transportmittel (siehe Abbildung 34)."143

Lfd. Nr.	NACH ↓ VON		WE	F	PL	M	DL	WA	Summe
	1		2	3	4	5	6	7	8
1	Wareneingang	WE		x_1LE	x ₂ LE	x ₃ LE			
2	Fertigung	F			x ₂ LE	x ₅ LE	x ₄ LE		
3	Produktionslager	PL		x ₆ LE					
4	Montage	M		x ₅ LE	x ₇ LE		x ₈ LE		
5	Distributionslager	DL						x ₉ LE	
6	Warenausgang	WA							
7	Summen								

Abbildung 34: VON-NACH-Matrix für Transporte (x_n = Anzahl Transporteinheiten pro Zeiteinheit)¹⁴

2.8.2 Transportintensität

"Die Transportintensität m_{ij} gibt an, welche auf ein bestimmtes Einheitstransportgut (beispielsweise Standardpalette) bezogene Gütermenge von einer Produktiveinheit i zu einer Produktiveinheit j (mit i, j = 1 ... m, wobei m gleich Anzahl der Produktiveinheiten) pro Zeiteinheit zu transportieren ist."145

$$Transportintensit"at \ m_{ij} \ = \frac{Anzahl \ der \ Transporte}{Zeiteinheit \ [ZE]}$$

Formel 3: Definition der Transportintensität

¹⁴³ Martin, 2014, S.33 ¹⁴⁴ Martin, 2014, S.33

¹⁴⁵ vgl. Pfohl, 2010, S.183

Als Zeiteinheit gilt in dieser Arbeit der Betriebskalendertag (kurz: BKT).

Die Darstellung der Stärke und Struktur des Materialflusses und der entsprechenden Transportintensitäten kann durch Materialflussmatrizen (auch Von- Nach-Matrizen genannt) und Materialflussgraphen erfolgen. 146

Nach PFOHL ist die Bedeutung der Transportintensitäten darin zu sehen, dass sie in Verbindung mit den entsprechenden Transportentfernungen - die zu erbringende Transportleistung bestimmen und einen Einfluss auf die Höhe Materialflusskosten haben. Ihre Kenntnis ist die Grundlage der Layoutplanung (innerbetriebliche Standortplanung) des Produktions- und Logistiksystems. 147

2.8.3 Berechnung der Transportleistung

Die Literatur definiert die *Transportleistung (TL)* wie folgt:

$$Transportleistung \; (TL) = \frac{Anzahl \; der \; Transporte}{Zeiteinheit \; [ZE]} * Transportent fernung \; [m]$$

Formel 4: Berechnung der Transportleistung¹⁴⁸

Mit den Matrizendefinitionen der Transportleistungsmatrix $TLM = (TL_{ij})_{i=1...m,j=1..n}$ Transportintensitätsmatrix $TIM = (TI_{ij})_{i=1...m,j=1..n}$ sowie der Transportentfernungsmatrix $TEM = (TE_{ij})_{i=1...m,j=1..n}$, ergibt sich folgender Zusammenhang:

$$TLM_{ij} = TIM_{ij} * TEM_{ij}$$

Formel 5: Bildung der Transportleistungsmatrix

Die Einträge der Matrix zeigen die Intensität des Materialflusses zwischen den jeweiligen Abteilungen bzw. Bereichen.

Die Summe der Einträge der Transportleistungsmatrix wird in dieser Arbeit Gesamttransportleistung TL_{Gesamt} genannt und dient als Kennwert zum Vergleich von Layoutvarianten (siehe Abbildung 35, sowie Formel 6).

$$TL_{Gesamt} = \sum_{\substack{0 \le i \le m \\ 0 < j < n}} TLM_{ij}$$

Formel 6: Berechnung der Gesamttransportleistung (Summe über TLM-Matrix)

vgl. Pfohl, 2010, S.183
vgl. Pfohl, 2010, S.184

¹⁴⁸ vgl. Pfohl, 2010, S.190

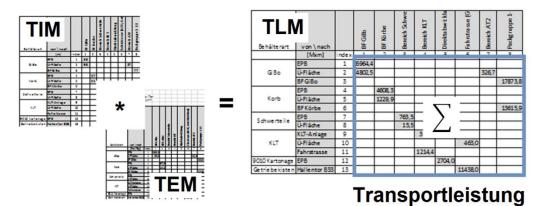


Abbildung 35: Transportintensitätsmatrix TLM aus skalarer Multiplikation von TIM u. TEM

Eine Visualisierung der Transportleistungen im Gesamtlayout lässt die Einheitlichkeit der Fließrichtung der Materialflüsse und ungünstig im Layout angeordnete Bereiche erkennen (siehe Abbildung 36).



Abbildung 36: Visualisierung der Transportleistungen im Layout. a) Nicht gerichtete Materialflüsse; b) Einheitliche Fließrichtung durch günstige Bereichsanordnung

2.9 Zeitwirtschaft

Die Zeit bildet gemeinsam mit den Faktoren Qualität und Kosten das Spannungsdreieck (siehe Abbildung 37). Die optimale Auslegung dieser drei Faktoren ist schwierig, da sie in widersprüchlichem Verhalten zueinander stehen. Um sich bei immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen und höher werdenden Kundenwünschen trotzdem einen Wettbewerbsvorteil zu verschaffen, ist es wichtig, eine Balance zwischen Zeit, Qualität und Kosten zu finden.

Die Anwendung von zeitwirtschaftlichen Methoden kann dies unterstützen und zu mehr Flexibilität und Anpassungsfähigkeit im Unternehmen führen.



Abbildung 37: Spannungsdreieck Qualität-Kosten-Zeit

Zeitvorteile spielen eine Schlüsselrolle in der: 149

- Gewinnung von neuen Marktanteilen,
- Reaktionsfähigkeit bei der Umsetzung von Kundenwünschen,
- Kapitalbildung in der logistischen Kette,
- Wirtschaftlichkeit und Rentabilität von Unternehmen.

Zentrale Stellung der Zeitwirtschaft

Die zentrale Stellung des Zeitstudiums ist in Abbildung 38 zu sehen:

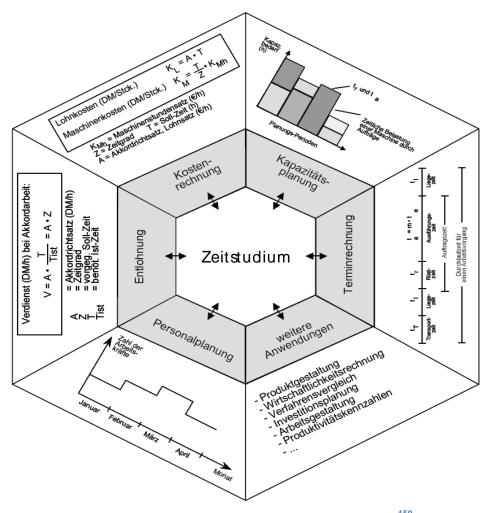


Abbildung 38: Zentrale Stellung des Zeitstudiums¹⁵⁰

Hier wird deutlich, welche Relevanz strukturierte und aussagekräftige Zeitdaten für Unternehmen haben. Informationen über Prozesse und deren Zeiten werden entlang des gesamten Produktentstehungsprozesses benötigt. Zeitwirtschaftliche Methoden bei jeglichen Planungsaufgaben (z.B.: Personal, daher Termine, Kapazitäten) eingesetzt, wie beispielsweise: 151

150 Kuhlang, 2010a, S.20

¹⁴⁹ vgl. Kuhlang, 2010a, S.19

¹⁵¹ vgl. Deuse; Hempen; Maschek, 2011, S.81

- Produktgestaltung: Montagezeit eines Produktes Prozessbausteine können schon in frühen Konstruktionsphasen eines Produktes genutzt werden, um Gestaltungsmerkmale mit großem zeitlichem Montageaufwand zu identifizieren.
- Prozessgestaltung: Hauptanwendungsfeld der Zeitwirtschaft Planung und Gestaltung von Arbeitsplätzen, Bestimmung der Betriebsmittelauslastung, Leistungsabstimmung zwischen verbundenen Arbeitsstationen.
- Produktion: Terminierung von Kundenaufträgen, Ermittlung der Durchlaufzeit.

Einordnung zeitwirtschaftlicher Begriffe

Vorgabezeiten basieren auf Soll-Zeiten. Dabei können auch Normalzeiten als Sollzeiten eingesetzt werden. Normalzeiten sind auf den Leistungsgrad von 100% normierte Zeiten. Ein Leistungsgrad von 100% entspricht nach REFA der durchschnittlichen Leistung eines geübten, eingearbeiteten Mitarbeiters über die Dauer einer ganzen Schicht. Demnach entsprechen Leistungsgrade über 100% überdurchschnittlichen und Leistungsgrade unter 100% unterdurchschnittlichen Leistungen. 152

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit ist es von Vorteil bei der Zeitermittlung auf bereits vorhandene Sollzeiten zurückzugreifen und sie als so genannte Planzeiten aufzubereiten. Planzeiten sind Sollzeiten für definierte Arbeitsabläufe, die über ihre Einflussgrößen erfasst und beschrieben werden (z.B. als Funktion oder Tabellenwert) und so zur Bestimmung der Ausführungszeit ähnlicher Abläufe herangezogen werden können.¹⁵³ Abbildung 39 zeigt einen zusammenfassenden Überblick über die, für die Ermittlung der Vorgabezeit, benötigten Zeiten:

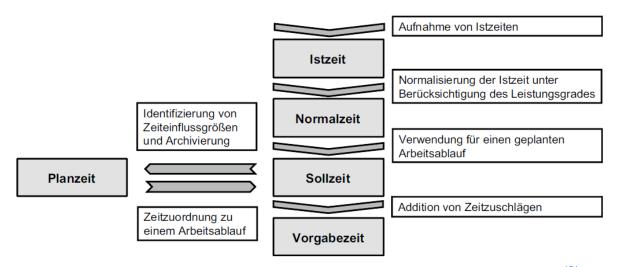


Abbildung 39: Zusammenhang zwischen Ist-, Normal-, Soll-, Vorgabe- und Planzeit¹⁵⁴

 $^{^{152}}$ vgl. Deuse; Hempen; Maschek, 2011, S.83f

vgl. Deuse; Hempen; Maschek, 2011, S.99

¹⁵⁴ vgl. Petzelt, 2010, S.32

2.9.1 Methoden der Zeitermittlung

Methoden der Zeitwirtschaft werden zur Ermittlung von Zeitwerten für definierte Arbeitsabläufe genutzt. Dazu zählen beispielsweise die Zeitaufnahme, Vergleichen und Schätzen oder Systeme vorbestimmter Zeiten (SvZ) - die auch als Prozessbausteinsysteme bezeichnet werden. 155

Die hierbei ermittelten Zeitwerte sind in der Regel nicht direkt, sondern erst nach einer verwendungsgerechten Aufbereitung nutzbar. Bei der Aufbereitung werden die ermittelten Zeitwerte statistisch ausgewertet um die Aussagewahrscheinlichkeit sicher zu stellen und in Abhängigkeit von den zeitbestimmenden Einflussgrößen dargestellt, um eine Weiterverwendung zu ermöglichen. Zeitdaten müssen daher bestimmten Qualitätsanforderungen genügen.¹⁵⁶

Zeitermittlungsmethoden werden grundsätzlich in jene zur Ermittlung von Ist- und zur Bestimmung von Soll-Zeiten unterschieden (siehe Abbildung 40):¹⁵⁷

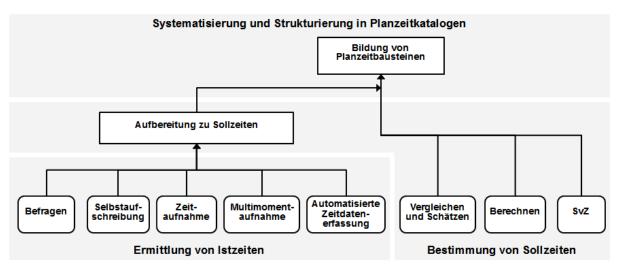


Abbildung 40: Methoden der Zeitermittlung

Ist-Zeiten werden mittels direkter Messung am Arbeitsplatz durch einen Beobachter (z. B. Zeitaufnahme), mittels Befragen der arbeitenden Person (z. B. Befragung), durch die arbeitende Person selbst (z. B. Selbstaufschreibung) oder durch automatisierte Zeitdatenerfassung (automatische Datenerfassung von Betriebsmitteln bzw. Geräten) ermittelt.¹⁵⁸

Sollzeiten können ebenso durch Vergleichen und Schätzungen, durch Systeme vorbestimmter Zeiten, durch Berechnungen oder Simulationen sowie weiteren Ansätzen bestimmt werden. Aus Sollzeiten werden in weiterer Folge

¹⁵⁵ vgl. MTM Institut, 2011, S.188

¹⁵⁶ vgl. MTM Institut, 2011, S.188

¹⁵⁷ vgl. Groover, 2007, S.317; Meyers, 2002, S.6, Niebel, 2003, S.377; Kanawaty, 1992, S.338

¹⁵⁸ vgl. Groover, 2007, S.317; Meyers, 2002, S.6; Niebel, 2003, S.377; Kanawaty, 1992, S.338

üblicherweise Planzeitenbausteine gebildet, die in unternehmensbzw. anwendungsspezifischen Katalogen systematisiert bzw. strukturiert werden.

2.9.2 Systeme vorbestimmter Zeiten - Unternehmensneutrale **Prozessbausteinsysteme**

Systeme vorbestimmter Zeiten (SvZ) bzw. unternehmensneutrale Prozess-(wird synonym zu SvZ verwendet) sind Verfahren zur bausteinsvsteme Sollzeitenermittlung, mit denen Planzeiten für das Ausführen von Arbeitsabläufen bestimmt werden können, die durch den Menschen vollständig beeinflussbar sind. 159

Prozessbausteine werden grundsätzlich in unternehmensneutral und unternehmensspezifisch unterschieden. Unternehmensneutrale Prozessbausteine werden im Allgemeinen als Prozessbausteine bezeichnet. Für unternehmensspezifische Prozessbausteine wird üblicherweise der Begriff Planzeitbausteine verwendet.

Ein Prozessbaustein repräsentiert im Allgemeinen einen Ablaufabschnitt, dessen Inhalt und Verwendung beschrieben wurde und für den ein Zeitstandard gilt. Ein Prozessbausteinsystem wiederum setzt sich aus einer abgegrenzten Menge an Prozessbausteinen zusammen. 160

In der praktischen Anwendung haben SvZ den großen Vorteil der kombinierten Standardisierung von Arbeitsablauf und Tätigkeitszeit, welche nicht getrennt voneinander betrachtet werden können. 161

Ein weiter Vorteil von SvZ besteht in der Möglichkeit der virtuellen Planung von Arbeitssystemen bereits im Vorfeld Zeit und Kosten zu sparen, da ein Arbeitssystem nicht entwickelt und aufgebaut werden muss, bevor es betrachtet werden kann.

Prozessbausteine der verschiedenen SvZ sind unternehmensneutrale Planzeiten, die durch umfangreiche Untersuchungen ermittelt und mit fest definierten Einflussgrößen tabellarisch erfasst wurden. Auf diese Weise können sie in Form von unternehmens- und/oder branchenübergreifenden Planzeit-Tabellen zusammengestellt und universell eingesetzt werden. Voraussetzung für einen höchstmöglichen Grad an Universalität ist die Verwendung von Einflussgrößen, die auf eine möglichst große Gruppe von Unternehmen zutreffend sind. Systeme vorbestimmter Zeiten wurden für eine spezielle, klar definierte Prozesstypologie, eine bestimmte Ablaufkomplexität und definierte Prozessmerkmale entwickelt. 162

vgl. Schlick, 2010, S.699

 ¹⁵⁹ vgl. Kanawaty, 1992, S.381; REFA, 1997, S.66
 160 vgl. Bokranz; Landau, 2006, S.512ff

¹⁶² vgl. Bokranz; Landau, 2006, S.512ff

Folgende Prozessbausteinsysteme sind Beispiele für die Anwendung von unternehmensneutralen Zeitdaten:

Methods-Time Measurement (MTM), Work Factor (WF), Maynard Operation Sequencing Technique (MOST) und MODular Arrangement of Predetermined Motion Time Systems (MODAPTS).

2.9.3 Methods-Time Measurement (MTM)

MTM ist das weltweit bekannteste und am weitesten verbreitete System vorbestimmter Zeiten. 163 Weltweit vertreten durch das Internationale MTM Direktorat (IMD) stellen Nationale MTM-Vereinigungen (z.B.: die Deutsche oder die Österreichische MTM-Vereinigung) die standardisierte Anwendung und Schulung sowie die Weiterentwicklung und internationale Vergleichbarkeit dieses Verfahrens sicher. Schon aus der Abkürzung MTM (deutsch: Methoden-Zeit Messung) geht hervor, dass die Zeit von der (Arbeits-)Methode abhängt, also "die Methode die Zeit bestimmt!".

Systeme wie MTM werden vorwiegend zur Beschreibung und zeitlichen Bewertung von manuellen Prozessen in verschiedenen Detaillierungsgraden eingesetzt.

MTM ist ein Verfahren, bei dem in der Ablaufanalyse manuelle Abläufe in einzelne Bewegungselemente gegliedert werden und anschließend jedem dieser Bewegungselemente ein Normzeitwert zugeordnet wird, der durch verschiedene Einflussgrößen vorbestimmt ist.

Das MTM-Verfahren basiert auf einer Bezugsleistung von 100%, welche durch eine ordnungsgemäße MTM-1 Analyse mit einer Abweichung von 2-3% erreicht werden kann. Der Vorteil der Anwendung von MTM liegt also darin, dass das Bezugsleistungsniveau der SvZ immer gleich, jedoch immer gleich falsch ist und somit eine einheitliche, normierte und standardisierte Grundlage zur Beurteilung menschlicher Arbeit vorliegt.

Die MTM-Normzeitwerte werden in Time Measurement Units (TMU) angegeben. Die Zeitzuordnung erfolgt mit Hilfe von MTM-Normzeitwerttabellen (MTM-Datenkarten), in denen die Normzeitwerte aller Grundbewegungen in Abhängigkeit ihrer Einflussgrößen festgeschrieben sind. Neben den eigentlichen Zeitdaten ergeben sich aus der Anwendung der (unternehmensneutralen) Prozessbausteinsysteme auch Hinweise für die Gestaltung von Arbeitsmethoden und Arbeitsplätzen.

MTM wird in unterschiedliche Prozessbausteinsysteme eingeteilt, wobei die Auswahl vom jeweiligen Methodenniveau der Montagetätigkeit abhängig ist (Abbildung 41).

¹⁶³ vgl. Picker, 2006

Merkmale zur Charakterisierung der Prozessbedingungen	Prozesstyp 1	Prozesstyp 2	Prozesstyp 3
Fertigungstyp	Mengenfertigung	Serienfertigung	Einzelfertigung
Zyklik	Permanent kurzzyklische Wiederholung	Begrenzt längerzyklische Wiederholung	keine zyklische Wiederholung
Ablaufinformation	Bewegungsablauf (Grundbewegungen)	Teilablauf (Rahmenbedingungen des Prozesses)	Gesamtablauf (Rahmenbedingungen des Prozesses)
Arbeitsplatz	für eine definierte Produktvariante	für ein definiertes Produktspektrum	für nahezu beliebige Prozesse und Produktvarianten
Versorgungsprinzip des Arbeitssystems	Bringprinzip	Holprinzip mit Bereitstellung	Holprinzip
Arbeitsweisen- streuung	gering	mittel	hoch
Methodenniveau	niedrig	mittel	hoch
MTM Analysier-Verfahren	MTM-1 MTM	-SD UAS	MEK

Abbildung 41: MTM-Prozessbausteinsysteme im Kontext der Prozesstypologie¹⁶⁴

Unter Methodenniveau wird die Qualität eines Arbeitsablaufes, abhängig vom Übungsgrad des Ausführenden (hauptsächlich bestimmt durch die Wiederholhäufigkeit) und dem Organisationsgrad des Arbeitssystems verstanden. Dabei unterscheidet MTM drei unterschiedliche Prozesstypen mit unterschiedlichen Methodenniveaus und ordnet diesen in Abhängigkeit von der Unternehmenstypologie angepasste Prozessbausteinsysteme zu.

Sämtliche MTM-Prozessbausteinsysteme basieren auf dem MTM-1 Grundsystem. Dieses unterteilt jede Tätigkeit in ihre aufeinanderfolgenden elementaren Grundbewegungen Hinlangen, Greifen, Bringen, Fügen, Loslassen (Abbildung 42). Diese fünf Bewegungselemente reichen aus, um durch Kombination den größten Teil der Tätigkeiten in der industriellen Fertigung und Montage beschreiben zu können. So setzen sich bis zu 85 % der durch den Mitarbeiter voll beeinflussbaren Montagetätigkeiten aus diesen fünf elementaren Grundbewegungen zusammen. Zusätzlich definiert MTM-1 noch weitere Bewegungselemente wie zum Beispiel Körper-, Bein- oder Fußbewegungen.

¹⁶⁴ in Anlehnung an Bokranz, et al., 2006; Heinz, 1994

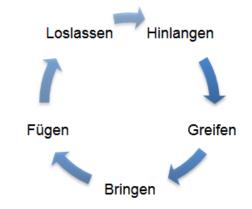


Abbildung 42: Grundbewegungen nach MTM-1¹⁶⁵

Basierend auf dem MTM-1 Grundsystem wurden daher durch Zusammensetzung und Kombination der einzelnen Grundbewegungen höher verdichtete, kombinierte Zeitbausteine entwickelt. Auf diese Weise kann der Aufwand für die Bestimmung von Sollzeiten komplexerer Tätigkeiten reduziert werden. Die nachfolgende Abbildung 43 verdeutlicht die Verdichtungskette ausgehend vom MTM-1 Grundsystem, über die MTM-Basiswerte / MTM-2 bis zum MTM-UAS (Universelles Analysiersystem) und MTM-MEK (MTM für die Einzel- und Kleinserienfertigung) am Beispiel des Aufnehmens und Platzierens.

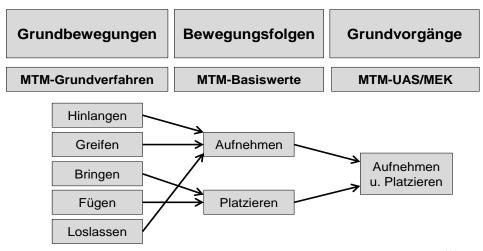


Abbildung 43: Datenverdichtung im MTM-Prozessbausteinsystem¹⁶⁶

Die Verdichtung zu höher aggregierten Bausteinen führt zu einer deutlichen Reduzierung des Analysieraufwandes, gleichzeitig verringert sich jedoch durch den höheren Abstraktionsgrad der Detaillierungsgrad der gewonnenen Zeitdaten.

In der Serienfertigung ist das Universelle Analysiersystem (UAS), in der Einzel- und Kleinserienfertigung das MEK (MTM in der Einzel- und Kleinserienfertigung) von besonderer Bedeutung. Auf das UAS-Analysiersystem wird nachfolgend eingegangen.

¹⁶⁵ Bokranz; Landau, 2006, S.96

¹⁶⁶ Petzelt, 2010

Es besteht aus den Grundvorgängen:

- 1. Aufnehmen und Platzieren
- 2. Platzieren
- 3. Hilfsmittel handhaben
- 4. Betätigen
- 5. Bewegungszyklen
- 6. Körperbewegungen
- 7. Visuelle Kontrolle

und Standardvorgängen, die sich aus den Grundvorgängen zusammensetzen. Die UAS-Datenkarte enthält alle sieben Grundvorgänge in Abhängigkeit der Einflussgrößen und Entfernungsbereiche inklusive der TMU-Zeiten. Abbildung 44 zeigt den Auszug der Datenkarte für den Grundvorgang "Aufnehmen und Platzieren":

Au	ıfnehmen		Kode	1	2	3
P	und latzieren		TMU			
	Fall des Aufnehmens	Fall des Platzierens				
		ungefähr	AA	20	35	50
	leicht	lose	AB	30	45	60
		eng	AC	40	55	70
≤ 1 kg		ungefähr	AD	20	45	60
	schwierig	lose	AE	30	55	70
		eng	AF	40	65	80
	Hand voll	ungefähr	AG	40	65	80
	> 1 ka	ungefähr	AH	25	45	55
	bis	lose	AJ	40	65	75
	≤8 kg	eng	AK	50	75	85
	> 8 kg	ungefähr	AL	80	105	115
	bis	lose	AM	95	120	130
≤	s 22 kg	eng	AN	120	145	160

Abbildung 44: Grundvorgang Aufnehmen und Platzieren

Folgende Abbildung 45 zeigt ein Beispiel eines MTM-Datenblattes eines Vorganges zum Packen eines Kleinteilbehälters:

л <i>А</i> ТА	1		Arbeitsplatz-N	lr.			
137/113.			Datum:				
TVANTIVA	KLT pac	ken	Blatt		von		
	-				Blättern		
Nr.	Ablaufabsc	nitt	Kode	TMU	Н	ΣTMU	Σ Sec
C2.01.010	Cartonage SCHLIEßEN + BINDEN						
15	ur Handbindemaschine und Transp urück	ortgestell gehen und später		0	0	0	0
16	Sehen / m		KA	25	20,45	10225	368,1
17	ufnehmen			0	0	0	0
18	ufnehmen und Platzieren, <= 1dal	I, leicht, ungefähr, <=20cm	AA1	20	1	400	14,4
19	landbindemaschine und Transportg	estell vor dem Behälter in		0	0	0	0
	osition bringen						
	Gehen / m		KA	25	5	2500	90
	ackstück binden - 2 mal			0	0	0	0
	erp.schließ. Spannband manuell		SSSA	1200	2	48000	1728
	ransportgestell aufnehmen		ļ	0	0	0	0
24	ufnehmen und Platzieren, <= 1daN	I, leicht, ungefähr, <=20cm	AA1	20	1	400	14,4
25	n der 2ten Position vor dem Behält	er in Position bringen		0	0	0	0
26	Sehen / m	_	KA	25	1	500	18
27	er Prozess wiederholt sich jetzt			0	0	0	0
	<u> </u>		Summe			62025	22
			Summe (min)				37

Abbildung 45: Beispiel eines MTM-Datenblattes

Die höher verdichteten Standardvorgänge wurden entwickelt, um die Analysiergeschwindigkeit weiter zu erhöhen. Insgesamt werden neun UAS-Standardvorgänge definiert.

Durch Kombination der UAS-Grundvorgänge und der UAS-Standardvorgänge können somit die meisten für die Serienfertigung typischen Tätigkeiten analysiert und zeitlich bewertet werden. Dabei stellt das UAS-Verfahren einen guten Kompromiss aus erreichbarer Genauigkeit und dem Analyseaufwand dar. Auf dem UAS-Analysiersystem bauen auch die MTM-Logistikdaten auf.

2.9.4 Standardvorgänge Logistik (MTM-SLV)

Das MTM-Verfahren wird auch zur Modellierung logistischer Prozesse und zur Beschreibung und Gestaltung unterschiedlichster Aufgabenbereiche wie z.B. in der Arbeitsplatzgestaltung, dem Kommissionieren, Transportieren sowie Verpacken und Prüfen eingesetzt und genutzt werden. Diese typischen Standardvorgänge im Bereich der Logistik (SVL) werden mittels der MTM-Logistikdaten beschrieben (siehe Abbildung 46).¹⁶⁷

Stapler Vorgangsfolgen				4		4	1	
	Perzentil		Fahrgab	elstapler	Schubma	ststapler	Gehgabelstapler	
		Kode	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne
Aufnehmen	Platzieren	5LT	FM	FO	SM	SO	GM	GO
	Boden	SAAA	833	603	983	718	971	646
	1,2 m	SAAB	981	751	1168	903	1327	1002
Boden	2,5 m	SAAC	1142	912	1370	1105	1767	1442
	4,0 m	SAAD	1328	1098	1602	1337	2274	1949
	Boden	SABA	934	854	1084	1014	1210	1105
	1,2 m	SABB	1082		1269		1556	
1,2 m	2,5 m	SABC	1243		1471		1995	
	4,0 m	SABD	1429		1703		2502	
	Boden	SACA	1080	1000	1230	1160	1512	1407
25	1,2 m	SACB	1228		1415		1858	
2,5 m	2,5 m	SACC	1389		1617		2297	
	4,0 m	SACD	1575		1849		2804	
	Boden	SADA	1248	1168	1398	1328	1860	1755
4.0	1,2 m	SADB	1396		1583		2206	
4,0 m	2,5 m	SADC	1557		1785		2645	
	4,0 m	SADD	1743		2017		3152	

Abbildung 46: Auszug aus der Datenkarte "Stapler Vorgangsfolgen"¹⁶⁸

Handbuch Industrial Engineering, Abbildung III-409

Die Standardvorgänge Transport beinhalten alle notwendigen Prozessbausteine zur Bewertung von Standardabläufen mit handelsüblichen und in der Praxis häufig eingesetzten Transportfahrzeugen oder Transportwagen und berücksichtigen dabei

10

Deutsche MTM-Vereinigung e. V.

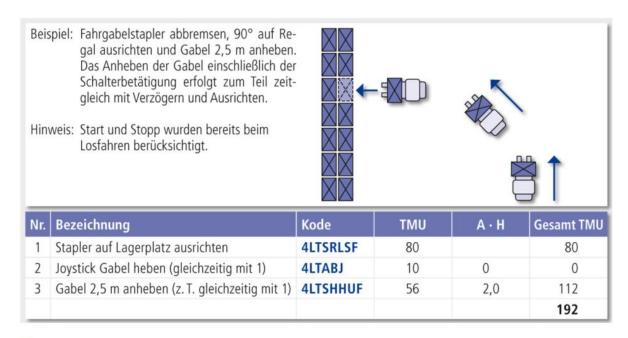
¹⁶⁷ vgl. MTM-Institut, 2013b

¹⁶⁸ Bokranz; Landau, 2012, Abbildung III-409

Gegebenheiten wie unterschiedliche Fahrzustände, relevante Sicherheitsbestimmungen oder unterschiedliche Fahrzeugausstattungen. 169

Die Anwendung der MTM-Logistikdaten beinhaltet zudem Stapler Vorgangsfolgen, die sich als praktikabel erwiesen haben. Sie enthalten alle typischen Fahroperationen für das Aufnehmen und Platzieren von Paletten, Behältern oder ähnlichen Transporthilfsmitteln mit definierten Staplern (siehe Abbildung 46).

In den folgenden Abbildungen sind exemplarisch Beispiele von Staplerbewegungen angeführt, die mittels MTM-Logistikdaten beschreiben und zeitlich quantifiziert wurden. Abbildung 47 zeigt einen Einlagerungsprozess einer Palette auf 2,5m Höhe durch einen Fahrgabelstapler. Die berechnete Zeit von 192 TMU ergibt umgerechnet 6,912 Sekunden.



Deutsche MTM-Vereinigung e. V.

Handbuch Industrial Engineering, Abbildung III-407

Abbildung 47: Anwendungsbeispiel von MTM-SVL - Ausrichten des Gabelstaplers auf Regalstellplatz auf 2,5m Höhe¹⁷⁰

Im beschriebenen Prozess von Abbildung 48 erfolgt das Aufnehmen und Platzieren einer Palette mittels Schubmaststapler. Die Prozesszeit von 3.253 TMU ergibt umgerechnet 1,9518 Minuten.

16

¹⁶⁹ vgl. MTM-Institut, 2013a

¹⁷⁰ Bokranz; Landau, 2012, Abbildung III-407

Zum Schubmaststapler gehen (10 m), aufsteigen, anschnallen, Motor starten und Feststellbremse lösen. Mit Schubmaststapler über 20 m zum Lager fahren (eine 180°-Kurve). Dort aus dem Regal in 6 m Höhe eine Palette aufnehmen. Mit Palette 20 m zum Montageplatz fahren und dort am Boden abstellen (2 Kurven).

Beginn: mit dem Gehen zum Schubmaststapler Ende: nach dem Abstellen der Palette

Bezeichnung	Kode	TMU	A · H	Gesamt TMU
10 m zum Stapler gehen	KA	25	10	250
erstes Losfahren und Abstellen	5LTSZEMS	693		693
zum Regal fahren	4LTSFISS	13	20	260
180°-Kurve	4LTSFKSS	16	2	32
Palette aufnehmen und platzieren	5LTSADASM	1398		1.398
Zuschlag auf 6 m Hubhöhe	5LTSZAWS	164	2	328
Fahrt zum Montageplatz	4LTSFISS	13	20	260
2 Kurven	4LTSFKSS	16	2	32
				3.253

Deutsche MTM-Vereinigung e. V.

Handbuch Industrial Engineering, Abbildung III-410

Abbildung 48: Anwendungsbeispiel von MTM-SVL - Aufnehmen und Platzieren sowie Transport einer Palette mittels Gabelstapler¹⁷¹

2.9.5 Die Kalkulationssoftware "calculation4u" (c4u)

Die Thanos Software GmbH - Die Entwickler von c4u - wurde 1999 von einer Gruppe aus MTM-Fachleuten und Software-Entwicklern mit jahrelanger Erfahrung auf dem Gebiet der rechnergestützten Arbeitsplanung und Zeitwirtschaft gegründet. Ziel war es, eine Software-Lösung zu schaffen, die das MTM Know-how online zugänglich und verständlich macht.¹⁷²

Die Grundlage für diese Geschäftsidee war die Erkenntnis, dass grundsätzlich alle menschlichen Tätigkeiten, sei es in (Serien-) Produktion, Dienstleistung oder Verwaltung, mit einem geeigneten System sinnvoll analysiert und optimiert werden können, um die Ressourcen des Unternehmens voll auszuschöpfen. Dieses Wissen führte zur Entwicklung der neuen, einfach zu bedienenden Software, mit der der elementare Kostenfaktor Zeit auch in Verwaltung und Dienstleistung erstmals messbar wird.

Heute verfügt die Firma über mehr als 15 Jahre Erfahrung und ist für Unternehmen aller Größenordnungen ein geeigneter und kompetenter Partner. Die Thanos GmbH besitzt alle Nutzungsrechte des MTM-Verfahrens, welches schon seit mehr als 50 Jahren weltweit erfolgreich eingesetzt wird.

¹⁷² vgl. http://www.thanos.at (gelesen am: 02.02.2015)

¹⁷¹ Bokranz; Landau, 2012, Abbildung III-410

Technologie- und Funktionsbeschreibung

"calculation4u" ist eine Planungs-, Kalkulations-, und Simulationssoftware, welche in den Bereichen Fertigung, Montage und Dienstleistung eingesetzt und als betriebliche Intranet- oder Internet-Applikation in einer Client-Server Architektur angeboten wird. Die Benutzeroberfläche arbeitet mit einem Application Server, der die Verarbeitung vornimmt und einer dynamischen Datenbank, in der die erforderlichen Daten gespeichert sind. Alle Tätigkeiten bzw. Vorgänge müssen nur ein einziges Mal erstellt und eindeutig definiert werden. Danach aktualisieren sich diese automatisch, sodass die unternehmensbezogene Bibliothek ohne Redundanzen wächst. 173

Der Anwender benötigt keine zusätzlichen Hardwareprodukte und kann über einen Web-Browser in das System einsteigen und dort Zeitanalysen durchführen. Das Tool bietet die Möglichkeit Prozessbeschreibungen selbst zu erstellen, diese zu verwalten oder auch automatisch zu generieren. Der Nutzer wird dabei durch eine interaktive Eingabefläche durch bestimmte Abfragen zu seinem Arbeitsumfeld geführt, um alle, im Sinne von MTM, notwendigen Informationen zu erlangen. Dies sind beispielsweise Angaben zu den Arbeitsmethoden, wie der Gebrauch von technischen Hilfsmitteln und Förderzeugen, oder den Einflussgrößen, wie Längen und Gewichte.¹⁷⁴

Das Ergebnis ist eine automatisch erstellte Dokumentation zum Arbeitsablauf, zu Zeiten, Kosten und zum Personalbedarf. Mögliche Varianten können direkt eingegeben und verglichen werden, so dass Optimierungsmöglichkeiten deutlich werden. Das Programm nutzt dafür Vorgabezeiten, in Form von eigenen Planzeiten, MTM-Prozessbausteinen oder speziell aufbereiteten Bausteinen der Firma Thanos.¹⁷⁵

2.10 Durchlaufzeitanalyse

Die *Durchlaufzeit* ist jene Dauer, die ein Erzeugnis oder eine Dienstleistung von Beginn der Bearbeitung bzw. des Auftrags bis zur Fertigstellung bzw. der Erfüllung benötigt. Je nach Definition der Messpunkte können Durchlaufzeiten für verschiedenste Größenordnungen berechnet werden. Die Ermittlung kann somit auf Basis eines einzelnen Arbeitsvorgangs, einer Abteilung, der Produktion oder sogar des gesamten Unternehmens erfolgen.¹⁷⁶

Folgende fünf Größen charakterisieren dabei die DLZ:177

¹⁷³ vgl. http://www.calculation4u.com/Calc4u_Deutsch/IndexD.html (gelesen am: 02.02.2015)

vgl. http://www.thanos.at (gelesen am: 02.02.2015)

vgl. http://www.calculation4u.com/Calc4u_Deutsch/IndexD.html (gelesen am: 02.02.2015)

¹⁷⁶ vgl. Kuhlang, 2010a, S.11

¹⁷⁷ vgl. Kuhlang, 2010a, S.11

- Liegen, Lagern oder Puffern (nach der Bearbeitung),
- Transportieren,
- Liegen, Lagern oder Puffern (vor der Bearbeitung),
- Rüsten und
- Bearbeiten / Ausführen.

2.10.1 Definition und Nutzen¹⁷⁸

"Die *Durchlaufzeitanalyse* ist die Ermittlung der zeitlichen Struktur für Auftragsdurchläufe, speziell des Zeitaufwandes für die planmäßige Auftragsbearbeitung (Durchführungszeiten), für unplanmäßige Vorgänge/Handlungen (Zusatzzeiten) sowie für Transport, Liegezeiten und Störungen".¹⁷⁹

Laut NOÉ hat die Durchlaufzeitanalyse folgenden Nutzen:

- Erkennen von Umfang und Ursachen nicht wertschöpfender Vorgänge,
- Daten f
 ür Planung und Steuerung,
- Grundlage f
 ür Verbesserungen,
- · Reduzierung von Beständen, Flächenbedarf und
- Beschleunigung der Lieferzeiten bei der Einführung neuer Produkte (Time to Market).

Die *Vorgehensweise* bei der Durchlaufzeitanalyse besteht grundsätzlich aus der Ermittlung der Zeitstrukturen für die Erfüllung eines Auftrags. Laut NOÉ nimmt die Zwischenzeit dabei einen großen Teil an der Durchlaufzeit ein, wobei deren Verringerung eine leistungsfähige Organisation der Prozesse, des Material- und Informationsflusses sowie der Arbeitsabläufe erfordert.

Quantitative Ergebnisse der Analyse sind:

- Durchlaufzeiten über Arbeitssysteme und Lieferketten (Supply Chain),
- Kennzahlen für Zielvereinbarungen, Prozessverbesserungen und Effektivität.

Qualitative Ergebnisse der Analyse sind:

- Störgrößen werden transparent,
- Hinweise zur Auftragsbeschleunigung und Bestandssenkung,
- Grundlagen für Anordnung und Dimensionierung von Arbeitssystemen und verbesserte Layouts.

17

¹⁷⁸ vgl. Noé, 2013, S.298 ¹⁷⁹ Noé, 2013, S.298

2.10.2 Modellbildung

Trichtermodell¹⁸⁰

Nach NYHUIS/WIENDAHL geht man beim Trichtermodell analog zur Abbildung verfahrenstechnischer Fließprozesse davon beliebige aus. iede Kapazitätseinheit einer Fertigung durch die Größen Zugang, Bestand und Abgang im seinem Durchlaufverhalten vollständig beschrieben werden kann.

Somit kann jede Kapazitätseinheit als Trichter dargestellt werden, unabhängig davon ob es sich um einen Einzelarbeitsplatz, eine Kostenstelle oder um eine gesamte Fertigung handelt (Abbildung 49).

Nach NYHUIS/WIENDAHL bilden die am Arbeitssystem ankommenden Lose gemeinsam mit den dort bereits gegebenen Losen einen Bestand an wartenden Aufträgen, die nach der Bearbeitung aus dem Trichter abfließen. Die Trichteröffnung symbolisiert die Leistung (auch Durchsatz, Output), welche innerhalb der Kapazitätsgrenzen variiert werden kann.

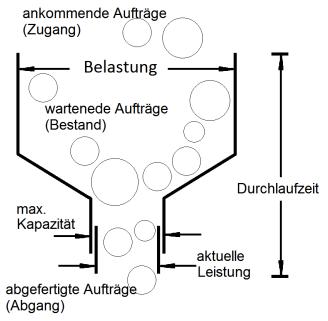


Abbildung 49: Trichtermodell - Visualisierung der Durchlaufzeit¹⁸¹

Pipeline-Modell¹⁸²

Da die Produktion den Durchfluss in seiner Richtung lenkt als auch in der Menge steuert und begrenzt, führt ERLACH das Modell eines Rohres beziehungsweise einer Pipeline als Metapher des Fließens für die Produktion an.

 ¹⁸⁰ vgl. Nyhuis; Wiendahl, 2012, S.17ff
 181 vgl. Nyhuis; Wiendahl, 2012, S.25

¹⁸² vgl. Erlach, 2010, S.102f

Die Produktionsdurchlaufzeit ist somit jene Zeitdauer die ein Produkt-Element von der Wareneingangs-Rohröffnung zur Warenausgangs-Rohröffnung benötigt (Abbildung 50).

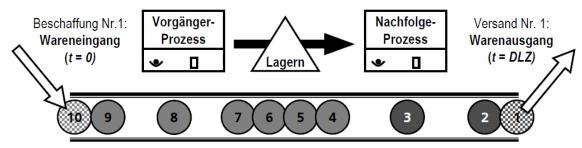


Abbildung 50: Pipeline Modell der Produktion¹⁸³

Das Produkt-Element muss nach ERLACH alle entsprechende Prozessschritte mit den zugehörigen Bearbeitungs- und Prozesszeiten sowie alle zwischengelagerten Bestände durchlaufen, wobei es im Lager die anderen Elemente nicht überholen darf. Verglichen mit dem FIFO-Prinzip werden Elemente erst ausgelagert, nachdem die vor seiner Einlagerung vorrätigen Materialien verbraucht worden sind.

Laut ERLACH gibt nach dieser Modellvorstellung der Gesamtbestand in der Fabrik unmittelbar Auskunft über die Durchlaufzeit eines Produktes von der Einlagerung des Rohmaterials bis zur Versandbereitstellung.

"Die Durchlaufzeit eines Wertstroms ergibt sich somit als Summe aller Lagerreichweiten im langsamsten Zweig des betrachteten Wertstroms (Formel 7)."¹⁸⁴

Laut ERLACH wird der Effekt der Bearbeitungszeiten und Prozesszeiten auf die Durchlaufzeit automatisch mit dem Umlaufbestand (WIP) berücksichtigt - komplett erfasst bis hin zum Teil, das sich gerade auf der Maschine befindet.

"Daher addiert man gleich bei der Wertstromaufnahme zum Lagerbestand zwischen zwei Produktionsprozessen gleich den jeweiligen WIP des Folgeprozesses hinzu und erhält so sehr einfach die Durchlaufzeit als Summe aller Reichweiten."¹⁸⁵

$$DLZ = \sum_{i=1}^{Prozess \ n} \frac{WIP_i \times \uparrow}{TB \times \#T} + \sum_{i=1}^{Lager \ m} RW_i = \sum_{i=1}^{m} \frac{(BM_i + WIP_i) \times \uparrow}{TB \times \#T} = \sum_{i} RW_i$$

DLZ... Durchlaufzeit [Tage]

RW... Reichweite der Lagerbestände [Tage]

TB...Tagesbedarf [Stück/Tage]

1 ... Gutausbeute [%]

T# ... Anzahl Gleichteile pro Produkt

WIP...Umlaufbestand [Stück]

BM... Bestandsmenge [Stück]

n... Anzahl der Prozesse

m... Anzahl der verschiedenen Lager

Formel 7: Berechnung der Durchlaufzeit¹⁸⁶

¹⁸³ Erlach, 2010, S.103

¹⁸⁴ Erlach, 2010, S.103

¹⁸⁵ Erlach, 2010, S.103

¹⁸⁶ vgl. Erlach, 2010, S.103

"Die Reichweite kann durch Bestandsmenge und Kundentakt ausgedrückt werden. Der damit formulierte Zusammenhang heißt auch 'Little's Law' - benannt nach dem von John Little im Rahmen der Warteschlangentheorie formulierten Zusammenhang, dass sich der Bestand innerhalb einer Produktion als Produkt von Durchlaufzeit und Produktionsrate ergibt."¹⁸⁷

2.10.3 Gesetz von Little (Little's Law)

Ein Modell zur Berechnung der Durchlaufzeit ist das Gesetz von Little oder Little's Law. 188 Littles Law besagt, dass sich die mittlere Durchlaufzeit an einem Arbeitssystem mit der die Division durch die mittlere Anzahl im System befindlichen Aufträge N_m durch die mittlere Ankunftsrate λ berechnen lässt: 189

$$DLZ_m = \frac{N_m}{\lambda}$$

 DLZ_m ... Mittlere Durchlaufzeit [Betriebskalendertage BKT] N_m ...Mittlere Anzahl Aufträge im System oder Bestand [-] λ ... Mittlere Ankunftsrate (Aufträge pro Betriebskalendertag) [1/BKT] Formel 8: Gesetz von Little (engl.: Little's Law)

Da der Einsatzbereich der beschrieben Formel sehr breit ist wird die Nomenklatur in der Literatur offen gehalten, um im speziellen Anwendungsfall die Variablen problembezogen zu belegen. Für Little's Law gelten folgende Anwendungsvoraussetzungen:

- Es liegen große Untersuchungszeiträume vor.
- Es liegen hinreichend genaue Planungsdaten zur Ermittlung der Vorgabezeiten vor.

Laut NYHUIS/WIENDAHL nehmen die Auftragszeiten in der betrieblichen Praxis sehr unterschiedliche Werte an. Da der Vergleich solcher Verteilungen kaum ohne statistische Kenngrößen möglich ist, haben sich zur allgemeinen Charakterisierung der Auftragszeitverteilungen der Mittelwert und die Standardabweichung bewährt.¹⁹¹

-

¹⁸⁷ Erlach, 2010, S.103

¹⁸⁸ vgl. Nyhuis; Wiendahl, 2012, S.31f

vgl. Nyhuis; Wiendahl, 2012, S.31f

¹⁹⁰ vgl. Nyhuis; Wiendahl, 2012, S.31f

¹⁹¹ vgl. Nyhuis; Wiendahl, 2012, S.17ff

3 Ist-Analyse des Arbeitssystems

Zur Erfassung des Ist-Zustandes innerhalb des betrachteten Arbeitssystems werden alle mit dem Materialfluss in Verbindung stehenden Prozesse erfasst und bezüglich ihres Beitrages an der Wertschöpfung analysiert. Dabei werden sämtliche wertschöpfende sowie nicht wertschöpfende Tätigkeiten dokumentiert. Begleitend mit der Aufnahme des Arbeitsablaufes und der Arbeitstätigkeiten wird die Befragung von Mitarbeiter und Manager durchgeführt.

Die Arbeitstätigkeiten im betrachteten Arbeitssystem bestehen aus dem manuellen Umpacken von Ersatzteilen aus Originalgebinden in Packstücke sowie der Beförderung und Lagerung von Originalgebinden mittels Fahrgabelstapler und Elektro-Hubwagen. In dieser Arbeit stehen somit logistische Bewegungs- und Lagerungsprozesse im Vordergrund.

Laut GÜNTHNER/BOPPERT sind logistische Prozesse vielfach Abfolgen von Transporten und Lagern und viel zu oft versteht sich die Logistik auch derart. 192

In folgender Abbildung 51 ist der Material In- und Output des betrachteten Arbeitssystems anhand einer Black-Box dargestellt, in der vorrangig logistische Prozesse zur Umwandlung von Originalgebinden und Kartonagen in versandfertige Packstücke und Leergut beitragen. Das anfallende Leergut wird wieder in den Gebinde-Kreislauf rezykliert.

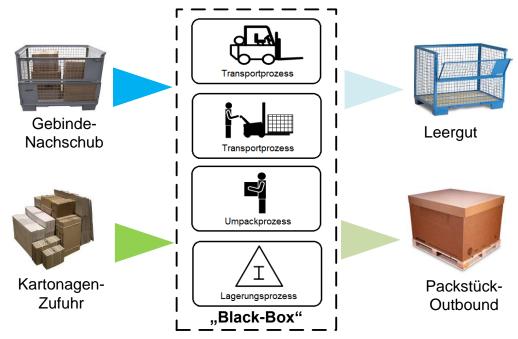


Abbildung 51: Material In- und Output und logistische Prozesse im betrachteten Arbeitssystems

_

¹⁹² vgl. Günthner; Boppert, 2013, S.48

3.1 Ist-Layout

Im ersten Schritt der Ist-Analyse wird das Ist-Layout erhoben. Die maßstäbliche Aufnahme des Gebäude-Grundrisses dient als Orientierung und Planungsgrundlage zur Erstellung von Layoutvarianten.

In Abbildung 52 ist das messtechnisch aufgenommene Ist-Layout des betrachteten Auslieferungslagers für den Versand von Packstücken per Übersee-Container zu sehen. Im Anschluss folgt die Dokumentation des Ist-Materialflusses.

Tabelle 5 zeigt die Flächenbilanz der Ist-Bereichsanordnung. Folgende, den Ist-Bereichsflächen zugewiesene Nummern, werden in der gesamten Arbeit beibehalten.

Zuordnung	Bez.	[m²]	Nr.	Zuordnung	Bez.	[m²]	Nr.
	BF GiBo	470	5		Bindemaschine	100	3
	BF Körbe	638	7	Outbound	Outhound		2
	Bereich Schwerteile	400	14	Outboaria	Verladung	57	1
	Bereich KLT	441	11		Container	294	0
	Direktabwicklung	95	12		Summe Outbound:	1506	
Inbound	Fahrstrasse	274	6		Kartonagen	485	-
ITIDOUTIU	Bereich AT2	168	13	Zusätzliche	Entsorgung	131	-
	Arbeitsbereich 1-13	1427	4	Flächen	Leergut-Paletten	350	-
	EPB	100	9		Teambereiche	110	-
	Hallentor	100	8		Summe:	1076	
	Übergabefläche	100	10				
	KLT-Anlage	100	15				
	Summe Inbound:	3913					

Tabelle 5: Flächenbilanz Ist-Zustand

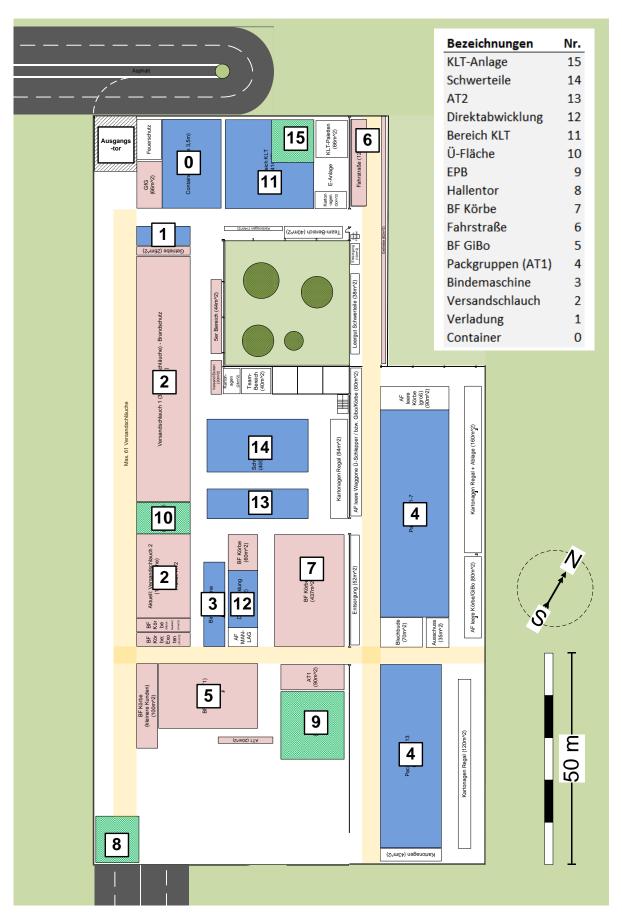


Abbildung 52: Ist-Layout des betrachteten Auslieferungslagers für das Umpacken und den Versand von Packstücken per Überseecontainer

3.2 Ist-Materialfluss

Das Kommissionieren ist laut GUDEHUS das Zusammenstellen von Ware aus einem bereitgestellten Artikelsortiment nach vorgegebenen Aufträgen. ¹⁹³ Originalgebinde werden je nach Großkundenbestellung kunden- bzw. auftragsspezifisch kommissioniert und in den Verpackungsbereich weitergeleitet. Die Gebinde enthalten nicht zwingend nur sortenreine Artikel, wobei der Füllgrad der Originalgebinde gemäß Beobachtungen stark zwischen 10-90% des Gebinde-Volumens variiert.

Das Kommissionieren der Originalgebinde befindet sich außerhalb der betrachteten Systemgrenze und wird in dieser Arbeit nicht weiter behandelt.

Die Übergabe an das betrachtete Arbeitssystem geschieht an folgenden Knotenpunkten und Wegen, die als Materialflussquellen angesehen sind:

- Durch automatisierte Anlieferung via Elektronischer Packet Bahn (in Folge kurz als EPB-Anlage bezeichnet),
- Durch automatisierte Anlieferung via KLT-Belieferungsanlage (KLT-Anlage),
- durch Routenzug (auch Logistikrundzug oder Logistik-Bus) via Übergabefläche (kurz: Ü-Fläche),
- vereinzelt auch durch direkte Anlieferung aus dem Kommissionierungslager via Fahrgabelstapler (auch als Logistik-Taxi bezeichnet),
- sowie die externe Anlieferung via LKW über das Hallentor.

Die Anlieferung der Originalgebinde in das betrachtete Arbeitssystem erfolgt nach dem Push-Prinzip. Die unterschiedlichen Typen der Originalgebinde des Inbounds sind in Formel 6 aufgezeigt:

	Or	iginalgebinde d	les Inbounds (OG)		
Abbildung		The state of the s			
Bezeichnung	Gitterbox (GiBo)	Korb	Kleinladungsträger (KLT)-Behälter	Schwerteile- behälter, Stapelkasten	Kartonage
Abmessung (L x B) [mm]	1200 x 800	1730 x 1320	600 x 400	1200 x 300	Variabel, bis zu 2200 x 1400
Inhalt (Beispiele)	Großteile wie Generatoren, z.B.		Kleinteile wie z.B. Glühbirnen, Zündkerzen, Schrauben	Schwerteile wie z.B. Scheiben- bremsen, Stoßdämpfer	Sämtliches Sortiment

Tabelle 6: Zusammenstellung der Inboundgebinde

-

¹⁹³ vgl. Gudehus, 2005, S.685

Abbildung 53 zeigt die relevanten Materialflussquellen sowie die Materialflusssenke, die Container. Sämtliche Container verlassen über das Hallentor zum Weitertransport die Halle.

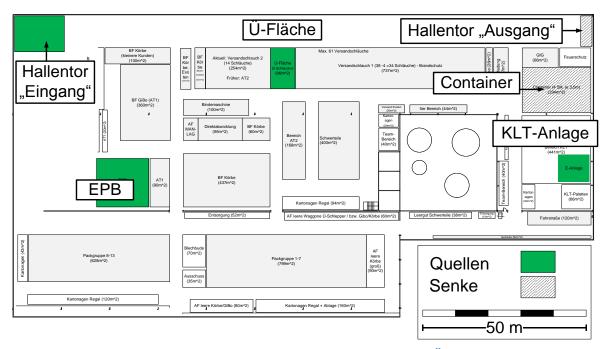


Abbildung 53: Materialfluss-Quellen in der Layout-Übersicht

Die angelieferten Originalgebinde werden je nach Typ in den jeweiligen Arbeitsbereich zum Verpacken transportiert. In Abbildung 54 sind die Arbeitsbereiche in denen das Umpacken geschieht hervorgehoben dargestellt. In diesen Bereichen werden alle Artikel die sich im Originalgebinde befinden in Kartonagen umgepackt und versandfertig gemacht.

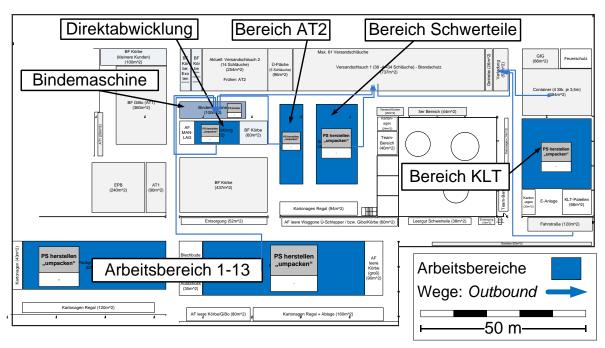


Abbildung 54: Arbeitsbereiche in der Layout-Übersicht

Im Folgenden wird der Materialfluss in *Inbound* und *Outbound* kategorisiert. Unter die Kategorie Inbound fallen alle nicht versandfertigen Transporteinheiten. Dazu zählen Originalgebinde in denen sich die umzupackenden Produkte befinden, sowie noch unfertige Packstücke, die zur weiteren Befüllung (Verdichtung) auf den Lagerflächen bereitstehen. Jedes abgeschlossene und zum Versand bereitgestellte Packstück zählt nach dem Verlassen der Arbeitsbereiche zum Outbound (siehe Abbildung 55).



Abbildung 55: Kategorisierung der Transporteinheiten in In- und Outbound

Aus Gründen begrenzter Kapazität an Flächen in den Arbeitsbereichen und der Anlieferung nach dem Push-Prinzip werden die angelieferten Originalgebinde auf Bereitstellflächen für Inbound-Gebinde zwischengelagert, bis sie in die Arbeitsbereiche weitertransportiert werden können. Diese Bereitstellflächen dienen den Arbeitsbereichen somit als vorgelagerter Puffer (siehe Abbildung 56).

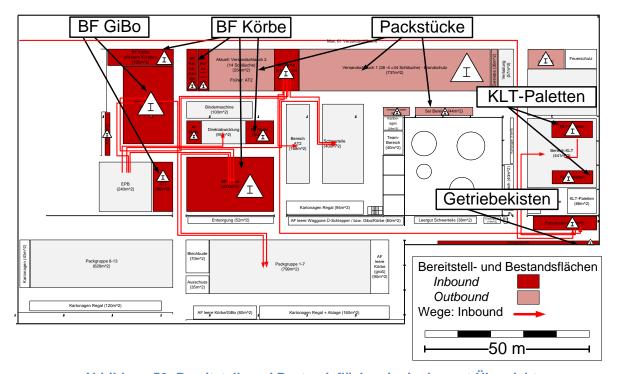


Abbildung 56: Bereitstell- und Bestandsflächen in der Layout-Übersicht

Ist der Verpackungsprozess abgeschossen wird das Packstück per Fahrgabelstapler zur Bindemaschine transportiert, wo die Umreifung stattfindet (Abbildung 57).





Abbildung 57: Halbautomatisiertes Umreifen der Packstücke mittels Bindemaschine 194

Der Versand via Hochseecontainer wird mit kundenspezifischen Container-Einheiten umgesetzt. Um eine wirtschaftliche Auslastung des Container-Volumens zu gewährleisten werden ungefähr 60m³ Gesamtvolumen an Packstücken je Großkunde akquiriert.

Dies setzt große Lagerflächen voraus, wo die Versandvolumina an versandfertigen, kundenspezifischen Packstücken bereitgestellt werden können. Diese Lagerfläche mit kundenspezifischen Teilabschnitten wird Versandschlauch genannt.

Nach der Umreifung werden die Packstücke solange auf dieser gegliederten Bereitstellfläche gelagert bis vom Technischen Büro die Freigabe zur Verladung erfolgt. Unmittelbar vor der Verladung werden die gesamten 60m³ an Packstücke auf der Verladefläche vor dem Container zusammengestellt. Dadurch können sich die Verlader (Staplerfahrer) einen Überblick verschaffen, um die Gewichtsverteilung der Packstücke bei der tatsächlichen Verladung zu berücksichtigen.

3.2.1 Ist-Wertstromdesign

Im vorangegangenen Kapitel wurde weitgehend der Materialfluss des Ist-Zustandes beschreiben, deshalb wird hier auf den *Informationsfluss* und die *Materialfluss-Steuerung* eingegangen. In Abbildung 58 ist der Ist-Wertstrom der Gitterboxen dargestellt, der in dieser Arbeit exemplarisch als das repräsentative Beispiel für die Problembehandlung des Ist-Zustandes darstellt ist.

Nach Einlangen der Bestellungen (Kundenaufträge) erfolgt die Kapazitätssteuerung durch das Technische Büro. Als Unternehmens-Informationssystem findet ein SAP ERP¹⁹⁵-System Anwendung.



Nach dem Kommissionieren erfolgt die Anlieferung der Transportaufträge durch das PUSH-Prinzip. Verlässt die Transporteinheit die Kommission wird aus Gründen der internen Verfolgbarkeit der *Status 30* an das

Gebinde vergeben.

¹⁹⁴ Quelle: http://www.hagenauer-denk.de (Aufgerufen am: 01.03.2015)

¹⁹⁵ Abkürzung für Enterprise-Ressource-Planning

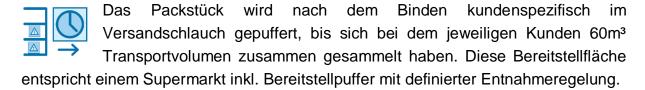


Die Transportgebinde werden unmittelbar nach dem Einlangen auf Bereitstellflächen gepuffert. Transporteinheiten auf den Bereitstellflächen wird der der Status 70 zugeteilt. Die zusätzlichen Bestands-Dreiecke zwischen den Transport- und Verpackungsprozessen zeigen, dass zwischen Anlieferung und Versand zahlreiche Pufferflächen bestehen.



Um bei Verzug die Abwicklung servicegrad-relevanter Aufträge zu gewährleisten können intern vom Technischen Büro Prioritäts-Aufträge erteilt werden. Dazu erteilt ein Teamsprecher auf operativer Ebene zu Schichtbeginn den Packgruppenplan, der den Teammitgliedern angibt, welche Kunden zu priorisieren sind um dem Servicegrad gerecht zu werden. Dazu werden die kritischen Transporteinheiten den Bereitstellflächen entnommen.

Nach dem Abschließen der Packtätigkeiten, das mit dem Anbringen des Versandlabels endet, wird dem Packstück der Status 90 zugeteilt



Ist das angestrebte Transportvolumen erreicht, erteilt das Technische Büro die Verladung der Packstücke in den Container. Ist die Verladung abgeschlossen wird vom Verlader der Status 120 vergeben. Somit ist die Outbound-Packstufe abgeschlossen.

Um den Servicegrad zu gewährleisten lautet die Vorgabe an das technische Büro, die Bearbeitung der Transportaufträge von Status 30 bis zu Status 120 innerhalb von 15 Betriebskalendertagen abzuwickeln.

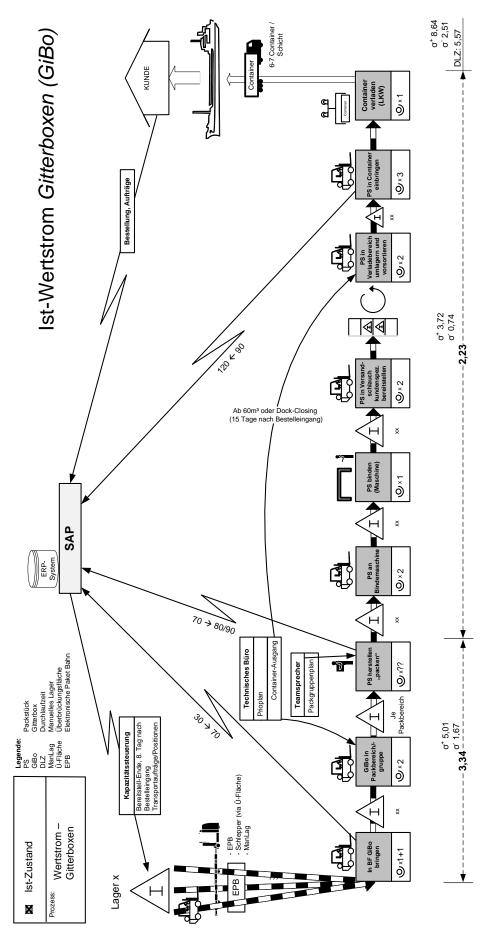


Abbildung 58: Ist-Wertstrom der Gitterboxen

3.2.2 Ist-Transportbeziehungen

Der Transport von Originalgebinde zwischen den Bereichen erfolgt im Ist-Zustand mit Fahrgabelstaplern, innerhalb der Bereiche ausschließlich mit Elektro-Hochhubwagen.

Die vorhandenen Transportbeziehungen wurden durch Beobachtungen und Gesprächen ermittelt und sind in Tabelle 7 zusammengefasst. Zur Veranschaulichung erfolgte die Trennung der Transportbeziehungen in Inbound und Outbound. Die Behälterart kann als das Kriterium angesehen werden, das dem Staplerfahrer im Ist-Zustand den Zielort vorgibt.

	Von:		Nach:	Behälterart (Kriterium)
		→	BF GiBo	GiBo
	EPB		BF Körbe	Korb
			Bereich Schwerteile	Schwerteilpalette
			Direktabwicklung	Kartonagen
			BF GiBo	GiBo
0			BF Körbe	Korb
Ę	Ü-Fläche	\rightarrow	Bereich Schwerteile	Schwerteilpalette
punoqu			Bereich AT2	GiBo
			KLT-Anlage	KLT-Palette
	BF GiBo	\rightarrow	Arbeitsbereich 1-13	GiBo
	BF Körbe	\rightarrow	Arbeitsbereich 1-13	Korb
	KLT-Anlage	\rightarrow	Bereich KLT	KLT-Palette
	Fahrstrasse	→	Bereich KLT	KLT-Palette
	Hallentor	\rightarrow	Fahrstrasse	Getriebekisten

		Arbeitsbereich 1-13	\rightarrow	Bindemaschine	
		Bereich Schwerteile	\rightarrow	Versandschlauch	
Bereich KLT		\rightarrow	Versandschlauch		
	ŭ	Bereich AT2	\rightarrow	Bindemaschine	
	ntbound	Direktabwicklung	\rightarrow	Bindemaschine	Packstück
	Out	Bindemaschine	\rightarrow	Versandschlauch	
		Versandschlauch	\rightarrow	Verladung	
		Fahrstrasse	\rightarrow	Verladung	
		Verladung	\rightarrow	Container	

Tabelle 7: Transportbeziehungen des Ist-Zustandes, kategorisiert in Inbound und Outbound

Verfolgt man den Weg einer Gitterbox von der Materialflussquelle bis zum Versand, ergeben sich eine Transportlogik, die in Abbildung 59 dargestellt ist. Zu erkennen ist wie in den Arbeitsbereichen die Transformierung der Transporteinheiten von Gitterboxen zu Packstücken erfolgt, was gleichzeitig als Übergang von Inbound zu Outbound betrachtet werden kann.

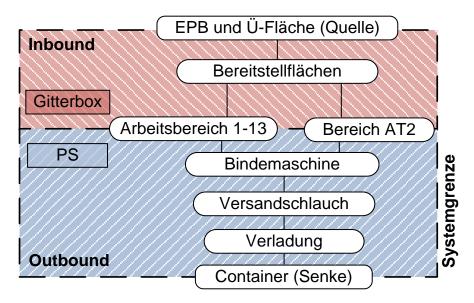


Abbildung 59: Transportlogik der Gitterboxen im Ist-Zustand

3.2.3 Ist-Transportrouten

Die Ist-Transportrouten zwischen den Bereichen wurden aus Beobachtungen und Gesprächen ermittelt und sind in Abbildung 60 in das Ist-Layout eingezeichnet.

Folgende Transportmittel werden eingesetzt:

- Fahrgabelstapler (Logistik-Taxi),
- vereinzelt auch Routenzug (Logistik-Bus).

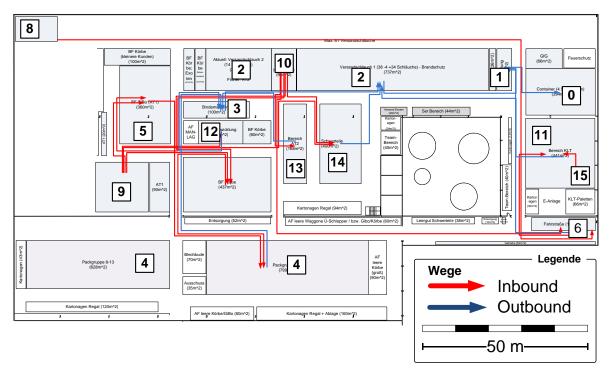


Abbildung 60: Ist-Transportrouten in der Layout-Übersicht, getrennt in Inbound und Outbound

Das Netz an Wegen lässt erkennen, wo Transportstrecken und Knotenpunkte besonders dicht befahren werden. Kreuzungen sind mit besonderer Aufmerksamkeit zu betrachten, da hier die Unfallwahrscheinlichkeit u.a. wegen Sichtbehinderung ist. Verlauf, Kreuzungen, erhöht Kurvenanzahl und Streckenlänge Transportrouten sowie das verwendete Transportmittel gehen die Transportwegezeit ein.

Folgenden Tabellen zeigen die Streckenlängen der Transportrouten zwischen den jeweiligen Bereichen mittels VON-NACH-Matrix. Tabelle 8 beinhaltet die Ist-Transportstreckenlängen des Inbound-Materialflusses, Tabelle 9 die des Outbound-Materialflusses.

Ist-Transportstreckenlängen	-
Inhound	

mbound										
Kriterium: Behälterart	von \ nach		BF GiBo	BF Körbe	Bereich Schwerteile	Bereich KLT	Direkt- abwicklung	Fahrstrasse	Bereich AT2	Arbeitsbereich 1-13
	[m]	Index	1	2	3	4	5	6	7	8
	EPB	1	38							
GiBo	Ü-Fläche	2	98						27	
	BF GiBo	3								77
	EPB	4		47						
Korb	Ü-Fläche	5		51						
	BF Körbe	6								112
Schwerteile	EPB	7			102					
Scriwertelle	Ü-Fläche	8			42					
	KLT-Anlage	9				10				
KLT	Ü-Fläche	10						156		
	Fahrstrasse	11				76				
Kartonage	EPB	12					42			
Getriebekisten	Hallentor	13						238		

Tabelle 8: Ist-Transportstreckenlänge des Inbound-Materialflusses

Ist-Transportstreckenlängen - Outhound

Outbouria						
Behälterart	von ∖ nach		Binde- maschine	Versand- schlauch	Verladung	Container
	[m]	Index	а	р	С	d
	Arbeitsbereich 1-13	а	87			
	Bereich Schwerteile	b		24		
	Bereich KLT	С		88		
	Bereich AT2	d	42			
Packstück	Direktabwicklung	е	37			
	Bindemaschine	f		43		
	Versandschlauch	g			72	
	Fahrstrasse	h			91	
	Verladung	i			·	23

Tabelle 9: Ist-Transportstreckenlänge des Outbound-Materialflusses

3.2.4 Ist-Mengenstruktur

Alle relevanten Mengendaten sind dem betriebsinternen SAP-Informationssystem entnommen. Bezugszeitraum für die Ist-Mengenermittlung ist das *Kalenderjahr 2014*. Das gesamte Artikel-Sortiment umfasst ungefähr 400.000 Einzelpositionen, mit wachsender Tendenz. Da die Originalgebinde nicht zwingend sortenreine Artikelgruppen enthalten, wird unterschieden in:

- Sortenreine Originalgebinde und
- nicht sortenreine Originalgebinde.

Zur Analyse des Inbound-Materialflusses und des Transportaufwandes interessiert zunächst die *Anzahl jährlicher Transporteinheiten je Originalgebinde* (Tabelle 10).

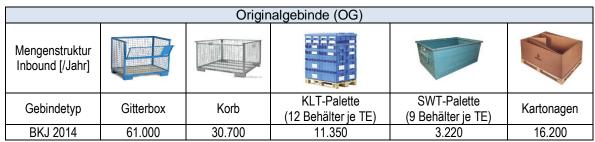


Tabelle 10: Gesamt-Transporteinheiten des Inbound-Materialflusses im BKJ 2014

Die Originalgebinde besitzen keinen einheitlichen Füllgrad und werden beim Umpacken nicht zwingend 1:1 zu einem Packstück transformiert. Die Fragestellung, wie viele vollständige Originalgebinde zu einem Packstück umgepackt werden konnte daher nur statistisch beantwortet werden.

Die Berechnung der Anzahl durchschnittlicher Inbound-Originalgebinde je Packstück erfolgt über die Umlage der Anzahl durchschnittlicher Artikelpositionen je Packstück auf die Anzahl der durchschnittlichen Artikelpositionen je Inbound-Behälter (siehe Formel 9, sowie Tabelle 11 u. Tabelle 12).

 $\frac{\emptyset \text{ Positionen je Packstück}}{\emptyset \text{ Positionen je Behälter}} = \emptyset \text{ umgepackte Behälter je Packstück}$

Formel 9: Berechnung der Anzahl Originalgebinde je Packstück

Die Berechnung anhand vorliegender Durchschnittsdaten aus dem SAP-System für das Betriebskalenderjahr 2014:

	Behälterart	Ø Positionen je Behälter
	GiBo	5,8
	Körbe	4,0
Inbound	KLT	2,4
	Schwerteile	3,3
	Direktabwicklung	5,0

		Ø Positionen je Packstück
Outbound	Packstück	17

Tabelle 11: Anzahl durchschnittlicher Artikelpositionen je Inbound-Originalgebinde sowie je Packstück

Behälterart	Ø Behälter je Packstück
GiBo	2,9
Körbe	4,2
KLT	7,0
Schwerteile	5,2
Direktabwicklung	3,4

Tabelle 12: Anzahl durchschnittlich umgepackter Originalgebinde zur Bildung eines Packstücks

Das Ergebnis zeigt, dass auf die Gitterboxen bezogen je 2,9 Originalgebinde zu einem Packstück umgepackt werden.

3.2.5 Ist-Transportintensität

Alle Mengendaten sind dem betriebsinternen SAP-Datenbanksystem entnommen. Bezugszeitraum für die Ist-Mengenermittlung ist das *Kalenderjahr 2014*.

Folgenden Tabellen zeigen die Transportintensitäten zwischen den jeweiligen Bereichen in einer VON-NACH-Matrix eingetragen. Tabelle 13 beinhaltet die Ist-Transportintensitäten des Inbound-Materialflusses, Tabelle 14 die des Outbound-Materialflusses. Als Zeiteinheit wird ist in dieser Arbeit der Betriebskalendertag (BKT) verwendet.

Ist-Transportintensitäten Inbound

Durchschnittliche Menge/BKT Im Zeitraum: BKJ 2014

IIII Zeitraum.	DNJ 2014									
Kriterium: Behälterart	von ∖ nach		BF GiBo	BF Körbe	Bereich Schwerteile	Bereich KLT	Direkt- abwicklung	Fahrstrasse	Bereich AT2	Arbeitsbereich 1-13
	[TE/BKT]	Index	1	2	3	4	5	6	7	8
	EPB	1	183							
GiBo	Ü-Fläche	2	49						12	
	BF GiBo	3								232
	EPB	4		98						
Korb	Ü-Fläche	5		24						
	BF Körbe	6								122
Schwerteile	EPB	7			7					
Scriwertelle	Ü-Fläche	8			1					
	KLT-Anlage	9				32				
KLT	Ü-Fläche	10						3		
	Fahrstrasse	11				16				
Kartonage	EPB	12					65			_
Getriebekisten	Hallentor	13						48		

Tabelle 13: Transporteinheiten des Inbound-Materialflusses zwischen den Betriebsbereichen. Ist-Zustand

Ist-Transportintensität Outbound

Durchschnittliche PS-Menge/BKT Im Zeitraum: BKJ 2014

IIII Zeitiauiii.	DIN 2014					
Behälterart	von ∖ nach		Binde- maschine	Versand- schlauch	Verladung	Container
	[TE/BKT]	Index	а	b	С	d
	Packgruppe 1-13	а	191			
	Bereich Schwerteile	b		42		
	Bereich KLT	С		41		
	Bereich AT2	d	26			
Packstück	Direktabwicklung	е	89			
	Bindemaschine	f		306		
	Versandschlauch	g			389	
	Fahrstrasse	h			142	
	Verladung	i				531

Tabelle 14: Outbound Mengen Ist-Zustand

3.2.6 Ist-Transportleistung

Die Gesamttransportleistung des Ist-Layouts $TL_{Gesamt-Ist}$ ergibt sich aus der Summe aller Transportleistungen, die durch Skalarmultiplikation der Transportintensitäten mit den dazugehörigen Transportentfernungen gebildet wird:

$$TL_{Gesamt-Ist} = \sum_{\substack{1 \le i \le m \\ 1 < i < n}} \mathbf{TLM}_{ij} \ mit \ \mathbf{TLM} = (TL_{ij})_{i=1...m, \ j=1...n}$$

Formel 10: Gesamttransportleistung des Ist-Layouts TL_{Gesamt-Ist}

Wie auch Transportbeziehungen bei den erfolgt die Ermittlung der Transportleistungen getrennt in Inbound-Transportleistung und Outbound-Transportleistung. Es gilt somit folgende Beziehung:

$$TL_{Gesamt-IST} = TL_{Inbound-IST} + TL_{Outbound-IST}$$

In folgender Tabelle 15 wird die Gesamttransportleistung des Ist-Zustandes berechnet.

Gesamttransportleistung Ist-Zustand in TE*m/BKT			
Ínbound 66344			
Outbound 91545			
Summe	157.889		

Tabelle 15: Gesamttransportleistung TL_{Gesamt-Ist}

Die folgenden Tabellen 16 und 17 zeigen die Transportleistungsmatrix von Inbound und Outbound im Bezugszeitraum *Betriebskalenderjahr 2014*, die zur Berechnung der Gesamttransportleistung $TL_{Gesamt-Ist}$ Verwendung fanden.

Ist-Transportleistungen Inbound

Behälterart	von∖nach		BF GiBo	BF Körbe	Bereich Schwerteile	Bereich KLT	Direkt- abwicklung	Fahrstrasse	Bereich AT2	Arbeitsbereich 1-13
	[(TE*m)/BKT]	Index	1	2	3	4	5	6	7	8
	EPB	1	6964							
GiBo	Ü-Fläche	2	4803						327	
	BF GiBo	3								17874
	EPB	4		4608						
Korb	Ü-Fläche	5		1230						
	BF Körbe	6								13616
Schwerteile	EPB	7			764					
Scriwertene	Ü-Fläche	8			15					
	KLT-Anlage	9				324				
KLT	Ü-Fläche	10						463		
	Fahrstrasse	11				1214				
Kartonage	EPB	12					2704			
Getriebekisten	Hallentor	13	•			_		11438		

Transportleistung [(TE*m)/BKT]: 66344

Tabelle 16: Ist-Transportleistungsmatrix Inbound

Ist-Transportleistung Outbound

ist manspor	deistung Outbound					
Behälterart	von ∖ nach		Binde- maschine	Versand- schlauch	Verladung	Container
	[(TE*m)/BKT]		а	b	С	d
	Packgruppe 1-13	а	16627			
	Bereich Schwerteile	b		993		
	Bereich KLT	С		3627		
	Bereich AT2	d	1090			
Packstück	Direktabwicklung	е	3312			
	Bindemaschine	f		13092		
	Versandschlauch	G			27925	
	Fahrstrasse	Ι			12932	
	Verladung	i				11948

Transportleistung [(TE*m)/BKT]: 91545
Tabelle 17: Ist-Transportleistungsmatrix Outbound

Die Transportleistungen des Ist-Zustandes sind in Abbildung 61 durch verhältnistreue Pfeile im Layout dargestellt.

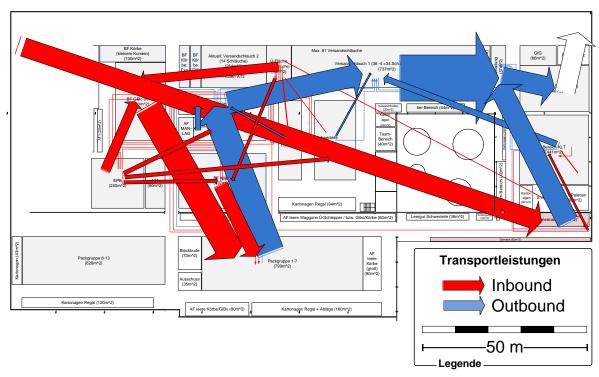


Abbildung 61: Transportleistungen des Ist-Zustandes, dargestellt durch verhältnistreue Pfeile

3.3 Ist-Arbeitssystem

Um das Arbeitssystem im Ist-Zustand zu beschreiben wird der Arbeitsbereich 1-13 herangezogen (siehe Abbildung 62). In diesem Arbeitsbereich wird der mengenmäßig größte Teil an Gitterboxen und Körben zu Packstücken verarbeitet. Der gesamte Arbeitsbereich ist in 13 Einzel-Arbeitsplätze gegliedert.

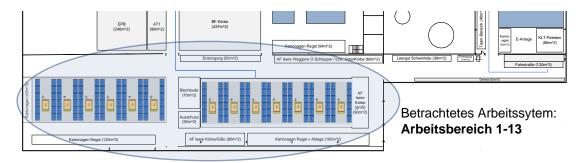


Abbildung 62: Arbeitssystem mit 13 Einzel-Arbeitsplätzen für Gitterboxen und Körbe in der Layout-Übersicht

Abbildung 63 zeigt den Grundriss eines Arbeitsplatzes mit beispielhaften Geh- bzw. Transportwegen, an dem pro Schicht jeweils ein Mitarbeiter beschäftigt ist. An einem Arbeitsplatz befinden sich bis zu 12 Stellplätze für Gitterboxen oder Körbe, die an dieser Stelle zum Umpacken bereitgestellt werden. Die Grundfläche eines Stellplatzes entspricht dabei annähernd der einer genormten Europoolpalette.

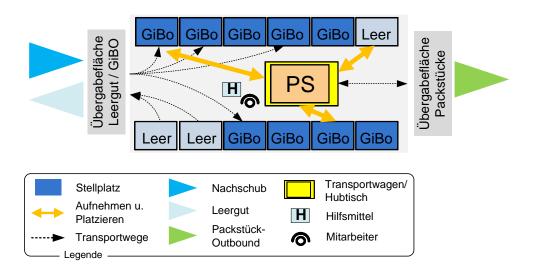


Abbildung 63: Arbeitslatz für das Umpacken von Gitterboxen in Packstücke.

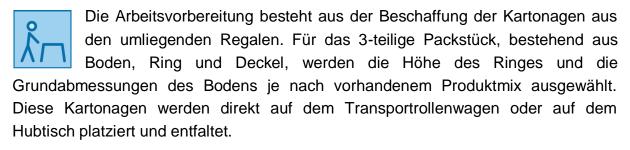
Gitterboxen, Leergut und fertige Packstücke werden auf den Freiflächen an den Stirnseiten des Arbeitsplatzes per Fahrgabelstapler an- und abtransportiert. Innerhalb des Arbeitsplatzes werden die Transporteinheiten ausschließlich mit Elektro-Hubwagen gehandhabt und zu den Stellplätzen transportiert. Der Hubwagen dient zusätzlich dazu Originalgebinde in ergonomischer Höhe positionieren zu können.

Das Packstück befindet sich während des Verpackungsprozess auf einem Transportrollenwagen und in manchen Bereichen auch vereinzelt auf statischen Hubtischen. Des Weiteren befindet sich ein Handrollenwagen mit den benötigten Hilfsmitteln am Arbeitsplatz. Packhilfsmittel sind z.B.: Etikettier-Handgerät, Klebeband, Schneidgerät, Schreibzeug, Kreide, etc.

3.3.1 Arbeitsmethode



Im ersten Schritt verschafft sich der Mitarbeiter einen Überblick über den Inhalt der Gebinde im Arbeitsplatzbereich und trifft eine Artikelauswahl für die Zusammenstellung des Packstückes (Produkt- bzw. Packmix).





Das Umpacken erfolgt manuell und besteht aus dem Aufnehmen von Artikeln aus Originalgebinden und dem Platzieren dieser in einem Packstück. Grundsätzlich werden dabei folgende Punkte berücksichtigt:

- Gesamtlastverteilung der Produkte im Packstück,
- Berücksichtigung der Maximalbelastung,
- günstige Transportlage der Artikel,
- und die bestmöglichste Ausnutzung des Volumens.

Es gilt zudem die Vorgabe nach Möglichkeit einen Füllgrad über 95% einzuhalten.



Im Anschluss an das Umpacken wird der Deckel aufgebracht und mittels Handgerät ein Versandlabel ausgedruckt und auf das Packstück geklebt. Das Gewicht des Packstückes wird aus dem Handgerät gelesen und mit

Kreide allseitig an den Deckelrand geschrieben, um den Stapelfahrer eine Orientierungshilfe bei der Wahl der Transportgeschwindigkeit zu geben.

Das Packstück wird auf der Übergabefläche abgestellt. Vorhandenes Leergut wird ebenfalls mittels Elektro-Hubwagen auf die Übergabefläche gestellt, und falls gegeben, bereits nachgeschobene Originalgebinde auf dem Rückweg wieder in die Stellplätze eingegliedert. Die letztgenannten Tätigkeiten zählen zur Arbeitsnachbereitung.

Das fertig gepackte, abgeschlossene und mit Label versehene Packstück wird mittels Fahrgabelstapler zur Bindemaschine transportiert und dort maschinell gebunden.

Als Kennzahl zur Leistungsbemessung wird die Anzahl fertig abgeschlossener Packstücken je Arbeitsteam und Schicht herangezogen.

3.3.2 Methodenzeit und Personalbedarf für Logistik

Die qualitative Analyse der Arbeitstätigkeiten erfolgt in erster Linie durch die kritische Beobachtung der Arbeitsvorgänge. Bewertungskriterien sind mitunter die Ergonomie und Effizienz der Arbeitsmethode. Um die Arbeitsmethode manueller Prozesse quantitativ zu hinterlegen erfolgt die Beschreibung mit Prozessbausteinen, die aus Bewegungselemente bestehen denen Normzeitwerte zugeordnet sind. Die Normzeitwerte stammen aus den Datenkarten des MTM-Verfahren.

Zur rechnerunterstützen Programmierung wird die Kalkulationssoftware *calculation4u* "*c4u*"¹⁹⁶ verwendet, mit der die Bewegungselemente digital abgebildet und bearbeitet werden können. Das Einspielen der erhobenen Daten übernahm das geschulte Team der *Thanos GmbH*, die das notwendige Know-How, die Kompetenzen und das Fachwissen im Bereich MTM besitzt.

Um die angewandte Arbeitsmethode zu spezifizieren wird die Grundzeit t_g angegeben, die die Summe der Sollzeiten für Haupttätigkeiten, Nebentätigkeiten sowie die Wartezeiten beinhält.

. .

¹⁹⁶ Entwickelt von Thanos GmbH

Die dynamische Analyse der Staplerzeiten mit *calculation4u* erfolgt durch die Eingabe der Parameter des Transportprozesses. Ergebnis daraus ist der Personalbedarf zur Bewältigung der Logistik.

In folgender Abbildung ist die Kalkulationssoftware als Black-Box dargestellt, dessen Input aus den Prozessbausteinen des Arbeitssystems und den Parametern der Transportprozesse aus der Analyse des Arbeitssystems besteht und sich als Output die Methoden-Grundzeit t_g und der Personalbedarf für die Logistik ergibt (siehe Abbildung 64).

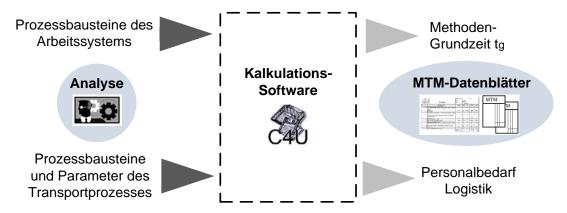


Abbildung 64: Ablaufschema der Methodenzeit- und Personalbedarfsermittlung; Darstellung der Kalkulationssoftware als Black-Box

Im Folgenden sind die die wesentlichen Prozessbausteine des

- Umpackprozesses und
- des Transportprozesses

dargestellt.

Prozessbausteine des Umpackprozesses: Folgende Parameter beeinflussen im weiteren Sinne den Prozess des Umpackens beim Aufnehmen und Platzieren von Stückgütern:

- Der Fall des Aufnehmens.
- Gewicht und Sperrigkeit des Transportgutes,
- Beugen, Bücken oder Knien beim Aufnehmen,
- Beugen, Bücken oder Knien beim Platzieren,
- Die Platziergenauigkeit,
- Der Transportweg, bzw. die Transportentfernung,
- Das Aufrichten beim Aufnehmen, sowie beim Platzieren.

Diese Parameter werden bei der Berechnung der Methoden-Grundzeit t_g der angewandten Arbeitsmethode mittels der *Kalkulationssoftware c4u* berücksichtigt.

In Abbildung 65 sind schematisch die Prozessbausteine des Umpackprozesses dargestellt.

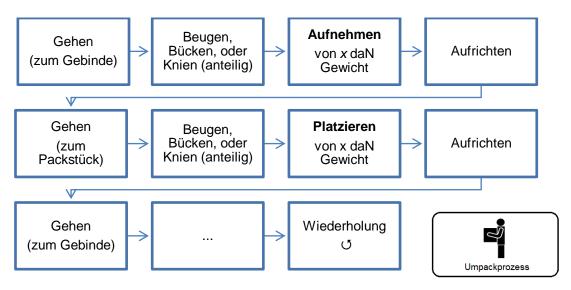


Abbildung 65: Prozessbausteine des Umpackens

Prozessbausteine des Transportprozesses: Folgende Parameter beeinflussen die Transportwegezeit:

- Transportroutenlänge,
- Transportmittel (bzw. Fördertechnik),
- Kurvenanzahl,
- Anzahl der Kreuzungen auf Transportroute,
- Stabile oder Labile Transportladung.

Folgende Parameter nehmen Einfluss auf das Aufnehmen und Abstellen. Es ist zu unterscheiden ob:

- Aufnehmen/Abstellen aus Regal oder von Boden geschieht,
- genaues Ausrichten der Frontgabel beim Aufnehmen notwendig ist,
- genaues Ausrichten des Transportgutes beim Abstellen notwendig ist,
- Das Heben und Senken der Frontgabel gefordert ist.

Diese wirken sich in Summe auf den Personalbedarf für die Bewältigung des anfallenden Transportaufwandes aus und werden bei der Berechnung mittels der Kalkulationssoftware c4u berücksichtigt.

In Abbildung 66 sind schematisch die Prozessbausteine des Transportprozesses dargestellt.

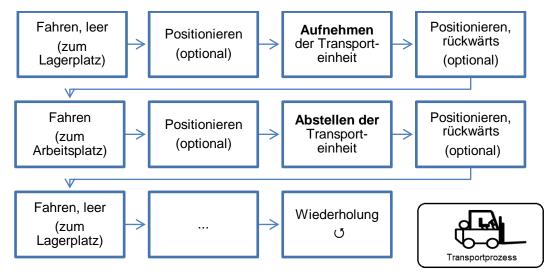


Abbildung 66: Prozessbausteine des Transportprozesses

Auf die vollständige Darstellung der Bewegungselemente des MTM-Verfahrens wird aus Platzgründen verzichtet. Als repräsentatives Beispiel ist in Tabelle 18 als Auszug aus der Analyse das MTM-Datenblatt des Umpackprozesses angeführt. Es beschreibt welche Tätigkeiten zum Umpacken von Teilen benötigt werden.

Tätigkeiten wie *Beugen oder Bücken*, sowie das *Gehen* bilden den Löwenanteil der Arbeitstätigkeit. Ein Blick auf die zurückgelegte Entfernung (594m), lässt die Überholungsbedürftigkeit der Arbeitsmethode erkennen.

		Arbeitsp	olatz-Nr.			
I N \/		Datum:				
\	Teile umpacken	Blatt		von		
				Blättern		
Nr.	Ablaufabschnitt	Kode	TMU	Н	å TMU	å Sec
	Teile umpacken			8.47/1.0		
1	TÄTIGKEIT		0	0,00	0,00	0,0000
2	+++++++++++++		0	0,00	0,00	0,0000
3	Die Analyse gilt je Packstück		0	0,00	0,00	0,0000
4			0	0,00	0,00	0,0000
5	Im Schnitt je Packstück 5,5 Positionen (TA)	0	0,00	0,00	0,0000
6			0	0,00	0,00	0,0000
7	7 bei größeren Mengen werden mehrere Teile		0	0,00	0,00	0,0000
	auf einmal genommen					
8			0	0,00	0,00	0,0000
9			0	0,00	0,00	0,0000
10	10 Teile aus Box nehmen und in Packstück		0	0,00	0,00	0,0000
	legen					
	oder in Vorverpackung					
11	<u> </u>		0	0,00	0,00	0,0000
12			0	0,00	0,00	0,0000
13			0	0,00	0,00	0,0000
	Zwischenabsetzen					
14		AA1	20	19,80	3354,12	120,7483
<u></u>	ungefähr, <=20cm	0116	0.5	00.70	2000.05	000 400 /
15		, AH1	25	29,70	6288,98	226,4031
	ungefähr, <=20cm	A1.4	00	40.50	00544.00	4007 4000
16	· ·	AL1	80	49,50	33541,20	1207,4832
	daN,					
	ungefähr, <=20cm					

18	anteilig Beugen und Aufrichten beim Entnehmen		0	0,00	0,00	0,0000
19	19 Beugen oder Bücken oder Knien auf ein Knie inkl. Aufrichten		60	49,50	25155,90	905,6124
20			0	0,00	0,00	0,0000
21	anteilig Beugen und Aufrichten beim Ablegen		0	0,00	0,00	0,0000
22	Beugen oder Bücken oder Knien auf ein Knie inkl. Aufrichten	KB	60	19,80	10062,36	362,2450
23			0	0,00	0,00	0,0000
24	***** Laufwege bei der Entnahme		0	0,00	0,00	0,0000
25	Weg Box - Box hin und zurück		0	0,00	0,00	0,0000
26	Gehen / m	KA	25	594,00	125779,50	4528,0620

Tabelle 18: Repräsentatives MTM-Datenblatt des Umpackprozesses

Ergebnisse aus calculation4u

Die Methoden-Grundzeit t_g im Ist-Zustand beläuft sich auf 30833,333 TMU, was umgerechnet 18,5 Minuten pro umgepacktem Packstück ergibt.

Der Personalbedarf für die Abwicklung der logistischen Transportprozesse zur Bewältigung der Bezugsmenge von BKJ 2014 mittels Fahrgabelstapler beläuft sich bei einer vorgegebenen planbaren Staplerzeit von 5,8 Stunden/Tag im 3-Schicht Betrieb auf 4,59 Personen.

Personalbedarfsrechnung Stapler 5,8h/Tag Staplerzeit 3-Schicht Betrieb Bezugstransportmengen BKJ 2014 Stapleranzahl im Ist-Zustand 4,59

Tabelle 19: Ergebnis der Personalbedarfsrechnung für Logistik des Ist-Zustands

3.4 Durchlaufzeit

Die Durchlaufzeit im betrachteten Arbeitssystem ist definiert als die durchschnittliche Zeit, die eine Artikelposition vom Verlassen der Kommissionierung (Status 30) zum Abschluss der Verladung (Status 120) benötigt. Der Status bezeichnet den Fortschritt der Auftragserfüllung (siehe Abbildung 67):

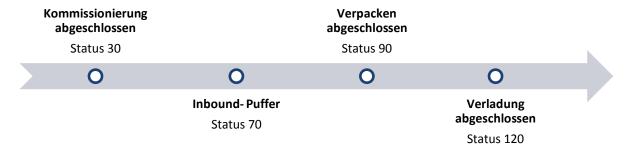


Abbildung 67: Abwicklungsstatus der Transportaufträge

Als Bezugsgrößen für die Durchlaufzeiten sind von 17 ausgewählten Kunden, 2000 Positionen je Kunde und je Monat im Bezugszeitraum Betriebskalenderjahr 2014 herangezogen worden.

Zur Bildung der Durchlaufzeit wurden die Durchschnittszeiten von der Kommissionierung (Status 30) bis zum Einlangen im Versandschlauch (Status 90), und die Zeit von Status 90 bis zum tatsächlichen Versand (Status 100) herangezogen.

Die Diagramme in Abbildung 68 und Abbildung 69 zeigen die Zeiten von Kommissionierung bis Versandschlauch, und die Zeiten von Versandschlauch bis zum Versand. In folgenden Diagrammen sind auf der Abszisse die Zeitspanne der Durchlaufzeit in Tage und auf der Ordinate die zugehörigen Häufigkeiten, die Anzahl der Tage im Jahr aufgetragen. Mittelwert und Standardabweichung sind als vertikale Schrägstriche eingetragen.

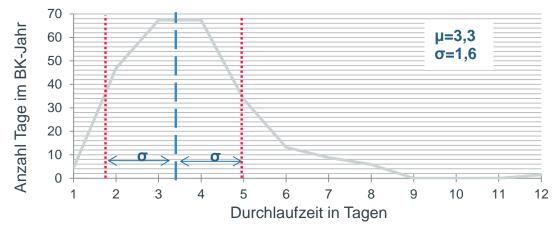


Abbildung 68: Durchschnittliche Zeit von Kommissionierung (Status 30) bis Versandschlauch (Status 80)



Abbildung 69: Zeit vom Versandschlauch (Status 80) bis tatsächlichen Versand (Status 120)

Diese beiden Zeiten summiert, ergibt die Durchlaufzeit für das betrachtete Arbeitssystem (Abbildung 70). Anschließen an diese Diagramme befindet sich eine zusammenfassende Tabelle mit den statistischen Kenngrößen der einzelnen Durchlaufzeiten.

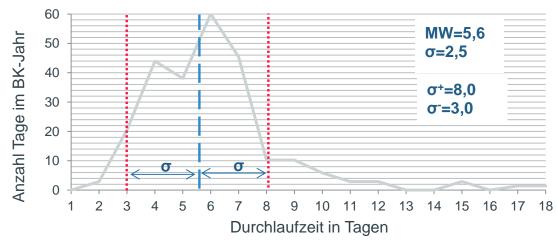


Abbildung 70: Durchlaufzeit der Positionen von Kommissionierung (Status 30) bis zum Versand (Status 120)

In folgender Tabelle sind Mittelwert und Streuung der Durchlaufzeiten zusammengefasst:

Durchlaufzeit in Tagen						
Status	30-80	80-120	30-120			
Mittelwert	3,3	2,2	5,6			
Streuung (Standardabweichung)	1,6	1,4	2,5			

Tabelle 20: Mittelwert und Streuung der Durchlaufzeit in Tagen

Die Analyse der Durchlaufzeit ausgewählter Kunden (Massenkunden) zeigt, dass im Mittel eine niedrige DLZ erreicht wird. Die Zeiten sind jedoch mit einer Streuung behaftet, die zeigt, dass keine Stabilität der Durchlaufzeit gegeben ist.

Eine hohe Streuung der Durchlaufzeit beeinflusst die Termin- und Liefertreue im weiteren Sinne negativ.

3.5 ABC-Kundenstruktur

Zur Auswertung der ABC-Kundenstruktur werden sämtliche Transportaufträge den einzelnen Großkunden zugeordnet. Werden die Kunden bezüglich der Anzahl ihrer Transportaufträge der Größe nach gereiht und kumuliert, ergibt sich folgende Verteilung wie in Abbildung 71 dargestellt.

Diese Auswertung zeigt, dass 5 der 45 Großkunden 50% der gesamten Transportaufträge auslösen, bzw. dass 80% der Transportaufträge von 7 Großkunden getätigt werden.

Eine weitere Auswertung der Transportaufträge nach Behälterart zeigt, dass 70% der verarbeiteten Behälter Gitterboxen sind. Zusammen mit den weiter zu verdichtenden Kartonagen betragen diese nahezu ¾ aller getätigten Transportaufträge (siehe Abbildung 72).

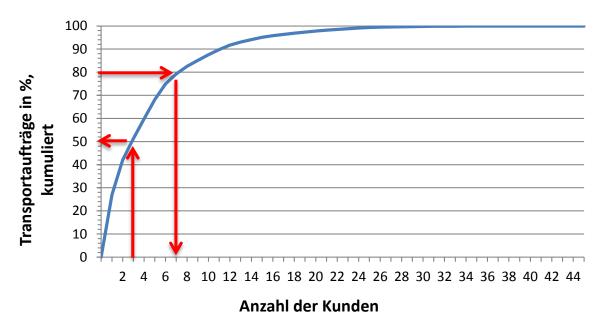


Abbildung 71: Pareto-Darstellung der kumulierten Transportaufträge nach Kunden

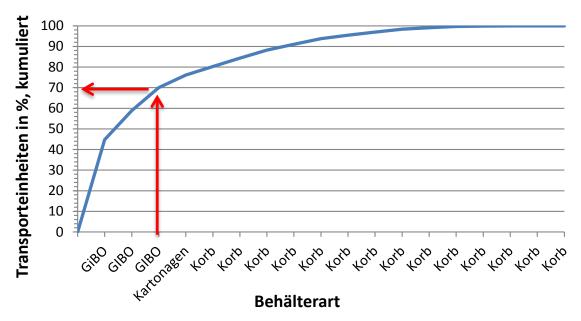


Abbildung 72: Pareto-Darstellung der kumulierten Behälteranzahl nach Behälterart

Verbesserungspotential des Ist-Zustandes 4

In diesem Kapitel sind die Problemstellen des Ist-Zustandes dokumentiert.

4.1 Problemstellen des Ist-Zustandes

Der Ist-Materialfluss zeigt die über Jahre etablierte Arbeitsstruktur bei der Erstellung und dem Versand von Packstücken. Diese Struktur im Ist-Zustand stößt laut Angabe des Managements an die Kapazitätsgrenzen zur zukünftigen Bewältigung der Arbeitsaufträge.

Entdeckte Verschwendung

Durch Beobachtung des Arbeitsablaufes wurden folgende Arten der Verschwendung innerhalb des Arbeitssystems entdeckt:

- 1. Überflüssige Transporte
- 2. Undefinierte Prozesse
- 3. (Überdimensionierte) Bestände
- 4. Unnötige Tätigkeiten









4.1.1 Layout



Die zahlreichen Bereitstellflächen sind mit großen Beständen Originalgebinden gefüllt und im gesamten Layout vorzufinden. Durch den Aufbau von Puffern wird der kontinuierliche Fluss unterbrochen. Es entstehen Staplerspiele, die einen erheblichen Anteil des Transportaufwandes ausmachen.

Die Visualisierung der Transportleistungen im Ist-Layout durch Pfeile gibt zu erkennen, dass die Bereiche nicht im Sinne eines gerichteten Materialflusses im Layout angeordnet sind. Die Ausrichtung der Pfeile zeigt, dass die Transportleistungen nicht eindeutig gerichtet von den Quellen zur Senke, dem Ausgangshallentor, verlaufen. Daraus resultieren vermehrt Wege und Staplerspiele. Eine Aussage zur Güte des Ist-Layouts kann jedoch nur in Relation zur theoretischen erforderlichen Transportleistung des Ideal-Layouts gemacht werden.

Grund dafür ist die Zerstreuung der Anlieferungsquellen und Zwischenlagerflächen im Layout. Daraus leitet sich ein erhöhter Transportaufwand ab, dem vor allem die unvorteilhaften Wege der Staplerbewegungen zugrunde liegen. Die Anordnung des Arbeitsbereichs im Ist-Layout ist bezüglich der Materialflussquellen ebenfalls nicht optimal angelegt.



Die hohe Anzahl an Einlagerungs- und Auslagerungsvorgängen beim Eingliedern von Gebinden in die Bereitstellflächen führt zu einer Erhöhung des Transportaufwandes. Zudem sind Flächen mit Originalgebinden

verstellt und der entstandene Puffer führt nach LITTLE zwangsläufig zu einer erhöhten Durchlaufzeit. Originalgebinde werden dabei ohne Berücksichtigung der Kundenzuordnung zwischengelagert, was eine Vermischung der Kundenzuordnung zur Folge hat und das Suchen von bestimmten Gebinden notwendig macht.



Die Abwicklung servicegrad-relevanter Prioritätsaufträge kann den regulären Betrieb beeinträchtigen, weil das Suchen der auftragsbezogenen Originalgebinde in den Beständen viel Zeit in Anspruch nimmt. Ein

kontrollierter, kontinuierlicher Fluss kann weder hergestellt noch aufrechterhalten werden. Bei einem kontinuierlichen Materialfluss würde dieses künstlich erzeugte Problem vermieden werden.

Die Leistungsbemessung bezieht sich im Ist-Zustand auf die Anzahl der fertiggestellten Packstücke. Diese Kennzahl ist kein geeignetes Kriterium um die Produktivität zu erfassen. Um unter Leistungsdruck die Vorgabemenge zu erreichen kann ein Mitarbeiter dazu ermutigt sein, kleinere und somit mehrere Packstücke zu generieren oder aufwändigere Packaufträge anderen Teammitgliedern zu überlassen (Stichwort: "Cherry-Picking"). Die Anzahl der Packstücke ist dadurch vom Mitarbeiter beeinflussbar und spiegelt die wirkliche Leistung kaum wieder.

Die Vorgabe, den Füllgrad des Packstücks zu maximieren ist Aufgrund der geringen Versandkosten prinzipiell nicht rentabel, da die Mitarbeiter zu sehr mit dem Schlichten beschäftigt sind. Eine adäquatere Leistungsbemessung die sich an der Erfüllung des Servicegrades, und somit an der Kundenzufriedenheit bemisst würde Positiveres bewirken.

4.1.2 Wertstrom

Die Anwendung von Kaizen auf den Ist-Wertstrom der Gitterboxen veranschaulicht Verbesserungspotentiale die in Abbildung 73 mit Kaizen-Blitzen (Starburst) dargestellt sind. Folgende Tabelle 21 zeigt die erhobenen Problemstellen, sowie die Verbesserungspotentiale und Fragepunkte des Ist-Wertstromes:

Problemstelle	Verbesserungspotential / Fragestellung
Push-Anlieferung	FIFO-Prinzip anwenden
Technisches Büro	Steuerung verbessern
Bereitstellflächen	Flächen minimieren, Bestände verringern / beseitigen
Arbeitsgruppen	Flexible Packmodule einführen
Bindemaschine	Vollautomatisierung des Bindeprozesses
Leistungsbemessung	Packstück / MAh kontraproduktiv
Verständnis PS-Füllgrades	Aufwendiges Schlichten wirklich notwindig?

Tabelle 21: Problemstellen des Ist-Wertstroms der Gitterboxen

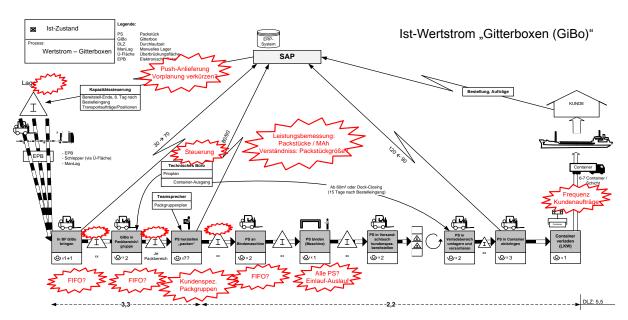


Abbildung 73: Verbesserungspotentiale des Ist-Wertstroms der Gitterboxen, gekennzeichnet mit Kaizen-Blitzen (Starburst-Symbol).

Zur Behebung der Problemstellen werden die offenen Fragepunkte bei der Erstellung des Ideal-Wertstroms berücksichtigt. Im folgenden Kapitel erfolgt die Ableitung der Gestaltungsprinzipien für die Zielzustände.

4.1.3 Arbeitssystem

Die Analyse der Arbeitsmethoden in den Arbeitsbereichen zeigt ebenfalls Verbesserungspotentiale auf. Zahlreiche Nebenaufgaben die durchgeführt werden müssen, weisen darauf hin, dass der direkte Packanteil bzw. die eigentliche Wertschöpfung an den Gesamtarbeiten gering ist.

Da jegliche Vorarbeiten und Nacharbeiten innerhalb des Arbeitsplatzes erfüllt werden, sieht sich dieser zuständige Mitarbeiter mit Tätigkeiten konfrontiert, die seinen Arbeitsfluss unterbrechen. Diese Nebentätigkeiten stören den Arbeitsfluss des Mitarbeiters und somit die direkte Wertschöpfung. Folgende Tätigkeiten wurden beobachtet:

- Das Beschaffen der Kartonage,
- Das Handling des Hubwagens zur Positionierung der Gebinde,
- Das Suchen der Artikeln für den Produktmix,
- viele Gehwege innerhalb der Arbeitsbereiche,
- Gehwege während des Packvorganges,
- Aufwändiges Schlichten der Ware zur Ausnutzung des Füllvolumens.

Somit ist Aufgrund der Wege zwischen den Gitterboxen und dem Packstück der Anteil der Verschwendung gegenüber der Kerntätigkeit, dem Aufnehmen und Platzieren von Artikeln, relativ hoch. In folgender Abbildung 74 sind vorangegangene Punkte mit Kaizen-Blitzen (Starburst) im Arbeitssystem dargestellt.

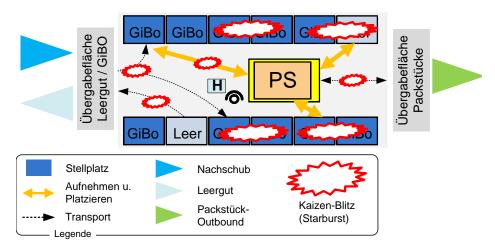


Abbildung 74: Problemstellen des Ist-Arbeitssystems

Die Arbeitsmethode im Ist-Zustand ist Aufgrund ergonomischer Gesichtspunkte in Frage zu stellen, da sich der Mitarbeiter sehr oft nach schweren, tiefliegenden Teilen in den Originalgebinden bückt. Da die Benützung des bereitgestellten Hubwagens nach eigenem Ermessen geschieht, wird die Handhabung dessen für den Mitarbeiter oft mit mehr Aufwand verbunden als sich einfach ohne Hilfsmittel nach dem Stückgut zu bücken. Damit sind ergonomische Fehlbelastungen bereits vorprogrammiert.

4.1.4 Mengensteigerungen

Die Bewältigung zusätzlichen Bestellaufträgen durch erwartete von Mengensteigerungen ist in der gegenwärtigen Struktur nicht möglich. Aus diesem erfolat im Ist-Zustand bereits zusätzlich eine Verlagerung Verpackungsarbeiten Dienstleister. Mengensteigerung an sind zu anlässlich:

- Der optimistischen Marktlage,
- Brachen-Konjunktur,
- Erweiterung des Produktsortiments,
- Verringerung der Aufträge an Dienstleister

Die Bezugsmenge (100%) des *Betriebsjahres 2014* und folgende Steigerungsraten, die vom Management erwartet werden, bilden die Grundlage für die Auslegung neuer Konzepte:

- 2015: +20%. Faktor 1,20
- 2016: +15%. (Faktor 1,38 bzgl. Bezugsmenge)
- 2017: +15%. (Faktor 1,59 bzgl. Bezugsmenge)
- ...

In folgender Tabelle sind die absoluten Inboundmengen des Jahres 2014 und die Steigerungen bis 2020 aufgelistet. Besonders zu erwähnen ist die zusätzliche Menge an Kartonagen ab 2016, die aus der geplanten Reduzierung von Kapazitätsauslagerungen an Dienstleistern resultieren wird (siehe Tabelle 22).

Mengenstruktur Inbound		Africa al	x12	x6	
Transporteinheit	GiBo	Korb	KLT-Paletten	SWT-Palette	Kartonagen
2014 (Bezugsmenge)	61.012	30.729	11.351	3.229	16.205
2015	73.214	36.875	13.622	3.875	19.446
2016	84.196	42.406	15.666	4.456	72.163
2017	96.826	48.767	18.015	5.124	82.987
2018	111.350	56.083	20.717	5.893	95.435
2019	128.052	64.495	23.825	6.777	109.750
2020	147.260	74.169	27.398	7.794	126.213
2021	169.349	85.295	31.508	8.963	145.145
2022	194.751	98.089	36.234	10.307	166.916

Tabelle 22: Erwartete Mengenstruktur Inbound bis 2022

In Abbildung 75 findet sich die graphische Darstellung der Daten aus Tabelle 22.

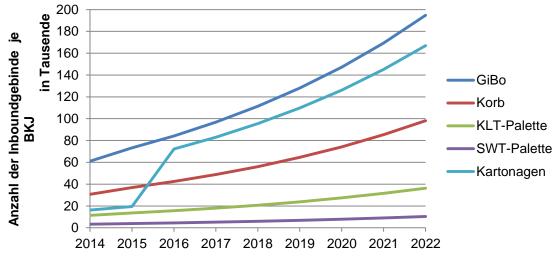


Abbildung 75: Graphische Darstellung der erwarteten Mengenstruktur

Weitere resultierende Probleme und Gründe für Engpässe durch die geplanten Steigerungsraten sind:

- zu geringer Wertschöpfungsanteil der Arbeitsmethode in den vorhanden Arbeitsgruppen,
- Bereitstellflächen flächenintensiv, vielzählig und im Layout breit verteilt,
- Störender Einfluss des Arbeitsflusses durch Prioritätsaufträge,
- Dadurch verstärktes Suchen der Originalgebinde auf den Bereitstellflächen.

Auch ohne Steigerungsraten der Bezugsmenge ist deshalb notwendig diesen Istzustand zu verbessern.

4.2 Verbesserungsmaßnahmen

Diese Gestaltungsprinzipien dienen zur Orientierung bei der Ableitung des Ideal-Zustandes sowie der Soll-Zustände.

Folgende Gestaltungsgrundsätze sind bei der Ermittlung des Ideal-Layouts zu berücksichtigen:

- Anordnung der Bereiche nach dem Materialfluss (Form follows Flow¹⁹⁷),
- größtmögliche Übereinstimmung von Reallayout und Ideallayout anstreben,
- Verbesserte Flächennutzung,
- Angemessene Flexibilität und Erweiterungsfähigkeit gewährleisten.

Folgende Gestaltungsgrundsätze gelten für den Ideal-Materialfluss und dem Ideal-Arbeitssystem:

- Minimieren der Prozesskette,
- · Lieferung im Kundentakt,
- Kontinuierlicher Ein-Stück-Fluss,
- Gehwege für das Bedienpersonal so kurz wie möglich halten,
- 100% Wertschöpfung,
- Keine Verschwendung,
- 0-Fehler,
- und gesundheitliche Beeinträchtigungsfreiheit für den Mitarbeiter.

Aus den Gestaltungsprinzipien ergeben sich folgende Maßnahmen die zur Ausgestaltung eines Ideal-Zustandes dienen:

Trennung in AV und AN von der Kerntätigkeit: Um die Wertschöpfung Im Arbeitsbereich zu maximieren sollen vom Mitarbeiter im Arbeitsbereich nur Packtätigkeiten durchgeführt werden. Die Trennung der Arbeitsvorbereitung (AV) und Arbeitsnachbereitung (AN) vom Kernprozess verlagert Rüsttätigkeiten vom Arbeitsplatz nach außen.

FIFO-Prinzip zur Umsetzung des kontinuierlichen Ein-Stück-Fluss: Die konsequente Einhaltung des First In, First Out-Steuerungsprinzips für die Bereitstellung von Originalgebinde an den Arbeitsplatz bedeutet, dass die jegliche eingegangenen Aufträge sofort abgearbeitet werden. Der FIFO-Materialfluss wird dadurch erst im Versandschlauch unterbrochen. Dadurch wird die Erstellen von Prioritätsaufträgen überflüssig.

Kundenspezifische Packprinzipien u. ABC-Kundenverteilung generell berücksichtigen: Aus den Ergebnissen der ABC-Analyse abgeleitet, ergeben sich

¹⁹⁷ Günthner; Durchholz; Klenk, 2013, S.55

Gründe die für eine kundenspezifische Behandlung der Aufträge für die Abwicklung der Gitterboxen sprechen. AB-Kunden werden bei weiteren Überlegungen gesondert behandelt und bei der Layoutgestaltung berücksichtig um dadurch die größte Menge an Originalgebinde schnell abfertigen zu können. Die Gestaltung von Arbeitsplätzen sowie dem Layout sollte sich demnach an den Großkunden orientieren.

Die Abwicklung der C-Kunden darf nicht vernachlässigt werden um die rechtzeitige Auftragserfüllung aller Kunden und damit den Servicegrad zu gewährleisten. C-Kunden werden mit eigenen Abläufen daher zukünftig in einem eigenen Bereich gepackt. Die ABC-Kundenverteilung soll ebenfalls in den Versandschläuchen berücksichtigen werden.

Beeinträchtigungsfreiheit gewährleisten: Kein Staplerverkehr in den Arbeitsbereichen und Gestaltung der Arbeitsplätze nach ergonomischen Richtlinien.

Stapler-Wege minimieren: Durch Verlegen von Arbeitsbereichen, Bereitstellflächen und der Übergabefläche im Hallenlayout werden die Transportwege für Fahrgabelstapler verkürzt.

Minimierung/Eliminierung der Bereitstellflächen: Die Minimierung/Eliminierung der Bereitstellflächen führt zu Verringerung der Durchlaufzeit, da das Suchen von Originalgebinden vermieden wird. Freiwerdende Flächen können als Packfläche genutzt werden.

Folgende Tabelle 23 zeigt zusammenfassend die Gestaltungsprinzipien des Idealzustandes woraus die Verbesserungsmaßnahmen für die Umsetzung des Soll-Zustandes abgeleitet wurden.

Gestaltungsprinzipien des Idealzustands	Abgeleitete Maßnahmen für den Soll-Zustand				
100% Wertschöpfung	Trennung in AV und AN				
Kontinuierlicher Ein-Stück-Fluss	FIFO-Prinzip für Inbound-Gebinde				
0-Fehler	Durch IT-Hilfsmittel				
Beeinträchtigungsfreiheit	Kein Staplerverkehr in den Arbeitsbereichen,				
Decintracinigangariencit	Ergonomisches Arbeiten				
Minimale Flächennutzung	Minimierung/Eliminierung der Lager- und				
Ivinimale Flachermutzung	Bereitstellflächen (Puffer)				

Tabelle 23 Abgeleitete Prinzipien

4.3 Festlegung des Ideal-Zustandes

Um das Optimierungspotenzial zu identifizieren wird mittels Dreieck-Berechnungsmethode das Ideal-Layout ermittelt und die Gestaltungsprinzipien des Ideal-Wertstroms festgelegt.

4.3.1 Ideal-Layout

Das Ideal-Layout enthält jene Bereichsanordnung, welche bezüglich des Transportaufwandes optimiert wurde. Ausgehend von der "Grünen Wiese" werden iterativ die bestehenden Bereiche des Ist-Layouts ohne Flächenbezug in einem Dreieck-Schema angeordnet, um sukzessiv eine ideale Bereichsanordnung zu ermitteln. Abbildung 76 zeigt das ermittelte Dreieckschema, aus dem in Verbindung mit den Bereichen des Ist-Layouts, das Ideal-Layout (auch Blocklayout) gebildet wird (Abbildung 77).

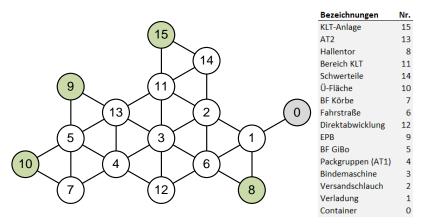


Abbildung 76: Ergebnis des Dreieckschemas: Ideal-Bereichsanordnung

Dieses Ideal-Layout ist nicht als "das" Optimum zu sehen, sondern als eine Variante um Bereiche günstig zueinander Anzuordnen.

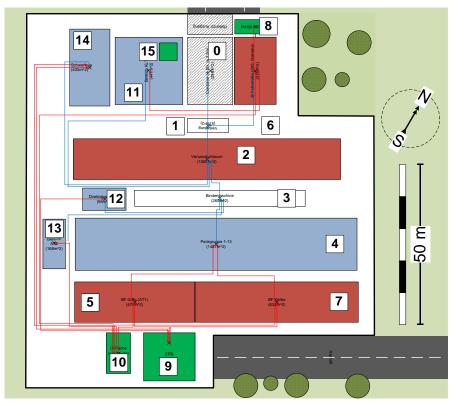


Abbildung 77: Ideal-Layout mit Transportstrecken auf "Grüner Wiese" (als Block-Schema angeordnet)

4.3.2 Ideal-Transportleistung

Es gelten dieselben Transportbeziehungen und Transportintensitäten, sowie dieselbe Flächenbilanz wie beim Ist-Zustand.

Der Unterschied zum Ist-Zustand besteht in den geänderten Transportrouten und Transportstreckenlängen von Inbound und Outbound, aufgrund der geänderten Bereichsanordnung.

Die zum Ideal-Layout zugehörigen Berechnungstabellen sind im Anhang unter Kapitel 8.1 angeführt. Die Transportstreckenlängen und Transportintensitäten zwischen den Ideal-Bereichsflächen sind in den folgenden Tabellen zu finden:

- Transportstreckenlängen-Inbound für Ideal-Layout, siehe Tabelle 34.
- Transportstreckenlängen-Outbound für Ideal-Layout, siehe Tabelle 35.
- Transportintensitäten für Ideal-Layout (=Ist-Layout), siehe Tabelle 13.
- Transportintensitäten-Outbound, Ideal-Layout (=Ist-Layout), siehe Tabelle 14.

Die berechneten Transportleistungen des Ideal-Layouts sind folgenden Tabellen zu entnehmen:

- Transportleistung-Inbound f
 ür das Ideal-Layout, siehe Tabelle 36.
- Transportleistung-Outbound für Ideal-Layout, siehe Tabelle 37.

Die Gesamttransportleistung des Ideal-Layouts ist in Tabelle 24 zusammengefasst.

Gesamttransportleistung				
Ideal-Zustand in TE*m/BKT				
Ínbound 36.661				
Outbound 40.070				
Summe 76.731				

Tabelle 24: Gesamttransportleistung - Ideal-Zustand

Abbildung 78 zeigt das Ideal-Layout mit eingezeichneten Transportleistungen.

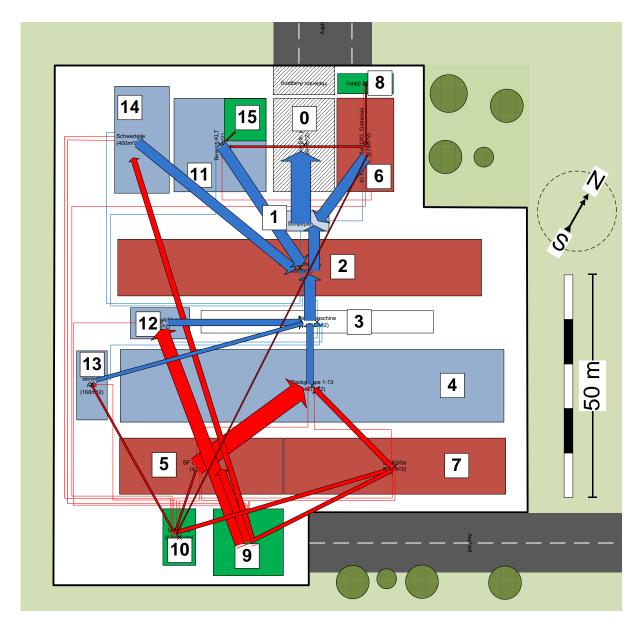


Abbildung 78: Transportleistungen des Ideal-Layouts auf "Grüner Wiese" (Blocklayout)

4.3.3 Ideal-Wertstromdesign

In Abbildung 79 ist der ideale Wertstroms abgebildet. Dieser Wertstrom wurde unter Berücksichtigung der Verbesserungsmaßnahmen des Ist-Zustandes erstellt. Die Beschreibung der verwendeten Symbole sind dem Theorieteil zu entnehmen.

Der Ideal-Wertstrom ist richtungsweisend für die Ableitung der Soll-Zustände.

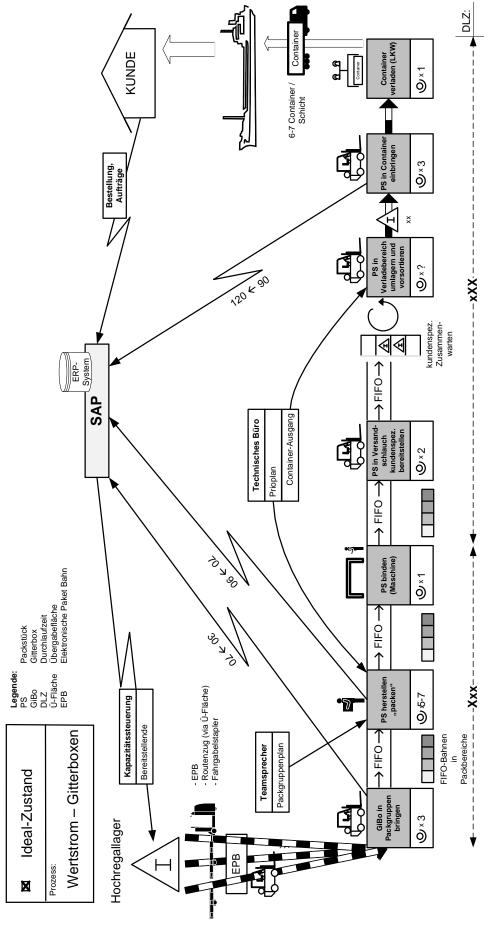


Abbildung 79: Ideal-Wertstromdesign der Gitterboxen

5 Konzepte für den Soll-Zustand

Der Wertstrom des Soll-Zustandes orientiert sich am Ideal-Wertstrom und den Gestaltungsprinzipien des Ideal-Materialflusses. Durch die bestmöglichste Umsetzung der ausgearbeiteten Gestaltungsprinzipien und der Eliminierung von Verschwendung, wird der wertschöpfende Arbeitsanteil der Transport- und Verpackungsprozessen gesteigert. Das Minimieren von Geh- und Transportwegen ist dabei ein wesentliches Element.

In dieser Arbeit wurden zwei Varianten ausgearbeitet, zu denen sich in Tabelle 25 Kurzbeschreibungen befinden. Beide Varianten zeigen Möglichkeiten zur Verbesserung der Flächennutzung und Reduzierung des Transportaufwandes auf. Die Ausgestaltung der angeführten Layoutvarianten richtete sich dabei jeweils auf das zur Planung zur Verfügung gestellte Investitionskapital.

Layout-Variante A bezeichnet die Variante mit minimalem Investitionskapital, die eine Neuanordnung der bestehenden Bereiche vorsieht, wodurch bereits eine bedeutende Verbesserung des Materialflusses erzielt wird.

Die investitionsaufwändige Layout-Variante B sieht eine teilautomatisierte Fördertechnik durch Rollenbahnsysteme vor, wobei als theoretische Rahmenbedingung unbegrenztes Investitionskapital vorgesehen ist. Eine weitere Rahmenbedingung stellt die begrenzt planbare Layout-Grundfläche dar, die im Falle der Restrukturierung der Ist-Grundfläche entspricht.

Soll-Zustand	Kurzbeschreibung des Layouts	Theoretisches Investitionskapital
Variante A	Neuanordnung bestehender Bereichsflächen zur Minimierung der Transportintensität	Stark begrenzt
Variante B	Teilautomatisierung der Transportlogistik durch angetriebene Rollenbahnsysteme	Unbegrenzt

Tabelle 25: Eigenschaften der Soll-Zustände

Als Vergleichskennzahl zur Bewertung der Layouts wurde die Transportleistung des jeweiligen Layouts herangezogen, die aus Transportintensität und Transportstreckenentfernung berechnet wird.

In folgender Abbildung 80 ist das angestrebte Leistungsniveau dargestellt, das sich durch die Umsetzung der jeweiligen Soll-Zustandsvarianten auf dem Weg zum Ideal-Zustand ergeben soll:

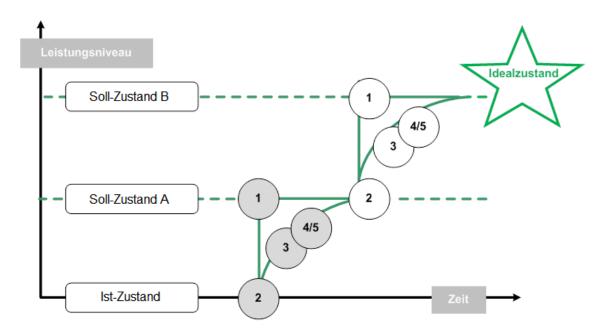


Abbildung 80: Leistungsniveau der Zustände

5.1 Soll-Zustand Variante A

Das Arbeitssystem in Variante A stellt eine Vorstufe auf dem Weg zur bestmöglichen Lösung dar, in der mit geringem Ressourcenaufwand kurzfristig Verbesserungseffekte erzielen werden und die Umsetzung der wesentlichen Gestaltungsgrundsätze des idealen Wertstroms realisiert wurden.

Bei Variante A werden bereits einige aus dem Idealzustand abgeleitete Gestaltungsgrundsätze für die Gestaltung der Packarbeitsplätze umgesetzt, die im Folgenden aufgelistet sind:

- First-In First-Out Prinzip
- möglichst keine Wege beim Packen,
- möglichst keine manuelle Handhabung von Originalgebinden
- Auslagerung von Vorarbeit und Nacharbeit.
- Durch Arbeitsteilung wird die Bereitstellung der Kartonagen an die Arbeitsvorbereitung (AV) ausgelagert.

5.1.1 Soll-Layout A

Zur Erstellung der Variante A des Soll-Layouts wurden die Bereichsflächen des Ist-Zustandes im Sinne eines gerichteten Materialflusses neu angeordnet.

Zur Beschreibung dieser Variante ist zu erwähnen, dass der Arbeitsbereich für Gitterboxen und Körbe zentral zwischen den Materialflussquellen und den Outbound-Bereitstellflächen angeordnet ist. Zudem geschieht die Anlieferung per LKW über dasselbe Hallentor, über das die Packstücke die Halle verlassen. Dies hat eine

Reduzierung der Transportstreckenlänge bei der Anlieferung von Getriebekisten zur Folge und reduziert die erforderliche Transportleistung. In folgender Abbildung 81 ist Layout A dargestellt:

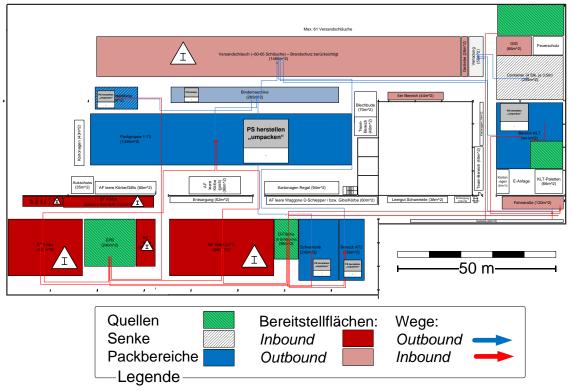


Abbildung 81: Layout-Variante A

5.1.2 Transportleistung Layout A

Die zu Layout A zugehörigen Tabellen sind im Anhang angeführt. Es gelten dieselben Transportbeziehungen und Transportintensitäten sowie dieselbe Flächenbilanz des Ist-Zustands.

Der Unterschied zum Ist-Zustand besteht in den geänderten Transportstreckenlängen von Inbound und Outbound, aufgrund der geänderten Bereichsanordnung.

Die zu Layout A zugehörigen Berechnungstabellen sind im Anhang unter Kapitel 8.2 angeführt. Die Transportstreckenlängen und Transportintensitäten zwischen den Bereichsflächen in Layout A sind In den folgenden Tabellen zu finden:

- Transportstreckenlängen-Inbound für Layout A, siehe Tabelle 38.
- Transportstreckenlängen-Outbound für Layout A, siehe Tabelle 39.
- Transportintensitäten-Inbound Layout A (=Ist-Layout), siehe Tabelle 13.
- Transportintensitäten-Outbound Layout A (=lst-Layout), siehe Tabelle 14.

Die berechneten Transportleistungen des Soll-Layouts A sind folgenden Tabellen zu entnehmen:

- Transportleistungen-Inbound f
 ür Layout A, siehe Tabelle 40.
- Transportleistungen-Outbound für Layout A, siehe Tabelle 41.

Die Gesamttransportleistung des Soll-Layouts A ist in Tabelle 26 zusammengefasst.

Gesamttransportleistung Soll-Zustand A in TE*m/BKT				
Ínbound 58.551				
Outbound 79.514				
Summe 138.065				

Tabelle 26: Gesamttransportleistung Soll-Layout A

In folgender Abbildung 82 sind die einzelnen Transportleistungen visualisiert:

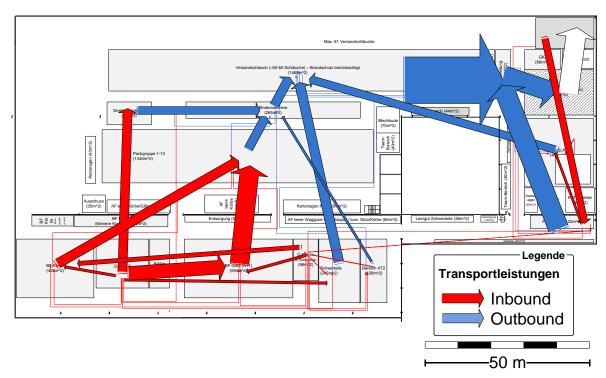


Abbildung 82: Transportleistungen im Soll-Layout A, visualisiert

5.1.3 Soll-Arbeitssystem A

Bei dieser Variante wird aufgrund des begrenzten Investitionskapitals noch keine Implementierung angetriebener Rollenbahnsysteme zum Transport von Originalgebinden vorgeschlagen. Die Versorgung der Packmodule mit Originalgebinden geschieht weiterhin durch Fahrgabelstapler.

In den Packmodulen der Variante A werden Gitterboxen nach dem Packprinzip 3:2 gepackt (siehe Abbildung 83). Das bedeutet, dass aus drei GiBos durchschnittlich zwei Packstücke erstellt werden.

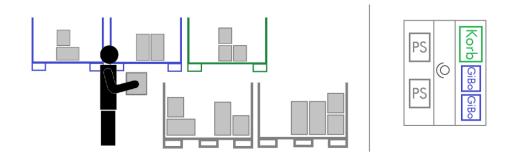


Abbildung 83: Arbeitsplatz mit Packprinzip 3:2

Der spezielle Fall, dass Gitterboxen leer sind und das Packstück einen unzureichenden Füllgrad hat, wird wie folgt gehandhabt:

- Das nicht volle Packstück kann trotzdem weggeschickt werden oder
- es werden neue Originalgebinde (für diesen Kunden) angefordert und das Packstück dann vollgepackt.

In folgender Abbildung 84 ist die Lage des betrachteten Arbeitssystems von Variante A im Gesamtlayout zu sehen:

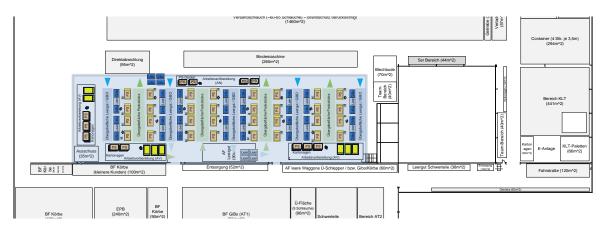


Abbildung 84: Gesamtlayout und Arbeitssystem Variante A

Aufgrund fehlender Möglichkeiten zur Beeinflussung der Steuerung der Materialflüsse der Quellen und Senken ändert sich nichts am Push-Prinzip im Outbound-Bereich.

Das Bestücken der beiden Rollenwagen mit der 3-teiligen Kartonage übernimmt hier die Arbeitsvorbereitung (AV). Die Variantenvielfalt der Kartonagenabmessungen für die Packstücke wurde gegenüber dem Istzustand verringert, um einerseits Variabilität der Packstücke und andererseits Bereitstellflächen für Kartonagen zu reduzieren (siehe Abbildung 85).

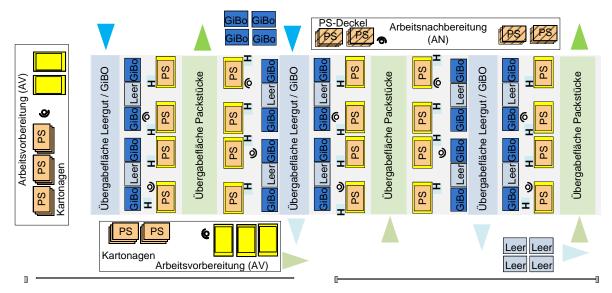


Abbildung 85: Arbeitssystem Sollzustand Variante A

An einem Arbeitsplatz befinden sich jeweils 3 Stellplätze für Gitterboxen und 2 höhenverstellbare Rollenwagen, auf denen sich jeweils ein Packstück befindet (siehe Abbildung 86). Zusätzlich befindet sich am Arbeitsplatz ein Elektrohubwagen, um die Gitterboxen in ergonomische Höhe bringen zu können.

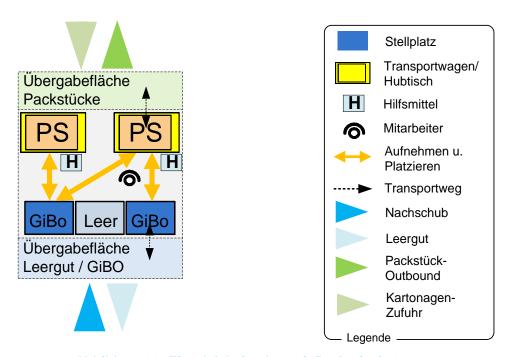


Abbildung 86: Einzel-Arbeitsplatz mit Packprinzip 3:2

Die Kerntätigkeit des Packprozesses besteht wie auch im Ist-Zustand aus dem Aufnehmen von Ersatzteilen und Platzieren dieser in einem Packstück. Welche Positionen dabei in welches der beiden Packstücke umgepackt werden, geschieht nach folgenden Gesichtspunkten:

- Gesamtlastverteilung im Packstück,
- Berücksichtigung der Maximalbelastung,

- günstige Transportlage der Artikel,
- und die bestmöglichste Ausnutzung des Volumens.

Das fertig gepackte, und mit Label versehene Packstück wird inklusive des Rollenwagens auf die Übergabefläche für Packstücke gestellt und vom Fahrgabelstapler von dieser Übergabefläche abgeholt und weiter zur Arbeitsnachbereitung (AN) transportiert. Die leeren Originalgebinde werden zum Leergebindebereich transportiert.

Bei der Arbeitsnachbereitung (AN) geschehen das Auflegen des Deckels sowie das Wiegen und die Beschriften des Packstückes mit dessen Gesamtgewicht. Anschließend findet das Umreifen per Bindemaschine statt.

Die Abmessungen je Arbeitsplatz belaufen sich auf $5.4 \times 3.7 m$ (Länge x Breite), was eine Grundfläche von $20m^2$ ergibt. Diese können modular erweitert werden. Abbildung 87 zeigt als groben Entwurf die Visualisierung des 3:2 Arbeitsplatzes:

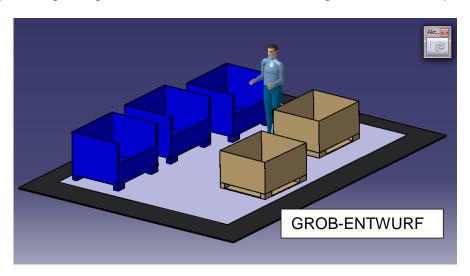


Abbildung 87: Visualisierung (grober Entwurf) eines 3:2 Arbeitsplatzes

5.2 Soll-Zustand Variante B

Als theoretische Rahmenbedingung ist unbegrenztes Investitionskapital vorgesehen. Als Restriktion sind wie in Layout Variante A der bestehende Hallengrundriss und dessen Gesamtfläche beizubehalten.

In Variante B ist eine teilautomatisierte Fördertechnik durch angetriebene Rollenbahnen vorgesehen, die den Inbound-Transport der Gitterboxen, sowie den Outbound-Transport der Packstücke und des Leergutes innerhalb des Arbeitsbereiches bewerkstelligt. Dies reduziert den manuellen Transport- und Handhabungsaufwand. Durch die Reduzierung von Staplertätigkeiten kann zudem die Anzahl der benötigten Fahrgabelstapler verringert werden und gibt personelle Ressourcen zur für alternative Tätigkeiten frei.

Es wird eine vollkommene Trennung der Arbeitsinhalte betreffend Arbeitsvor- und nachbereitung angestrebt, um die Produktivität weiter zu erhöhen. Einseitige oder monotone Belastungen werden durch Methoden der Arbeitsstrukturierung (z.B. Job Rotation) verhindert.

- First-In First-Out Prinzip
- Kontinuierlicher Ein-Stück-Fluss
- 100% Wertschöpfung,
- möglichst keine Wege beim Packen,
- möglichst keine manuelle Handhabung von Originalgebinden
- Auslagerung von Vorarbeit und Nacharbeit.
- Durch Arbeitsteilung wird die Bereitstellung der Kartonagen an die Arbeitsvorbereitung (AV) ausgelagert.

Dadurch vollzieht sich innerhalb der Arbeitsplätze nur der Kernprozess des Umpackens, dem Aufnehmen und Platzieren von Ersatzteilen. Der zuständige Mitarbeiter kann konzentrierter arbeiten und liefert dadurch einen hohen Grad an Wertschöpfung.

Transportbeziehungen

Die Abwicklung der Transportaufträge geschieht durch ein Prinzip, das die Trennung von AB- und C-Kundenaufträgen vorsieht (Prinzip: *Trennung in AB- und C-Kunden*). AB- sowie C-Kunden werden somit gesondert behandelt.

Primäres Kriterium zur Behandlung von Gitterboxen ist der Füllgrad des Originalgebindes. Ist dieser >25% wird das Originalgebinde unabhängig von der Kundenzuordnung am *Arbeitsplatz 1:1* umgepackt (Abbildung 88).

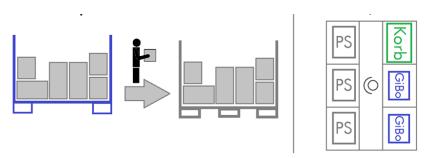


Abbildung 88: Arbeitsplätze mit Packprinzip 1:1

Sekundäres Kriterium betrifft Gitterboxen mit einem Füllgrad von <25%, wobei AB-Kunden am *Arbeitsplatz 3:2* und C-Kunden im *C-Kunden-Bereich* abgefertigt werden.

Der Unterschied zwischen AB- und C-Kunden liegt darin, dass bei C-Kunden die Frequenz neu eintreffender Gitterboxen sehr gering ist. Im C-Kunden-Bereich ist je Kunde ein Abstellplatz vorgesehen, auf dem das Packstück wartet bis genügend Stückgut per Originalgebinde nachgeliefert wurde um dieses auszufüllen. Um den

Servicegrad zu garantieren beträgt die maximale Wartezeit 15 Betriebskalendertage, bis das angebrochene Packstück unabhängig des Füllgrades zum Versand versandbereit gemacht wird.

In Tabelle 27 sind die Transportbeziehungen des Soll-Layouts B dargestellt:

	Von:		Nach:	Behälterart	Primäres Kriterium	Sekundäres Kriterium
	EPB	→	PM 1:1		>=25% Füllgrad	(ABC)
	EPD	7	PB 3:2		<25%	AB
			C-Fläche	CiPo	Füllgrad	С
	Ü-Fläche	→	PM 1:1	GIBO	>=25% Füllgrad	(ABC)
	U-Flacile	7	PB 3:2		<25%	AB
			C-Fläche		Füllgrad	С
Þ	EPB	\rightarrow	PB 3:2			AB
punoqu	EFB	_	C-Fläche	Korb		С
ğ	Ü-Fläche	\rightarrow	PB 3:2	KOID	-	AB
=	U-Flacile	7	C-Fläche			С
	EPB	\uparrow	Baraich Schwartaila	Schwerteil-		
	Ü-Fläche	\uparrow	Dereich Schwerteile	palette	-	-
	KLT-Anlage	\uparrow				
	Ü-Fläche → Bereich Schwe KLT-Anlage → EPB → Bereich KL Ü-Fläche →		Bereich KLT	KLT-Palette	-	-
	Ü-Fläche			GiBo GiBo GiBo Füllgr <25° Füllgr <25° Füllgr <25° Füllgr <25° Füllgr 		
	EPB	\uparrow	Direktabwicklung	Kartonagen	-	-
	Hallentor	^	Getriebefläche	Getriebekisten	-	-
						T
	PM 1:1	\rightarrow				
	PB 3:2	\rightarrow				
_	Bereich Schwerteile	\rightarrow	Bindemaschine			
	Schwerteile Bereich KLT Direktabwicklung C-Fläche					
00	Direktabwicklung	\rightarrow		Packstück	-	-
풀	C-Fläche	\rightarrow	Versandschlauch			
0	Bindemaschine	\rightarrow	versanuschiauch			
	Versandschlauch	\rightarrow	Varladuna			
	Getriebefläche	\rightarrow	Verladung			
	Verladung	\rightarrow	Container			

Tabelle 27: Transportbeziehungen des Ist-Zustandes, kategorisiert in Inbound und Outbound

Folgende Abbildung 89 gibt die Bereitstellungs-Logik des Materialflusses der Gitterboxen wieder:

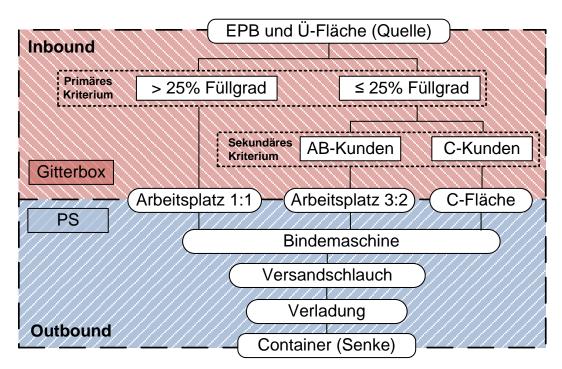


Abbildung 89: Packlogik für Gitterboxen im Soll-Zustand B

Da das Auftragsvolumen der C-Kunden im Vergleich sehr gering ist, wird weiterfolgend nur der Arbeitsplatz für AB-Kunden für Gitterboxen angeführt.

5.2.1 Soll-Layout B

Es erfolgt eine Zusammenlegung von EPB- und KLT-Anlage zu einer Materialflussquelle. Da die notwendigen Transportbahnen der EPB bereits vorhanden sind ist der organisatorische Aufwand zu Realisierung überschaubar.

Die Festlegung und Einrichtung von sogenannten Notflächen ist erforderlich um Inbound-Belastungsspitzen ausgleichen zu können, die das übliche Maß an Bewegungen an hereinkommenden Originalgebinde stark übersteigen.

In Abbildung 90 ist das Solllayout von Variante B dargestellt. Der Arbeitsbereich 1:1, der Arbeitsbereich für KLT- und Schwerteilbehälter sowie der Inboundbereich für Getriebekisten sind zentral im Layout angelegt.

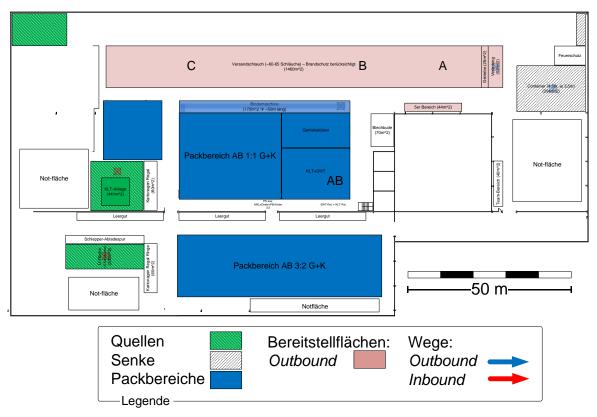


Abbildung 90: Soll Layout Variante B

Tabelle 28 enthält die Flächenbilanz von Soll-Variante B:

Zuordnung	Bez.	m²	Zuordnung	Bez.	m²
	Packbereich 1:1	806		Bindemaschine	100
	Packbereich 3:2	1178		Versandschlauch	1055
	Packbereich C- Kunden	324	Outbound	Verladung	57
Inbound KLT+SW Direktaby	Packberiech KLT+SWT	325,5		Container	294
	Direktabwicklung	222,5		Summe Outbound:	1506
	EPB+KLT	100		Kartonagen	485
	Hallentor	100	Zusätzliche	Entsorgung	131
	Übergabefläche	100	Flächen	Leergut-Paletten	350
				Teambereiche	110
	Summe Inbound:	3156		Summe:	1076

Tabelle 28: Flächenbilanz - Soll-Layout B

5.2.2 Transportleistung Soll-Zustand B

Die zu Layout B zugehörigen Tabellen zur Berechnung der Transportleistung sind im Anhang unter Kapitel 8.3 angeführt:

- Transportstreckenlängen-Inbound von Layout B, siehe im Tabelle 42,
- Transportstreckenlängen-Outbound von Layout B, siehe Tabelle 43,
- Transportintensitäten-Inbound von Layout B, siehe Tabelle 13,
- Transportintensitäten-Outbound von Layout B, siehe Tabelle 14.

- Transportleistungen-Inbound von Layout B, siehe Tabelle 44,
- Transportleistungen-Outbound von Layout B, siehe Tabelle 45.

Aus den Berechnungen geht folgende Gesamttransportleistung für das Layout B hervor:

Gesamttransportleistung					
Soll-Zustand B in (TE*m)/BKT					
Ínbound 39091					
Outbound 62018					
Summe	101.109				

Tabelle 29: Gesamttransportintensität - Soll-Zustand B [(TE*m)/BKT]

In Abbildung 91 sind die Transportleistungen in das Layout von Variante B eingetragen:

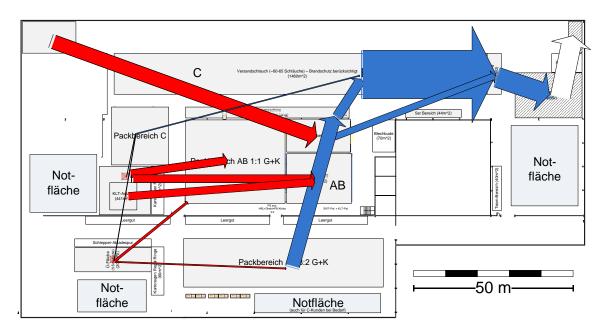


Abbildung 91: Transportleistungen - Soll-Layout B

5.2.3 Soll-Arbeitssystem B

In folgender Abbildung 92 ist die Lage des betrachteten Arbeitssystems von Variante B im Gesamtlayout zu sehen.

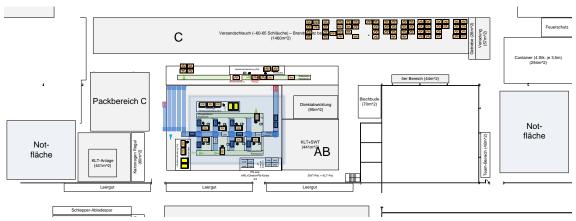


Abbildung 92: Packmodulsystem mit angetriebenen Rollenbahnen

Arbeitsmethode

Die Belegung der Packarbeitsplätze für AB-Kunden erfolgt dynamisch und kundenspezifisch. Die Bereitstellung von Originalgebinden geschieht anhand von Rollenbahnen, mit vorgelagertem FIFO-Puffer, dessen Länge die Größe des berechneten Puffers repräsentiert. Der Puffer auf der Rollenbahn für GiBos ist auf 100 Plätze ausgelegt (Abbildung 93).

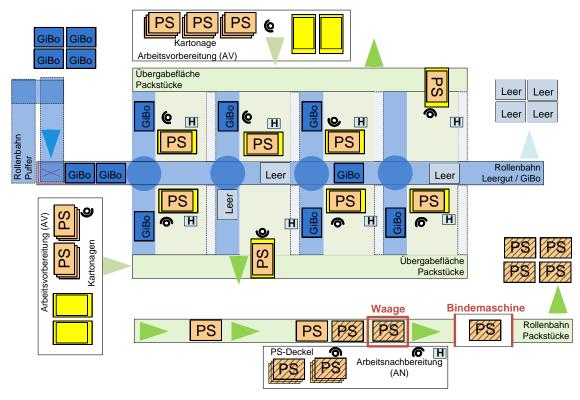


Abbildung 93: Teilautomatisiertes Arbeitssystem durch Rollenbahn

Die Perlenkette¹⁹⁸ (Reihenfolge der Originalgebinde) bestimmt die Packreihenfolge, dadurch wird "*cherry-picking*" verhindert und die Auftragsreihenfolge eingehalten.

¹⁹⁸ Perlenkette ist ein Begriff aus der Logistik, insbesondere im Automobilbau, mit dem eine festgelegte Auftrags- bzw. Fertigungsreihenfolge bezeichnet wird (Weyer, 2002).

Dies ist wichtig um den Servicegrad erfüllen zu können und Prioritätsaufträge überflüssig zu machen.

Über die angetriebene Rollenbahn und den Drehtisch werden die Gitterboxen vereinzelt in das Packmodul transportiert und auch abtransportiert. Durch die Bereitstellung der Originalgebinde mittels Rollenbahn entfallen viele unnötige Gehwege und die Handhabung der Gitterboxen.

Die Gestaltung der AB-Arbeitsplätze nach produktivitätsbezogenen und ergonomischen Gesichtspunkten ist von großer Bedeutung, um den Durchsatz zu erhöhen und dabei die Beeinträchtigungsfreiheit der Mitarbeiter zu gewährleisten (Abbildung 94).

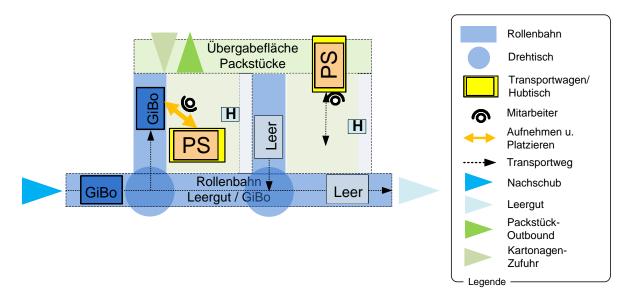


Abbildung 94: Arbeitsplatz (Module) Soll-Variante B

Das fertige Packstück wandert ebenfalls über eine Rollenbahn, die als FIFO-Puffer angesehen werden kann, in den Bereich der Arbeitsnachbereitung (AN). In der Arbeitsnachbereitung werden die abschließenden Tätigkeiten durchgeführt. Dazu zählen die Auflage des Packstückdeckels sowie die Messung und die Beschriftung des Packstückes mit dem Packstückgewicht.

Im Anschluss wird das Packstück durch dessen Umreifung mittels Bindemaschine versandfertig gemacht und in den Versandschlauch transportiert. Die Packmodule sind in Variante B direkt mit der Bindemaschine verbunden. Fertige Packstücke warten weiterhin kundenspezifisch in den Versandschläuchen bis zur Verladung in einen Container.

5.3 Methodenzeit und Personalbedarf-Logistik der Soll-Varianten

Die MTM-Analyse der Soll-Arbeitsmethoden ergibt laut der Berechnung mittels *calculation4u* folgende Grundzeit t_q zum Packen eines Packstückes:

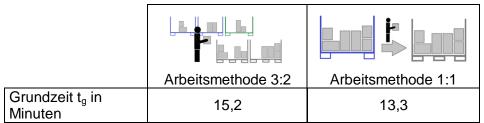


Tabelle 30: Methodengrundzeit der Arbeitsmethoden für Soll-Zustand

In folgender Tabelle 31 befindet sich der mit *calculation4u* berechnete Personalbedarf der Soll-Zustände für die Bewältigung der zu transportierenden Einheiten:

Personalbedarfsrechnung Stapler

5,8h/Tag Staplerzeit

3-Schicht Betrieb

Δ = Veränderung	Bezugsmenge	ge Mengensteigerungen				
Plan-Kalenderjahr	2014 = 100%	2015; +20%	2016; +15%	2017; +15%		
Variante A	3,34	4,01	5,01	5,76		
Variante B	2,71	3,26	4,38	5,04		

Tabelle 31: Personalbedarf Logistik der Soll-Zustände

6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt findet sich die Interpretation der ermittelten Ergebnisse. Dazu wurden die Ergebnisse der Berechnungen zusammengefasst und miteinander verglichen, um das Verbesserungspotential zu quantifizieren.

6.1 Vergleich der Layouts

In folgender Tabelle 32 sind die Ergebnisse zur Berechnung der Transportleistung der jeweiligen Layouts zusammengefasst:

	Transportleistung=Transportaufwand in (TE*m)/BKT							
Δ = Veränderung	Inbound	Outbound	Gesamt					
Layout im Ist-Zustand	66.344	91.545	157.889					
Bezugsbasis = 100%	100%	100%	100%					
Ideal-Layout	33.000	40.070	73.070					
Δ bzgl. Ist-Layout	-50%	-56%	-54%					
Soll-Layout Variante A	58.551	79.514	138.065					
Δ bzgl. Ist-Layout	-12%	-13%	-13%					
Soll-Layout Variante B	39.091	62.018	101.109					
Δ bzgl. Ist-Layout	-41%	-32%	-36%					

Tabelle 32: Vergleich der Layout-Transportleistungen

Die benötigte Transportleistung entspricht dabei dem Transportaufwand. Folgende Abbildung 95 zeigt den relativen Vergleich des gesamten Transportaufwandes in Bezug zum Ist-Zustand:

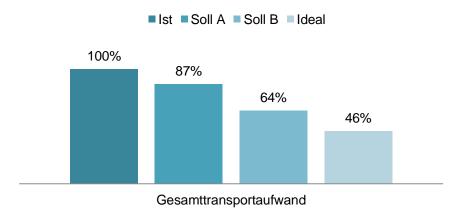


Abbildung 95: Vergleich des Transportaufwandes im relativen Bezug auf den Ist-Zustand

In folgender Tabelle sind die Ergebnisse der Berechnung der Personalbedarfsrechnung mittels *calculation4u* dargestellt:

Personalbedarfsrechnung Stapler

5,8h/Tag Staplerzeit

3-Schicht Betrieb

Δ = Veränderung	Bezugsmenge	Me	ngensteigerungen		
Plan-Kalenderjahr	2014 = 100%	2015; +20%	2016; +15%	2017; +15%	
Stapleranzahl im Ist-Zustand	4,59	5,52	6,57	7,56	
Stapler im Ist-Zustand = 100%	100%	100%	100%	100%	
Variante A	3,34	4,01	5,01	5,76	
Δ bzgl. lst-Layout	-27%	-27%	-24%	-24%	
Variante B	2,71	3,26	4,38	5,04	
Δ bzgl. Ist-Layout	-41%	-41%	-33%	-33%	

Tabelle 33: Personalbedarfsrechnung Logistik

Folgende Abbildung 96 zeigt den relativen Vergleich des Personalaufwandes zur Abwicklung der Logistik in Bezug zum Ist-Zustand mit den Mengendaten aus dem BKJ 2014:

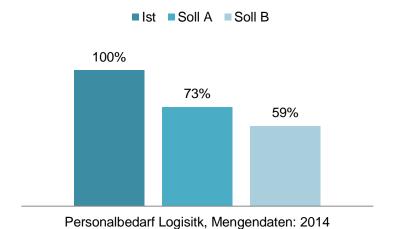


Abbildung 96: Vergleich des Personalbedarfs der Logistik bezogen auf den Ist-Zustand

6.2 Vergleich der Arbeitsmethoden

In folgender Tabelle sind die ermittelten Grundzeiten t_g der Arbeitsmethoden zusammengefasst:

Δ = Veränderung	Arbeitsmethode Ist-Zustand	Arbeitsmethode 3:2	Arbeitsmethode 1:1
Grundzeit in Minuten	18,5	15,2	13,3
Bezugsbasis = 100%;	100%	84%	74%
Δ bzgl. lst-Layout		-16%	-26%

Folgende Abbildung 97 zeigt den relativen Vergleich der Grundzeiten $t_{\rm g}$ der jeweiligen Arbeitsmethode:

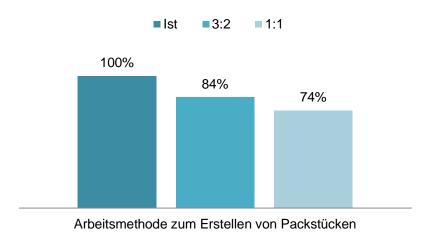


Abbildung 97: Vergleich der Grundzeit ta der Arbeitsmethoden

6.3 Resümee

Als Ergebnis ging eine verbesserte Arbeitsmethode hervor, die kundenspezifische Packmodule vorsieht. Diese Module können sukzessiv erweitert werden und berücksichtigen durch deren kundenspezifische Beschickung mit Originalgebinden die Pareto-Verteilung der Kunden, geordnet nach dem Volumen ihrer Bestellaufträge.

Dies ermöglicht die gesonderte Behandlung der Großkundenaufträge, mit dem Ziel der Bestandsminderung, der Reduzierung des Logistikaufwandes und zur Sicherung des Servicegrades.

Durch die Implementierung von Förderrollenbahnen und den Wegfall unnötiger Gehwege kann durch die Umsetzung von *Arbeitsmethode 1:1* die Grundzeit um -26% gesenkt werden, was eine Reduzierung um 5,3 Minuten je Packstück bedeutet.

Eine Kombination beider Arbeitsmethoden, je nach Anwendungsfall ist dabei die beste Lösung zur Bewältigung der umzupackenden Originalgebinde mit dem Fokus auf die Erfüllung des Servicegrades bei steigender Anzahl von Originalgebinden. Ausblick 119

Ausblick¹⁹⁹ 7

Die unterschiedlichsten Veränderungen der internationalen Märkte deuten auf eine Entwicklung hin, die eine Verschärfung des Wettbewerbes im Aftersales-Geschäft bei verlangsamtem Wachstum der Fahrzeugpopulation mit sich zieht.

Um Wettbewerbsvorteile zu nutzen ist laut ARNOLD eine Erhöhung der logistischen Leistung unumgänglich. Von der Teilelogistik werden daher immer kürzere Reaktionszeiten (vom Zeitpunkt der Bestellung bis zur Verfügbarkeit am point of gesteigerte Teileverfügbarkeiten erwartet. Somit können organisations-unterstützende Systeme, die Optimierung der Lagerortvergabe und die Einführung von Scannern etc. die operativen Prozesse erheblich verbessern. Diese Maßnahmen führen dabei zu einer spürbaren Produktivitätssteigerung gleichzeitiger Reduzierung der Fehlerraten.

Die kontinuierliche Herausforderung besteht dabei in der Kostensenkung, bei gleichzeitig steigendem Servicegrad, erweiterter Bestellzeit und deutlich verkürzten Durchlauf- und Reaktionszeiten.

Potentiale, Maßnahmen, Konzepte²⁰⁰

"Zur Realisierung weiterer Potenziale in der Teile-Logistik bedarf es der weiteren Vernetzung des Informationsflusses über alle Logistikebenen hinweg. Nur so können weitere Reduktionen der Bestände und deren Folgekosten erreicht werden."201

Entscheidend ist laut ARNOLD hier die frühzeitige Nutzung von Informationen, in diesem Fall besonders über den Bedarf und den Bestand. Dabei ist zu beobachten, dass der Lagerbetrieb nicht nur der DV-Unterstützung, sondern auch der technischen Unterstützung bedarf, beispielsweise in Form von individuell gestalteten Arbeitsplätzen.

ARNOLD beschreibt, dass die neu zu entwickelnden Logistikkonzepte für die innerbetriebliche Abwicklung einen wirtschaftlichen Kompromiss zwischen Flexibilität und Versorgungssicherheit entwickeln müssen.

"Je höher der Automatisierungsgrad des Lagers, desto aufwendiger ist natürlich die IT. Vor allem, wenn IT und Materialflusstechnik bzw. Daten- und Warenströme nicht gemeinsam geplant werden, sind der Aufwand und die verbundenen Kosten enorm. Für viele Unternehmen liegt hier noch enormes Kostensenkungspotenzial."202

¹⁹⁹ vgl. Arnold, 2006, S.56ff ²⁰⁰ vgl. Arnold, 2006, S.26ff

²⁰¹ Arnold, 2006, S.58 ²⁰² Arnold, 2006, S.26

Ausblick 120

"Kostenseitig betrifft dies Themen wie Bestandssenkung oder die verbesserte Auslastung von Technik und Personal durch Optimierung von Ein- und Auslagerung sowie der Sortier- und Kommissionierprozesse durch gezielte Automation."²⁰³

"Die technische Unterstützung von Kommissionierprozessen etwa führt zu deutlichen Qualitätssteigerungen, und hier zeigt sich exemplarisch, dass in der Intralogistik nicht nur ein Großteil der Kosten entsteht, auch die Qualität wird hier produziert."²⁰⁴

Weitere Service- bzw. Qualitätsmerkmale sind die Erhöhung der Verfügbarkeit und die Fehlerminimierung bei der Sendungszusammenstellung. Nach ARNOLD sind die Kommissionierung, scannergestützten Pick-by-Lightund Pick-by-Voicesowie Augmented-Reality-Unterstützung Kommissionierung die durch das Einblenden zusätzlicher Informationen in das Sichtfeld über eine Datenbrille die besten Beispiele für das erfolgreiche Zusammenwirken von menschlicher Arbeitskraft und technischer Unterstützung.

ARNOLD zeigt auf, dass bezüglich Service bzw. Qualität die Intralogistik nicht nur aus der Fördertechnik besteht, sondern sich aus dem richtigen Zusammenspiel von Technik, IT und Personal/Organisation ergibt. Abbildung 98 zeigt die Höhe des Umsetzungsaufwandes für die Erschließung von Potenzialen in verschiedenen Bereichen der Intralogistik:

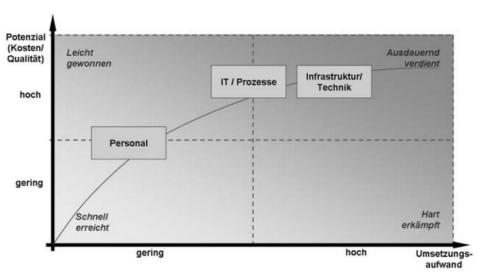


Abbildung 98: Erschließung von Potenzialen in verschieden Bereichen der Intralogistik²⁰⁵

"All diese Technologien steigern die Effizienz und die Qualität menschlicher Arbeitsleistung und lassen sich weitgehend flexibel skalieren, d.h. für veränderte Bedingungen einsetzen."²⁰⁶

Arnold, 2006, S.26

²⁰³ Arnold, 2006, S.26

²⁰⁵ Arnold, 2006, S.27

²⁰⁶ Arnold, 2006, S.26f

Ausblick 121

Nach ARNOLD muss die Intralogistik bereits bei bloßen Nachfrageschwankungen sehr flexibel reagieren, was qualifiziertes und geschultes Personal umso wichtiger macht, je stärker der Materialfluss automatisiert ist. Um die Investitionen in die Automatisierung optimal zu nutzen ist den wechselnden Anforderungen deshalb mit flexiblen und möglichst standardisierten Lösungen zu begegnen.

Ein zu hoher, starrer Automatisierungsgrad stellt sich laut ARNOLD jedoch als gefährlicher Kostenfaktor heraus, wenn sich die Technik nicht auf veränderte Sortiments- oder Absatzstruktur skalieren lässt. Die richtige Balance zwischen der möglichen Effizienz und der nötigen Flexibilität ist daher schwer zu finden.

"Dieses Spannungsfeld stellt dabei höchste Anforderungen an die Organisation eines Logistikstandortes."²⁰⁷

_

²⁰⁷ Arnold, 2006, S.30

8 Anhang

8.1 Berechnungstabellen für den Ideal-Zustand

Ideal-Transportstreckenlängen Inbound

Fahrstrasse Bereich AT2	Arbeitsgruppe 1-13
6 7	8
54	
	43
	37
78	
14	
14	

Tabelle 34: Ideal-Transportstreckenlängen des Inbound-Materialflusses

Ideal-Transportstreckenlängen Outbound

Outbourid						
Behälterart	von ∖ nach		Binde- maschine	Versand- schlauch	Verladung	Container
	[m]	Index	а	b	С	d
	Packgruppe 1-13	а	15			
	Bereich Schwerteile	b		98		
	Bereich KLT	С		112		
	Bereich AT2	d	65			
Packstück	Direktabwicklung	е	45			
	Bindemaschine	f		16		
	Versandschlauch	g			11	
	Fahrstrasse	h			32	
	Verladung	i				17

Tabelle 35: Ideal-Transportstreckenlänge des Outbound-Materialflusses

Ideal-Transportleistung Inbound

Behälterart	von ∖ nach		BF GiBo	BF Körbe	Bereich Schwerteile	Bereich KLT	Direkt- abwicklung	Fahrstrasse	Bereich AT2	Arbeitsgruppe 1-13
	[TE*m/BKT]	Index	1	2	3	4	5	6	7	8
	EPB	1	4246							
GiBo	Ü-Fläche	2	1000						649	
	BF GiBo	3								10046
	EPB	4		4503						
Korb	Ü-Fläche	5		1565						
	BF Körbe	6								4502
Schwerteile	EPB	7			1000					
Scriwertene	Ü-Fläche	8			128					
KLT	KLT-Anlage	9				320				
	Ü-Fläche	10						534		
	Fahrstrasse	11				712				
Kartonage	EPB	12					6786			
Getriebekisten	Hallentor	13						672		

Transportleistung [TE*m/BKT]: 36661

Tabelle 36: Ideal-Transportleistung Inbound

Ideal-Transportleistung Outbound

Tuoui Tranop	ortieisturig Outbouriu					
Behälterart	von ∖ nach		Binde- maschine	Versand- schlauch	Verladung	Container
	[(TE*m)/BKT]		а	b	С	d
	Packgruppe 1-13	а	2941			
	Bereich Schwerteile	Ь		4138		
	Bereich KLT	C		4633		
	Bereich AT2	d	1662			
Packstück	Direktabwicklung	е	4032			
	Bindemaschine	f		4950		
	Versandschlauch	g			4087	
	Fahrstrasse	h		·	4495	
	Verladung	i				9133

40070

Transportleistung [(TE*m)/BKT]: Tabelle 37: Ideal-Transportleistung Outbound

8.2 Berechnungstabellen für Soll-Zustand A

Sollzustand A: Transportstreckenlängen-Inbound

Solizustanu A: Tran	sportstreekemang	SCII IIIDO	Juliu							
Behälterart	von ∖ nach		BF GiBo	BF Körbe	Bereich Schwerteile	Bereich KLT	Direkt- abwicklung	Fahrstrasse	Bereich AT2	Arbeitsgruppe 1-13
	[m]	Index	1	2	3	4	5	6	7	8
	EPB	1	55							
GiBo	Ü-Fläche	2	45						41	
	BF GiBo	3								61
	EPB	4		40						
Korb	Ü-Fläche	5		102						
	BF Körbe	6								91
Schwerteile	EPB	7			84					
Scriwertene	Ü-Fläche	8			42					
	KLT-Anlage	9				10				
KLT	Ü-Fläche	10						107		
	Fahrstrasse	11				76				
9010 Kartonage	EPB	12					94			
Getriebekisten	Hallentor B33	13						116		

Tabelle 38: Transportstreckenlänge Inbound Soll Zustand A

Transportstreckenlängen Outbound für Sollzustand A:

	<u> </u>					
Behälterart	von ∖ nach		Binde- maschine	Versand- schlauch	Verladung	Container
	[m]	Index	а	b	С	d
	Packgruppe 1-13	а	28			
	Bereich Schwerteile	b		129		
	Bereich KLT	С		107		
	Bereich AT2	d	47			
Packstück	Direktabwicklung	е	53			
	Bindemaschine	f		18		
	Versandschlauch	g			72	
	Fahrstrasse	h			91	
	Verladung	i				23

Tabelle 39: Transportstreckenlängen Outbound für Soll Zustand A

Transportleistungen Inbound für Soll-Variante A

Behälterart	von \ nach		BF GiBo	BF Körbe	Bereich Schwerteile	Bereich KLT	Direkt- abwicklung	Fahrstrasse	Bereich AT2	Arbeitsgruppe 1-13
	[(TE*m)/KT]	Index	1	2	3	4	5	6	7	8
	EPB	1	10065							
GiBo	Ü-Fläche	2	2205						492	
GIBO	BF GiBo	3								14152
	EPB	4		3920						
Korb	Ü-Fläche	5		2448						
	BF Körbe	6								11102
Schwerteile	EPB	7			588					
Scriwertene	Ü-Fläche	8			42					
	KLT-Anlage	9				320				
KLT	Ü-Fläche	10	_					321		
KLI	Fahrstrasse	11				1218				
Kartonagen	EPB	12		_		_	6110	_		
Getriebekisten	Hallentor	13						5568		

Gesamttransportleistung Inbound [(TE*m)/BKT]: 58551
Tabelle 40: Transportleistungen Inbound für Soll Zustand A

Transportleistungen Outbound für Soll-Variante A

	isturigeri Outbouriu iui		ai idiito	<i>,</i> ,		
Behälterart	von ∖ nach		Binde- maschine	Versand- schlauch	Verladung	Container
	[(TE*m)/BKT]	Index	а	b	С	d
	Packgruppe 1-13	а	5348			
	Bereich Schwerteile	b		5418		
	Bereich KLT	С		4387		
	Bereich AT2	d	1241			
Packstück	Direktabwicklung	е	4706			
	Bindemaschine	f		5512		
	Versandschlauch	g			28022	·
	Fahrstrasse	h			12932	·
	Verladung	i				11948

Gesamttransportleistung Outbound [(TE*m)/BKT]: 79514
Tabelle 41:Transportleistungen Outbound für Soll Zustand A

8.3 Berechnungstabellen für Soll-Zustand B

Transportstreckenlänge Inbound für Sollzustand B

Behälterart	von \ nach	Kriterium	ABC		PM GiBo 1:1	PB Körbe 3:2	PM SWT n:1	PM KLT 1:1	C-Fläche	Getriebe- fläche
	[m]					2	3	4	5	6
		>=25% Füllgrad	-		34					
	EPB	∠25% Füllgrad				77				
CiPo		<u> </u>	С	3					18	
GiBo	Ü-Fläche	>=25% Füllgrad	•	4	41					
		Kriterium ABC Main Ma	AB	5		62				
				138						
	EPB	<25% Füllgrad >=25% Füllgrad <25% Füllgrad normale Größe	AB	7		77				
Korb	EFB	nomale Grose	С	8					18	
KOID	Ü-Fläche	>=25% Füllgrad <25% Füllgrad normale Größe normale Größe	AB	9		62				
	U-Flache	normale Groise	С	10					138	
Schwerteile	EPB + Ü-Fl.			11			90			
KLT	KLT-Anlage			12				86		
Kartonagen	EPB			13		77				
Getriebekisten	Hallentor			14						181

Tabelle 42: Transportstreckenlängen Inbound für Soll-Zustand B

Transportstreckenlänge Outbound für Sollzustand B

Tur Solizusi	and B					
Behälterart	von ∖ nach		Binde- maschine	Versand- schlauch	Verladung	Container
	[m]	Index	а	b	С	d
	PM GiBo 1:1	а				
	PB Körbe 3:2	b	47			
	PM SWT n:1	С				
	PM KLT 1:1	d				
Packstück	C-Fläche	е		45		
	Bindemaschine	h		14		
	Versandschlauch	i			66	
	GfG	j			82	
	Verladung	k				25

Tabelle 43: Transportstreckenlängen Outbound für Soll-Zustand B

Transportstreckenlänge

Durchschnittliche Menge/BKT Zeitraum: BKJ 2014

Zeitraum.	DN3 2014									
Behälterart	von ∖ nach	Kriterium	ABC		PM GiBo 1:1	PB Körbe 3:2	PM SWT n:1	PM KLT 1:1	C-Fläche	Getriebe- fläche
	[TE/BKT]			Index	1	2	3	4	5	6
		>=25% Füllgrad	-	1	137					
	EPB	∠25% Füllarad	AB	2		54				
GiBo)	С	3					4	
		>=25% Füllgrad	-	4	35					
	Ü-Fläche	>=25% Füllgrad <25% Füllgrad >=25% Füllgrad <25% Füllgrad <25% Füllgrad				14				
				6					1	
	EPB	_		7		93				
Korb		_	С	8					6	
IXOID	Ü-Fläche	<25% Fullgrad C 6 1								
			С						2	
Schwerteile	EPB			11			8			
KLT	KLT-Anlage			12				51		
Kartonage	EPB			13		65				
Getriebekisten	Hallentor			14						48

Tabelle 44: Transportintensitäten Inbound für Sollzustand B

Transportintensitäten Outbound für Soll-Zustand B

Behälterart	von ∖ nach		Binde- maschine	Versand- schlauch	Verladung	Container
	[-]	Index	а	b	С	d
	PM GiBo 1:1	а	172			
	PB Körbe 3:2	b	249			
	PM SWT n:1	С	42			
	PM KLT 1:1	d	41			
Packstück	C-Fläche	е		13		
	Bindemaschine	h		435		
	Versandschlauch	i			448	
	Getriebefläche	j			51	
T 1 11 4	Verladung	k		(;; O ;;		499

Tabelle 45: Transportintensitäten Outbound für Sollzustand B

Transportleistungen Inbound für Soll-Zustand B

Behälterart	von ∖ nach	Primäres Kriterium: Füllgrad	Sek. Kriterium: Kunde		Packbereich 1:1	PB Körbe 3:2	PM SWT n:1	PM KLT 1:1	Bereich C- Kunden	Getriebe- fläche
	[(TE*m)/BKT]			Index	1	2	3	4	5	6
		>=25%	-	1	4704					
	EPB	<25%	AB	2		4195				
GiBo		\25 /0	С	3					79	
		>=25%	-	4	1437					
	Ü-Fläche	<25%	AB	5		847				
		V2570	С	6					149	
	EPB		AB	7		7126				
Korb	EFB	-	С	8					111	
KOID	Ü-Fläche		AB	9		1439				
	0-Flacile	-	С	10					213	
Schwerteile	EPB			11	·		702	·		•
KLT	KLT-Anlage			12				4386		
Kartonage	EPB			13		5011				
Getriebekisten	Hallentor			14				·		8706

Gesamttransportleistung Inbound [TE*m/BKT]: 39105

Tabelle 46: Transportleistungen Inbound für Soll-Zustand B

Transportleistungen Outbound für Soll-Zustand B

Zustand B						
Behälterart	von ∖ nach		Binde- maschine	Versand- schlauch	Verladung	۵ Container
	[m]	Index	а	b	С	d
	PM GiBo 1:1	а				
	PB Körbe 3:2	b	11579			
	PM SWT n:1	С				
	PM KLT 1:1	d				
Packstück	C-Fläche	е		591		
	Bindemaschine	h		6222		
	Versandschlauch	i			4162	
	GfG, Getriebe	j			4162	
	Verladung	k				12585

Gesamttransportleistung Outbound [TE*m/BKT]: 39300
Tabelle 47: Transportleistungen Outbound für Soll-Zustand B

9 Verzeichnisse

9.1 Literaturverzeichnis

Arnold, D. (Hrsg.): Intralogistik, Potentiale, Perspektiven, Prognosen, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2006

Becker, H.-H. (Hrsg.): Die Menschen. Das Werk. Eine Zukunft - Volkswagen Kassel. 50 Jahre Volkswagen Werk Kassel, B & S Siebenhaar Verlag, Berlin, 2009

Biedermann, H.: Ersatzteilmanagement, Effiziente Ersatzteillogistik für Industrieunternehmen, 2. erweiterte und aktualisierte Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008

Bokranz, R.; Landau, K. (Hrsg. Deutsche MTM-Vereinigung e. V.): Handbuch Industrial Engineering - Produktivitätsmanagement mit MTM, 2. Aufl., Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2012

Bokranz, R.; Landau, K.: Produktivitätsmanagement von Arbeitssystemen, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2006

Deuse J.; Hempen, S.; Maschek, T.: Standards und Kommunikationsroutinen als Basis für Prozessinnovation vor und nach SOP, in: Spath, D. (Hrsg.): Wissensarbeit - Zwischen strengen Prozessen und kreativem Spielraum, Schriftreihe der HAB, GITO Verlag, Berlin 2011, S.39-49, 2011

Drucker, P.F.: The Effective Executive, Heinemann Verlag, London, 1967

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

Groover, M.P.: Work Systems and the Methods, Measurement and Management of Work, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2007

Grundig, C.-G.: Fabrikplanung, Planungssystematik - Methoden - Anwendungen, Carl Hanser Verlag, München, 2009

Gudehus, T.: Logistik II, Netzwerke, Systeme und Lieferanten, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2013

Gudehus, T.: Logistik, Grundlagen Strategien Anwendungen, 3., neu bearbeitete Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2005

Günthner, W.A.; Boppert, J. (Hrsg.): Lean Logistics, Methodisches Vorgehen und praktische Anwendung in der Automobilindustrie, 1. Aufl., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2013

Günthner, W.A.; Durchholz, J.; Klenk, E.; Boppert, J.: Schlanke Logistikprozesse, Handbuch für den Planer, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2013

Heinz, K.: Millionen schlummern in den Unternehmen! Erfolgspotenziale des modernen Zeit-Managements, ddv Verlag, Hainburg, 2003

Hempen, S.: Vorgehensweise zur Spezifizierung von Zielzuständen im Kontext der kurzzyklischen Prozessverbesserung, Diss., Techn. Univ. Dortmund, 2013

Hempen, S.; Kleint, S., Deuse, J.; Wegge, J.: Ziel-Zustand - zwischen Herausforderung und Motivation, Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten, Bericht zum 56. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft vom 22. bis 24. März 2010, GfA Press, Dortmund, 2010

Jodin, D.; ten Hompel, M.: Sortier- und Verteilsysteme, Grundlagen, Aufbau, Berechnung und Realsisierung, 2. Auflage, Springer, Berlin, Heidelberg, 2005

Kanawaty, G. (Ed.): Introduction to work study, 4th ed., ILO - International Labour Office, Geneva, Switzerland, 1992

Klevers, T.: Wertstrom-Management, Mehr Leistung und Flexibilität für Unternehmen - Abläufe optimieren - Kosten senken - Wettbewerbsfähigkeit steigern, 1. Aufl., Campus Verlag, Frankfurt am Main, 2013

Klug, F.: Logistikmanagement in der Automobilindustrie, Grundlagen der Logistik im Automobilbau, Springer, Berlin Heidelberg, 2010

Kuhlang, P.: Grundlagen des Produktivitätsmanagements und der Zeitwirtschaft, Bereich Betriebstechnik und Systemplanung, Fraunhofer Austria Research GmbH Eigenverlag, Wien, 2010a

Kuhlang, P.: Prozesse und Produktivität - Produktivitätssteigerung durch kombinierte Anwendung von MTM und Wertstromdesign. In: Britzke, B. (Hrsg.): MTM in einer globalisierten Wirtschaft. Arbeitsprozesse systematisch gestalten und optimieren, MI Verlag, Landsberg/Lech, 2010b

Kuhlang, P.: Industrial Engineering, Systematische Gestaltung produktiver, industrieller Wertströme, Habilitationsschrift, eingereicht an der Technischen Universität Wien, 2012

Lee, S.G.; Lye, S.W.: Design for manual packaging, in: International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, Vol. 33 No. 2, S.163-189, 2003

Martin, H.: Transport- und Lagerlogistik. Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik, 9. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2014

Meyers, F.E.; Stewart, J.R.: Motion and time study for lean manufacturing, 3rd Ed., Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2002

MTM-Institut: Grundlagen Industrial Engineering - Lehrunterlage Basic-IE, Deutsche MTM-Vereinigung, Berlin, Hamburg, 2011

MTM-Institut: Lehrunterlage MTM-Logistik Teil I, Deutsche MTM-Vereinigung e.V., Hamburg, 2013a

MTM-Institut: Lehrunterlage MTM-Logistik Teil II, Deutsche MTM-Vereinigung e.V., Hamburg, 2013b

Niebel, BW.; Freivalds, A.: Methods, Standards and Work Design, 11th ed. McGraw-Hill, Boston, MA, 2003

Noé, M.: Innovation 2.0, Unternehmenserfolg durch intelligentes und effizientes Innovieren, 1. Aufl., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2013

Nyhuis, P.; Wiendahl, H.-P.: Logistische Kennlinien, Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2012

Ohno, T.: Das Toyota-Produktionssystem, Campus, Frankfurt a. M., 2009

Olbrich, R.: Aufbau einer Zeitwirtschaft, Beschreibung der Vorgehensweise, Köln, 1993

Pawellek, G.: Ganzheitliche Fabrikplanung, Grundlagen, Vorgehensweise, EDV-Unterstützung, 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2014

Petzelt, D. J.: Konzept zur rechnerunterstützen Bestimmung von Sollzeiten in der Montageplanung. in: Deuse, J. (Hrsg.): Schriftenreihe Industrial Engineering, Technische Universität Dortmund, Fakultät Maschinenbau, Dissertation, Shaker Verlag, Aachen, 2010

Pfohl, H.-Chr., Trumpfheller, M.: Stellenwert der Ersatzteillogistik in der Luftfahrt. In: Thema Forschung, Ausgabe 03/2005, Im Aufwind: Luftverkehr, TU Darmstadt (Hrsg.), S.40-44, 2005

Pfohl, H.-Chr.: Logistiksysteme, Betriebswirtschaftliche Grundlagen, 8., neu bearbeitete und aktualisierte Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2010

Picker, C.: Prospektive Zeitbestimmung für nicht wertschöpfende Montagetätigkeiten, Dissertation, Technische Universität Dortmund, Fakultät Maschinenbau, Shaker Verlag, Aachen, 2006

REFA [Hrsg.]: Datenermittlung, 7. Aufl. Hanser Verlag, München, 1992

REFA [Hrsg.]: Datenermittlung, Methodenlehre der Betriebsorganisation - Teil 1, Carl Hanser Verlag, München, 1997

Rother, M.: Die Kata des Weltmarktführers - Toyotas Erfolgsmethoden, Campus Verlag GmbH, Frankfurt/Main/New York, 2009

Rother, M.; Shook, J.: Learning to See - Value-stream mapping to create value and eliminate muda. Lean Enterprise Institute. Deutsche Übersetzung: Rother, M.; Shook, J.: Sehen Iernen - mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen, Workbook, herausgegeben vom Lean Management Institut, Aachen, 2004

Schenk, M.; Wirth S.; Müller E.: Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, Methoden für die wandlungsfähige, vernetzte und ressourceneffiziente Fabrik, 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2014

Schlick, C.; Bruder, R.; Luczak, H.: Arbeitswissenschaft, 3. Aufl. Springer Verlag, Heidelberg Dordrecht London New York, 2010

Sihn, W.; Kuhlang, P.: Grundlagen der Logistik, Skriptum zur Unterstützung der Vorlesung, 5. Überarbeitete Auflage, Eigenverlag, Wien, Bereich für Betriebstechnik und Systemplanung der TU-Wien, 2011

Spear, S; Bowen, H. K.: Entschlüsselung der DNA des Toyota Produktionssystems, Harvard Business Review, 1999

ten Hompel, M.; Schmidt, T.; Nagel, L.: Materialflusssysteme, Förder- und Lagertechnik, 3., völlig neu bearbeitete Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2007

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (Hrsg.): Wertanalyse - das Tool im Value Management, 6., völlig neu bearb. u. erw. Aufl., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2011

VDI-Richtlinie 2892:2006-06, Ersatzteilwesen der Instandhaltung, Beuth Verlag, Berlin, 2006

9.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Weltweites Versorgungsnetz der Ersatzteillogisitk auf 5 Ebenen	1
Abbildung 2: Lebenszyklusphasen des Ersatzteilbedarfs	5
Abbildung 3: Ersatzteillogistik beim Hersteller (Anbieter) und Verwender (Abnehme	er)
on Ersatzteilen	7
Abbildung 4: Die 5R der Logistik	8

Abbildung 5: Kosten in Abhängigkeit von der Vorratsmenge einer Einzelposition 9
Abbildung 6: Nicht unterfahrbare Transport- und Lagerhilfsmittel. a) KLT-Behälter für
Kleinteile; b) Stapelkasten für Schwerteile
Abbildung 7: Unterfahrbare Transport- und Lagerhilfsmittel. c) Gitterboxpalette (kurz:
Gibo); d) Flachpalette mit Gitteraufsetzrahmen (auch: Gitterkorb)
Abbildung 8: Überseecontainer (Abmessung gemäß DIN ISO 668) 12
Abbildung 9: Das Packstück - Komponenten
Abbildung 10: Systematik zur Bildung logistischer Ladeeinheiten (Ladungen) 13
Abbildung 11: Flurgebundene Unstetigförderer nach DIN ISO 5053
Abbildung 12: a) Fahrgabelstapler und b) Elektrohochhubwagen (Symbolische
Darstellung) 14
Abbildung 13: Angetriebene Rollenbahn
Abbildung 14: Ersatzteilwirtschaftliche Teilfunktionen - Die Verpackung als Bindeglied
zwischen Kommissionierung und Versand16
Abbildung 15: Prozessschritte des manuellen Verpackens
Abbildung 16: Teilschritte des Wertstrom-Managements
Abbildung 17: Wertstrom einer Fabrik24
Abbildung 18: Wertstromgraphik25
Abbildung 19: Vor- und Nachteile der klassischen Wertstromanalyse in Bezug auf
Logistikprozesse
Abbildung 20: Aufbau der logistikorientierten Wertstromkarte28
Abbildung 21: Symbolik der logistikorientierten Wertstromanalyse
Abbildung 22: Schritte zur Erstellung eines logistikorientierten Wertstroms 30
Abbildung 23: Wert der Logistik31
Abbildung 24: Die 7 Arten der Verschwendung, Symbolhafte Darstellung 32
Abbildung 25: Zielzustand als Meilenstein auf dem Weg zum Idealzustand
Abbildung 26: Routine zur Prozessverbesserung
Abbildung 27: ABC-Analyse: Wert- Mengen Relation, Stapeldiagramm (links), Pareto-
Darstellung (rechts)
Abbildung 28: ABC-Auswertung nach Kunden
Abbildung 29: Methoden zur Anordnungsoptimierung
Abbildung 30: Grobe Layoutplanung
Abbildung 31: Abfolge der Dreieck-Berechnungsmethode
Abbildung 32: Skizze einer Strukturgraphik in dreieckiger Anordnung
Abbildung 33: Prinzip der Streckenmessung45
Abbildung 34: VON-NACH-Matrix für Transporte ($x_n = Anzahl Transporteinheiten pro$
Zeiteinheit)45
Abbildung 35: Transportintensitätsmatrix TLM aus skalarer Multiplikation von TIM u.
TEM47
Abbildung 36: Visualisierung der Transportleistungen im Layout. a) Nicht gerichtete
Materialflüsse; b) Einheitliche Fließrichtung durch günstige Bereichsanordnung 47

Abbildung 37: Spannungsdreieck Qualität-Kosten-Zeit	. 47
Abbildung 38: Zentrale Stellung des Zeitstudiums	. 48
Abbildung 39: Zusammenhang zwischen Ist-, Normal-, Soll-, Vorgabe- und Plan	zeit
	. 49
Abbildung 40: Methoden der Zeitermittlung	. 50
Abbildung 41: MTM-Prozessbausteinsysteme im Kontext der Prozesstypologie	. 53
Abbildung 42: Grundbewegungen nach MTM-1	. 54
Abbildung 43: Datenverdichtung im MTM-Prozessbausteinsystem	. 54
Abbildung 44: Grundvorgang Aufnehmen und Platzieren	. 55
Abbildung 45: Beispiel eines MTM-Datenblattes	. 55
Abbildung 46: Auszug aus der Datenkarte "Stapler Vorgangsfolgen"	. 56
Abbildung 47: Anwendungsbeispiel von MTM-SVL - Ausrichten des Gabelstapl	lers
auf Regalstellplatz auf 2,5m Höhe	. 57
Abbildung 48: Anwendungsbeispiel von MTM-SVL - Aufnehmen und Platzieren so	wie
Transport einer Palette mittels Gabelstapler	. 58
Abbildung 49: Trichtermodell - Visualisierung der Durchlaufzeit	. 61
Abbildung 50: Pipeline Modell der Produktion	62
Abbildung 51: Material In- und Output und logistische Prozesse im betrachte	ten
Arbeitssystems	. 64
Abbildung 52: Ist-Layout des betrachteten Auslieferungslagers für das Umpacl	ken
und den Versand von Packstücken per Überseecontainer	. 66
Abbildung 53: Materialfluss-Quellen in der Layout-Übersicht	. 68
Abbildung 54: Arbeitsbereiche in der Layout-Übersicht	. 68
Abbildung 55: Kategorisierung der Transporteinheiten in In- und Outbound	. 69
Abbildung 56: Bereitstell- und Bestandsflächen in der Layout-Übersicht	69
Abbildung 57: Halbautomatisiertes Umreifen der Packstücke mittels Bindemasch	iine
	. 70
Abbildung 58: Ist-Wertstrom der Gitterboxen	. 72
Abbildung 59: Transportlogik der Gitterboxen im Ist-Zustand	. 74
Abbildung 60: Ist-Transportrouten in der Layout-Übersicht, getrennt in Inbound u	und
Outbound	. 74
Abbildung 61: Transportleistungen des Ist-Zustandes, dargestellt du	ırch
verhältnistreue Pfeile	
Abbildung 62: Arbeitssystem mit 13 Einzel-Arbeitsplätzen für Gitterboxen und Kö	rbe
in der Layout-Übersicht	. 80
Abbildung 63: Arbeitslatz für das Umpacken von Gitterboxen in Packstücke	. 81
Abbildung 64: Ablaufschema der Methodenzeit- und Personalbedarfsermittlu	ıng;
Darstellung der Kalkulationssoftware als Black-Box	. 83
Abbildung 65: Prozessbausteine des Umpackens	. 84
Abbildung 66: Prozessbausteine des Transportprozesses	. 85
Abbildung 67: Abwicklungsstatus der Transportaufträge	. 86

Abbildung 68: Durchschnittliche Zeit von Kommissionierung (Status 30) bis
Versandschlauch (Status 80)
Abbildung 69: Zeit vom Versandschlauch (Status 80) bis tatsächlichen Versand (Status 120)
Abbildung 70: Durchlaufzeit der Positionen von Kommissionierung (Status 30) bis
zum Versand (Status 120)
Abbildung 71: Pareto-Darstellung der kumulierten Transportaufträge nach Kunden 89
Abbildung 72: Pareto-Darstellung der kumulierten Behälteranzahl nach Behälterart 89
Abbildung 73: Verbesserungspotentiale des Ist-Wertstroms der Gitterboxen,
gekennzeichnet mit Kaizen-Blitzen (Starburst-Symbol)
Abbildung 74: Problemstellen des Ist-Arbeitssystems
Abbildung 75: Graphische Darstellung der erwarteten Mengenstruktur
Abbildung 76: Ergebnis des Dreieckschemas: Ideal-Bereichsanordnung
Abbildung 77: Ideal-Layout mit Transportstrecken auf "Grüner Wiese" (als Block-
Schema angeordnet)
Abbildung 78: Transportleistungen des Ideal-Layouts auf "Grüner Wiese"
(Blocklayout)99
Abbildung 79: Ideal-Wertstromdesign der Gitterboxen100
Abbildung 80: Leistungsniveau der Zustände102
Abbildung 81: Layout-Variante A103
Abbildung 82: Transportleistungen im Soll-Layout A, visualisiert104
Abbildung 83: Arbeitsplatz mit Packprinzip 3:2105
Abbildung 84: Gesamtlayout und Arbeitssystem Variante A105
Abbildung 85: Arbeitssystem Sollzustand Variante A
Abbildung 86: Einzel-Arbeitsplatz mit Packprinzip 3:2106
Abbildung 87: Visualisierung (grober Entwurf) eines 3:2 Arbeitsplatzes107
Abbildung 88: Arbeitsplätze mit Packprinzip 1:1108
Abbildung 89: Packlogik für Gitterboxen im Soll-Zustand B110
Abbildung 90: Soll Layout Variante B111
Abbildung 91: Transportleistungen - Soll-Layout B112
Abbildung 92: Packmodulsystem mit angetriebenen Rollenbahnen113
Abbildung 93: Teilautomatisiertes Arbeitssystem durch Rollenbahn113
Abbildung 94: Arbeitsplatz (Module) Soll-Variante B114
Abbildung 95: Vergleich des Transportaufwandes im relativen Bezug auf den Ist-
Zustand116
Abbildung 96: Vergleich des Personalbedarfs der Logistik bezogen auf den Ist-
Zustand117
Abbildung 97: Vergleich der Grundzeit $t_{\rm g}$ der Arbeitsmethoden118
Abbildung 98: Erschließung von Potenzialen in verschieden Bereichen der
Intralogistik120

9.3 Formelverzeichnis	
Formel 1: Definition der Transportleistung	44
Formel 2: Grundgleichung der Transportkosten	
Formel 3: Definition der Transportintensität	
Formel 4: Berechnung der Transportleistung	
Formel 5: Bildung der Transportleistungsmatrix	46
Formel 6: Berechnung der Gesamttransportleistung (Summe über TLM-Matrix)	
Formel 7: Berechnung der Durchlaufzeit	62
Formel 8: Gesetz von Little (engl.: Little's Law)	63
Formel 9: Berechnung der Anzahl Originalgebinde je Packstück	76
Formel 10: Gesamttransportleistung des Ist-Layouts TL _{Gesamt-Ist}	78
9.4 Tabellenverzeichnis	
Tabelle 1: Symbole des Wertstromdesigns	26
Tabelle 2: Logistische Grundfunktionen	30
Tabelle 3: Rangzuordnung der Güterarten entsprechend den Lagerbestandswe	erten
der Periode	36
Tabelle 4: Beispiel einer ABC-Einteilung	37
Tabelle 5: Flächenbilanz Ist-Zustand	
Tabelle 6: Zusammenstellung der Inboundgebinde	67
Tabelle 7: Transportbeziehungen des Ist-Zustandes, kategorisiert in Inbound	und
Outbound	73
Tabelle 8: Ist-Transportstreckenlänge des Inbound-Materialflusses	75
Tabelle 9: Ist-Transportstreckenlänge des Outbound-Materialflusses	75
Tabelle 10: Gesamt-Transporteinheiten des Inbound-Materialflusses im BKJ 2014	4 76
Tabelle 11: Anzahl durchschnittlicher Artikelpositionen je Inbound-Originalgeb	oinde
sowie je Packstück	
Tabelle 12: Anzahl durchschnittlich umgepackter Originalgebinde zur Bildung e	
Packstücks	
Tabelle 13: Transporteinheiten des Inbound-Materialflusses zwischen	den
Betriebsbereichen. Ist-Zustand	77
Tabelle 14: Outbound Mengen Ist-Zustand	78
Tabelle 15: Gesamttransportleistung TL _{Gesamt-Ist}	78
Tabelle 16: Ist-Transportleistungsmatrix Inbound	
Tabelle 17: Ist-Transportleistungsmatrix Outbound	
Tabelle 18: Repräsentatives MTM-Datenblatt des Umpackprozesses	86
Tabelle 19: Ergebnis der Personalbedarfsrechnung für Logistik des Ist-Zustands.	
Tabelle 20: Mittelwert und Streuung der Durchlaufzeit in Tagen	
Tabelle 21: Problemstellen des Ist-Wertstroms der Gitterboxen	91

Tabelle 22: Erwartete Mengenstruktur Inbound bis 2022	94
Tabelle 23 Abgeleitete Prinzipien	96
Tabelle 24: Gesamttransportleistung - Ideal-Zustand	98
Tabelle 25: Eigenschaften der Soll-Zustände	101
Tabelle 26: Gesamttransportleistung Soll-Layout A	104
Tabelle 27: Transportbeziehungen des Ist-Zustandes, kategorisiert in I	nbound und
Outbound	109
Tabelle 28: Flächenbilanz - Soll-Layout B	111
Tabelle 29: Gesamttransportintensität - Soll-Zustand B [(TE*m)/BKT]	112
Tabelle 30: Methodengrundzeit der Arbeitsmethoden für Soll-Zustand	115
Tabelle 31: Personalbedarf Logistik der Soll-Zustände	115
Tabelle 32: Vergleich der Layout-Transportleistungen	116
Tabelle 33: Personalbedarfsrechnung Logistik	117
Tabelle 34: Ideal-Transportstreckenlängen des Inbound-Materialflusses	122
Tabelle 35: Ideal-Transportstreckenlänge des Outbound-Materialflusses	122
Tabelle 36: Ideal-Transportleistung Inbound	
Tabelle 37: Ideal-Transportleistung Outbound	123
Tabelle 38: Transportstreckenlänge Inbound Soll Zustand A	124
Tabelle 39: Transportstreckenlängen Outbound für Soll Zustand A	124
Tabelle 40: Transportleistungen Inbound für Soll Zustand A	125
Tabelle 41:Transportleistungen Outbound für Soll Zustand A	125
Tabelle 42: Transportstreckenlängen Inbound für Soll-Zustand B	126
Tabelle 43: Transportstreckenlängen Outbound für Soll-Zustand B	126
Tabelle 44: Transportintensitäten Inbound für Sollzustand B	127
Tabelle 45: Transportintensitäten Outbound für Sollzustand B	127
Tabelle 46: Transportleistungen Inbound für Soll-Zustand B	128
Tabelle 47: Transportleistungen Outbound für Soll-Zustand B	128