

TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Diplomarbeit

Erstellung eines Konzepts zur Materialversorgung eines Montagearbeitsplatzes mit Methoden des Industrial Engineering am Beispiel einer variantenreichen Serienfertigung für Medizinprodukte

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. Prof. eh. Dr. h.c. Wilfried Sihn

(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

David Halbmayr, BSc.

0926051 (066 482)

Taborstraße 27/1/33

1020 Wien

Wien, im Juni 2016

David Halbmayr



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

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 Juni 2016

David Halbmayr

Danksagung

Ich möchte mich bei meinem Betreuer Herrn DI. Alexander Sunk für die tatkräftige Unterstützung und Beratung bei der Erstellung meiner Diplomarbeit bedanken. Er zeigte mir den Weg aus den Tiefen des Waldes, falls ich mich denn verirrte.

Großer Dank gilt der Firma Otto Bock Healthcare Products GmbH, speziell meinen beiden Betreuern Herrn DI. Dr. techn. Matthias Buhl, Herrn DI. Jürgen Gabor und Herrn DI. Tobias Henkel, die mir während des gesamten Projekts mit Rat und Tat zur Seite standen und bei Fragen immer ein offenes Ohr für mich hatten. Ich bedanke mich für das in mich gesetzte Vertrauen und für die Möglichkeit, meine Arbeit bei der Firma Otto Bock Healthcare Products zu schreiben.

Weiters bedanke ich mich bei allen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen der Firma Otto Bock Healthcare Products, die an der erfolgreichen Durchführung dieses Projekts mitgewirkt haben. Spezieller Dank gilt Tanja Zigart, die mich während des gesamten Projekts fachlich unterstützte und die es immer schaffte, mir an schwierigen Tagen ein Lächeln aufs Gesicht zu zaubern.

Des Weiteren bedanke ich mich bei meinen Freunden und Studienkollegen: Stefan Schoder, Jakob Brottrager, Michael Wachauer, Arnold Tschaikner, Josef Gatterer, Ruthmeier Andreas, Lisa Greiml, Tanja Zigart und Maximilian Opzedek die mir immer eine große Unterstützung sind und waren.

Ich bedanke mich besonders bei meinen engsten Freunden Haidar Khalil und Moritz Weigl die immer für die nötige Ablenkung sorgten, um den Kopf auch auf andere Gedanken zu bringen.

Besonderer Dank gilt meiner Freundin DI. Anna König, die in den langen Nächten mit mir mitgefiebert hat und mit ihrem Zuspruch die schwersten Tage auch zu schönen machte.

Spezieller Dank gilt meinem Bruder Michael, da ich nach dem Diebstahl meines Laptops (samt Diplomarbeit) ohne seine technische Unterstützung nie diese Diplomarbeit fertiggestellt hätte. (und ja: Ich war zu diesem Zeitpunkt fast fertig mit der Diplomarbeit)

Der größte Dank gebührt meinen Eltern, die mir dieses Studium ermöglichten und mich in jeder Lebenslage unterstützen.

Allen genannten ist diese Diplomarbeit gewidmet.

Kurzfassung

Die Ottobock Gruppe, Weltmarktführer in der Orthopädietechnik, stellt seit Jahren technisch hochentwickelte Produkte her und zählt zu den führenden Entwicklern in diesem Bereich. In Wien befindet sich einer der bedeutendsten Forschungs- und Entwicklungsstandorte der Gruppe, sowie ein wichtiger Fertigungsstandort, in welchem High-Tech Prothesen und Orthesen hergestellt werden. Dabei liegt der Fokus des Unternehmens auf der ständigen Verbesserung der Qualität, der Prozesse und des Service für den Kunden.

Durch die nachhaltige Anwendung und Etablierung des Lean-Ansatzes, und dessen großer Erfolg im Unternehmen, besteht der Wunsch nach der Einführung weiterer effizienzsteigernder Methoden und verschwendungsvermeidender Prozesse. Aufgrund der steigenden Absatzmengen und der komplexen Variantenvielfalt der Produkte soll durch den Einsatz solcher Methoden die Effizienz gesteigert, Verschwendung vermieden und die Durchlaufzeit reduziert werden. Daher wird in einem Projekt ein kombinierter Ansatz von Wertstromanalyse (VSM) und Methods-Time Measurement (MTM) eingesetzt um weitere Einsparungen und Vereinfachungen zu erzielen.

Im Rahmen der Diplomarbeit wird der Wareneingangsprozess bis zur Einlagerung des Materials und die Organisation innerhalb der Abteilungslagerorte aufgenommen. Eine qualitative Bewertung und ein Ausblick für zukünftige Entwicklungen, werden am Ende der Arbeit erläutert. Im Weiteren wird in einem Firmeninternen Projekt der Kommissionier-Vorgang einer Produktgruppe mit MTM-UAS analysiert und bewertet. Auf Basis der MTM-Analysen und deren Erkenntnisse, wird ein Soll-konzept für den Kommissionier-Prozess erstellt und nochmalig analysiert. Die Ergebnisse werden am Ende der Diplomarbeit präsentiert.

Es werden zunächst die Grundlagen der Logistik und des Lean-Managements sowie eine Auswahl an Methode des IE mit speziellem Fokus auf Methods-Time Measurement erläutert. Zusätzlich werden die Vorteile eines kombinierten Methodenansatzes aufgezeigt. Anhand eines Praxisprojektes wird die kombinierte Vorgehensweise mit den zuvor beschriebenen Zielen durchgeführt.

Abstract

The Ottobock group, the world leaders in orthopaedic technology, produces highly developed technical products and is one of the leading developers in this field. The most significant research and development location, as well as an important production site, is situated in Vienna where high-tech prosthetic and orthotic products are manufactured. The company's focus lies within the permanent improvement of quality, the processes and the service for its customers.

Through sustainable use and establishment of the lean-approach, and its great success in the company, the request to implement further methods to increase efficiency and establish waste-free processes occurs more often. Due to increasing product sales and the rising complexity of the products such new methods should help increase efficiency, reduce waste and decrease lead time. That is why a combined approach of value stream mapping (VSM) and methods-time measurement (MTM) is used to achieve further economies and simplifications.

Within this diploma thesis the process of goods receipt is analysed to the point where the material reaches its storage location. Further, the storage organisation within the departments of the company is documented. A qualitative analysis and future prospects of these two subjects is given at the end of the thesis. Furthermore, the picking process of a product group is analysed with the method MTM-UAS. With the knowledge of the MTM-Analysis a new concept for the picking process is proposed and newly analysed. The results are presented at the end of the thesis.

At first, basic information on logistics and lean-management as well as special methods of industrial engineering with focus on methods-time measurement are given. Additionally the benefits of the combined usage of methods is shown. On the basis of an applied project, this procedure is performed with the previously described aims.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Grundlagen der Logistik	5
2.1	Ziele der Logistik	6
2.2	Funktionsbereiche der Logistik	7
2.2.1	Beschaffungslogistik	9
2.2.2	Produktionslogistik	9
2.2.3	Distributionslogistik	10
2.2.4	Entsorgungslogistik	10
2.2.5	Lagerlogistik	11
2.2.6	Transportlogistik	11
2.2.7	Materialwirtschaft	11
2.3	Kernbereiche der Logistik	11
2.3.1	Lagern	12
2.3.2	Kommissionieren	14
2.3.3	Fördern	15
2.3.4	Transportieren	16
2.3.5	Umschlagen	17
3	Grundlagen des Lean-Managements	18
3.1	Die Verschwendungsarten	18
3.1.1	Muda, Muri, Mura	19
3.1.2	Die 7 Arten der Verschwendung	20
3.2	Lean-Production	22
3.3	Das Toyota Produktionssystem (TPS)	23
3.4	Wertstromdesign (WSD) – Eine Methode der Lean-Production	23
3.4.1	Grundlegendes zu WSD	24
3.4.2	Auswahl einer Produktfamilie	27
3.4.3	Wertstromanalyse – Erstellung des Ist-Zustands	28
3.4.4	Wertstromdesign – Zeichnung des Soll-Zustands	29
3.4.5	Umsetzung des Soll-Zustandes	31
3.5	Weitere Methoden der Lean-Production	32

4	Zeitermittlungsmethoden des IE	34
4.1	Selbstaufschreibung	36
4.2	Multimomentaufnahme	36
4.3	Befragen	37
4.4	Zeitaufnahme und Zeitmessung	38
4.5	Schätzen und Vergleichen	40
4.6	Berechnung und Simulation	42
4.7	Planzeitbausteine	43
4.8	Prozessbausteinsysteme (SvZ)	44
4.8.1	Methods-Time Measurement (MTM)	45
5	Kombinierte Anwendung von Methoden zur Produktivitätssteigerung	58
5.1	Wertstromdesign und MTM	58
6	Planung der Materialversorgung eines Montageplatzes	61
6.1	Problemstellung und Zielsetzung	61
6.2	Ausgangssituation	61
6.3	Vorgehensweise	62
6.4	Allgemeines zum Projekt Fertigungsinsel	63
6.4.1	Stücklisten und Daten der Produktfamilien	63
6.4.2	Wertstromanalysen der Produktfamilie Obere Extremität	65
7	Ist-Analyse der Materialversorgung des Montageplatzes	69
7.1	Analyse des Wareneingangsprozesses	69
7.1.1	Darstellung und Beschreibung des Prozesses	69
7.1.2	Zusammenfassung des Wareneingangsprozesses	75
7.2	Analyse der Lagerorganisation	77
7.2.1	Allgemeines zur Lagerorganisation	77
7.2.2	Lagerorganisation der Elektronik	78
7.2.3	Lagerorganisation der Montage 2	83
7.2.4	Lagerorganisation der Montage 3	85
7.2.5	Zusammenfassung der Lagerorganisation	90
7.3	Analyse der Kommissionierung	91
7.3.1	Vorbereitungen zur MTM-UAS-Analyse	91
7.3.2	Ist-Aufnahme der Kommissionier-Vorgänge	119

8	Potentiale und Maßnahmen	129
8.1	Ermittlung der Potentiale	129
8.2	Wertschöpfung im Kommissionier-Vorgang	133
8.3	Maßnahmen für das Soll-Konzept	136
9	Soll-Konzept der Materialversorgung des Montageplatzes	137
9.1	Gestaltung des Soll-Konzepts	137
9.2	MTM-Bewertung des Soll-Konzepts	138
10	Ergebnisse und Zusammenfassung	144
10.1	Ergebnisse	144
10.2	Zusammenfassung.....	148
11	Ausblick	150
12	Literaturverzeichnis.....	151
12.1	Weiterführende Literatur.....	154
13	Abbildungsverzeichnis	155
14	Formelverzeichnis.....	158
15	Tabellenverzeichnis	159
16	Abkürzungsverzeichnis.....	160
17	Anhang	162
17.1	MTM-Analysen der OE vor Fertigungsinsel.....	162
17.1.1	MTM-Analyse der OE Gruppe 1 vor FI	162
17.1.2	MTM-Analyse der OE Gruppe 2 vor FI	163
17.1.3	MTM-Analyse der OE Gruppe 4 vor FI	164
17.2	MTM-Analysen der OE nach Fertigungsinsel.....	166
17.2.1	MTM-Analyse der OE Gruppe 1 nach FI	166
17.2.2	MTM-Analyse der OE Gruppe 2 nach FI	170
17.2.3	MTM-Analyse der OE Gruppe 4 nach FI	173
17.3	MTM-Analyse des Soll-Zustands	178
17.3.1	MTM-Analyse der OE 1 im Soll-Zustand	178
17.3.2	MTM-Analyse der OE 2 im Soll-Zustand	180
17.3.3	MTM-Analyse der OE 4 im Soll-Zustand	182

1 Einleitung

In den Kapiteln 1-5 dieser Diplomarbeit werden die theoretischen Grundlagen, welche dem Praxisteil zugrunde liegen, erläutert. Diese beinhaltenen Begriffe der Logistik, des Lean-Managements und Methoden der Zeitermittlung im Industrial Engineering (IE). Im Kapitel Grundlagen der Logistik wird auf die Kernbereiche der Logistik näher eingegangen, speziell das Lagern und Kommissionieren liegt im Fokus. Im folgenden Kapitel werden die Grundlagen des Lean-Managements erläutert, worin die Grundgedanken der Lean-Philosophie präsentiert werden. Spezieller wird in eine Methode der Lean-Production dem Value-Stream Mapping (VSM) eingegangen. Im Anschluss wird ein Überblick über die Zeitermittlungsmethoden im IE gegeben, wobei das Hauptaugenmerk auf den Prozessbausteinsystemen (SvZ – Systeme vorbestimmter Zeiten), speziell auf der Methode Methods-Time Measurement (MTM), liegt. Zuletzt wird auf den kombinierten Methodenansatz im IE eingegangen, welcher auf die kombinierte Anwendung von MTM und VSM eingeht und die daraus entstehenden Synergien aufzeigt.

Im Praxisteil (Kapitel 6-9) wird zunächst eine kurze Einführung in das Praxisprojekt gegeben, worin Problemstellung, Zielsetzung, Ausgangssituation und Vorgehensweise sowie ein kurzer Projektumriss erläutert werden. Im Anschluss werden entlang des Materialflusses der Wareneingangsprozess aufgenommen, die Lagerorganisation der Fertigungsabteilungen analysiert und die Kommissioniervorgänge einer Produktfamilie im Rahmen des Projektes „Fertigungsinsel“ mittels MTM dokumentiert. Nach den Vorbereitungen zur MTM-Aufnahme wird aus den dokumentierten Ist-Aufnahmen, mithilfe der Aufgenommen Daten und den Beobachtungen, Potentiale ermittelt und daraus ein Soll-Zustand für den Kommissionier-Vorgang der Produktfamilie abgeleitet und nochmals mittels MTM analysiert. Abschließend wird ein Soll-Ist-Vergleich durchgeführt und die erzielte Optimierung präsentiert.

Abschließend werden die Ergebnisse zusammengefasst und eine erweiterte Ergebnisbetrachtung durchgeführt. Dabei erfolgt eine qualitative Bewertung des Wareneingangsprozesses und der Lagerorganisation und eine quantitative Gegenüberstellung der ermittelten Ergebnisse im Soll-Zustand des Kommissioniervorgangs. Zusätzlich wird ein Ausblick für zukünftige Möglichkeiten der kontinuierlichen Optimierung in den Bereichen Materialfluss und Lagerorganisation gegeben.

2 Grundlagen der Logistik

In der Wirtschaft ist der Begriff der Logistik noch relativ jung. Er wurde in den USA seit 1950 und in Deutschland seit 1970 verwendet und fand seitdem eine immer größere Bedeutung und Verbreitung in der Industrie. Die Verbreitung der Logistik zeigt sich heute in seinen vielfältigen Formen: ¹

- Fast jedes Unternehmen besitzt eine Logistikabteilung
- Viele Unternehmen bieten Logistik als Dienstleistungen an
- Es existieren Universitäten die Logistik als Gegenstand lehren
- Logistik-Fachverbände, die sich im Austausch zwischen Wissenschaft und Wirtschaft mit dem Thema beschäftigen (z.B. VNL – Verein Netzwerk Logistik)
- Publikationen, die sich zentral um das Thema Logistik drehen

Ursprung des Begriffs liegt im militärischen Bereich, wo sich die Logistik mit den Fragen der Nachschubgestaltung, der Truppenbewegung und -versorgung auseinandersetzte.² Der Begriff wurde Mitte des 20. Jahrhunderts im zivilen Sektor, speziell bei Produktionsunternehmen, zur Versorgung des Unternehmens mit Waren bzw. Material eingesetzt. Das Wort selbst lässt sich aus dem französischen Verb „loger“ – was mit „versorgen“ bzw. „bereitstellen“ übersetzt werden kann – herleiten.³ Weitere Übersetzungen sind aus dem französischen Wort „Logis“ für Truppenunterkunft abgeleitet und als Ursprung angeführt.⁴

Der moderne Begriff der Logistik beschäftigt sich vielmehr mit der Planung, Gestaltung, Abwicklung und Kontrolle des gesamten Material- und Informationsfluss zwischen Unternehmen und seinen Lieferanten, innerhalb des Unternehmens selbst und zwischen dem Unternehmen und seinen Kunden.⁵ Auf moderne Unternehmen umgelegt, werden damit auf der Lieferantenseite, Einkauf bzw. die Beschaffungslogistik definiert, im Unternehmen selbst die Produktions- bzw. Intralogistik und der Materialwirtschaft und zuletzt auf der Kundenseite, Verkauf bzw. Distributionslogistik – ferner auch die Entsorgungslogistik – definiert.⁶

Die wirtschaftliche Optimierung des ganzheitlichen Material- und Informationsflusses steht im Mittelpunkt der Gestaltung von Logistikprozessen und wird Unternehmensübergreifend mit Supply Chain Management (SCM) bezeichnet. Grundlage sind ein effektives und effizientes Logistiknetzwerk sowie eine

¹ Vgl. Arnold, et al., 2008, S.3

² Vgl. Schulte, 2012, S.1 und Arnold, et al., 2008, S.3 und Sihm, 2011a, S.1f

³ Vgl. Sihm, 2011a, S.1f

⁴ Vgl. Arnold, et al., 2008, S3

⁵ Vgl. Schulte, 2012, S.1

⁶ Vgl. ebenda, S.1f

gleichgestellte Wertschöpfungspartnerschaft, welche durch eine übergreifende Planungs- und Steuerungssoftware realisiert werden kann.⁷

Je nach Betrachtungsebene der Logistik können verschiedene Logistische Systeme definiert werden. Zu diesen logistischen Systemen zählen die Makrologistik, die Mikrologistik und die Metalogistik. Die Makrologistik beschäftigt sich mit Systemen gesamtwirtschaftlicher Art, beispielsweise sind das Verkehrssysteme einer Region, einer Volks- oder Weltwirtschaft. Dazu zählen Verkehrsnetze aus dem Straßen-, Schienen-, Luft- und Wasserverkehr sowie der öffentliche und private Güter- und Personenverkehr. Die Mikrologistik beschäftigt sich mit Systemen einzelwirtschaftlicher Art, beispielsweise sind das Beschaffungs-, Produktions- oder Distributionsprozesse einzelner Unternehmen und deren Subsysteme. Dazu zählen Lager- und Umschlagsprozesse sowie Transportprozesse und andere Material- und Informationsversorgungsprozesse.⁸ Die Metalogistik steht zwischen der Mikro- und der Makrologistik und behandelt Themen die über den Rahmen der Mikrologistik hinausgehen, beispielsweise die Betrachtung unternehmensübergreifender Logistiksysteme.⁹

2.1 Ziele der Logistik

Das Ziel bzw. die Aufgabe der Logistik ist:¹⁰

- Die richtigen Güter/Materialien/Produkte
- In der richtigen Menge
- Mit der richtigen Qualität
- Zur richtigen Zeit
- Am richtigen Ort
- Zu möglichst geringen Kosten

Bereitzustellen. Dies erfordert einen gesamtheitlichen Ansatz, der nicht nur Teilsysteme beinhaltet, sondern gesamtheitlich und bereichsübergreifend agiert. Dazu muss der Einsatz von Personal, Material, Information, Betriebsmittel und Energie genau geplant, gesteuert, informiert und kontrolliert werden.¹¹

Daraus lässt sich ableiten, dass die Optimierung des Logistikerfolgs ein wesentlicher Faktor für die Wettbewerbsfähigkeit und den Erfolg nationaler und internationaler Unternehmen ist. Im Sinne der Effizienz bedeutet dies, dass logistische Prozesse mit minimalsten Kosten bei möglichst hoher Leistung und gleichzeitig maximale Leistung

⁷ Vgl. Schulte, 2012, S.16f und S.529ff

⁸ Vgl. Arnold, et al., 2008, S.4 und Oeldorf, et al., 2013, S.38 und Gudehus, 2010, S.7

⁹ Vgl. Pfohl, 2004, S.14

¹⁰ Vgl. Schulte, 2012, S.7ff und Martin, 2014, S.2f und Arnold, et al., 2008, S.7 und Gudehus, 2010, S.3

¹¹ Vgl. Oeldorf, et al., 2013, S. 36f

bei möglichst niedrigen Kosten erbringen sollen. Demnach ergeben sich zwei Optimierungsziele der Logistik:¹²

Logistikleistung	Logistikkosten
<ul style="list-style-type: none"> • Lieferzeit • Lieferzuverlässigkeit • Lieferflexibilität • Lieferqualität • Informationsfähigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Steuerungs- und Systemkosten • Bestandskosten • Lagerkosten • Transportkosten • Handlingkosten

Tabelle 1: Einflussgrößen des Logistikerfolgs¹³

Als weiteres Optimierungsziel kristallisieren sich seit Beginn des 21. Jahrhunderts ökoeffiziente Logistikprozesse heraus, deren Grundeigenschaft eine möglichst umweltfreundliche Erfüllung logistischer Tätigkeiten ist. Diese Orientierung wird auch als „green logistics“ (grüne Logistik – im Sinne von Umweltfreundlich) bezeichnet. Das verfolgte Ziel ist eine Reduktion der Ressourcenverbräuche und Emissionen im Rahmen der Durchführung logistischer Prozesse.¹⁴

2.2 Funktionsbereiche der Logistik

Die Logistik ist keine reine Dienstleitungs- oder Servicefunktion, sondern vielmehr eine Grundfunktion eines Unternehmens, dass zwei wichtige Aufgaben zu erfüllen hat:¹⁵

- Gewährleistung, Steuerung und Kontrolle der vom Kunden bzw. Markt geforderten Flexibilität der Unternehmensproduktivität
- Die optimale Planung, Steuerung und Kontrolle aller Lager- und Transportvorgänge und die damit verbundene, effiziente Gestaltung aller Material-, Informations-, Energie- und Hilfsmittelflüsse vom Lieferanten, im Unternehmen selbst und zum Kunden

Dabei kann die Logistik in folgende wichtige Funktionsbereiche eingeteilt werden:

- Beschaffungslogistik
- Produktionslogistik
- Distributionslogistik
- Entsorgungslogistik
- Lagerlogistik
- Transportlogistik
- Materialwirtschaft

¹² Vgl. Arnold, et al., 2008, S.7ff und Schulte, 2012, S.7ff und Martin, 2014, S.3

¹³ Vgl. Arnold, et al., 2008, S.7ff und Schulte, 2012, S.7ff und Martin, 2014, S.3

¹⁴ Vgl. Schulte, 2012, S.12 und Arnold, et al., 2008, S.8f

¹⁵ Vgl. Sihn, 2011a, S.3f

Dabei überschneiden sich viele der oben genannten Funktionsbereiche je nach Betrachtungsweise der Logistik. Ein Überblick ist in Abbildung 1 zu ersichtlich.

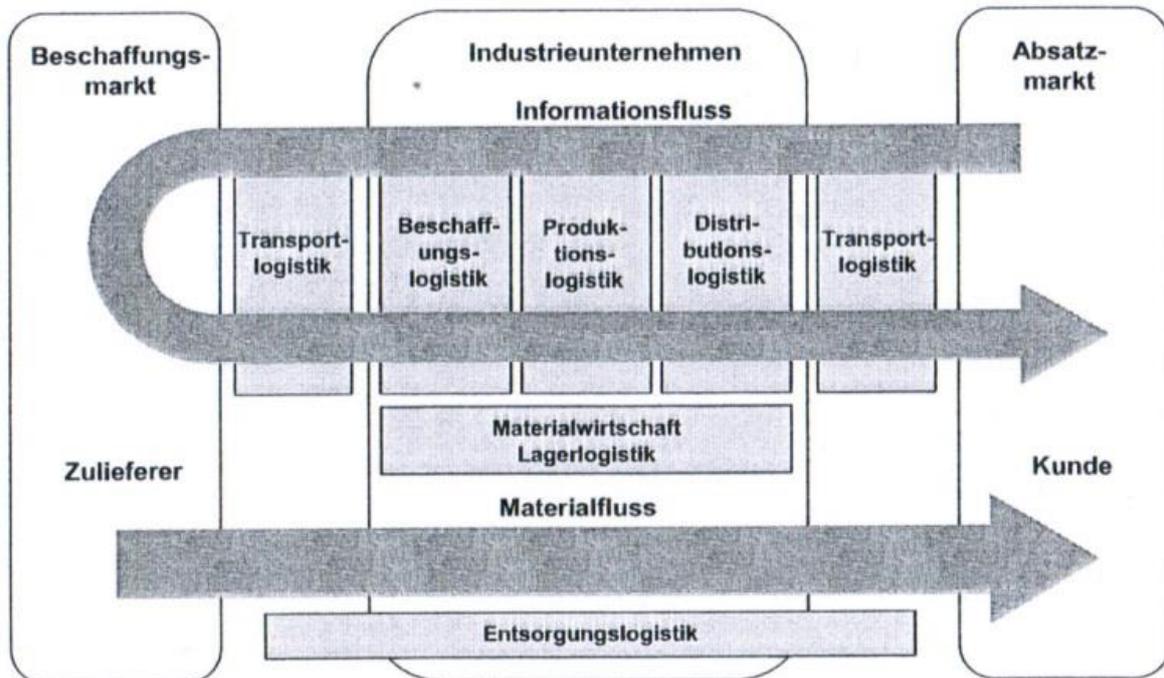


Abbildung 1: Überblick über die Funktionsbereiche der Logistik¹⁶

Eine Trennung nach Warenfluss durch das Unternehmen ergibt von Lieferanten bis Kunden die Funktionen Beschaffungs-, Produktions- und Distributionslogistik. Übergreifend über alle diese Funktionen befindet sich die Entsorgungslogistik, die sich mit dem Umgang von Abfällen entlang der Wertschöpfungskette beschäftigt. Die innerbetriebliche Logistik umfasst hierbei die Produktionslogistik und alle Teile der Beschaffungs- und Distributionslogistik, welche innerhalb des Betriebs ablaufen. Die Transportlogistik beschäftigt sich mit der Beförderung von Material inner- und außerhalb vom Unternehmen. In der Lagerlogistik werden Aspekte der Lagerung von Waren und den Entnahme- sowie Beschickungsprozessen behandelt. Die Materiallogistik plant und steuert die Bestände und ermittelt die Bedarfe und ist damit für den Informationsfluss entlang der Wertschöpfungskette zur Aufrechterhaltung der Materialversorgung zuständig.¹⁷ Im Folgenden wird eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Subsysteme der Logistik gegeben.

¹⁶ Vgl. Sihn, et al., 2010, S.9

¹⁷ Vgl. Martin, 2014, S.4ff und Oeldorf, et al., 2013, S.41ff

2.2.1 Beschaffungslogistik¹⁸

Ziel der Beschaffungslogistik ist es alle Planungs-, Steuerungs- und Kontrollfunktionen im Waren- und Informationsfluss vom Lieferanten bis zur Produktion mit möglichst geringen Kosten in kürzester Zeit durchzuführen.

Damit ist eine zentrale Aufgabe der Beschaffungslogistik die bedarfsgerechte Versorgung der Produktion von Transport, Wareneingang über Beschaffungslager. Eine wichtige Trennung, die in vielen Unternehmen vorgenommen wird, passiert zwischen Material und Informationsfluss. Dabei beschäftigt sich der Wareneingang als Abteilung mit eingehender Ware und deren physischer Weiterleitung im Materialfluss des Unternehmens. Der Informationsfluss des Beschaffungsprozesses wird über den Einkauf durchgeführt, der sich mit der Lieferantenauswahl und der Angebotseinholung beschäftigt und den Bestellprozess abwickelt.

Als Bereitstellungsstrategie gilt die JIT (Just-in-Time) Belieferung, welche die bedarfssynchrone Bereitstellung des Materials ohne Zwischenlagerung vor der unmittelbaren Weiterverarbeitung zur Verfügung stellt. Damit sind zwei wesentliche Faktoren der Beschaffungslogistik, die Reduktion der Durchlaufzeit im Bestellungs-, Wareneingangs- und Materialflussprozess, sowie die kostenminimale Durchführung dieser Tätigkeiten.

2.2.2 Produktionslogistik¹⁹

Ziel der Produktionslogistik ist es alle Planungs-, Steuerungs- und Kontrollfunktionen im Waren- und Informationsfluss des innerbetrieblichen Transport-, Umschlags- und Lagerungsprozesses möglichst rasch und mit geringem Aufwand für den Produktionsprozess sicherzustellen.

Damit sind einige zentrale Aufgaben der Produktionslogistik, das Schaffen einer optimalen Fabrikstruktur für den Materialfluss, die Planung und Steuerung der Produktionsprozesse, sowie die interne Bereitstellung des Materials in Fertigung und Montage. In der Regel ist die Optimierung der Produktionslogistik sehr komplex, da viele Faktoren nicht quantifizierbar sind. Zu den quantifizierbaren Faktoren gehören Lager-, Transport- und Umschlagskosten, zu den nicht quantifizierbaren gehören eine gute Übersichtlichkeit des Produktionslayouts, geringe Störanfälligkeit, hohe Elastizität für Layout-Änderungen, ein geradliniger Materialfluss und die Einhaltung von Aspekten der Arbeitssicherheit.

In Unternehmen werden diese Aufgaben meist durch die Produktionsplanung und -steuerung realisiert, sowie durch eine innerbetriebliche Logistikabteilung.

¹⁸ Vgl. Schulte, 2012, S.283ff und Oeldorf, et al., 2013, S.219ff und Martin, 2014, S.5

¹⁹ Vgl. Schulte 2012, S. 359ff und Oeldorf, et al., 2013, S.285ff und Arnold, et al., 2008, S. 295ff

2.2.3 Distributionslogistik²⁰

Ziel der Distributionslogistik ist es alle Planungs-, Steuerungs- und Kontrollfunktionen im Waren- und Informationsfluss von der Produktion bis zum Kunden mit möglichst geringen Kosten zum geforderten Zeitpunkt durchzuführen.

Damit ist die zentrale Aufgabe der Distributionslogistik, die Bereitstellung von Produkten richtiger Art und Menge für die Nachfrage des Kunden, sowie die Verwaltung des Distributionslagers, die Planung des Transports und das Kommissionieren und Verpacken der Produkte. Optimierungspotentiale liegen in der kostenminimalen Belieferung zum gewünschten Zeitpunkt und der Reduktion der Durchlaufzeit von Verpackungs- und Kommissionier-Prozessen für den Versand.

In Unternehmen werden, wie in der Beschaffungslogistik, meist Material- und Informationsfluss getrennt. Dabei übernimmt der Versand bzw. der Warenausgang das Handling des Materials/der Produkte und somit den Materialfluss. Der Verkauf beschäftigt sich mit dem Informationsfluss und wickelt Bestellungsannahme, Versand- und Transportplanung ab.

2.2.4 Entsorgungslogistik²¹

Ziel der Entsorgungslogistik ist es alle Planungs-, Steuerungs- und Kontrollfunktionen im Waren- und Informationsfluss für die ordnungsgemäße Behandlung von Abfällen, welche entlang der Wertschöpfungskette entstehen, vom Anfallen dieser bis hin zur umweltgerechten Entsorgung durchzuführen.

Damit ist die zentrale Aufgabe der Entsorgungslogistik, die Trennung verschiedener Abfälle, die Abführung dieser vom Materialfluss und die anschließende getrennte Entsorgung in Sammelbehältern und -stellen. Dieser Prozess soll möglichst kostenminimal durchgeführt werden und unterliegt gesetzlichen Bestimmungen. Dadurch ist ein vermehrtes Bestreben Recyclingmaterial zu verwenden oder gänzlich zu vermeiden, da mit der Entsorgung von bestimmten Rohstoffen große Kosten anfallen können.

Die Entsorgungslogistik kann als Kreislauf angesehen werden deren Optimierungsansatz nach einem Grundsatz durchgeführt wird. Vermeidung vor Verwertung und Verwertung vor Beseitigung.

²⁰ Vgl. Schulte, 2012, S.467ff und Oeldorf, et al., 2013, S.351ff und Arnold, et al., 2008, S.405ff

²¹ Vgl. Schulte, 2012, S.513f und Oeldorf, et al., 2013, S.383ff und Arnold, et al., 2008, S.487f

2.2.5 Lagerlogistik²²

Ziel der Lagerlogistik ist es alle Planungs-, Steuerungs- und Kontrollfunktionen der Material- und Informationsflüsse für das ordnungsgemäße Betreiben aller Lager-, Kommissionier- und Transportsysteme innerhalb eines Unternehmens durchzuführen. Ziel ist es eine optimale Gestaltung aller auftretenden Lager-, Kommissionier- und Transportvorgänge entlang des Materialflusses zu erreichen.

2.2.6 Transportlogistik²³

Ziel der Transportlogistik ist es alle Planungs-, Steuerungs- und Kontrollfunktionen der Durchführung von Rohmaterial-, Zukaufteil-, Produkt- sowie Versorgungs- und Entsorgungstransporte inklusive deren Informationsflüsse mit minimalen Aufwand und in geringer Zeit durchzuführen.

Damit ergeben sich als Aufgaben die Verteilung und Bereitstellung von Gütern innerhalb und außerhalb eines Unternehmens. Bei der innerbetrieblichen Transportlogistik sind die Beförderung des Materials sowie die Verwendung der richtigen innerbetrieblichen Transportmittel maßgeblich. In der außerbetrieblichen Transportlogistik kommt die Planung der Verkehrs- und Transportnetze hinzu, wobei in beiden Fällen die Kenngrößen Durchsatz- und Umschlagsleistung sind.

2.2.7 Materialwirtschaft²⁴

Ziel der Materialwirtschaft ist es alle Planungs-, Steuerungs- und Kontrollfunktionen der Bedarfsermittlung und der Bestandsführung einschließlich ihrer Informationsflüsse so durchzuführen, dass die für die Leistungserstellung notwendigen Güter in richtiger Qualität und Menge zur richtigen Zeit am richtigen Ort zu geringsten Kosten bereitgestellt werden.

Aufgaben die sich dadurch geben sind die Materialbeschaffung, -verwaltung, -verteilung und -entsorgung und deren kostenoptimale Betreibung der Prozesse und Tätigkeiten. In Unternehmen wird dies meist durch eine Produktionsplanungs- und -Steuerungsabteilung durchgeführt, wobei hier nicht nur Aspekte der Materialwirtschaft, sondern auch der Disposition und der Arbeitsvorbereitung miteinfließen.

2.3 Kernbereiche der Logistik

Der Begriff der Logistik kann auch aus ingenieurwissenschaftlichen Aspekten betrachtet werden, worin die Hauptaufgabe der Logistik die räumliche und zeitliche

²² Vgl. Martin, 2014, S.348f und Oeldorf, et al., 2013, S.309ff

²³ Vgl. Martin, 2014, S.97 und Arnold, et al., 2008, S.12f und Schulte, 2012, S.153

²⁴ Vgl. Schulte, 2012, S.2 und Martin, 2014, S.47ff und Arnold, et al., 2008, S.255

Lagerkenngrößen	<ul style="list-style-type: none"> • Lagerkapazität • Artikelanzahl- und -struktur • Umschlagshäufigkeit • Füllgrad
Lagereigentum	<ul style="list-style-type: none"> • Eigen- vs. Fremdlager
Eigentum des Lagerguts	<ul style="list-style-type: none"> • Konsignationsware • Kommissionsware
Lagerbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • Warenein- und -ausgang • Kommissionierbereich • Lagerbereich
Güterklassen	<ul style="list-style-type: none"> • Stückgut • Schüttgut • Flüssigkeiten
Materialklassen	<ul style="list-style-type: none"> • Rohstoffe • Betriebsstoffe • Erzeugnisse
Größenklassen	<ul style="list-style-type: none"> • Groß- vs. Kleinteile
Lagereinheiten	<ul style="list-style-type: none"> • Pack- und Ladehilfsmittel
Lagerzentralisierung	<ul style="list-style-type: none"> • Zentral vs. dezentral
Standort	<ul style="list-style-type: none"> • Außer- vs. Innerbetriebliches Lager • Außenlager, freistehendes Lager • Offenes/Halboffenes/Geschlossenes Lager
Lagereinrichtung	<ul style="list-style-type: none"> • Einrichtung zur Lagerung • Einrichtung zum Umschlagen • Einrichtung zur Erfüllung von Nebenaufgaben
Lagerorganisation	<ul style="list-style-type: none"> • Feste vs. Freie Lagerplatzzuordnung
Marktbeziehung	<ul style="list-style-type: none"> • Beschaffungs-, Produktions- oder Absatzlager
Lagerstufe	<ul style="list-style-type: none"> • Eingangslager/Zwischenlager/Ausgangslager
Automatisierungsgrad	<ul style="list-style-type: none"> • Manuell oder automatisiertes Lager

Tabelle 2: Aspekte der Lagerauswahl²⁸

Wichtig bei der Auswahl von Lagern sind die zu verwendenden Lagertypen bzw. -mittel, welche durch das Lagergut (Stück- oder Schüttgut) definiert werden. Weitere Aspekte in dieser Wahl sind die Größe und Vielfalt des Sortiments, der zu Verfügung stehende Raum, die Lager der Bereiche. Dabei entstehen folgende Merkmale des Lagertyps:

²⁸ Vgl. Martin, 2014, S.336ff

- Lagerungsart
- Lageraufbau
- Bewegungsart

Für Stückgüter kann demnach die folgende Einteilung für die Wahl des Lagertyps getroffen werden.

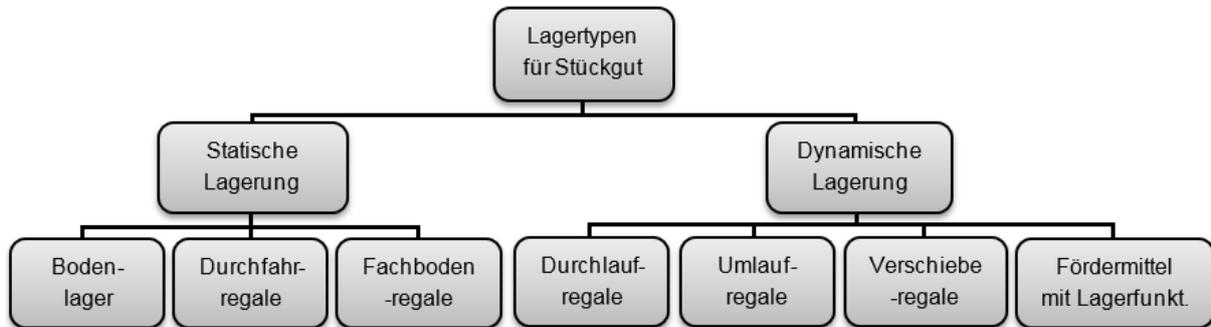


Abbildung 2: Einteilung der Lagertypen für Stückgut

2.3.2 Kommissionieren

Als Kommissionieren wird das Vereinzeln verschiedener Artikeln aus einem vorhandenen Sortiment auf Basis eines definierten Auftrags verstanden.²⁹

Beim Kommissionieren (wird auch als „picking“ bezeichnet) werden Material- und Informationsfluss kombiniert und organisiert, um die gewünschte Wahl an verschiedenen Materialien zu entnehmen, zusammenzustellen und bereitzustellen. Kenngröße dieses Vorganges ist die Kommissionier-Zeit, welche sich aus den Bestandteilen Basiszeit, Wegzeit, Greifzeit, Totzeit und Verteilzeit zusammensetzt.

Zeit zur Verrichtung des Kommissioniervorgang	Kommissionierzeit =
Zeit zur Aufnahme der Informationen, Aufträge	+ Basiszeit
Zeit von und zum Entnahmeort	+ Wegzeit
Zeit zum Entnehmen der Ware	+ Greifzeit
Zeit zum Lesen der Belege, Lagerplatzsuchen, etc.	+ Totzeit

Tabelle 3: Zusammensetzung der Kommissionierzeit³⁰

Grundsätzlich kann das Kommissionieren in vier verschiedene Grundprinzipien eingeteilt werden, dazu gehören:³¹

²⁹ Vgl. Gudehus, 2010, S.659

³⁰ Vgl. Martin, 2014, S.405ff

³¹ Vgl. Martin, 2014, S.396ff

- | | |
|----------------------|----------------------------|
| • Bereitstellung | statisch oder dynamisch |
| • Fortbewegung | Ein- oder Zweidimensional |
| • Warenabgabe | zentral oder dezentral |
| • Auftragsabwicklung | Einzel- oder Serienauftrag |

Eine weitere Unterscheidung gilt es bei manuellen und automatischen Kommissioniersysteme zu treffen, wobei bei manuellen Kommissioniersystemen meist von Kommissioniertechniken gesprochen wird. Zu den manuellen Kommissioniertechniken gehören:³²

- Scanner-basierte Lösungen: Durch Scannen eines Barcodes am Regal wird überprüft, ob das richtige Material vorliegt.
- Pick-by-Light: Dabei wird durch am Regal installierte Displays und/oder Signallichter die zu kommissionierenden Materialien im Kommissionier Prozess angezeigt.
- Pick-by-Voice: Hier wird mittels Sprachübertragung und -erkennung die notwendige Information an den Kommissionierer gegeben. Dieser kann durch Sprachbefehle Aufträge bestätigen.

Automatisierte Kommissioniersysteme sind:³³

- Automatische Schachtkommissionierung
- Automatische Fachbodenregalkommissionierung
- Automatisches Mutli-Order-Picking
- Automatisches Kommissionier- und Lagersystem

2.3.3 Fördern

Als Fördern wird die örtliche Verlagerung von Gütern innerhalb eines Gebäudes eines Unternehmens verstanden.³⁴

Dabei ist im weiteren Sinne der innerbetriebliche Transport gemeint, welcher durch Quelle-Senke Beziehungen ausgedrückt wird und betriebliche Vorgänge verbindet. Betriebliche Vorgänge können Einlagerungs-, Auslagerungs-, Umschlags- und andere Tätigkeiten sein. Fördersysteme können durch 3 Komponenten definiert werden und beinhalten folgende Funktionen:³⁵

³² Vgl. Martin, 2014, S.399ff

³³ Vgl. Martin, 2104, S.411ff

³⁴ Vgl. Schulte, 2010, S.153

³⁵ Vgl. Martin, 2014, S.87ff

- | | |
|-------------------------|--|
| • Transportorganisation | Transportablauf- und -steuerung |
| • Transporttechnik | Stetig- und Unstetigförderer |
| • Transporteinheit | Transporthilfsmittel- und Transportgut |

2.3.4 Transportieren

Als Transportieren wird die örtliche und zeitliche Verlagerung von Gütern zwischen zwei Gebäuden gleicher oder verschiedener Unternehmen verstanden.³⁶

Dabei bezieht sich das Transportieren auf die verkehrsgebundene, außerbetriebliche Verlagerung von Gütern zwischen dem Ort der Entstehung und dem der Verwendung. Dabei können folgende Verkehrsträger verwendet werden:

- Straßenverkehr
- Schienenverkehr
- Schiffsverkehr
- Luftverkehr
- Kombiniertes Verkehr

Wobei der kombinierte Verkehr die Verwendung mehrerer der genannten Verkehrsträger voraussetzt. Im Folgenden werden die einzelnen Verkehrsträger mit ihren Vor- und Nachteilen genannt.³⁷

Straßenverkehr

Der Straßenverkehr stellt den wichtigsten der genannten Verkehrsträger dar. Grund sind die hohe Flexibilität im Einsatz, die sehr gute Erreichbarkeit des Gebrauchsortes und die flächendeckende Nutzung rund um die Uhr. Weitere Vorteile sind die niedrigen Transportzeiten bei kurzen bis mittleren Distanzen und die geringen Kosten aufgrund des starken Wettbewerbs. Nachteile sind unter anderem die hohe Anfälligkeit auf Verkehrsbedingungen bzw. -störungen und die Einschränkungen bei Transportvolumen, Gefahrgut und rechtlichen Bedingungen. Eingesetzt werden hauptsächlich LKW zur Beförderung von Ware, wobei sich die Transportkosten aus Strecke, Gewicht und Güterart zusammensetzen.³⁸

Schienenverkehr

Der Schienenverkehr ist vor allem in Europa Großteils in staatlicher Hand und wird zunehmend für den Güterverkehr eingesetzt. Vorteile gegenüber anderen Verkehrsträgern ist die Unabhängigkeit vom Straßenverkehrsnetz, die Eignung für Massentransport, die Umweltfreundlichkeit sowie die hohe Transportgeschwindigkeit

³⁶ Vgl. Schulte, 2010, S.153

³⁷ Vgl. Schulte, 2010, S.183f

³⁸ Vgl. Schulte, 2010, S.177ff

und günstigen Kosten bei großen Entfernungen. Die Nachteile die sich mit dem Schienenverkehr ergeben sind die Bindung an fixe Fahrpläne, die hohen Fixkosten beim Transport, die Transportzeit bei kurzen Strecken und häufigem Wechsel des Transportmittels sowie die Monopolstellung des Hauptbetreibers.³⁹

Schiffsverkehr

Der Schiffsverkehr wird vermehrt für den Transport großer Mengen mit hohem Gewicht verwendet, und wird in die Binnenschifffahrt und die Seeschifffahrt eingeteilt. Die Binnenschifffahrt ist dabei für Güter, die nicht schnellstmöglich geliefert werden müssen und geringen Transportkosten aufweisen müssen. Der große Vorteil des Schiffsverkehrs ist der kostengünstige Massentransport von Gütern. Nachteile liegen im geringen Streckennetz sowie in der Witterungsabhängigkeit. Die größten Kosten treten für Handling und Umschlag der Güter auf.⁴⁰

Luftverkehr

Der Luftverkehr hat am weltweiten Gütertransport einen Anteil von unter einem Prozent. Die Vorteile des Luftverkehrs ist die hohe Geschwindigkeit, Häufigkeit und Sicherheit im Transport, die geringe Kapitalbindung aufgrund des raschen Transports (im vgl. zum Schiffsverkehr) und die geringe Beschädigungs- und Diebstahlfahr. Nachteile ergeben sich bei Massengütern, da es zu hohen Kosten für den Transport kommt. Ein weiterer Nachteil ist die niedrige Beförderungskapazität der Flugzeuge.⁴¹

2.3.5 Umschlagen

Als Umschlagen wird der Übergang von Gütern auf ein Transportmittel, der Übergang von Gütern zwischen Transportmittel und der Übergang von Gütern vom Transportmittel verstanden. Dabei kann zwischen inner- und außerbetrieblichen Umschlagvorgängen unterschieden werden, wobei der Umschlagvorgang durch den Wechsel seiner Materialflusseinrichtung gekennzeichnet ist.⁴²

Innerbetriebliches Umschlagen	Außerbetriebliches Umschlagen
<ul style="list-style-type: none"> • Ein- und Auslagerungsvorgänge im Lager • Transport- oder Fließbandwechsel in der Produktion • LKW-Ladezonen 	<ul style="list-style-type: none"> • Zentrallager • Häfen • Flughafen • Güterverkehrszentren • Warenverteilzentren • Containerterminals

Tabelle 4: Arten des Umschlagens

³⁹ Vgl. Schulte, 2010, S.179f

⁴⁰ Vgl. Schulte, 2010, S.180f

⁴¹ Vgl. Schulte, 2010, S.182

⁴² Vgl. Schulte, 2010, S.235ff

3 Grundlagen des Lean-Managements

Lean-Management ist keine Methode, welche allgemein anwendbar ist, sondern eine Denkweise mit verschiedensten Wirkprinzipien, die in allen Bereichen eines Unternehmens individuell eingesetzt werden kann. Die Idee dahinter, ist das Einführen schlanker Prozesse, welche zunehmend von Industrie- und Dienstleistungs-Unternehmen eingesetzt wird⁴³ Ziel ist es die Verschwendung, in all ihren Ausprägungen, in Prozessen zu minimieren und dadurch die Wertschöpfung zu erhöhen. Unter Prozesse fallen alle Tätigkeiten, die materieller (Produkte) als auch immaterieller (Dienstleistungen) Art sind. Die Tätigkeiten, welche nicht notwendig sind, um den Wert des Produktes oder den Output der Dienstleistung zu steigern, gilt es zu minimieren oder zu eliminieren. Die Folge der Anwendung von Lean-Management ist eine Produktivitätssteigerung, die die Fertigstellung von Produkten beschleunigt und die Durchführung von Dienstleistungen vereinfacht. Dadurch ist es Unternehmen möglich einen Wettbewerbsvorteil gegenüber der Konkurrenz zu erzielen und Kunden und Marktanteile zu gewinnen.⁴⁴

Der englische Begriff „lean“ wird im deutschen mit „schlank“ übersetzt, was jedoch häufig in Verbindung mit weniger Mitarbeitern gebracht wird. Eine eindeutige Übersetzung in die deutsche Sprache existiert nicht. Der Gedanke hinter „lean“, was als Lean-Thinking bezeichnet wird, ist eine effiziente Organisation, die Werte ohne Verschwendung schafft und demnach eine Erhöhung der Produktivität anstrebt. Im Sinne von Lean-Management sollen also keine Mitarbeiter abgebaut, sondern Aktivitäten effizienter gestaltet werden, um Kapazitäten für die Ausweitung für Geschäftsprozessen freizuspielen.⁴⁵

3.1 Die Verschwendungsarten

Um ein Produkt möglichst Verschwendungsfrei zu produzieren, ist der Aufwand, der für die Herstellung betrieben wird, auf ein Kleinstmaß zu minimieren, welches für die Wertsteigerung des Produkts unerlässlich ist. Alle Aufwände für Betriebsmittel, Material, Teile, Platz, und Zeit, die über dieses Kleinstmaß hinausgehen, werden als Verschwendung bezeichnet. Dies bedeutet, dass bei minimaler Verschwendung die geringsten Kosten und somit die höchste Effizienz bzw. Wertschöpfung erzielt wird.⁴⁶

Die Prozesse bzw. Tätigkeiten können also erst als „lean“ bezeichnet werden, wenn die gesamte Verschwendung eliminiert ist, die nicht zur Wertschöpfung für den Kunden beiträgt. Es gilt, alles was nicht Wertschöpfend für ein Produkt oder eine Dienstleistung

⁴³ Vgl. Töpfer, 2009, Vorwort

⁴⁴ Vgl. Womack, et al., 2004, S.8

⁴⁵ Vgl. Womack, et al., 2004, S.7ff

⁴⁶ Vgl. Becker, 2006, S.278f

ist, ist Verschwendung. Dabei können einzelne Abschnitte eines Prozesses oder Tätigkeiten in drei Typen eingeteilt werden:⁴⁷

- **Wertschöpfende Tätigkeiten**, die den Wert eines Produktes oder einer Dienstleistung steigern, wofür der Kunde bereit ist zu zahlen.
- **Unterstützende Tätigkeiten**, die keine Wertschöpfung sind und damit keinen Wert dem Produkt oder der Dienstleistung beisteuern, aber für die Durchführung wertschöpfender Tätigkeiten notwendig sind.
- Nicht-wertschöpfende Tätigkeiten, also **Verschwendung**, die dem Produkt oder der Dienstleistung keinen zusätzlichen Wert hinzufügt.⁴⁸

Die Prozesse sollten möglichst nur aus wertschöpfenden und unterstützenden Tätigkeiten bestehen. Um den Wert für den Kunden zu erhöhen ist es notwendig nicht-wertschöpfende Prozesse zu verringern oder gar zu eliminieren. Konventionelle Ansätze der Optimierung sind das Anschaffen schnellerer und effizienter Anlagen, Maschinen oder Vorrichtungen, jedoch wird hierbei keine Verschwendung beseitigt, sondern die Wertschöpfung beschleunigt. Wichtig ist es also zu erkennen welche Tätigkeiten eine Wertsteigerung des Produktes bewirken und welche nicht. Denn die Verringerung der nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten führt gleichzeitig zu einer geringeren Durchlaufzeit, einer Erhöhung der Produktivität und einer daraus resultierenden Kostenreduktion.⁴⁹

3.1.1 Muda, Muri, Mura

Taiichi Ohno, Führungskraft bei Toyota, war für die Entwicklung des Toyota-Produktionssystems verantwortlich, was als Basis für die Lean-Philosophie diente. Seine Beschreibungen gelten als Grundlage der Lean-Denkweise und sind in der Literatur weit verbreitet. Um bei höchster Effizienz und maximaler Flexibilität den gewünschten Auslastungsgrad zu erzielen, ist die Kenntnis der drei M wichtig, die Ohno im Rahmen des Lean-Ansatzes definierte. Dabei steht Muda für Verschwendung, Muri für Unzweckmäßigkeit und Mura für Ungleichmäßigkeit.⁵⁰

Muda ist die klassische Verschwendung, also alles, was nicht maßgeblich zur Wertsteigerung des Produktes benötigt wird, fällt in diese Kategorie. Muri, was Überbeanspruchung bedeutet, tritt auf, wenn sich Arbeiter und Maschine an ihrer Belastungsgrenze und somit nicht im optimalen Auslastungsbereich befinden. Daraus ergeben sich oft Probleme mit der Sicherheit und der Qualität. Mura ist eine Kombination aus Muri und Muda. Wenn Mura vorkommt, gibt es ein Wechselspiel zwischen Phasen der Verschwendung (Muda) und Phasen der Überlastung (Muri). Eine ungleichmäßige Produktion (Mura) und ein schwankendes Produktionsvolumen

⁴⁷ Vgl. Womack, et al., 2004, S.28f

⁴⁸ Vgl. Becker, 2006, S.279

⁴⁹ Vgl. Sihn, 2011b, S.146ff

⁵⁰ Vgl. Kostka, 2008, S.62

sind Hauptgrund für das Auftreten von Mura. Aus einem nicht nivellierten Produktionsvolumen ergibt sich direkt Verschwendung, welche zu einem ungleichen Einsatz von Maschinen, Arbeitskräften und Zwischenprodukten führt.⁵¹

Diese drei M gilt es zu vermeiden, um die Effizienz in einem Unternehmen zu steigern.

3.1.2 Die 7 Arten der Verschwendung

Eine weitere Klassifizierung von Verschwendung wird durch die 7 Arten der Verschwendung dargelegt, welche im Folgenden beschrieben werden.

1.) Überproduktion⁵²

Die Verschwendung durch Überproduktion tritt auf, wenn ein Prozess mehr Output liefert als zurzeit am Markt nachgefragt wird. Dies zeichnet sich in der Produktion dadurch aus, dass ein Arbeitsschritt zu viel, zu frühzeitig oder zu schnell produziert wird. Der Grund ist eine schlecht aufeinander abgestimmte Produktion. Aufgabe der Wertstrommethode ist es diese Prozesse so aufeinander abzustimmen, dass ein Prozess die richtige Menge zur richtigen Zeit für den nachfolgenden Prozess herstellt.

2.) Lagerhaltung⁵³

Die Verschwendung durch Lagerhaltung spiegelt sich in den Beständen eines Unternehmens wieder. Bestände gewähren eine bestimmte Sicherheit gegenüber Produktionsausfällen, Qualitätsmängel und internen sowie externen Lieferverzug, jedoch wird der Preis für Lagerhaltung unterschätzt. Es werden zum Teil aufwendige Lagertechniken verwendet, großen Flächen besetzt und hoher Organisationaufwand betrieben um solche Lager zu führen. Zusätzlich kommen noch, je nach gelagerten Komponenten, die verschiedenen hohen Kapitalbindungskosten hinzu. Diese hohen Kosten werden von den Unternehmen meist in Kauf genommen, um ihre Liefertreue zu gewährleisten. Das Problem hinter dieser Sicherheit ist, dass es Probleme in der Produktion verdeckt und damit die Beseitigung dieser Probleme verhindert. Mithilfe der Wertstrommethode können diese Bestände kontinuierlich gesenkt werden um somit langsam die Probleme der Produktion aufzudecken. Ziel ist es diese Probleme zu lösen und an den richtigen Stellen der Produktion Sicherheitsbestände einzuführen an denen sie Sinn machen. Nur so können nachhaltig die Kosten gesenkt und Platz für Innovationen geschaffen werden.

3.) Transport⁵⁴

Die Verschwendung durch Transport kann Grundsätzlich auf zwei Arten unterschieden werden. Die erste Verschwendungsart ist räumlich bedingt, da Aufgrund ungeeigneter

⁵¹ Vgl. Becker, 2006, S303

⁵² Vgl. Erlach, 2010, S.119

⁵³ Vgl. Erlach, 2010, S.119ff

⁵⁴ Vgl. Erlach, 2010, S. 121

Anordnung der Ressourcen große Transportwege zustande kommen können. Zusätzlich kommt der Aufwand für Ein- und Auslagerungstätigkeiten sowie Sortiervorgänge hinzu. Die zweite Art ist organisatorisch bedingt, da es durch Auftragsunterbrechung, überfüllte Lager oder das vorübergehende Abstellen von Transportgütern zu einem Mehraufwand an Transporten kommt. Dem kann durch eine im Produktionsfluss angeordnete, wertstromorientierte Fertigung entgegengewirkt werden.

4.) Schlechtteile⁵⁵

Die Verschwendung durch Schlechtteile stellt eine der problematischsten Formen der Verschwendung in Bezug auf Wertschöpfung dar. Durch die Erzeugung von Ausschuss wird die sonst wertschöpfende Tätigkeit nicht nur sofort nicht-wertschöpfend, sondern zerstört womöglich den bis zu diesem Zeitpunkt erzeugten Wert. Wichtig ist, dass solche mangelhaften Teile sofort erkannt werden, um sie nicht den nachfolgenden Prozessen zuzuführen. Qualitätssicherungsprozesse sorgen zwar für diese Kontrolle, jedoch wird dadurch der Anteil an Unterstützung wertschöpfender Tätigkeiten erhöht. Zielführender ist es von Beginn an Prozesse zu schaffen, welche keine Fehlleistung erzeugen. Technologisch ist dies aber nicht immer möglich.

5.) Bewegung⁵⁶

Die Verschwendung durch Bewegung ist meist auf eine ungünstige Arbeitsplatz- und Arbeitsumgebungsgestaltung zurückzuführen. Darunter fallen Punkte wie ungünstige Anordnung von Werkzeugen, aufwendige Bewegungsabläufe sowie häufiges Aufnehmen und Ablegen von Werkstücken und lange Gehwege durch großräumige Arbeitsbereiche.

6.) Bearbeitung⁵⁷

Die Verschwendung durch Bearbeitung entsteht durch die ungeeignete Wahl an Betriebsmittel. Im weiteren Sinne bedeutet dies, dass die Anlagen oder Maschinen überdimensioniert sind, lange Vorschubwege besitzen oder oft zu justieren, reinigen oder warten ist. Weiter spielt die gewählte Technologie und die Positionierung der Anlage im Fertigungsprozess eine große Rolle. Grundsätzlich sollte die Maschine, aus Sicht der Wertstrommethode, in den Produktionsablauf passen und möglichst Flussorientiert arbeiten.

7.) Wartezeit⁵⁸

Die Verschwendung durch Wartezeit ist generell auf zwei Probleme zurückzuführen. ,Zum einen kann kein Material zur Verfügung stehen, was auf Probleme des vorhergehenden Prozesses oder auf logistische Probleme schließen lässt. Zum

⁵⁵ Vgl. Erlach, 2010, S.122

⁵⁶ Vgl. Erlach, 2010, S.122f

⁵⁷ Vgl. Erlach, 2010, S.123

⁵⁸ Vgl. Erlach, 2010, S.123

anderen kann durch die lange Bearbeitungszeit bestimmter Fertigungsprozesse oder durch das gedrückt halten eines Sicherheitstasters Wartezeit entstehen, welche ungenutzt bleibt. Abhilfe kann geschaffen werden, wenn neben dem Prozess weitere wertschöpfende oder unterstützende Tätigkeiten hinzugefügt werden.

3.2 Lean-Production

Lean-Production verfolgt die Ziele, mit einem Minimum an Aufwand ein Produkt nach Kundenwunsch zu produzieren und dabei gleichzeitig alle nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten zu minimieren und bestenfalls zu eliminieren.⁵⁹ Ursprünglich stammt das Konzept des Lean-Managements aus Japan, wo es für die Automobilindustrie entwickelt wurde. Allerdings kann diese Denkweise ebenfalls in anderen Bereichen eingeführt werden, in denen Produkte, Service- und Dienstleistungen jeglicher Art für den Kunden entstehen. Dabei wird nicht nur der Endkunde als Kunde verstanden, sondern auch die Abnehmer von Teilprodukten oder von Dienstleistungen innerhalb des Unternehmens im Rahmen des Wertstroms sind als solche zu verstehen.⁶⁰

Dabei ist das abteilungsübergreifende Denken, Planen und Handeln essentiell um Wert ohne Verschwendung zu kreieren.⁶¹ Die fünf Grundprinzipien des Lean Thinking, Kundenwert, Wertstrom, Fluss, Pull-Steuerung und Perfektion⁶², stellen die Ansprüche der Kunden ins Zentrum der Betrachtungen.⁶³ Die fünf Prinzipien sind in der folgenden Abbildung dargestellt.



Abbildung 3: Fünf Prinzipien des Lean-Thinking⁶⁴

⁵⁹ Vgl. Womack, et al., 2004, S.23

⁶⁰ Vgl. Womack, et al., 2004, S. 8

⁶¹ Vgl. Womack, et al., 2004, S.11 und Schuh, et al., 2011, S.372

⁶² Vgl. Schuh, 2013, S.2

⁶³ Vgl. Womack, et al., 2004, S.16

⁶⁴ Vgl. Schuh, 2013, S.3

3.3 Das Toyota Produktionssystem (TPS)

Die Grundlage des Toyota Produktionssystems ist die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit in der Produktion durch die konsequente Vermeidung und Eliminierung von Verschwendung aller Arten. Ziel ist die Ausrichtung am Kundentakt, was durch die 5 Säulen nachhaltig geschehen soll. Das Fundament des TPS ist die kontinuierliche Verbesserung, was auch als Kaizen bekannt ist.

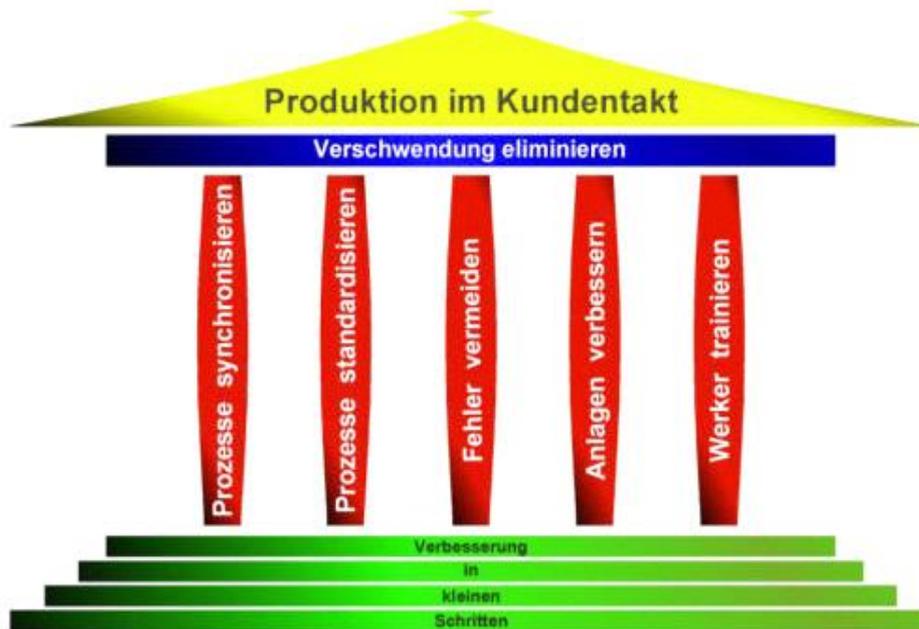


Abbildung 4: Das Toyota Produktionssystem⁶⁵

3.4 Wertstromdesign (WSD) – Eine Methode der Lean-Production

Das Wertstromdesign umfasst alle wertschöpfenden sowie nicht-wertschöpfenden Aktivitäten, welche notwendig sind, um ein Produkt zu fertigen bzw. herzustellen. Ausgehend vom Kundenwunsch, wird Stromaufwärts bis zum Rohmaterial die gesamte Produktion analysiert und an die Anforderungen der Kunden angepasst.⁶⁶

Um die Effizienz einer Produktion zu erhöhen, ist diese ausgereifte Methode sehr hilfreich. Wirkliche Verbesserungen werden nur erreicht, wenn Prozesse systematisch in Frage gestellt und zielorientiert weiterentwickelt werden.⁶⁷ Die Wertstrommethode hat sich in den letzten Jahren als beliebte, einfach anwendbare und besonders wirkungsvolle Verbesserungsmethode etabliert.⁶⁸ Ursprünglich wurde für die

⁶⁵ Vgl. <http://www.kanbanconsult.de/strategie.htm> am 16.04.2016

⁶⁶ Vgl. Rother, et al., 2011, S.3

⁶⁷ Vgl. Erlach, 2010, S.1 und Menzel, 2009, S.147ff

⁶⁸ Vgl. Edtmayr, et al., 2013a, S.113

Automobilindustrie von Toyota entwickelt, heute wird diese Methode aber erfolgreich in vielen anderen Branchen eingesetzt.⁶⁹

Der große Vorteil der Wertstrommethode liegt in der Visualisierung, da sowohl Material als auch Informationsfluss dargestellt werden. Zur Detaillierung können zusätzliche Flussdiagramme erforderlich sein. Dem Informationsfluss ist ebenso viel Bedeutung zuzuweisen wie dem Materialfluss.⁷⁰ Auch, wenn diese Diagramme vorhanden sind, sollten die Prozesse aufgenommen werden, denn dokumentierter und gelebter Prozess divergieren meist. Um Verschwendung adäquat zu identifizieren und Maßnahmen ergreifen zu können, ist eine ganzheitliche Betrachtung unumgänglich.⁷¹

3.4.1 Grundlegendes zu WSD

Der erste Schritt im WSD ist die Wertstromanalyse, dabei wird der aktuelle Zustand der Produktion mit Symbolen und mithilfe von Bleistift und Papier, alle Prozesse der Produktion des zu analysierenden Produkts oder der Produktfamilie aufgenommen und deren Material- und Informationsfluss visualisiert. Der größte Vorteil dieser Methode ist die Darstellung der Zusammenhänge zwischen Material- und Informationsfluss. Diese Methode dient als Basis zur Optimierung, als gutes Hilfsmittel zur Diskussion von Verbesserungen und ist erheblich nützlicher als gewöhnliche Diagramme.⁷²



Abbildung 5: Vorgehensweise im Wertstromdesign⁷³

Die Grundlegende Vorgehensweise im Wertstromdesign ist in Abbildung 5 dargestellt, dabei wird mit der Auswahl der Produktfamilie begonnen. Im Anschluss wird der Ist-

⁶⁹ Vgl. Kurlang, et al., 2013b, S.112

⁷⁰ Vgl. Erlach, 2010, S.8

⁷¹ Vgl. Pichler, 2003, S.31

⁷² Vgl. Rother, et al., 2011, S.4f

⁷³ Vgl. Rother, et al., 2011, S.6

Zustand aufgenommen und auf Basis der Daten der Soll-Zustand bzw. Idealzustand erstellt. Ist erfolgreich ein effizienter Soll-Zustand erstellt worden folgt die Umsetzung. Um einen effizienten, kundenorientierten Wertstrom zu erstellen bietet das Wertstromdesign einige Richtlinien zur Erstellung solcher Wertströme an. Zusätzlich ist es bei der Erstellung des Soll-Wertstroms wichtig mit der Symbolik der Wertstrommethode vertraut zu sein.

Die wichtigsten Symbole des WSD

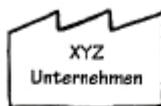


Fertigungsprozess

Ein Prozesskasten steht für einen Fertigungsabschnitt, worin das Material mehr oder weniger fließt. Prozesskästen sollten beschriftet werden. Wird auch für Abteilungen benutzt, wie z.B. Produktionsplanung.

Abbildung 6: Fertigungsprozess⁷⁴

In der Wertstromdarstellung besteht der Materialstrom aus Lager und Prozessen, die durch das Symbol in Abbildung 6 dargestellt sind. Zusätzlich zum Prozess findet sich meist ein Prozesskasten mit dem Datenfeld, welches in Abbildung 7 dargestellt ist. Externe Quellen werden durch ein Fabriksymbol dargestellt.



Externe Quellen

Wird für Kunden, Zulieferer und externe Herstellungsprozesse verwendet.

ZZ = 45 Sek.
RZ = 30 Min.
3 Schichten
2% Ausschuss

Datenfeld

Zur Aufzeichnung von Informationen über einen Herstellungsprozess, Abteilung, Kunde, usw.

Abbildung 7: Externe Quellen und Datenfeld⁷⁵

Der zweite wichtige Teil im Materialfluss sind die Bestände bzw. die Zwischenlager, welche durch das Symbol in Abbildung 8 dargestellt wird. Bestände in den Zwischenlagerstufen sind maßgeblich für die Bestimmung der Durchlaufzeit.



Bestand

Menge und Zeit (Bestandsreichweite) sollten festgehalten werden.

Abbildung 8: Bestand⁷⁶

⁷⁴ Vgl. Rother, et al., 2011, Anhang A

⁷⁵ Vgl. Rother, et al., 2011, Anhang A

⁷⁶ Vgl. Rother, et al., 2011, Anhang A

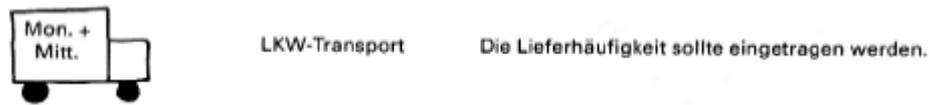


Abbildung 9: LKW-Transport⁷⁷

Transporte, in Form von Lieferungen von und zum Unternehmen, werden mit einem LKW, wie in Abbildung 9 ersichtlich, dargestellt.

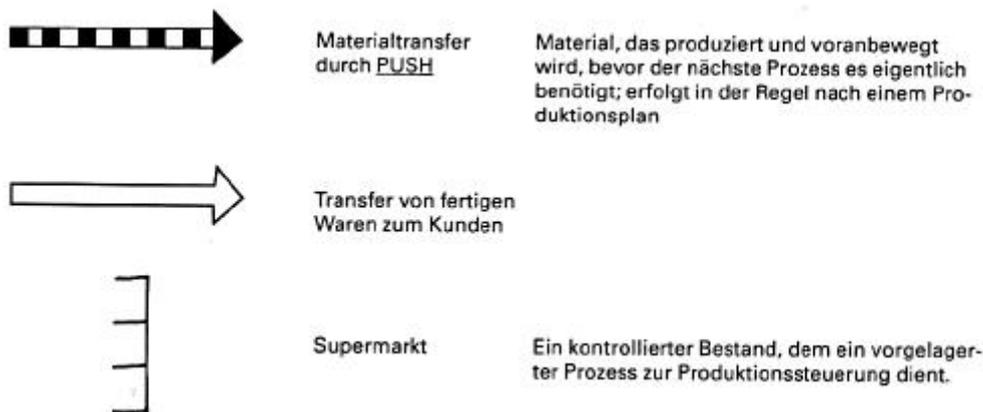


Abbildung 10: Materialbewegung und Supermarkt

Die Verknüpfungen zwischen den Produktionsprozessen und den Zwischenlagerstufen werden in Abbildung 10 dargestellt. Andere Formen der Lagerung kann mittels Supermarkt erfolgen. Dabei werden zum Teil andere Symbole für die Entnahme bzw. den Materialfluss verwendet. Diese sind in Abbildung 11 dargestellt.

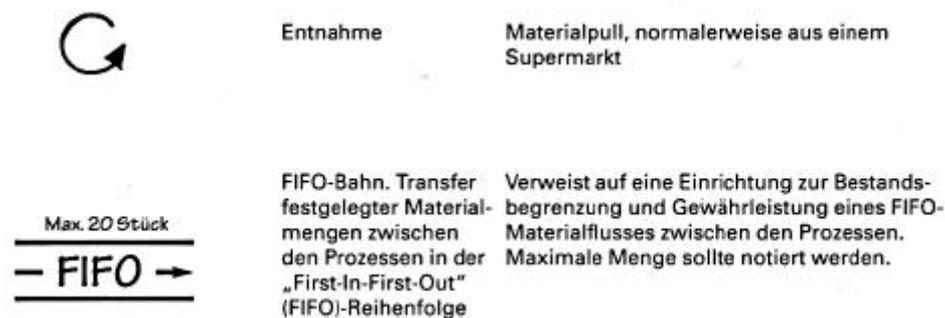


Abbildung 11: Entnahme und FIFO-Bahn⁷⁸

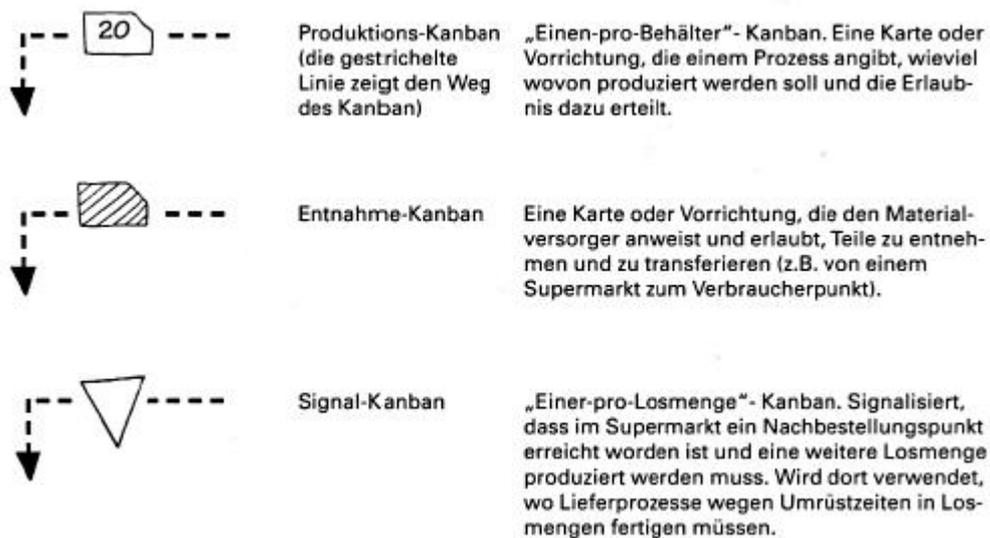
FIFO Bahnen, stellen eine optimale Form des Materialflusses dar, dabei ist wichtig die maximale Anzahl an Stück, welche sich in dieser Bahn bewegen darf, zu definieren.

⁷⁷ Vgl. Rother, et al., 2011, Anhand A

⁷⁸ Vgl. Rother, et al., 2011, Anhand A

Abbildung 12: Informationsflüsse⁷⁹

Für den Informationsfluss, werden die Symbole in Abbildung 12 verwendet, dabei wird zwischen manuellem und elektronischem Materialfluss unterschieden. Bei der Verwendung von Kanban werden die Symbole der Abbildung 13 verwendet.

Abbildung 13: Kanban-Symbole⁸⁰

3.4.2 Auswahl einer Produktfamilie

Bevor mit der Analyse begonnen wird sollte eine Produktfamilie gewählt werden, da das Aufnehmen der Wertströme aller Produkte sehr komplex ist, viel Zeit beansprucht und wenig Sinn macht. Dabei sollte initial mit einem Beispielprodukt begonnen werden und Kundenperspektive eingenommen werden. Aus dieser Sichtweise sollte auch die Produktfamilie gewählt werden. Zielführend ist es hierbei Produkte zu wählen die dieselben Ressourcen, Produktionsprozesse oder sonstige Ähnlichkeitsmerkmale besitzen. Empfehlenswert ist es, in Initialprojekten Produkte mit hoher Stückzahl zu wählen, da Verbesserungen deutlicher sichtbar werden.⁸¹

Der Wertstrom wird vom Kundenende bis hin zum Rohmaterial identifiziert, bzw. „von Rampe zu Rampe“. bereits beim Darstellen des Ist- Zustands werden Ideen für den Soll-Zustand entwickelt. Ebenso wird beim Erstellen des Soll-Zustands oft auf

⁷⁹ Vgl. Rother, et al., 2011, Anhang A

⁸⁰ Vgl. Rother, et al., 2011, Anhang A

⁸¹ Vgl. Erlach, 2010, S.38ff

mangelnde Daten des Ist-Zustands getroffen.⁸² Für jede Produktfamilie ist ein eigener Wertstrom zu analysieren.⁸³

3.4.3 Wertstromanalyse – Erstellung des Ist-Zustands

Eine wichtige Kenngröße des WSD ist der Kundentakt, welcher als Schrittmacher für die Produktion fungiert. Dieser Richtwert kann durch eine Bedarfsanalyse festgelegt werden, wobei Bedarfe des Vorjahres oder geplante Bedarfe des nächsten Betrachtungszeitraumes gewählt werden kann. Zusätzlich wird die verfügbare, tatsächliche Betriebszeit für diesen Zeitraum ermittelt, für welchen das Mengengerüst gewählt wurde. Es ist Vorteilhaft ein gesamtes Jahr zu wählen. Dadurch können die saisonal bedingten Absatzschwankungen vernachlässigt werden. Dividiert man nun die Betriebszeit durch die ermittelte Menge für den gleichen Zeitraum erhält man den Kundentakt. Der Kundentakt gibt an, wie viel Zeit pro Arbeitsschritt verfügbar ist bzw. in welchen zeitlichen Abstand jeweils ein Produkt fertiggestellt werden muss. Wird der Kundentakt in allen Bereichen der Produktion eingehalten, gewährleistet das eine flussorientierte Fertigung und vermeidet automatisch das Entstehen von Verschwendung. Dieser Takt kann nicht immer eingehalten werden, da jede Produktion bestimmte Restriktionen Aufgrund ihrer Gestaltung besitzt. Der Kundentakt dient aber als gute Orientierung zur Optimierung der Produktion und wird wie folgt berechnet.⁸⁴

$$\text{Kundentakt} = \frac{\text{tatsächliche Betriebszeit pro Jahr}}{\text{Kundenbedarf pro Jahr}} = \frac{[\text{Zeiteinheit}]}{[\text{Stück}]}$$

Formel 1: Berechnung des Kundentakts⁸⁵

Mit der Definierung der Produktfamilie und der Berechnung des Kundentakts kann die eigentliche Analyse begonnen werden. Diese wird direkt in der Produktion durchgeführt und beginnt beim Versand. Durch den Beginn am Ende des Produktionsprozesses wird die kundenorientierte Sichtweise eingenommen, da der gerade betrachtete Prozess immer Kunde des vorgelagerten Prozesses ist. Wichtig ist, dass bei der Aufnahme keine Daten aus Planungssystemen erhoben werden, da der aktuelle Ablauf der Produktion nicht korrekt abgebildet wird. Ziel ist es den Ist-Zustand, durch aufzeichnen von Material- und Informationsfluss, aufzunehmen, der die aktuelle Arbeitsweise der Produktion darstellt Für jeden eigenständigen Produktionsprozess im Wertstrom wird ein Prozesskasten verwendet Darin werden die aufgenommenen Prozessgrößen wie z.B. Mitarbeiteranzahl, Zykluszeit, Zuverlässigkeit der Maschine, Losgröße und Rüstzeit eingetragen. Ausschlaggebend sind die Durchlaufzeit, welche maßgeblich von den Beständen in der Produktion

⁸² Vgl. Rother, et al., 2011, S.6

⁸³ Vgl. Erlach, 2010, S.6

⁸⁴ Vgl. Erlach, 2010, S.47ff

⁸⁵ Vgl. Erlach, 2010, S.48

abhängt, und die Taktabstimmung, welche die Abstimmung zwischen einzelnen Prozesse aufzeigt und auf den Kundentakt abgestimmt wird. Die Zykluszeit wird mit folgender Formel ermittelt.⁸⁶

$$\text{Zykluszeit} = \frac{\text{Bearbeitungszeit} * \text{Anzahl der Gleichteile pro Produkt}}{\text{Anzahl der gleichen Ressourcen}}$$

Formel 2: Berechnung der Zykluszeit⁸⁷

Lagerstände sind als solche auch mitaufzunehmen, da sie einen wesentlichen Einfluss auf eine Kenngröße des Wertstroms besitzen, die Durchlaufzeit. Die Durchlaufzeit gibt dabei an, wie lange ein Produkt benötigt um den gesamten Produktionsprozess zu durchlaufen. Zur Berechnung wird der aktuelle Bestand benötigt, sowie der Kundenbedarf in Stück pro Zeiteinheit.

$$\text{Durchlaufzeit} = \frac{\text{aktueller Bestand}}{\text{Kundenbedarf}}$$

Formel 3: Berechnung der Durchlaufzeit

Sind alle Aufnahmen durchgeführt worden, kann die Datenlinie des Wertstroms erstellt werden. Dabei sind die Vertiefungen die Produktionsschritte, welche als Datensatz die Bearbeitungs- bzw. Zykluszeit oder Prozesszeit darstellen.

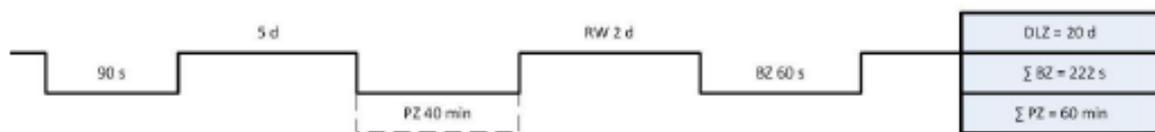


Abbildung 14: Zeitlinie des Wertstroms⁸⁸

3.4.4 Wertstromdesign – Zeichnung des Soll-Zustands

Das Wertstromdesign setzt sich mit der wertstromorientierten Planung und Strukturierung der Produktion durch die Vermeidung von Verschwendung, der Verringerung der Durchlaufzeit und der Ausrichtung am Kundentakt auseinander. Grundlage ist, der in der Wertstromanalyse erstellte, Ist-Wertstrom, welcher Mängel im Produktionsfluss aufzeigt. Das Wertstromdesign bietet Hilfe mit sogenannten Richtlinien zur Gestaltung von Wertströmen an, um das Ziel eines flussgerechten und effizienten Wertstroms zu erreichen. Im Folgenden werden diese Gestaltungsrichtlinien genauer beschrieben.

Richtlinie 1: Ausrichtung am Kundentakt⁸⁹

⁸⁶ Vgl. Erlach, 2010, S.54ff

⁸⁷ Vgl. Erlach, 2010, S.66

⁸⁸ Vgl. Erlach, 2010, S.104

⁸⁹ Vgl. Erlach, 2010, S.142ff

Der Kundentakt ist eine wichtige Kenngröße in der Wertstromoptimierung. Ziel ist es, die Prozesse des Soll-Wertstroms auf den Kundentakt und die einzelnen Produktionsprozesse so aufeinander abzustimmen, dass ein kontinuierlicher Fluss entsteht. Im Optimum sollten alle Produktionsprozesse dieselbe Zykluszeit aufweisen und leicht unterhalb des Kundentakts liegen. Mithilfe eines Taktabstimmungsdiagramms kann die Auslastung der Prozesse visualisiert und abgestimmt werden.

Richtlinie 2: Prozessintegration⁹⁰

Bei der Prozessintegration werden einzelne Produktionsprozesse zusammengefasst oder zu einer Fließfertigung verbunden. Dies erfordert ein Abstimmen der Betriebsmittel und eine Überprüfung der verwendeten Technologie und Organisation der Produktionsprozesse. Ziel ist es die Vorteile maschineller und handwerklicher Fertigung zu verbinden und die Produktion möglichst zu einer Fließfertigung umzufunktionieren. Der ideale Wertstrom besteht aus einem Prozess, bei dem vorne das Rohmaterial hineingeht und hinten das fertige Produkt herauskommt.

Richtlinie 3: FIFO-Verkoppelung⁹¹

Kann aus technologischen oder organisatorischen Gründen keine Fließfertigung implementiert werden, sollte eine FIFO-Verkoppelung („First In – First Out“) der Prozesse angestrebt werden. Dabei werden die Produkte vom ersten Prozess in derselben Reihenfolge an den nachfolgenden Prozess weitergereicht. Wichtig bei der Einführung einer solchen Reihenfertigung ist, dass die Reihenfolge der Produkte beibehalten wird und der Bestand zwischen den Prozessen eine maximale Obergrenze erhält.

Richtlinie 4: Kanban-Regelung⁹²

Sind Produktionsprozesse aufgrund von Rüstzeiten, Störung oder gar Ausfällen beeinträchtigt, ist eine Reihenfertigung nicht immer zielführend. Hier ist eine Kanban-Regelung der Prozesse zielführend, wobei Kanban aus dem japanischen kommt und so viel wie „Karte“ bedeutet. Anstatt der FIFO-Puffer zwischen den einzelnen Produktionsprozessen einzusetzen, werden Supermarkt-Lager eingerichtet. Dabei wird bei der Entnahme aus dem Lager eine Meldung an den vorgelagerten Prozess erstattet, damit das entnommene Produkt wieder nachproduziert wird. Die Entnahme erfolgt dadurch in definierten, auf den Prozess abgestimmten Losgrößen. Der große Vorteil dieser Regelung ist, dass eine sehr geringere Steuerung durch die Produktionsplanung ermöglicht wird und der Bestand auf einem konstanten Niveau gehalten werden kann.

Richtlinie 5: Schrittmacher-Prozess⁹³

⁹⁰ Vgl. Erlach, 2010, S.147ff

⁹¹ Vgl. Erlach, 2010, S.176ff

⁹² Vgl. Erlach, 2010, S.189ff

⁹³ Vgl. Erlach, 2010, S.221ff

Um die Steuerung der Produktionsprozesse zu optimieren empfiehlt es sich einen Schrittmacherprozess einzuführen. Dieser sollte möglichst nahe an der Schnittstelle zum Kunden liegen um die Nachfrage und den Kundentakt möglichst gut abzubilden. Durch die Einführung von Pull-Supermärkten, Fließfertigungen und FIFO-Bahnen kann der Aufwand der Prozesssteuerung minimal gehalten werden, da sich die Prozesse selbst steuern.

Richtlinie 6: Festlegung der Freigabeeinheit⁹⁴

Um die Produktion in einen gleichmäßigen Fluss überzuführen ist es notwendig den Schrittmacherprozess mit kleinen festgelegten Aufträgen zu versorgen. Damit wird die Fertigung großer Losgrößen vermieden und eine wertstromorientierte Produktion ermöglicht. Weiter ist es dadurch möglich den Umlaufbestand zu reduzieren, die Übersicht und die Flexibilität gegenüber Kundenwünschen zu erhöhen.

Richtlinie 7: Produktionsmix-Ausgleich⁹⁵

Um eine gleichmäßige Auslastung der Ressourcen zu ermöglichen sollte ein Produktionsmix vorgenommen werden. Dabei ist es Aufgabe der Produktionsplanung die Auftragsreihenfolge einzusteuern um somit die Losgrößenbildung zu verhindern. Ziel ist es, mithilfe des Produktionsmix, die Durchlaufzeit und Bestände gering zu halten und trotzdem auf Kundenwünsche flexibel reagieren zu können.

Richtlinie 8: Engpass-Steuerung⁹⁶

Bestimmte Prozesse können aufgrund kapazitiver Engpässe nicht immer die gewünschte Auftragsabfolge bewältigen. Dies kann eintreten, wenn der Schrittmacherprozess nicht der leistungsschwächste Prozess ist. Wichtig ist, dass die Einsteuerung der Aufträge sich an dem Engpass-Prozess mengenmäßig und in dessen Reihenfolge orientieren sollte.

3.4.5 Umsetzung des Soll-Zustandes

Ist der Soll- bzw. Idealzustand einmal erstellt, sollte umgehend mit der Umsetzung begonnen werden. Dabei kann nach einer zehnstufigen Vorgehensweise vorgegangen werden:⁹⁷

1. Ermittlung des Kundentaktes und Ausbildung des Kapazitätsprofils für den gesamten Wertstrom.
2. Zusammenfassung von Produktionsprozessen soweit durchführbar durch technische Integration oder Einführung von Fließfertigung.

⁹⁴ Vgl. Erlach, 2010, S.231ff

⁹⁵ Vgl. Erlach, 2010, S.237ff

⁹⁶ Vgl. Erlach, 2010, S.249ff

⁹⁷ Vgl. Erlach, 2010, S.260

3. Verkoppelung der Produktionsprozesse beginnend beim Versenden flussaufwärts soweit möglich mit der FIFO-Logik.
4. Anbindung der Produktionsprozesse für Wiederholteile, die eine Losfertigung erfordern, mit der Supermarkt-Pull-Systematik.
5. Festlegung des Versandprinzips auf Direktversand oder Versand aus einem Fertigwaren-Supermarkt passend zu Produkt und Lieferzeit sowie Gestaltung der Lieferantenanbindung Just-in-Sequence (JIS) oder Just-in-Time.
6. Definition von geeigneten Kanban-Mengen und Behältergrößen sowie von Losgrößen an rüstintensiven Produktionsprozessen mit Hilfe des EPEI-Wertes.
7. Festlegung des Schrittmacher-Prozesses und damit Festlegung des Kundenentkoppelungspunktes, falls es kein Fertigwarenlager gibt.
8. Festlegung der Freigabeeinheit zur Produktionsnivellierung bei der Auftragsfreigabe.
9. Definition von Regeln zur Reihenfolgebildung und gegebenenfalls Kampagnenbildung sowie Festlegung des Freigabehorizonts für den Ausgleich des Produktionsmix.
10. Berücksichtigung von kapazitiven und restriktiven Engpässen in der Steuerungslogik.

Wichtig bei der Umsetzung ist die konsequente und systematische Anwendung der Gestaltungsrichtlinien, die materialflussgerechte Gestaltung der Abläufe, die einheitliche Abstimmung am Kundentakt, die nachhaltige Reduktion der Verschwendung im Gesamtablauf sowie die weitgehende Standardisierung der Produktionsprozesse.⁹⁸

3.5 Weitere Methoden der Lean-Production

Neben der bekanntesten Methode der Lean-Produktion, dem Wertstromdesign, existieren noch viele weitere Lean-Methoden, welche durch das Lean-Thinking erfolgreich den Weg in Unternehmen gefunden haben und heute noch eingesetzt werden. Meist reicht die Anwendung einer einzelnen Methode nicht aus, um erfolgreich Lean zu werden. Viele der Methoden überschneiden sich bei der Anwendung im Unternehmen. So kann kein effizienter Wertstrom je ohne einer Pull Steuerung auskommen. Ein Ansatz im WSD kann auch die Einführung von Kanban sein, um die Bestände im Unternehmen möglichst gering zu halten.

Erwähnt sollten hierbei noch die Methoden 5S und SMED sein. 5S beschäftigt sich mit der Arbeitsplatzgestaltung und -standardisierung. So kann durch eine effiziente Gestaltung der Arbeitsplätze Suchzeit für Werkzeuge minimiert und das Wechseln von Arbeitsplätzen führt zu keiner neuerlichen Anlernphase des Mitarbeiters, da jeder Arbeitsplatz gleich gestaltet ist. SMED bedeutet Single Minute Exchange of Die, was

⁹⁸ Vgl. Erlach, 2011, S.261

so viel wie Werkzeugwechsel im Einstelligen Minutenbereich bedeutet. Durch die Verkürzung der Rüstzeit können kleinere Losgrößen vermieden werden, da der Werkzeugwechsel keine großen Zeiträume in Anspruch nimmt. Somit wird nur das Produziert was wirklich benötigt wird und der Lagerstand kann niedrig gehalten werden.

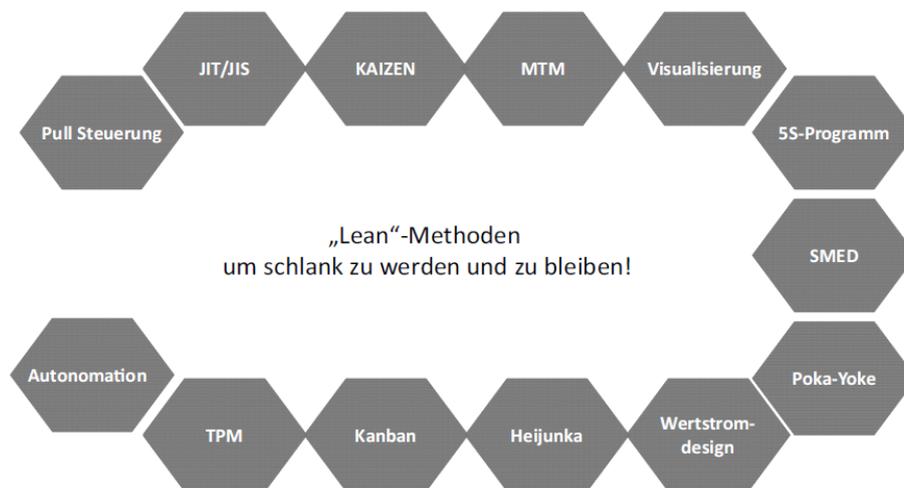


Abbildung 15: Methodenkasten der Lean-Production⁹⁹

Eine weitere Methode der Lean-Production wird im nachfolgenden Kapitel genauer erläutert, dabei handelt es sich um die Methode MTM, welche Methods-Time Measurement bedeutet.

⁹⁹ Vgl. Sihn, et al., 2011b, S.149

4 Zeitermittlungsmethoden des IE

Im Industrial Engineering werden Methoden genutzt, durch deren Einsatz Zeitwerte von Arbeitsprozessen ermittelt und genutzt werden können. Beispielsweise befinden sich unter den Methoden die Multimomentaufnahme, das Berechnen oder Systeme vorbestimmter Zeiten (kurz: SvZ). Letzteres fällt unter die Kategorie der Prozessbausteinsysteme. Die Ermittelten Zeitwerte der Methoden sind teilweise nicht sofort verwendbar, sondern müssen zuvor statistisch gemittelt werden, um genügend Aussagekraft zu besitzen. Andere werden durch zeitbestimmende äußere Einflussgrößen ausgedrückt. Dadurch ist eine sofortige Weiterverwendung möglich. Die Zeitdaten müssen bestimmten Qualitätsanforderungen genügen.¹⁰⁰

Begriffe des Zeitstudiums¹⁰¹

Ist-Zeiten sind tatsächlich gebrauchte Zeiten für die Ausführung bestimmter Ablaufabschnitte. Diese Zeiten können durch direkte Messung am Arbeitsplatz erfasst werden.

Soll-Zeiten sind Zeiten für Soll-Abläufe, die bei Planungen ermittelt und benutzt werden. Sie werden i. A. aus zuvor erfassten Ist-Zeiten abgeleitet.

Werden die Ist-Zeiten mit Hilfe der REFA-Normalleistung in Soll-Zeiten umgewandelt oder beziehen sich Soll-Zeiten auf die Normalleistung (z.B. bei technologischen Funktionen), so bezeichnet man diese als **Normalzeiten**.

Planzeiten sind Soll-Zeiten, die mit Hilfe von Einflussgrößen beschrieben sind (z.B. als Funktion oder Tabellenwert) und bei Kenntnis der Einflussgrößen errechnet oder abgelesen werden können.

Vorgabezeiten sind Soll-Zeiten für Arbeitsabläufe, die vom Menschen (Auftragszeit) oder von den Betriebsmitteln (Belegungszeit) ausgeführt werden, und enthalten Zeitanteile für nicht genau vorausbestimmbare Ablaufabschnitte (z.B. Verteilzeiten). Sie erfüllen im Wesentlichen drei Aufgaben:

- Bezogen auf den Menschen sind die Zeitstandards Basis für die Personalkapazitätsplanung und die Entgeltberechnung.
- Die Belegungszeit ist eine der Grundlagen sowohl für die kurzfristige Kapazitäts- und Terminplanung als auch für die langfristige Investitionsplanung.

¹⁰⁰ Vgl. Groover, 2007, S. 317 und Meyers, et al., 2002, S. 6 und Niebel, et al., 2003, S. 377 und Kanawaty, 1992, S. 338.

¹⁰¹ Vgl. Kuhlmann, S.2010a, S. 11f und Kuhlmann, 2011, S. 5f.

- Außerdem ist eine Kostenermittlung für Produkte oder Dienstleistungen nur unter Kenntnis der Lohn- und Maschinenstundensätze und der benötigten Zeiten möglich.

Grundsätzlich wird bei den Zeitermittlungsmethoden des Industrial Engineering zwischen Methoden der Ist-Zeit-Ermittlung und jener der Sollzeitbestimmung unterschieden. Ist-Zeiten werden meist durch direkte Messung beim Arbeitsplatz durch einen Beobachter, durch Befragen, durch Selbstaufschreibung der arbeitenden Person oder durch automatisierte Zeiterfassungssysteme erhoben.¹⁰² Sollzeiten können ebenso durch Vergleichen und Schätzungen, durch Systeme vorbestimmter Zeiten, durch Berechnungen oder durch Simulationen sowie weiteren Ansätzen bestimmt werden. Aus Sollzeiten werden üblicherweise Planzeitenbausteinen gebildet, in unternehmens- bzw. anwendungsspezifischen Katalogen systematisiert bzw. strukturiert werden.

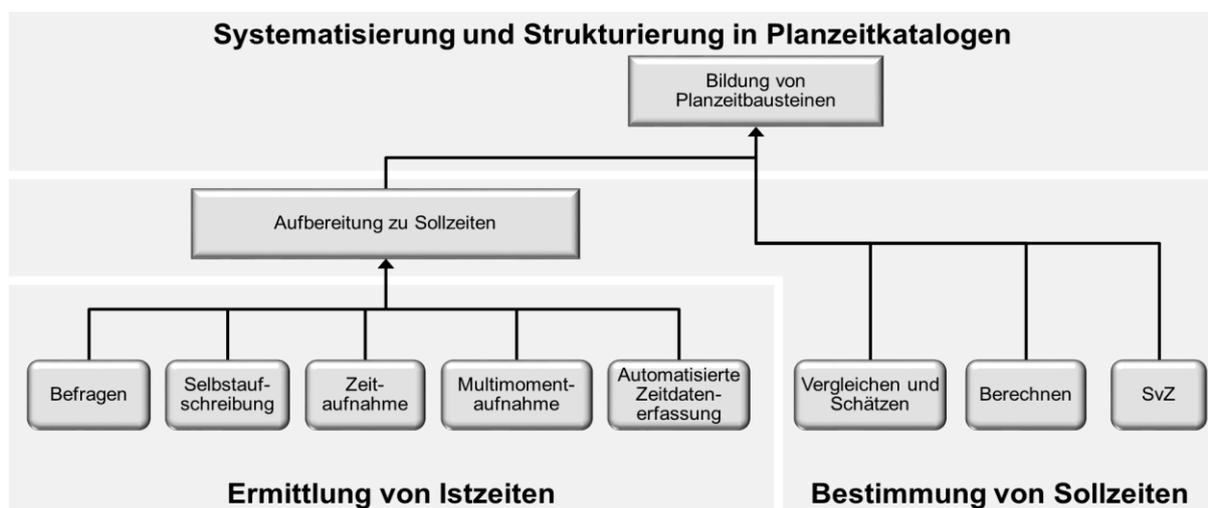


Abbildung 16: Methoden der Zeitermittlung¹⁰³

Je nach Anwendung der Zeitermittlungsmethoden, ist es also wichtig ob vor oder nach dem Produktionsstart aufgenommen wird. Dies hat einen wesentlichen Einfluss auf Reproduzierbarkeit der Arbeitsmethode und folglich auf die Genauigkeit der Zeitdaten. Dabei können in der Phase der Produktentstehung die Methoden zur Sollzeitbestimmung eingesetzt werden, dabei ist zu beachten, dass die Einflussgrößen für die gewählte Zeitermittlungsmethode zugrunde liegen. Nach dem Produktionsstart können die Zeiten durch Methoden der Ist-Zeit-Ermittlung eingesetzt werden.¹⁰⁴

Ist-Zeiten können für manuell beeinflussbare Tätigkeiten sowie betriebsmittelbezogene, unbeeinflussbare Zeiten in bereits bestehenden

¹⁰² Vgl. Kuhlant, S.2010a, S.11f und Kuhlant, 2011, S.5f

¹⁰³ Vgl. Kuhlant, S.2010a, S. 12.

¹⁰⁴ Vgl. Kuhlant, S.2010a, S. 14f.

Arbeitssystemen ermittelt werden¹⁰⁵. Die Beobachtung erfolgt dabei in der Regel durch einen nicht am Arbeitsprozess beteiligten Beobachter oder automatische Zeiterfassungsgeräte am Arbeitsplatz¹⁰⁶. Für die Ist-Zeitermittlung (Ist-Zeitmessung) muss das Arbeitssystem reproduzierbar sein, d.h. die wichtigen Informationen wie das Arbeitsverfahren, die Arbeitsmethode, die Arbeitsbedingungen, etc. müssen erfasst und protokolliert werden¹⁰⁷. Soll-Zeiten wiederum bezeichnen Zeiten, die aus zuvor erfassten Ist-Zeiten abgeleitet wurden¹⁰⁸, bezeichnet sie als die vom Menschen und Betriebsmittel planmäßig für die Ausführung bestimmter Ablaufabschnitte benötigten Zeiten.

4.1 Selbstaufschreibung

Die Methode der Selbstaufschreibung gehört zur Kategorie der Ist-Zeit-ermittlung. Dabei ist der Mitarbeiter am Arbeitsplatz selbst zuständig für die Dokumentation der Start- und Endzeitpunkte seiner Tätigkeiten. Es ist ihm aber überlassen, ob er die Zeiten notiert, oder selbsttätig mit Messgeräten vornimmt.¹⁰⁹ Die Differenz von Start- und Endzeitpunkt ergibt die benötigte Zeit für die aufgenommene Tätigkeit.¹¹⁰ Darüber hinaus kann keine weitere Information über die ausgeführte Tätigkeit, den Arbeitsplatz, oder sonstigen Tätigkeitsbeeinflussenden Faktoren ermittelt werden. Das Verfahren eignet sich zur zeitlichen Bewertung von muskulären, sensomotorischen, reaktiven, kombinatorischen und schöpferischen Arbeiten.¹¹¹ Es empfiehlt sich während der Vorbereitung der Selbstaufschreibung ein Erfassungsblatt zu entwickeln.

4.2 Multimomentaufnahme

Die Methode der Multimomentaufnahme gehört zur Kategorie der Ist-Zeit-Ermittlung. Dabei werden die Ist-Zeiten für zu beobachtende Tätigkeiten durch viele festgelegte Beobachtungszeitpunkte (viele Zeitpunkte – Multi Moment) aufgenommen. Davor müssen die zu beobachtenden Tätigkeiten definiert und notiert werden. Anschließend wird durch stichprobenartige, kurzzeitige Beobachtung von einem oder mehreren Arbeitsplätzen während eines bestimmten Zeitraums durchgeführt.¹¹² Die Methode eignet sich insbesondere für unregelmäßig ausgeführte Tätigkeiten mit geringer Wiederholhäufigkeit.

Während den Beobachtungen an den Arbeitsplätzen werden systematisch die zu Beobachteten Zeitpunkt durchgeführten Tätigkeiten notiert, bei nachfolgenden

¹⁰⁵ Vgl. REFA, 2002, S. 148 und REFA, 1997, S. 96.

¹⁰⁶ Vgl. REFA, 2002, S. 81.

¹⁰⁷ Vgl. Heinz, et al., 2003, S. 148.

¹⁰⁸ Vgl. REFA, 2002, S. 62 und Olbrich, 1993, S. 20 und Schlick, et al., 2010, S. 669.

¹⁰⁹ Vgl. REFA, 2002, S. 292.

¹¹⁰ Vgl. Heinz, et al., 2003, S. 148.

¹¹¹ Vgl. Kief, 2002, S. 40.

¹¹² Vgl. REFA, 2002, S. 388 und Olbrich, 1993 S. 26.

Beobachtungen werden zusätzlich anfallende Tätigkeiten aufgezeichnet oder bei sich wiederholenden Tätigkeit die Häufigkeit erhöht. Damit kann über den Betrachtungszeitraum die prozentuelle Aufteilung der Tätigkeiten ermittelt werden. Mit dieser Methode sind auch nicht erfassbare Ereignisse, wie z.B. Störungen und Ausfälle an Maschinen oder Betriebsmittel, quantifizierbar.¹¹³

Die Multimomentmethode wird in das Multimoment-Häufigkeitsverfahren **MMH** und in das Multimoment-Zeitmessverfahren **MMZ** unterteilt. Beide Verfahren eignen sich zur Untersuchung von langzyklischen und unregelmäßig auftretenden Arbeitsabläufen sowie zur Ermittlung von Ist-Zeiten von muskulären, sensomotorischen, technologischen und mentalen Arbeitsaufgaben¹¹⁴.

Beim **MMH** läuft ein Beobachter in unregelmäßigen Abständen über einen längeren Zeitraum eine vorher fest definierte Route ab und dokumentiert die ihm aktuell je Arbeitsplatz in Erscheinung tretenden Abläufe in einem ebenfalls vorher fest definierten Ablaufkatalog. Durch das Zählen dieser Ablaufarten wird eine Aussage über die absolute oder prozentuale Häufigkeit der zuvor definierten Abläufe mit einer statistisch gesicherten Genauigkeit getroffen¹¹⁵. Hierbei können jedoch keine konkreten Zeitwerte, sondern nur Zeitanteile ermittelt werden¹¹⁶.

Bei dem **MMZ** werden von einem Beobachter an jedem Arbeitsplatz in unregelmäßigen Rundgängen parallel zu den aktuell sichtbaren Abläufen zusätzlich die Zeitpunkte der Beobachtungen niedergeschrieben¹¹⁷. Durch die ermittelten Zeitpunkte kann die Dauer der Einzelvorgänge näherungsweise berechnet werden¹¹⁸. Die Genauigkeit der Methode wird durch die Anzahl der Rundgänge beeinflusst¹¹⁹. Je mehr Rundgänge durchgeführt werden, umso genauer ist die statistische Auswertung und somit das Ergebnis der Methode. Diese Methode eignet sich gut zur Ist-Zeiten-Ermittlung von langzyklischen und unregelmäßige Arbeitsabläufe sowie für Durchlaufzeiten¹²⁰.

4.3 Befragen

Die Methode des Befragens gehört zur Kategorie der Ist-Zeit-Ermittlung. Beim Befragen erkundet ein Fragender (ein Arbeitsstudienmann) die Meinung eines Befragten (ein Mitarbeiter oder dessen Vorgesetzter)¹²¹. Die Methode besitzt eine

¹¹³ Vgl. REFA, 2002, S. 418 und Schlick, et al., 2010, S. 678.

¹¹⁴ Vgl. Kief, 2002, S. 39.

¹¹⁵ Vgl. Olbrich, 1993, S. 27.

¹¹⁶ Vgl. Kief, 2002, S. 39.

¹¹⁷ Vgl. Kief, 2002, S. 39 und Picker, 2006, S. 32.

¹¹⁸ Vgl. Picker, 2006, S. 32.

¹¹⁹ Vgl. Simons, 1987, S. 124.

¹²⁰ Vgl. Olbrich, 1993, S. 27.

¹²¹ Vgl. REFA, 2002, S. 307.

begrenzte Genauigkeit und Reproduzierbarkeit¹²², da ausschließlich auf die Auskunft des Befragten zurückgegriffen werden kann¹²³.

Ist-Zeiten können mit Hilfe mündlicher oder schriftlicher Befragung des ausführenden Mitarbeiters, beispielsweise mit Hilfe von Interviews oder Fragebögen, bestimmt werden. Dabei können bei der Befragung Erkenntnisse über mögliche Verbesserungen des Arbeitssystems gewonnen oder die Wirksamkeit bereits umgesetzter Maßnahmen abgefragt werden. Bei der Einzelbefragung (Exploration) wird die Befragung mit einer einzelnen Person durchgeführt. Es werden geschätzte Ist-Zeiten und weitere Aspekte (Beanspruchungen, Probleme bei der Arbeitsausführung, etc.) des Arbeitsablaufes erhoben. Im Rahmen einer Betriebsbefragung wird eine größere Zahl von Personen befragt und somit aus mehreren Zeitschätzungen durch Mittelwertbildung eine Sollzeit berechnet.

4.4 Zeitaufnahme und Zeitmessung

Die Methode der Zeitaufnahme bzw. der Zeitmessung gehört zur Kategorie der Ist-Zeit-Ermittlung. Die Zeitaufnahme mit Leistungsgradbeurteilung nach REFA ermöglicht die Ermittlung von Sollzeiten über die Aufnahme (Messen und Auswerten) von Ist-Zeiten¹²⁴. Dabei können gemessene Ist-Zeiten für eine bestimmte Tätigkeit bei unveränderlichen Arbeitsbedingungen und gleichbleibender Ausrüstung variieren, da verschiedene Mitarbeiter individuelle Leistungen erbringen können. Grund dafür sind die individuellen Fähigkeiten der Mitarbeiter sowie die Tageszeit- oder Jahreszeit-abhängige Motivation ebendieser.

Damit die ermittelten Ist-Zeiten der Aufnahmen nutzbar werden, ist es erforderlich den jeweiligen Leistungsgrad des bei der Zeitmessung anwesenden, arbeitenden Mitarbeiters zu beurteilen¹²⁵. Man bezeichnet diesen Vorgang auch als Normieren der Ist-Zeit. Um aus einer gemessenen Ist-Zeit nun eine Normalzeit mit einer Bezugsleistung von 100% und somit letztlich eine Sollzeit für die beobachtete Tätigkeit zu erhalten, ist es erforderlich, zusätzlich zum Ist-Zeitwert auch die bei der Ausführung der Tätigkeit zugrundeliegende Ist-Leistung zu kennen. Der Leistungsgrad bezeichnet dann prozentual „das Verhältnis von beeinflussbarer Ist- zur beeinflussbaren Bezugs-Mengenleistung“¹²⁶.

$$\text{Leistungsgrad in \%} = \frac{\text{Sollzeit}}{\text{Istzeit}} * 100$$

Formel 4: Leistungsgrad

¹²² Vgl. Obenauf, 1985, S. 74 und Simons, 1987, S. 122.

¹²³ Vgl. Olbrich, 1993, S. 27.

¹²⁴ Vgl. REFA, 2002, S. 258.

¹²⁵ Vgl. Gencoglu, 1995, S. 280 und Maynard, et al., 2001, S. 87.

¹²⁶ Vgl. REFA, 2002, S. 317.

$$\text{Leistungsgrad in \%} = \frac{\text{beobachtete Istleistung}}{\text{vorgestellte Bezugsleistung}} * 100$$

Formel 5: Leistungsgrad

Die Leistungsgradbeurteilung während einer Zeitaufnahme erfordert ausreichend Erfahrung und genaue Sachkenntnis über den beobachteten Arbeitsablauf. Nur wenn die zeitaufnehmende Person (z.B. Arbeitsstudienmann) den beobachteten Tätigkeitsablauf und die einwirkenden Arbeitsbedingungen genau kennt, ist sie in der Lage, den Leistungsgrad der ausführenden Person zu bestimmen¹²⁷. Bewertet wird der Leistungsgrad an Hand von zwei wesentlichen Merkmalen menschlicher Arbeit: der Geschwindigkeit (Intensität) und der Beherrschung (Wirksamkeit) des Bewegungsablaufes. Die zeitaufnehmende Person beobachtet die Tätigkeitsausführung und vergleicht die Bewegungen bezogen auf die Merkmale Intensität und Wirksamkeit mit einer vorgestellten Bezugsleistung. Häufig wird als Bezugsleistung die REFA-Normalleistung zugrunde gelegt und mit der beobachteten Ist-Leistung verglichen¹²⁸.

Die REFA-Normalleistung bezeichnet eine Bewegungsführung, „...die dem Beobachter hinsichtlich der Einzelbewegungen, der Bewegungsfolge und ihrer Koordinierung besonders harmonisch, natürlich und ausgeglichen erscheint. Sie kann erfahrungsgemäß von jedem in erforderlichem Maße geeigneten, geübten und voll eingearbeiteten Mitarbeiter erbracht werden, sofern er die für persönliche Bedürfnisse und gegebenenfalls auch für Erholung vorgegebenen Zeiten einhält und die freie Entfaltung seiner Fähigkeiten nicht behindert wird“.¹²⁹ Die Differenz zwischen beobachteter Ist-Leistung und der REFA-Normalleistung wird in Leistungsgradprozenten ausgedrückt und bestimmt somit den Leistungsgrad der aufgenommenen Tätigkeit. Ist der Leistungsgrad bestimmt, kann aus der gemessenen Ist-Zeit eine Sollzeit für die untersuchte Montagetätigkeit berechnet werden¹³⁰. Nachfolgende Tabelle 5 fasst die Vorgehensweise bei einer Zeitaufnahme mit Leistungsgradbeurteilung nach REFA zusammen.

Die Zeitaufnahme mit Leistungsgradermittlung nach REFA setzt also immer ein bestehendes Arbeitssystem voraus, an dem die Zeitaufnahme durchgeführt werden kann. Aus diesem Grund eignet sich diese Methode nicht für die prospektive Ermittlung von Soll-Zeiten¹³¹.

In nachfolgender Tabelle ist die Vorgehensweise der Zeitaufnahme mit Leistungsgradbeurteilung nach REFA dargestellt.

¹²⁷ Vgl. REFA, 2002, S. 325.

¹²⁸ Vgl. REFA, 2002, S. 327.

¹²⁹ Vgl. REFA, 2002, S. 327.

¹³⁰ Vgl. REFA, 2002, S. 320.

¹³¹ Vgl. REFA, 2002, S. 320.

Zeitaufnahme mit Leistungsgradbeurteilung (REFA)
1. Verwendungszweck der Zeitaufnahme
2. Beschreibung der Tätigkeit (Arbeitssystem,-Bedingungen,-aufgabe, -verfahren, -methode, etc.)
3. Durchführung der Zeitaufnahme (Gliederung in Abschnitte, Festlegen von Messpunkten, Erfassen der Einflussgrößen und Bezugsmenge, Dokumentation und Auswertung im Zeitaufnahmebogen)
4. Leistungsgradbeurteilung
5. Statistische Auswertung der ermittelten Zeiten
6. Berechnung der Sollzeit je Einheit
7. Bestimmung von Erhol- und Verteilzeiten und ggf. weiteren Zeitzuschlägen
8. Berechnung der Vorgabezeit aus Grund-, Erholungs- und Verteilzeiten

Tabelle 5: Zeitaufnahme mit Leistungsgradbeurteilung¹³²

4.5 Schätzen und Vergleichen

Die Methode des Schätzens und Vergleichens gehört zur Kategorie der Soll-Zeit-Bestimmung. Die Ermittlung von Sollzeiten durch Vergleichen und Schätzen ist eine vergleichsweise aufwandsarme Methode. Beim Vergleichen wird laut REFA¹³³ das Nebeneinanderstellen von Abläufen, Sachen oder Sachverhalten, zur Feststellung von Unterschieden oder Übereinstimmungen verstanden. Schätzen wiederum beschreibt die ungefähre Bestimmung quantitativer Daten.¹³⁴ Da der Mensch nicht in der Lage ist, ohne Vergleichen zu schätzen, würde die Genauigkeit beim Schätzen so ungenau werden, dass eine Verwendung für die Zeitdatenermittlung nur sehr eingeschränkt möglich wäre.¹³⁵

Ein ausreichendes Erfahrungswissen mit den Arbeitsabläufen und dem Tätigkeitsspektrum wird vorausgesetzt, dadurch kann die Dauer eines Arbeitsablaufs geschätzt werden, indem vergleichbare Tätigkeiten identifiziert, deren Ausführungszeit bestimmt und der Zeitaufwand für Abweichungen zum geplanten Ablauf geschätzt wird.¹³⁶ Dabei können unterschiedliche Verfahren, die sich in ihrer Vorgehensweise sowie in der Qualität der Ergebnisse unterscheiden, Anwendung finden. Jede der abgebildeten Verfahrensvarianten ist in Bezug auf die zu erzielende Genauigkeit

¹³² Vgl. REFA, 2002, S. 260.

¹³³ Vgl. REFA, 2002, S. 427.

¹³⁴ Vgl. REFA, 2002, S. 427

¹³⁵ Vgl. Olbrich, 1993, S. 28.

¹³⁶ Vgl. Heinz, et al., 2001, S. 575.

mitunter von den persönlichen Erfahrungen des Schätzenden abhängig.¹³⁷ Zusätzlich zu den persönlichen Erfahrungen des Schätzenden wird i. d. R. ein Zeitklassenkatalog mit Referenzobjekten zur Hilfe herangezogen. Dieser beinhaltet eine Sammlung an Standardblättern mit Informationen über Zeitklassen und Vertrauensbereiche, Arbeitssystembereiche, Standardarbeitskennzeichnungen, Grundzeitangaben für Standardarbeit sowie Angaben der Ablagenummer der Zeitaufnahme.¹³⁸ Wird die Zeitdauer für den gesamten Arbeitsablauf pauschal geschätzt, ohne diesen zuvor in einzelne Ablaufabschnitte zu unterteilen, wird dies als globales Schätzen bezeichnet. Hierbei werden mehrere Abläufe miteinander verglichen und Zeiten auf Grund von Erfahrungen geschätzt.¹³⁹ Dieses Verfahren ist für komplette Aufträge, Arbeitsabläufe oder für die Herstellung einzelner Baugruppen geeignet.¹⁴⁰

Im Vergleich dazu wird beim unterteilten Schätzen des Arbeitsablaufs in einzelne Ablaufabschnitte unterteilt und anschließend die Ausführungszeit für jeden dieser Abschnitte einzeln geschätzt. Die Summe aus diesen Einzelschätzwerten ergibt die Gesamtausführungszeit für den betrachteten Montageablauf. Bei diesem Schätzverfahren stellt sich unter Voraussetzung statistisch voneinander unabhängiger Ablaufabschnitte ein Fehlerausgleich ein, so dass die Genauigkeit im Vergleich zum pauschalen Schätzen zunimmt.¹⁴¹ Das Gesamtergebnis ist umso genauer, je mehr Teilzeiten addiert werden, da bei unterteilten Abläufen der Schätzfehler nicht in voller Höhe in das Ergebnis mit ein geht und der sich einstellende Fehlerausgleich besser wirken kann.¹⁴² Der Gesamtfehler wird wie folgt berechnet:

$$\text{Gesamtfehler [\%]} = \frac{\text{Einzelfehler eines Abschnitts [\%]}}{\sqrt{\text{Anzahl der Abschnitte}}}$$

Formel 6: Gesamtfehler

Eine weitere Methode ist das Schätzen mit Hilfe von Zeitklassen. Abhängig von der minimal und maximal zu erwartenden Ausprägung eines Kriteriums, in diesem Fall der Ausführungszeit eines bestimmten Arbeitsablaufes bzw. Ablaufabschnitts, sowie dem Zeitraum, in welchem sich ein bestimmter Fehlerausgleich einstellen soll, werden Zeitklassen aufgebaut und schematisch in einer Zeitklassentabelle zusammengefasst. Ein Zeitwert für einen ähnlichen Ablauf kann somit über die Zuordnung zu einer Zeitklasse bestimmt werden. Zeitklassen werden durch Zeitklassenuntergrenzen, -Obergrenzen und -Mittelwerte festgelegt und in Zeitklassentabellen gruppiert.¹⁴³ Bei den Zeitklassentabellen gilt es, ein Optimum zwischen der Schätzgenauigkeit und der wirtschaftlichen Anwendung zu finden, da bei breiten Zeitklassen die

¹³⁷ Vgl. Olbrich, 1993, S. 28.

¹³⁸ Vgl. REFA, 2002, S. 443.

¹³⁹ Vgl. Heinz, et al., 2003, S. 151.

¹⁴⁰ Vgl. Kief, 2002, S. 42.

¹⁴¹ Vgl. Olbrich, 1993, S. 28.

¹⁴² Vgl. REFA, 2002, S. 429.

¹⁴³ Vgl. Kief, 2002, S. 43.

Anwendungsgeschwindigkeit hoch und die Genauigkeit gering und bei schmalen Zeitklassen die Anwendungsgeschwindigkeit gering jedoch die Genauigkeit hoch ist.¹⁴⁴

Grundsätzlich sind die beschriebenen Verfahren zum Vergleichen und Schätzen nicht geeignet, um unmittelbare Rückschlüsse auf die Arbeitsgestaltung zu ziehen.¹⁴⁵ Typischerweise findet die Methode des Vergleichen und Schätzens Anwendung in der Phase der Produktentwicklung und frühen Prozess- und Arbeitssystemgestaltung, um zum Beispiel erste Anhaltspunkte für die zu erwartende Montagezeit eines neu geplanten Produktes zu erhalten.

4.6 Berechnung und Simulation

Die Methode des Berechnens und der Simulation gehört zur Kategorie der Soll-Zeit-Bestimmung. Berechnen ist eine Methode zur Sollzeitermittlung, die für mechanisch oder automatisch ablaufende, technologische, durch den Menschen unbeeinflussbare Prozesse geeignet ist.¹⁴⁶ Das Berechnen kann zur Zeitdatenermittlung in der Teilefertigung, in Teilen hybrider Montagesysteme sowie zur Ermittlung von Spielzeiten in automatisierten Logistikbereichen verwendet werden¹⁴⁷. Die Berechnung der Prozesszeiten erfolgt mit Hilfe von Formeln, welche die Maße der zu bearbeitenden oder verarbeitenden Arbeitsgegenstände als auch die gewählte Arbeitsgeschwindigkeit des Betriebsmittels enthalten.¹⁴⁸ Prozesszeiten bezeichnen unbeeinflussbare Haupt- und Nebennutzungszeiten von Betriebsmitteln wie z.B. die Ausführungszeit für das Bohren, Drehen oder Fräsen. Das Berechnen kann in die drei Kategorien Überschlägiges Berechnen, Genaueres Berechnen und Genaustes Berechnen unterteilt werden.

Beim Überschlägigen Berechnen sind die durchschnittlichen Werte für die Schnittgeschwindigkeit und den Vorschub jeweils in einer für den Werkstoff charakteristischen Zahl zusammengefasst. Die Nebenzeiten werden geschätzt. Daher wird diese Kategorie als grobes Verfahren bezeichnet¹⁴⁹. Bei dem Genaueren Berechnen werden für die Schnittgeschwindigkeit und den Vorschub für jeden Bearbeitungsfall Tabellen-Richtwerte benutzt. Nebenzeiten sind aus Richtwerttabellen zu entnehmen. Eingesetzt wird dieses Kriterium vor allem bei der Serienfertigung¹⁵⁰. Das Genauste Rechnen ist die Rechenart mit der höchsten Genauigkeit. Sie wird bei der Serien- und Massenfertigung eingesetzt. Hierbei liegt der Fokus auf der Charakteristik der jeweiligen Werkzeugmaschine. Unterlagen mit den exakten Daten

¹⁴⁴ Vgl. Bokranz, et al., 2006, S. 145.

¹⁴⁵ Vgl. Heinz, et al., 2001, S. 576.

¹⁴⁶ Vgl. REFA, 2002, S. 266 und Picker, 2006, S. 39.

¹⁴⁷ Vgl. Heinz, et al., 2003, S. 151 und Picker, 2006, S. 39.

¹⁴⁸ Vgl. REFA, 2002, S. 267.

¹⁴⁹ Vgl. REFA, 2002, S. 56f.

¹⁵⁰ Vgl. REFA, 2002, S. 56f.

über die einstellbaren Bewegungsgrößen (Schnittgeschwindigkeit, Vorschub und Drehzahl) müssen grundlegend vorhanden sein. Nebenzeiten werden auch hier aus Richtwerttabellen entnommen. Das Kriterium Genaustes Rechnen kann nur bei bekannter Maschinenbelegung angewandt werden¹⁵¹.

Simulationswerkzeuge bieten ebenfalls die Möglichkeit, Zeiten für Arbeitsabläufe / Prozesse zu ermitteln. Zur Ermittlung von Sollzeiten mittels Simulation müssen Modelle existieren, mit denen Abläufe beschrieben werden können. Ausgangspunkt für die Simulationsmodelle sind Sollzeiten, die mit Hilfe anderen Zeitermittlungsverfahren erstellt worden sind. Diese Sollzeiten sind Eingangsgrößen für das Simulationsmodell. Zum einen können im Rahmen einer rechnergestützten Simulation Prozesszeitformeln numerisch umgesetzt und zur Beschreibung von Fertigungsprozessen herangezogen und automatisch ausgewertet werden. Zum anderen können mit ereignisdiskret ablaufenden Simulationen Montagesysteme virtuell abgebildet und zum Beispiel hinsichtlich ihres Störungsverhaltens untersucht werden. Ist die stochastische Verteilung der Störungen einzelner Montagestationen bekannt, können auf diese Weise die Auswirkungen auf das Gesamtsystem untersucht und zum Beispiel die zu erwartenden Stillstandzeiten der Anlage ermittelt werden.

4.7 Planzeitbausteine

Die Methode der Planzeitbausteine gehört zur Kategorie der Soll-Zeit- Bestimmung. Planzeitbausteine nehmen im Rahmen der Zeitwirtschaft immer dann eine zentrale Position ein, wenn Zeitdaten die mit den bisher beschriebenen zeitwirtschaftlichen Methoden ermittelt worden sind, in ein unternehmensspezifisches System zusammengefasst bzw. verdichtet werden und mehrfach verwendbar gemacht sollen.

Im Gegensatz zu den Prozessbausteinen der Systeme vorbestimmter Zeiten, die unternehmensneutral sind, stehen in diesem Kapitel unternehmensspezifische Prozessbausteine im Mittelpunkt, deren Gültigkeit auf einzelnen Unternehmen bzw. sogar nur einzelnen Prozesse beschränkt ist. Mittels dieser Planzeitbausteine und deren Addition ist es möglich, geplante Arbeitsabläufe zeitlich zu bewerten, um zum Beispiel Gestaltungsalternativen bereits in frühen Entwicklungsphasen zu vergleichen. Gleichzeitig führt die Verwendung von Planzeitbausteinen zu einer strukturierten Arbeitsablaufplanung und trägt damit auch zur Standardisierung der Arbeitsmethodik bei.¹⁵²

Hierfür ist es zwingend erforderlich, eine durchgängige und möglichst digitale Struktur für Zeitdaten aufzubauen bzw. vorzuhalten, in welcher Planzeitbausteine unterschiedlichen Umfangs ebenso wie unternehmensneutrale Prozessbausteine

¹⁵¹ Vgl. REFA, 2002, S. 56f

¹⁵² Vgl. Kuhlmann, 2010a

abgelegt und wiedergefunden werden können. Dies ist die ordinäre Aufgabe, der unter dem Oberbegriff „Planzeitbausteine“ zusammengefassten Formen der Zeitdatenablage. Innerhalb der Prozesskette der Zeitwirtschaft tangieren Planzeitbausteine somit sowohl die Elemente Aufbereitung von Zeitdaten, deren strukturierte Ablage sowie die Verwendung.

Planzeitbausteine sind ermittelte Zeiten für immer wiederkehrende Ablaufabschnitte, die so beschrieben und klassifiziert sind, dass deren Zeitwert jederzeit schnell wieder aufzufinden ist. Die hohe Relevanz von Planzeitbausteinen für die Zeitwirtschaft ist vor allem damit begründet, dass deren Anwendung viele Vorteile bietet. Der größte Vorteil beim Arbeiten mit Planzeitbausteinen liegt in der Wirtschaftlichkeit, da einmal ermittelte Planzeitbausteine mit vergleichbar geringem Aufwand zur zeitlichen Bestimmung von Ablaufabschnitten herangezogen werden können. So besteht die Möglichkeit der schnellen und aufwandsarmen Bestimmung von qualitativ hochwertigen Zeitdaten, für beispielsweise die Montage neuer Varianten, aus Zeitdaten gleicher oder ähnlicher Produkte. Eine erneute Zeitermittlung mit einer der in Kapitel 4 vorgestellten Methoden ist nicht erforderlich. Somit stehen schon in der Planungsphase hinreichend genaue und zuverlässige Zeitdaten für einen Arbeitsablauf zur Verfügung. Anhand dieser Daten und der dafür erforderlichen kritischen analytischen Betrachtung der Arbeitsabläufe ist es möglich, eine Abwägung verschiedener Konstruktions- und Planungsalternativen durchzuführen, um eine möglichst ideale Gestaltung der Arbeitsmethode aus ergonomischer und wirtschaftlicher Sicht zu garantieren.¹⁵³

Voraussetzung für die erfolgreiche Verwendung von Planzeitbausteinen für die unterschiedlichsten Planungs- und Steuerungsaufgaben im Unternehmen ist die vorherige Ermittlung der Zeitdaten, die Beschreibung der Einflussgrößen auf ein Arbeitssystem sowie die Strukturierung der Daten.¹⁵⁴

4.8 Prozessbausteinsysteme (SvZ)

Die Methoden der Prozessbausteinsysteme gehört zur Kategorie der Soll-Zeit-Bestimmung. Ein Prozessbaustein repräsentiert hierbei einen Ablaufabschnitt, dessen Inhalt und Verwendung beschrieben wurde und für den ein definierter Zeitstandard gilt. Ein Prozessbausteinsystem wiederum setzt sich aus einer abgegrenzten Menge an Prozessbausteinen zusammen.¹⁵⁵

Unternehmensneutrale Prozessbausteinsysteme bzw. Systeme vorbestimmter Zeiten beinhalten Verfahren zur Sollzeitermittlung, mit denen Planzeiten für die Ausführung von Arbeitsabläufen bestimmt werden können.¹⁵⁶ In der praktischen Anwendung

¹⁵³ Vgl. Kuhlant, 2010a

¹⁵⁴ Vgl. Kuhlant, 2010a

¹⁵⁵ Vgl. Bokranz, et al., 2006, S. 512ff; S. 821.

¹⁵⁶ Vgl. Kanawaty, 1992, S. 381 und REFA, 1997, S. 66

haben SvZ den großen Vorteil der kombinierten Standardisierung von Arbeitsablauf und Tätigkeitszeit, welche nicht getrennt voneinander betrachtet werden können.¹⁵⁷ Ein weiter Vorteil von SvZ besteht in der Planung von Arbeitssystemen im Vorfeld. Dieses spart Zeit und Kosten, da nicht erst ein Arbeitssystem entwickelt und aufgebaut werden muss, bevor es betrachtet werden kann. Die Prozessbausteine der verschiedenen SvZ sind unternehmensneutrale Planzeiten, die durch umfangreiche Untersuchungen ermittelt und mit fest definierten Einflussgrößen erfasst wurden. Auf diese Weise können sie in Form von unternehmens- und 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 entwickelt¹⁵⁸.

Beispiele für unternehmensneutrale Prozessbausteinsysteme sind Methods-Time Measurement (MTM), Work Factor (WF), Maynard Operation Sequencing Technique (MOST), Modular Arrangement of Predetermined Motion Time Systems (MODAPTS).¹⁵⁹ Im Rahmen dieser Arbeit wird nur die Methode Methods-Time Measurement vorgestellt.

4.8.1 Methods-Time Measurement (MTM)

Allgemeines zu MTM

Methods-Time Measurement ist das bekannteste und das am weitest verbreitete System vorbestimmter Zeiten weltweit. Vertreten wird diese Methode International durch das Internationale MTM Direktorat (IMD) und National durch MTM-Vereinigungen, wie z.B.: die Deutsche oder die Österreichische MTM-Vereinigung, welche die standardisierte Anwendung und Schulung sowie die Weiterentwicklung und internationale Vergleichbarkeit dieses Verfahrens sicherstellen. Schon aus der Abkürzung MTM, was ins Deutsche übersetzt so viel wie Methoden-Zeit Messung bedeutet, geht hervor, dass die Zeit von der vorliegenden Methode abhängt, also die Methode die Zeit bestimmt.¹⁶⁰

MTM ist ein Verfahren, bei welchem in der Analyse manuelle Bewegungsabläufe in einzelne Bewegungselemente gegliedert werden, wobei jedem dieser Bewegungselemente ein Normzeitwert zugeordnet ist, der durch verschiedene äußere Einflussgrößen vorbestimmt ist. Die vorbestimmten Zeitwerte der

¹⁵⁷ Vgl. Schlick, et al., 2010, S. 699.

¹⁵⁸ Vgl. Bokranz, et al., 2006, S. 512ff.

¹⁵⁹ Vgl. Maynard, et al., 2001, S. 12ff.

¹⁶⁰ Vgl. Picker, 2006, S. 40.

Bewegungselemente sind Werte, welche von jeder arbeitenden Person mit durchschnittlicher Geschwindigkeit und Anstrengung erreicht werden können. Wobei die Geschicklichkeit der ausführenden Personen durch einen ausreichenden Übungsgrad erreicht werden kann. Durchschnittliche Anstrengung ist ein Arbeitsmaß, welches von Personen jeden Tag abverlangt werden kann, ohne dass diese Personen ermüden oder sich überanstrengen müssen. ¹⁶¹

Die MTM-Normzeitwerte werden in Time Measurement Units (kurz: TMU), was so viel wie Zeitmesseinheit bedeutet, angegeben und gemessen. Die Zeitzuordnung erfolgt mit Hilfe von MTM-Normzeitwerttabellen, sogenannte MTM-Datenkarten, in denen die Normzeitwerte aller Grundbewegungen in Abhängigkeit ihrer Einflussgrößen niedergeschrieben sind. Neben den eigentlichen Zeitdaten ergeben sich aus der Anwendung der Prozessbausteinsysteme auch Hinweise für die Gestaltung von Arbeitsmethoden und Arbeitsplätzen.

Methoden der Datenermittlung	Reproduzierbare Methodenbeschreibung	Eindeutige Methoden-Zeit-Beziehung	Vorausplanung von Methoden und Zeit	International anerkannte Zeitstandards
Zeitaufnahme				
Multimoment				
Selbstaufschreibung				
Vergleichen/Schätzen				
Video-Aufnahmen				
Planzeiten				
MTM				

gute Erfüllung: keine Erfüllung:

Abbildung 17: MTM im Vergleich zu anderen Zeitermittlungsmethoden¹⁶²

¹⁶¹ Vgl. Kurlang, 2001, S.36

¹⁶² Vgl. ÖMTMV, 2015, S.4

Vergleicht man MTM mit anderen Zeitermittlungsmethoden nach bestimmten Kriterien, wie in der Abbildung dargestellt, sieht man die vielen Vorteile, die diese Methode bietet. Weitere Vorteile der Methode sind:¹⁶³

- Die Arbeitsmethoden und die Ausführungszeiten sind vor Arbeitsbeginn detailliert festgelegt
- Die Methode bewirkt, dass die Arbeitsmethode vor der Zeitbestimmung festzulegen ist. Dadurch ist es bereits im Planungsstadium möglich die optimale Arbeitsmethode zu bestimmen.
- Die Zeitdaten vom MTM gewähren ein einheitliches Niveau, aufgrund des Wegfallens der Leistungsgradbeurteilung
- Im Rahmen einer leistungsabhängigen Entlohnung können die Vorgabezeiten zur objektiven und sachlichen Diskussion beitragen
- MTM dient als Hilfsmittel zur Ergonomie-gerechten Gestaltung der Arbeitssysteme und zur Vereinfachung von Abläufen

Die MTM Methode hat jedoch auch bestimmte Grenzen:¹⁶⁴

- Das MTM-Verfahren ist auf ausschließlich beeinflussbare manuelle Abläufe anwendbar
- Es können keine geistigen Tätigkeiten, wie Nachdenkprozesse, mit der Methode abgebildet werden, mit Ausnahme der Ja/Nein-Entscheidung
- In den Zeitanteilen der MTM-Bausteine sind keine Verteil- und Erhol-Zeiten eingerechnet

Die MTM-Prozessbausteinsysteme

MTM wird in unterschiedliche Prozessbausteinsysteme eingeteilt, wobei die Auswahl vom jeweiligen Methodenniveau der Montagetätigkeit abhängig ist. Mit Methodenniveau wird die Qualität eines Arbeitsablaufes, abhängig vom Übungsgrad des Ausführenden und dem Organisationsgrad des Arbeitssystems beschrieben. Die Ausprägung des Methodenniveaus wird durch die Differenz zwischen der zugrundeliegenden Arbeitsmethode (was getan werden soll) und der ausgeführten Arbeitsweise (wie es getan werden soll) bestimmt. Dadurch kommt es bei abnehmender Wiederholhäufigkeit zu einer Verschlechterung der Handhabung und folglich einer Senkung des Methodenniveaus. Dabei unterscheidet MTM drei unterschiedliche Prozesstypen mit unterschiedlichen Methodenniveaus und ordnet diesen in Abhängigkeit von der Unternehmenstypologie angepasste Prozessbausteinsysteme zu, was in Abbildung 18 zu sehen ist.

¹⁶³ Vgl. Kuhlmann, 2001, S.38

¹⁶⁴ Vgl. Kuhlmann, 2001, S.38

Ablaufkomplexität		Standardvorgänge (Aufbaustufen) der MTM-Bausteinsysteme		
		MEK	UAS	MTM-1
6. Arbeitsvorgang				
5. Vorgangsfolge				
4. Vorgangsschritt				
3. Grundvorgang				
2. Bewegungsfolge			SD-BW, MTM-2	
1. Grundbewegung				MTM-1
Prozesstypologie		Prozesstyp 3 »Einzelfertigung«	Prozesstyp 2 »Serienfertigung«	Prozesstyp 1 »Mengenfertigung«
1. Zyklik		keine zyklischen Wiederholungen	begrenzt längerzyklische Wiederholungen	permanent kurzzyklische Wiederholungen
2. Ablauf		Gesamtablauf (Rahmenbedingungen des Prozesses)	Teilablauf (Rahmenbedingungen des Prozesses)	Bewegungsablauf (Grundbewegungen)
3. Arbeitsplatz		für nahezu beliebige Produktvarianten und Prozesse	für ein definiertes Produktspektrum	für eine definierte Produktvariante
4. Versorgung		Holprinzip	Holprinzip mit Bereitstellung	Bringprinzip
5. Arbeitsweise		hohe Streuung	mittlere Streuung	geringe Streuung

Abbildung 18: MTM-Prozessbausteinsysteme im Kontext der Prozesstypologie¹⁶⁵

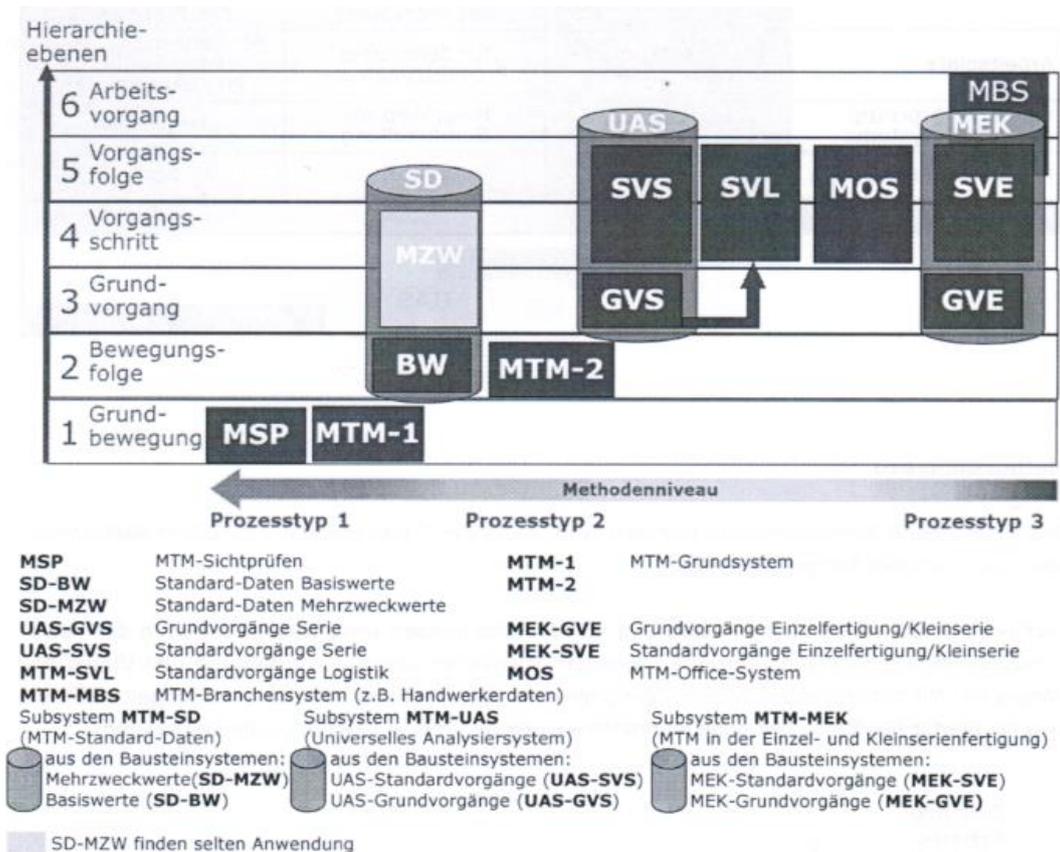


Abbildung 19: MTM-Prozessbausteinsysteme nach Methodenniveau¹⁶⁶

¹⁶⁵ Vgl. Bokranz, et al., 2012, S.101

¹⁶⁶ Vgl. ÖMTMV, 2015, S.20

Alle in Abbildung 19 angeführten MTM-Prozessbausteinsysteme basieren auf dem MTM-1 Grundsystem. Dieses unterteilt jede Tätigkeit in ihre aufeinanderfolgenden elementaren Grundbewegungen Hinlangen, Greifen, Bringen, Fügen, Loslassen. Diese fünf Bewegungselemente reichen aus, um durch Kombination den größten Teil der Tätigkeiten in der industriellen Fertigung und Montage beschreiben zu können.

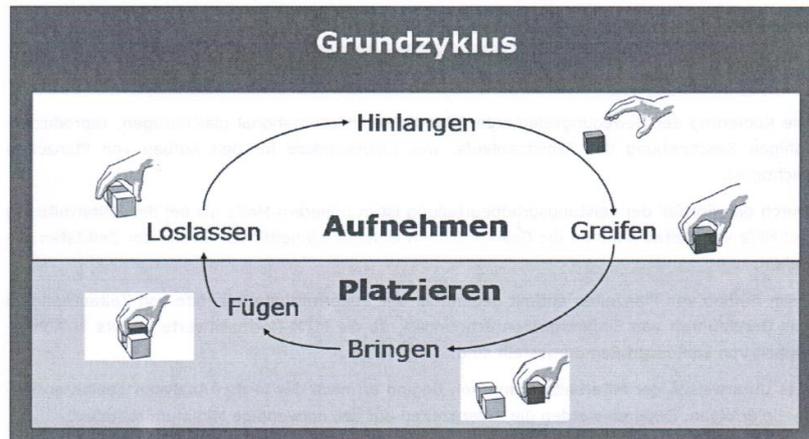


Abbildung 20: Grundbewegungen nach MTM-1¹⁶⁷

Zusätzlich zu diesen fünf Grundbewegungen definiert MTM-1 noch weitere Bewegungselemente, wie zum Beispiel Körper-, Bein- oder Fußbewegungen. 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. In nachfolgender Abbildung wird die Verdichtungskette ausgehend vom MTM-1 Grundsystem, über die MTM-BW / MTM-2 bis zum MTM-UAS / MTM-MEK am Beispiel des Aufnehmens und Platzierens verdeutlicht.

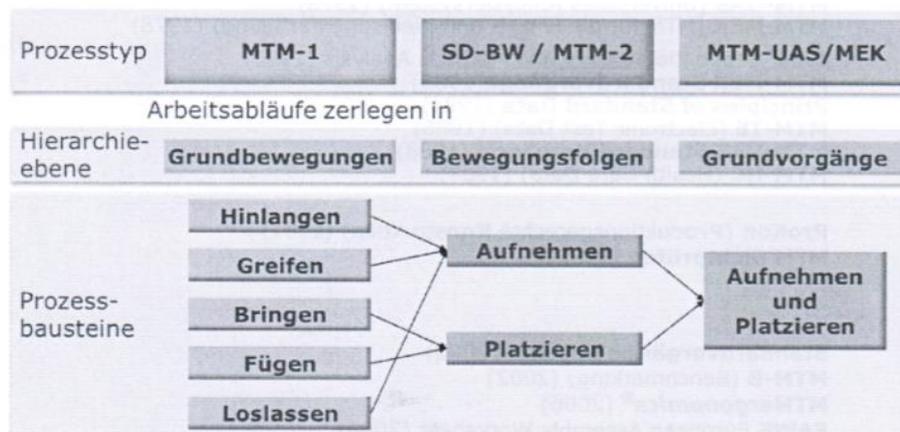


Abbildung 21: Datenverdichtung im MTM-Prozessbausteinsystem¹⁶⁸

¹⁶⁷ Vgl. ÖMTMV, 2015, S.17

¹⁶⁸ Vgl. ÖMTMV, 2015, S.17

MTM-UAS

Das Verwenden von höher aggregierten Bausteinen führt zu einer deutlichen Reduzierung des Analysieraufwandes, gleichzeitig wird jedoch durch den höheren Abstraktionsgrad der Detaillierungsgrad der gewonnenen Zeitdaten verringert. In der Serienfertigung ist das Universelle Analysier-System, in der Einzel- und Kleinserienfertigung das MEK von besonderer Bedeutung. UAS besteht aus den Grundvorgängen:

Grundvorgänge	Kode-Baustein
Aufnehmen und Platzieren	A##
Platzieren	P##
Hilfsmittel handhaben	H##
Betätigen	B##
Bewegungszyklen	Z##
Körperbewegungen	K##
Visuelle Kontrolle	V##

Tabelle 6: Grundvorgänge mit Kodebaustein aus MTM-UAS¹⁶⁹

Weiter existieren im UAS Standardvorgänge, die sich aus den Grundvorgängen zusammensetzen. Die höher verdichteten Standardvorgänge wurden entwickelt, um die Analysiergeschwindigkeit weiter zu erhöhen. Sie bilden typische Tätigkeiten der Serienfertigung, insbesondere der Serienmontage, in Form einzelner Prozessbausteine ab, wie sie in vielen montierenden Unternehmen vorkommen. Insgesamt werden neun UAS-Standardvorgänge definiert:

Standardvorgänge	Kode-Baustein
Schraubarbeiten	M-S##
Klebearbeiten	M-K##
Prüfen oder Messen	M-P##
Markieren	M-M##
Behandeln	M-R## & M-B##
Normteile montieren	M-N##
Festspannen und Lösen	M-F##
Auspacken	M-A##

Tabelle 7: Standardvorgänge mit Kodebaustein aus MTM-UAS¹⁷⁰

¹⁶⁹ Vgl. ÖMTMV, 2015, Datenkarte Grundvorgänge

¹⁷⁰ Vgl. ÖMTMV, 2015, Datenkarte Standardvorgänge

Das voranstehende M in den Codebausteinen steht hierbei für Montage. Durch diese Kombination aus den UAS-Grundvorgängen und den UAS-Standardvorgängen 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 (wie bereits in Abbildung 19 dargestellt).¹⁷¹.

Analyisertechnik mit MTM-UAS

Die Vorgehensweise bei der Analyse mit MTM-UAS besteht aus zwei Schritten:

- Phase1: Vorbereitung der Analyse
- Phase2: Durchführung der Analyse

Dabei wird zwischen zwei Arten der Analyse, der Planungs- und Ausführungsanalyse, unterschieden. In der Ausführungsanalyse wird ein realer und existierender Ablauf nach Objekten oder nach Verrichtung, sowie alle relevanten Rahmenbedingungen erfasst und mittels UAS-Bausteinen analysiert. Bei der Planungsanalyse wird ein zukünftiger Ablauf nach Objekten oder nach Verrichtung entworfen und die relevanten Rahmenbedingungen aus den Planungsunterlagen abgeleitet und mittels UAS-Bausteinen analysiert.

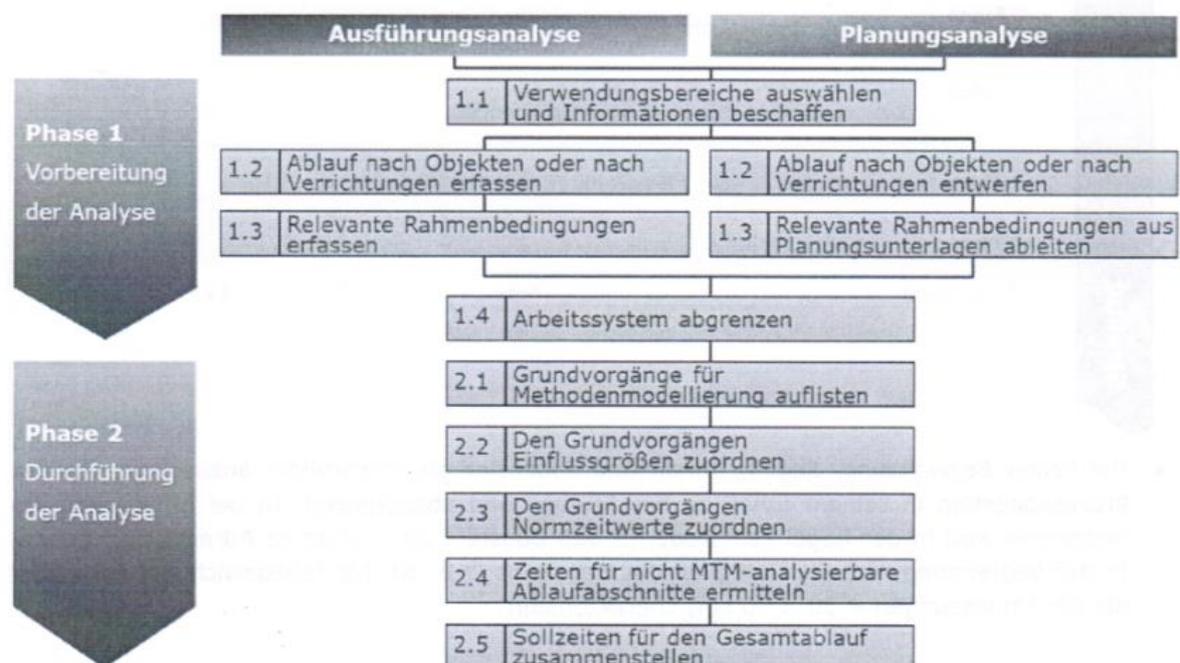


Abbildung 22: Vorgehensweise bei der Analyse mit MTM-UAS¹⁷²

¹⁷¹ Vgl. ÖMTMV, 2015, S.20

¹⁷² Vgl. ÖMTMV, 2015, S.II-8

Kode-Erstellung mit MTM-UAS

Die Prozessbausteine der UAS-Grundvorgänge bestehen aus zwei Alphazeichen und, je nach Grundvorgang, fallweise aus einer zusätzlichen Ziffer. Die erste Stelle der Kodierung ist ein Alphazeichen und entspricht dem jeweiligen Grundvorgang. Die zweite Stelle ist alphabetisch fortlaufend belegt für die 1. Einflussgröße. Bei den Grundvorgängen Aufnehmen und Platzieren, Platzieren, Hilfsmittel handhaben, Betätigen und Bewegungszyklen steht an der dritten Stelle der Kodierung eine Ziffer für den Entfernungsbereich.



Abbildung 23: Kodierbeispiel für UAS-Grundvorgang¹⁷³

Die UAS-Standardvorgänge sind durchgehen fünfstellig. Bei den Standardvorgängen besteht ein Baustein, je nach Standardvorgang, aus zwei vordefinierten Alphazeichen, die mit Bindestrich getrennt sind und die diesem Vorgang zugrunde liegen, sowie zwei weiteren Alphazeichen, welche den Konkreten Fall im Standardvorgang Beschreiben. Zusätzlich ist zu beachten, dass bei jedem Standardvorgang Ergänzungswerte für Hilfsmittel und fallweise sogar Ergänzungswerte für Teile als eigenen Kode analysiert werden können. Diese Ergänzungswerte werden analysiert, wenn variable Einflussgrößen dem Standardvorgang zugrunde liegen (z.B. Entfernungen). Dabei wird der Ergänzungswert für Hilfsmittel in drei Entfernungsbereiche gegliedert, wobei jener für Teile nur im Entfernungsbereich 3 analysiert wird.



Abbildung 24: Kodierbeispiel für UAS-Standardvorgang¹⁷⁴

¹⁷³ Vgl. ÖMTMV, 2015, S.II-21

¹⁷⁴ Vgl. ÖMTMV, 2015, S.III-5

Analysierbeispiel für Grundvorgang Aufnehmen und Platzieren in MTM-UAS

Die Datenkarte des MTM-UAS enthält alle sieben Grundvorgänge mit einer Aufschlüsselung der jeweiligen Einflussgrößen, Entfernungsbereiche und den TMU. In Abbildung 25 ist der Auszug der Datenkarte für den Grundvorgang: Aufnehmen und Platzieren dargestellt.

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

Abbildung 25: Aufnehmen und Platzieren – MTM-UAS¹⁷⁵

Aufnehmen und Platzieren ist Definitionsgemäß: Das Hinlangen zu einem oder mehreren Gegenständen, das Erlangen der Kontrolle über diesen oder diese, sowie das anschließende, in der Genauigkeit definierte Bringen an einen Bestimmungsort, ausgeführt mit den Fingern oder der Hand.¹⁷⁶

Der Prozessbaustein beinhaltet folgende Abgrenzungen:

Beginn	Mit der Hand starten, um sie zu einem oder mehreren Gegenständen hinzubewegen.
Inhalt	Alle zeitbestimmenden Finger-, Hand- und Armbewegungen, die erforderlich sind, um im Entfernungsbereich 1-3 einen oder mehrere Gegenstände aufzunehmen und an einen Bestimmungsort zu platzieren.
Ende	Der oder die am Bestimmungsort platzierten Gegenstände sind losgelassen.

Tabelle 8: Prozessbausteininhalt Aufnehmen und Platzieren

¹⁷⁵ Vgl. ÖMTMV, 2015, Datenkarte Grundvorgänge

¹⁷⁶ Vgl. ÖMTMV, 2015, S.II-25

Dabei wird dieser Vorgang durch folgende Einflussgrößen bestimmt.

1. Teilegewicht
2. Sperrigkeit
3. Fall des Aufnehmens
4. Fall des Platzierens
5. Entfernungsbereich

Im Folgenden werden die einzelne Einflussgrößen Beschrieben und Dargestellt.

1. Teilegewicht

Das Teilegewicht (kg) bzw. der Kraftaufwand (daN) wird in 3 Klassen eingeteilt:

Teilegewichtsklassen	
von	bis
0	$\leq 1 \text{ kg/daN}$
$> 1 \text{ kg/daN}$	$\leq 8 \text{ kg/daN}$
$> 8 \text{ kg/daN}$	$\leq 22 \text{ kg/daN}$

Tabelle 9: Teilegewichtsklassen MTM-UAS¹⁷⁷

Zu beachten ist, dass bei der Bestimmung der Gewichtsklasse es unerheblich ist, ob ein Gegenstand mit einer oder mit beiden Händen aufgenommen wird.

2. Sperrigkeit

Gegenstände, bei denen

- eine Hauptabmessung **> 80 cm** oder
- die Fläche der 2 Hauptabmessungen **>900cm²**

sind, gelten als sperrig.

Sperrigkeit wird nur berücksichtigt, wenn der Gegenstand in seiner Gesamtheit frei im Raum bewegt werden muss. Wird z.B. eine Tür geöffnet, ist sie nicht als sperrig einzustufen, wird sie hingegen eingesetzt, ist sie sperrig. In der Analyse wirkt sich das insofern aus, dass die nächsthöhere Gewichtsklasse für die Bewertung des Vorganges gewählt werden muss.

¹⁷⁷ Vgl. ÖMTMV, 2015, S.II-26

3. Fall des Aufnehmens

Wie bereits erwähnt, basieren alle MTM-Bausteinsysteme auf dem Grundsystem MTM-1. Um den Fall des Aufnehmens zu klären, muss zuerst die Grundbewegung Greifen aus MTM-1 betrachtet und analysiert werden. In Tabelle 10 ist der Zusammenhang zwischen der Art des Greifens (und den damit einhergehenden Kontrollaufwand) und den drei Varianten des Aufnehmens dargestellt.

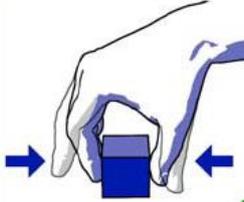
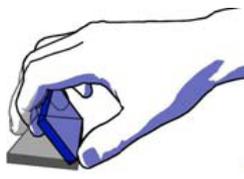
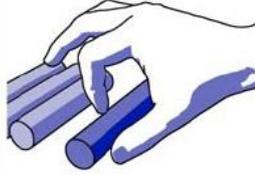
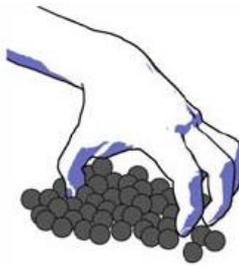
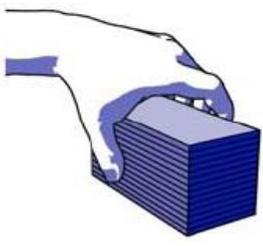
Aufnehmen			
Fall	leicht	schwierig	Hand voll
	allein liegender Gegenstand	vermischt liegender Gegenstand	gehäufte oder gestapelte Gegenstände
MTM-1 Kodes	 G1A  G1B  G5	 G4  G1C	<p>Sonderfälle des Greifens</p>  Schöpfgreif  Stapelgriff
UAS Kodes	AA., AB., AC.	AD., AE., AF.	AG.

Tabelle 10: Die verschiedenen Fälle des Aufnehmens¹⁷⁸

¹⁷⁸ Vgl. ÖMTMV, 2015, S.II-27

4. Fall des Platzierens

Tabelle 11 visualisiert die Vorgehensweise bei der Bestimmung des Falles des Platzierens und stellt wieder einen Bezug zu MTM-1 her. Ausschlaggebend ist hierbei die Platziergenauigkeit. In der letzten Spalte sind die möglichen, resultierenden UAS-Kodes dargestellt. Da der Fall des Platzierens auch als Einflussgröße bei den Grundvorgängen Platzieren und Hilfsmittel handhaben dient, sind die Codes ebenfalls in der Tabelle berücksichtigt.

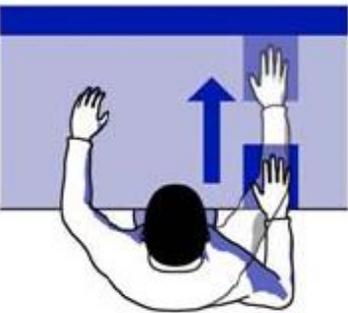
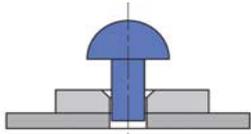
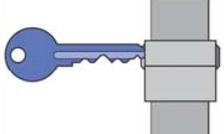
Platzieren			
Fall	ungefähr	lose	eng
	Spiel > 12 mm	Spiel ≤ 12 mm	
	 <p>bzw. gegen einen oder mehrere Anschläge</p> 	Einfügen ohne Druck und keine erkennbare Verzögerung am Ziel 	mit Druck und/oder erkennbarer Verzögerung am Ziel 
		Anfügen Zielgenauigkeit als Toleranz > ± 1,5 bis ≤ ± 6,0 mm oder Spiel > 3 bis ≤ 12 mm	Zielgenauigkeit als Toleranz ≤ ± 1,5 mm oder Spiel ≤ 3 mm
MTM-1 Codes	M-A, M-B, M-C	P1..	P2.., P3,..
UAS Codes	AA., AD., AG., AH., AL., PA., HA.	AB., AE., AJ., AM., PB., HB.	AC., AF., AK., AN., PC., HC.

Tabelle 11: Die verschiedenen Fälle des Platzierens¹⁷⁹

¹⁷⁹ Vgl. ÖMTMV, 2015, S.II-28

5. Entfernungsbereiche

Der Entfernungsbereich wird durch die Bewegungslänge ausgedrückt und muss bei fünf UAS-Grundvorgängen bestimmt werden. Diese sind folgende:

- Aufnehmen und Platzieren
- Platzieren
- Hilfsmittel Handhaben
- Betätigen
- Bewegungszyklen

Als Messpunkte zur Ermittlung der Bewegungslänge dienen die Zeigerfingerwurzel bei Handbewegungen und die Fingerspitze bei Fingerbewegungen.

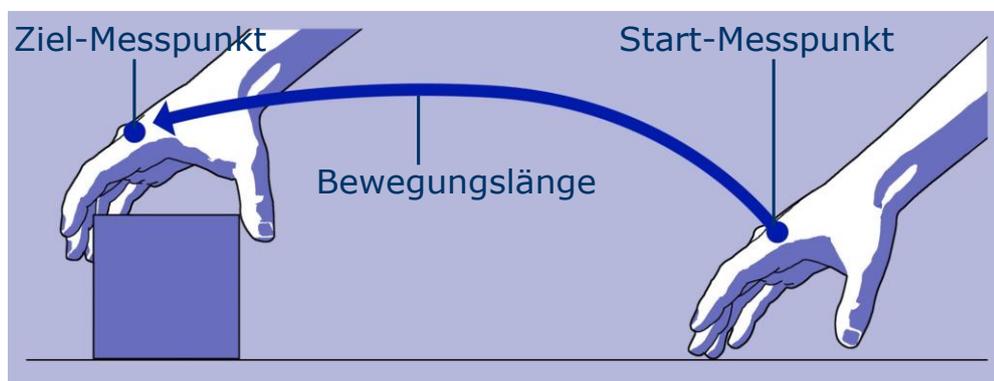


Abbildung 26: Bestimmung der Bewegungslänge¹⁸⁰

Die Bewegungslänge wird in drei Entfernungsbereiche eingestuft und im Gegensatz zu MTM-1 wird dieser Wert geschätzt.

Bewegungslänge [cm]	Entfernungsbereich (Kode)
≤ 20	1
> 20 ≤ 50	2
> 50 ≤ 80	3

Tabelle 12: UAS-Entfernungsbereiche¹⁸¹

Auch die Codes der anderen Grundvorgänge können nach einem ähnlichen Prinzip bestimmt werden. Wichtig sind die Kenntnisse über die jeweiligen Einflussgrößen und der richtige Gebrauch der MTM-UAS Datenkarte.

¹⁸⁰ Vgl. ÖMTMV, 2015, S.II-23

¹⁸¹ Vgl. ÖMTMV, 2015, S.II-23

5 Kombinierte Anwendung von Methoden zur Produktivitätssteigerung

Dieses Kapitel beschreibt wie die Methoden MTM der Systeme vorbestimmter Zeiten und das Wertstromdesign der Lean-Production miteinander kombiniert werden kann, welche Vorteile sich dadurch ergeben und welche Methoden welche Montage- und produktionslogistische Aspekte abdeckt.

5.1 Wertstromdesign und MTM

Die Produktivität ist die wichtigste Kenngröße zur Bewertung der Leistungsfähigkeit eines Arbeitssystems.¹⁸² Die Steigerung der Kenngröße Produktivität steht im Mittelpunkt bei der kombinierten Anwendung von MTM und dem WSD, was infolge eine Vermeidung der Verschwendung bzw. eine Steigerung der Wertschöpfung bewirkt.¹⁸³ Der Fokus im WSD richtet sich vor allem auf das Verhältnis der Bearbeitungszeit zur Durchlaufzeit über einen definierten Prozess oder eines Produktes. Dadurch können speziell durch die Betrachtung von Liegezeiten, den gewählten Losgrößen und der flussorientierten Ausrichtung der Produktionsprozesse Potentiale zur Optimierung aufgedeckt werden. MTM, im Vergleich, besitzt eine standardisierte Prozesssprache zur Beschreibung menschlicher Arbeit und schärft den Blick für maßgebliche Einflussgrößen dieser Prozesse. Dadurch kann eine verrichtungsorientierte Betrachtung eingenommen werden, womit eine exakte Ermittlung von Bearbeitungs-, Transport- und Rüstzeiten erfolgen kann¹⁸⁴ Die weiteren Vorteile dieser kombinierten Anwendung, durch eine aufeinander abgestimmte Gestaltung und Verbesserung von arbeitstechnischen und produktionslogistischen Aspekten in Arbeitssystemen und deren Arbeitsmethoden entlang eines Wertstroms, ist in Tabelle 133 angeführt. Im Hinblick auf Lean-Management, ist das Ziel beider Methoden besonders die Identifizierung von Verschwendung im Wertstrom, die Bewertung und die anschließende Reduktion oder Elimination von Verschwendung.¹⁸⁵ Die Ergänzung dieser beiden Methoden ergibt neuartige Gestaltungsmöglichkeiten entlang eines Wertstroms sowie in und um den Bereich eines Arbeitssystems, da zum einen bei WSD der Tiefgang ins Detail fehlt, oder zum anderen bei MTM der Überblick über den gesamten Wertstrom fehlt.¹⁸⁶

¹⁸² Vgl. Kuhlmann, et al., 2012

¹⁸³ Vgl. Kuhlmann, et al., 2010

¹⁸⁴ Vgl. Kuhlmann, et al., 2012

¹⁸⁵ Vgl. Kuhlmann, et al., 2012

¹⁸⁶ Vgl. Kuhlmann, et al., 2012

	WSD	MTM
Exakte Ermittlung und Bewertung von <ul style="list-style-type: none"> • Bearbeitungs-, Transport- und Rüstzeiten • Leistung und Auslastung 		X X
Reduktion der Durchlaufzeit durch <ul style="list-style-type: none"> • Minimierung bzw. Eliminierung von Liegezeiten • Verbesserung und Umgestaltung der Methoden und dadurch Reduktion der Bearbeitungszeiten und Transportzeiten 	X X	X
Erhöhung der Produktivität (Effizienz- und Effektivitätssteigerungen) durch <ul style="list-style-type: none"> • Gestaltung der Arbeitsmethoden Flussorientierte Betrachtung (Gesamtablauf) Verrichtungsorientierte Betrachtung (Einzelabläufe) • Verbesserung von Leistung und Auslastung • Standardisierung der Prozesse 	X	X X X
Reduktion der Bestände in Form von <ul style="list-style-type: none"> • Rohmaterialien, Umlauf- und Fertigwarenbeständen 	X	
Verbesserung der Liefertreue durch <ul style="list-style-type: none"> • Reduktion der Durchlaufzeit • Verminderung der Losgrößen • Glättung von Schwankungen 	X	
Bewertung und Planung von Materialflüssen <ul style="list-style-type: none"> • auf Grundlage standardisierter Logistik-Prozessbausteine 		X
Reduktion des Steuerungsaufwands durch <ul style="list-style-type: none"> • Vereinfachung des Informationsflusses • Anwendung von Prinzipien der Selbststeuerung (Supermarkt,...) 	X	
Reduktion des Flächenbedarfs durch <ul style="list-style-type: none"> • Materialflussoptimierung • Verbesserte Arbeitsplatzanordnung • Verbesserte Arbeitsplatzgestaltung 	X X	X
Vergleichbarkeit und Bewertung von Ist- und Ziel-Zustand <ul style="list-style-type: none"> • International angewandte, einheitliche Bezugsleistung für menschliche Arbeit (Benchmarks) 		X
Simulationsfähigkeit <ul style="list-style-type: none"> • Planung, Gestaltung, Bewertung und Optimierung von „virtuelle“ Arbeitsmethoden (fluss- und verrichtungsorientiert) für Ist- und Ziel-Zustände 	X	X
Einfache und nachvollziehbare Dokumentation der Arbeitsmethoden <ul style="list-style-type: none"> • Einfache und klar verständliche Dokumentation der Arbeitsmethoden und Wertströme • Übertragbarkeit der Ergebnisse 	X	X

Tabelle 13: Vorteile der gemeinsamen Anwendung von WSD und MTM¹⁸⁷

Nachfolgend wird in Abbildung 27 gezeigt, wie MTM einen Beitrag zur Anwendung an einem Wertstrom leisten kann und welche Informationen geliefert werden. Dabei liefert MTM nicht nur die gesamte Grundzeit der einzelnen Arbeitsprozesse, sondern erlaubt auch eine Wertschöpfungsbetrachtung der einzelnen Prozessbausteine. Dadurch kann die Verschwendung im Arbeitsablauf systematisch und konkret erkannt, dargestellt und in weiterer Folge reduziert werden. MTM-Prozessbausteine erhöhen Maßgeblich die Qualität der Ermittlung.¹⁸⁸

¹⁸⁷ Vgl. Kuhlmann, et al., 2012

¹⁸⁸ Vgl. Kuhlmann, et al., 2010

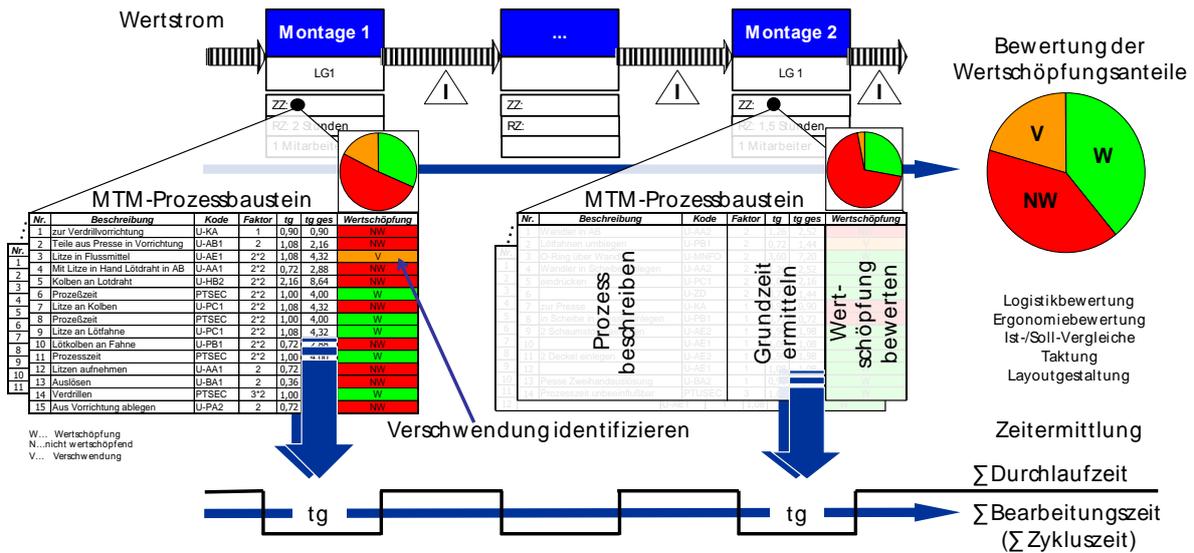


Abbildung 27: Prinzip der Anwendung von WSD und MTM¹⁸⁹

Weitere Möglichkeiten der Anwendung liegen in der Logistikbewertung mit MTM-SVL oder in einer generellen Ergonomie-Bewertung des Arbeitssystems, sowie einer genaueren Taktung durch die detaillierte Bewertung. MTM kann Aufwände bewerten, welche mit WSD nur abschätzbar sind. Damit wird ein höherer Informationsgehalt entlang des Wertstroms möglich und ein wichtiger Beitrag zur Standardisierung geleistet.¹⁹⁰

In Abbildung 28 werden weitere Bereiche eines Unternehmens anhand eines Wertstroms gezeigt, in welchen MTM als Erweiterung von WSD mögliche Anwendung finden kann.

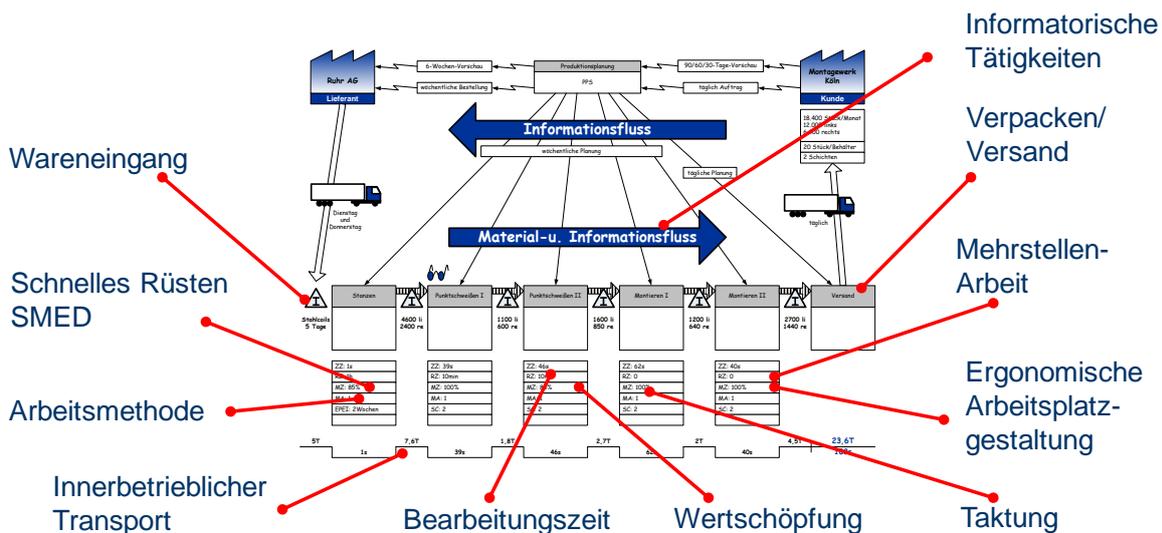


Abbildung 28: Anwendungsbereiche für MTM im WSD¹⁹¹

¹⁸⁹ Vgl. Kuhlmann, et al., 2010

¹⁹⁰ Vgl. Kuhlmann, et al., 2012

¹⁹¹ Vgl. Kuhlmann, et al., 2010

6 Planung der Materialversorgung eines Montageplatzes

6.1 Problemstellung und Zielsetzung

Der Launch fünf neuer Serienprodukte am Standort Wien, veranlasst den Prothetik- und Orthetik-Hersteller Ottobock, neben dem obersten Ziel der Qualität, sowohl die Effizienz und deren Optimierung in Angriff zu nehmen. Der Gedanke, eine höhere Produkt- und Variantenvielfalt mit derselben Mannschaft herzustellen, spielt hierbei eine wesentliche Rolle. Nach der stetig steigenden Etablierung des Lean-Ansatzes und der Wertstrommethode im Unternehmen, welche nach einigen erfolgreichen Projekten zu guten Ergebnissen führte, ist der Wunsch weitere effizienzsteigernde Methoden im Unternehmen Ottobock einzuführen.

Im Rahmen des Projektes im Unternehmen, wird der allgemeine Materialstrom von Wareneingang bis hin zum Lager aufgenommen, die Organisation des Lagers in den Abteilungen analysiert und der Entnahmeprozess (Kommissionieren) für die Produktion mittels MTM bewertet. Aus den daraus erlangten Erkenntnissen werden effizientere Vorschläge/Konzepte erstellt, welche zukünftig für das Unternehmen umsetzbar sind.

6.2 Ausgangssituation

Generell leiten sich aus diesen Aufgaben, drei Fragen ab:

- Wie kommt das Material ins Lager?
- Wie ist das Material im Lager organisiert?
- Wie wird das Material für die Produktion entnommen?

Die Beantwortung dieser Fragen wird speziell für zwei Produktfamilien stattfinden, wobei erstere aufgrund des aktuellen Projektes „Fertigungsinsel“ Priorität hat. Die zweite Produktfamilie wird nur analysiert, wenn es der zeitliche Rahmen zulässt, wobei die erste Aufgabe/Frage, wie das Material ins Lager kommt, für alle Produktfamilien gültig ist und nicht jeweils für jede Produktfamilie aufgenommen werden muss.

Der Materialstrom wird ausschließlich für fremdbeschaffte Komponenten der Serienproduktion aufgenommen, da viele andere Prozesse mit Warenverkehr über den Wareneingang laufen, wie z.B. Wandlungs- und Retouren-Material, DOA-Warenflüsse, interne Waren, AHA-Material etc.

Die Lagerorganisation wird für die betroffenen Abteilungen durchgeführt, welche hauptverantwortlich für eine der beiden Produktfamilien ist. Darunter fallen die Abteilungen Elektronik, Montage 2 und Montage 3, sowie ein Teilbereich des

Hauptwarenlagers, worin jede der genannten Abteilungen einen zusätzlichen Lagerbereich besitzt.

Bei der Kommissionierung (Materialentnahme) wird das Hauptaugenmerk auf die Endmontageprozesse der Produktfamilien gerichtet. Die Gründe hierfür sind zweierlei. Zum einen liegt bei der Produktfamilie im Projekt „Fertigungsinsel“ der Fokus auf den Endmontageprozess, zum anderen soll eine Optimierung aus dem Wertstromblick erfolgen (vom Kunden/Versand zum Lieferant/Wareneingang). Aus Stücklistenperspektive sind dies jene Herstellungsprozesse welche auf oberster Ebene der Strukturstückliste, nahe dem fertigen Produkt, sind.

6.3 Vorgehensweise

Mit Unterstützung der Mitarbeiter wird der Materialfluss abgebildet, wichtige Informationen miteinbezogen und Schwierigkeiten mit den aktuellen Abläufen dokumentiert. Die Ideen zur Veränderung entstammen größtenteils von den Mitarbeitern der fertigen Abteilungen, da sie täglich mit den aktuellen Prozessen und Systemen arbeiten. Die nachfolgenden Produktbezeichnungen wurden auf Wunsch der Firma anonymisiert.

Um ein Gefühl für die Komplexität der Produkte zu erhalten werden zuerst die Stücklisten und Daten der Produktfamilien erhoben. Anschließend wird eine Einführung in die bestehende Wertstromanalyse im Rahmen des Projektes „Fertigungsinsel“ gegeben, um die Ansätze bei der Änderung der Produktfamilie OE (Obere Extremität) zu verstehen. Im Rahmen des Projektes, in welchem mit der Wertstromanalyse gearbeitet wird, soll nebenbei eine MTM-Analyse der Kommissionier-Vorgänge durchgeführt werden. Auf Basis der Analyse wird ein Konzept erstellt, um eine Effizienz-Steigerung in diesem Vorgang zu erreichen.

Vor den MTM-Analysen der Kommissionierung wird der Wareneingangsprozess beschrieben, welcher bei Eintreffen des Materials beginnt und mit der Einlagerung des Materials im betreffenden Lagerort endet. Eine qualitative Analyse und Bewertung der Aufnahme und der Beobachtungen im Vorgang werden am Ende der Diplomarbeit dargestellt.

Anschließend wird die Organisation der Lagerorte in den verschiedenen Fertigungsabteilungen aufgenommen und miteinander verglichen. Ähnlich wie im Wareneingangsprozess erfolgt am Ende eine qualitative Analyse und Bewertung der Organisation mit Ausblick auf weitere Optimierungsmöglichkeiten.

6.4 Allgemeines zum Projekt Fertigungsinsel

6.4.1 Stücklisten und Daten der Produktfamilien

In diesem Kapitel werden die Stücklistenvisualisierungen eines Beispielproduktes der oberen Extremität sowie ein Beispielprodukt der unteren Extremität abgebildet und erläutert. Relevant für das Projekt „Fertigungsinsel“ ist hierbei nur die Produktgruppe der OE, die Produktgruppe der UE ist als Vergleichswert und der Vollständigkeit halber angegeben.

Die Stücklistenvisualisierung wird mithilfe von MS Visio und einem Excel-Makro erstellt und bildet die Stückliste eines Produktes als Organigramm ab, wobei die oberste Instanz das fertige Produkt und die untersten Instanzen die Rohmaterialien bzw. fremdbeschaffte Komponenten darstellen. Im Rahmen der Erstellung einer Visualisierung können sämtliche komponentenspezifische Daten (wie z.B. Material-Stammdaten aus SAP®) mitimportiert und auf Wunsch individuell dargestellt werden. Damit können bestimmte Kriterien mit Symbolen oder farblicher Kennzeichnung hervorgehoben werden. So ist es möglich pro Kästchen, was einer Stücklistenposition entspricht, eine Ampel darzustellen, welche je nach aktuellem Lagerstand grün für optimal, gelb für zu hoch und rot für zu niedrig anzeigt. Es gibt eine Vielzahl an Darstellungsmöglichkeiten und verfügbarer Daten, um produktionsspezifische Kennzahlen oder Vorgänge eines Produkts darzustellen und zu überwachen. In den nachfolgenden Abbildungen werden mit dieser Vorgehensweise eigengefertigte Komponenten blau und fremdgefertigte Komponenten grün dargestellt. Die in weiß dargestellten Komponenten sind der Vollständigkeit halber angeführt. Diese werden gemeinsam mit anderen Komponenten fremdgefertigt und mitgeliefert und zählen daher auch zu den fremdgefertigten Komponenten.

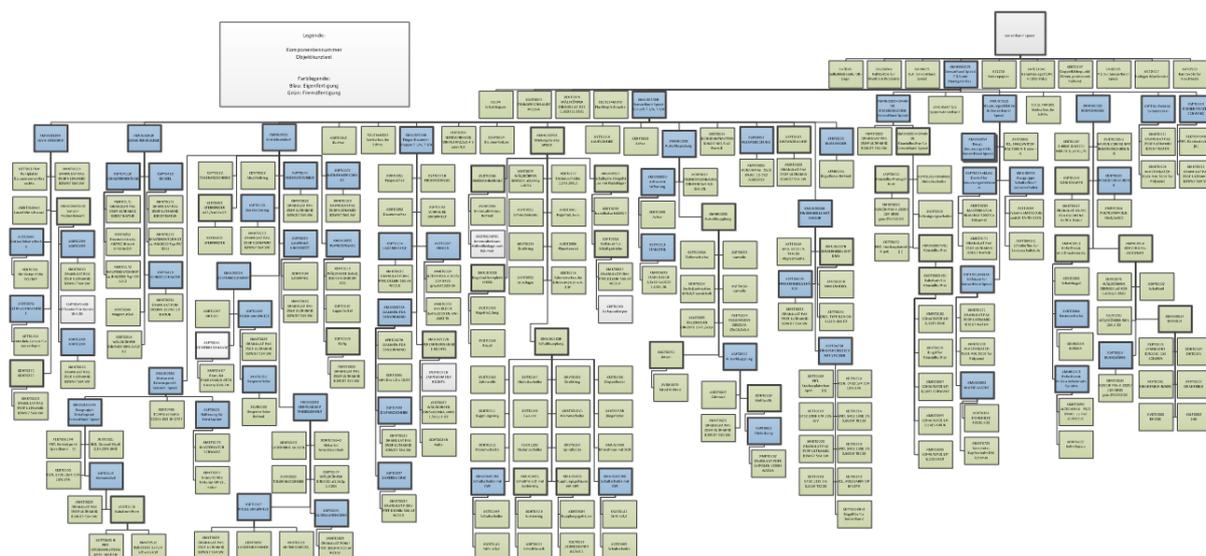


Abbildung 29: Übersicht einer Beispielstückliste der Oberen Extremität

In Abbildung 29 ist beispielhaft eine Stücklistenvisualisierung eines Produktes der oberen Extremität dargestellt. Aufgrund der Anonymisierung der Produkte, ist diese Abbildung unlesbar abgebildet und nur zum Zwecke der Übersicht dargestellt. Das hier gezeigte Produkt besteht aus 450 Einzelteilen darunter befinden sich 280 verschiedene Komponenten, 59 davon werden eigengefertigt und 221 werden fremdbeschafft. Jedes der blau gefärbten, eigengefertigten Komponenten stellt einen Fertigungsauftrag und somit eine Zwischenlagerstufe dar, sowie jede grün gefärbte, fremdgefertigte Komponente eine Lagereinheit darstellt. Dadurch ergeben sich für ein Produkt 280 verschiedene zu lagernde Komponenten. Errechnet man sich alle Komponenten die benötigt werden um alle Varianten dieser Produktfamilie zu fertigen ergibt dies 1128. Der Eigenfertigungsanteil an dieser Produktfamilie liegt bei 19%.

Diese Produktfamilie zählt, aufgrund der hohen Varianten- und Teilevielfalt, zu einer der komplexesten Produkte des Unternehmens. Der Eigenfertigungsanteil ist im Vergleich zu anderen Produkten sehr hoch und das Teilemanagement erweist sich als schwierig, da die notwendige Software dafür fehlt.

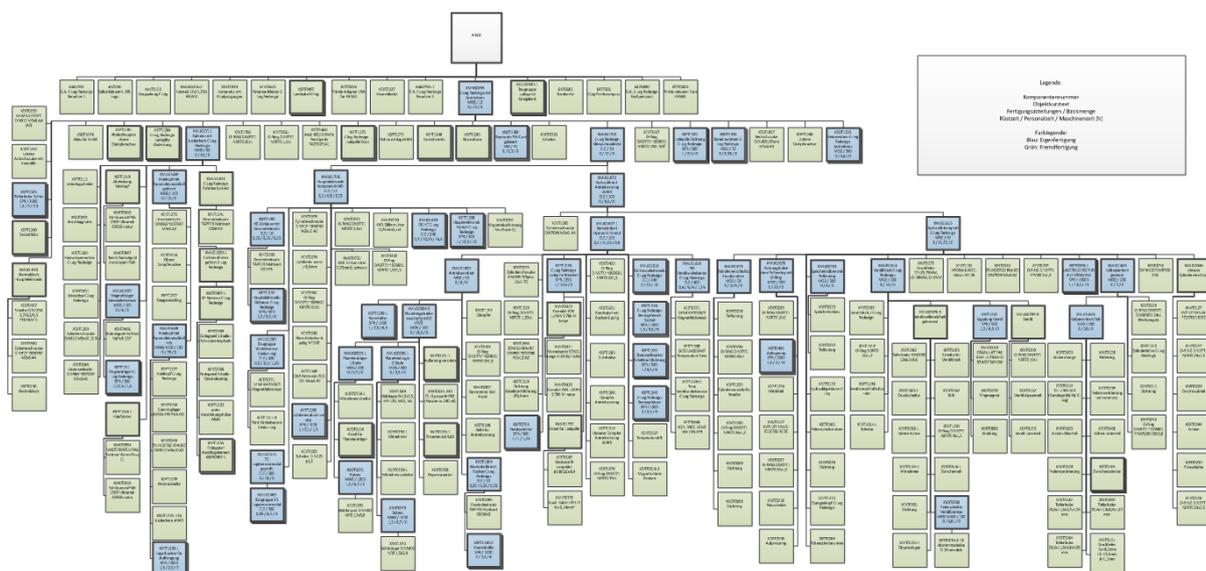


Abbildung 30: Übersicht einer Beispielstückliste der Unteren Extremität

In Abbildung 30 ist beispielhaft eine Stücklistenvisualisierung eines Produktes der unteren Extremität dargestellt. Die Struktur des Stücklistenaufbaus ist über alle Produkte hinweg sehr ähnlich, da der Grundaufbau aller Produkte mit der Trennung Mechanik zu Elektronik sowie Hauptbaugruppen zu Unterbaugruppen in einer ähnlichen Weise erfolgen. Das hier gezeigte Produkt besteht aus 950 Einzelteilen darunter befinden sich 384 verschiedene Komponenten, 51 davon werden eigengefertigt und 333 werden fremdbeschafft. Dadurch ergeben sich für ein Produkt 384 verschiedene zu lagernde Komponenten. Errechnet man sich alle Komponenten die benötigt werden um alle Varianten dieser Produktfamilie zu fertigen ergibt dies 410. Der Eigenfertigungsanteil an dieser Produktfamilie liegt bei 11%.

Der große Unterschied zwischen dem Produkt der oberen und unteren Extremität liegt in der Größe der Variantenanzahl, welche in der Produktfamilie der unteren Extremität bei vier liegt, bei der Produktfamilie der oberen Extremität sind es 72. Eine große Variantenvielfalt stellt die Lagerung von Materialien auf die Probe, da viele verschiedene Komponenten verfügbar sein müssen, um das vom Kunden gewünschte Produkt zu produzieren. Dadurch werden die Lager immer größer und wachsen stetig mit der Variantenzahl, wenn die Bestands- und Lagerhaltung nicht laufend optimiert wird. Eine Möglichkeit, um Bestände über ein Produkt hinweg darzustellen, bietet die Wertstromanalyse.

6.4.2 Wertstromanalysen der Produktfamilie Obere Extremität

Die Grundlage des Projektes Fertigungsinsel ist eine Wertstromanalyse über eine Produktfamilie der Oberen Extremität. Die Produktfamilie besteht, wie im vorigen Kapitel erwähnt, aus 72 verschiedenen Varianten. Diese 72 Varianten sind in 4 Produktgruppen unterteilt. Innerhalb der Produktgruppen ist die Stücklistenstruktur beinahe identisch und es werden ähnliche Baugruppen mit ähnlichen Komponenten aufgebaut. Die Schwierigkeit war es, eine einheitlich Produktionsstruktur über diese 4 Produktgruppen zu erkennen und abzubilden. Dabei wurde der Gesamte Wertstrom sehr schnell, mithilfe der Stücklistevisualisierung, einmal auf Baugruppenebene abgebildet. Die dadurch entstandene Wertstromanalyse war aber zu komplex und unübersichtlich, um damit vernünftig zu arbeiten. Eine überschaubare Variante wurde erreicht, indem aus Wertstromperspektive die letzten Produktionsschritte vor dem fertigen Produkt analysiert und aufgenommen wurden.

Während der Aufnahmen im Rahmen der Ist-Aufnahme der Wertstromanalyse werden die Fertigungs- und Montageschritte der letzten drei Stücklistenebenen am Shop-Floor genau beobachtet und dokumentiert. Aus den dadurch erhaltenen Daten wird der Wertstrom abgebildet. Zusätzlich wurden einige Baugruppen der vierten und fünften Ebene mitanalysiert, da diese in derselben Abteilung hergestellt werden und die Komplexität des Wertstroms nur wenig erhöhte. Bei den Aufnahmen beobachtete Auffälligkeiten im Produktionsablauf wird mittels Kaizen-Blitze vermerkt und in einer Liste dokumentiert.

Der erstellte Ist-Wertstrom ist in Abbildung 31 ersichtlich, worin alle Fertigungsschritte, Zwischenlagerstufen sowie Informationsflüsse abgebildet sind. Durch eine Hochrechnung der Stückzahlen aller in der Fertigungsinsel herzustellende Varianten konnte ein Kundentakt von 46 min/Stück ermittelt werden. Die Durchlaufzeit über die betrachteten Fertigungsprozesse beträgt mit den Beständen, welche bei der Aufnahme verfügbar waren, auf 8,8 Wochen.

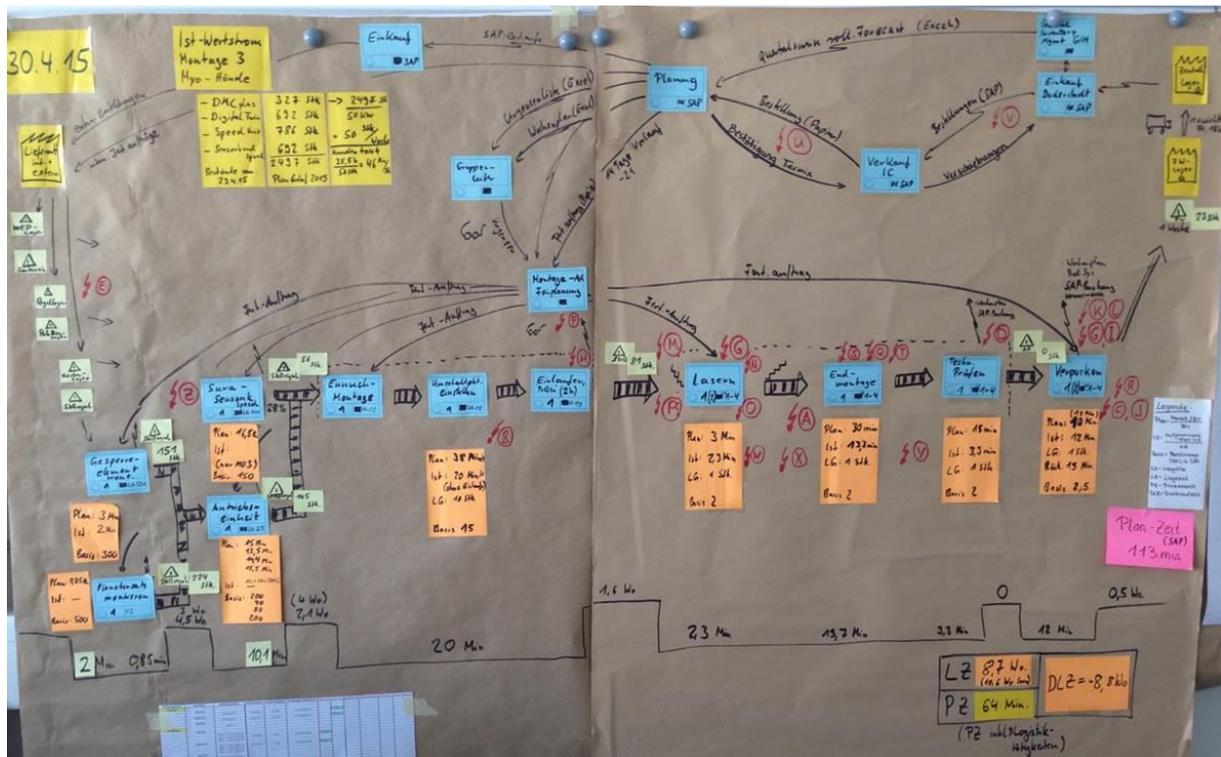


Abbildung 31: Ist-Wertstrom Obere Extremität

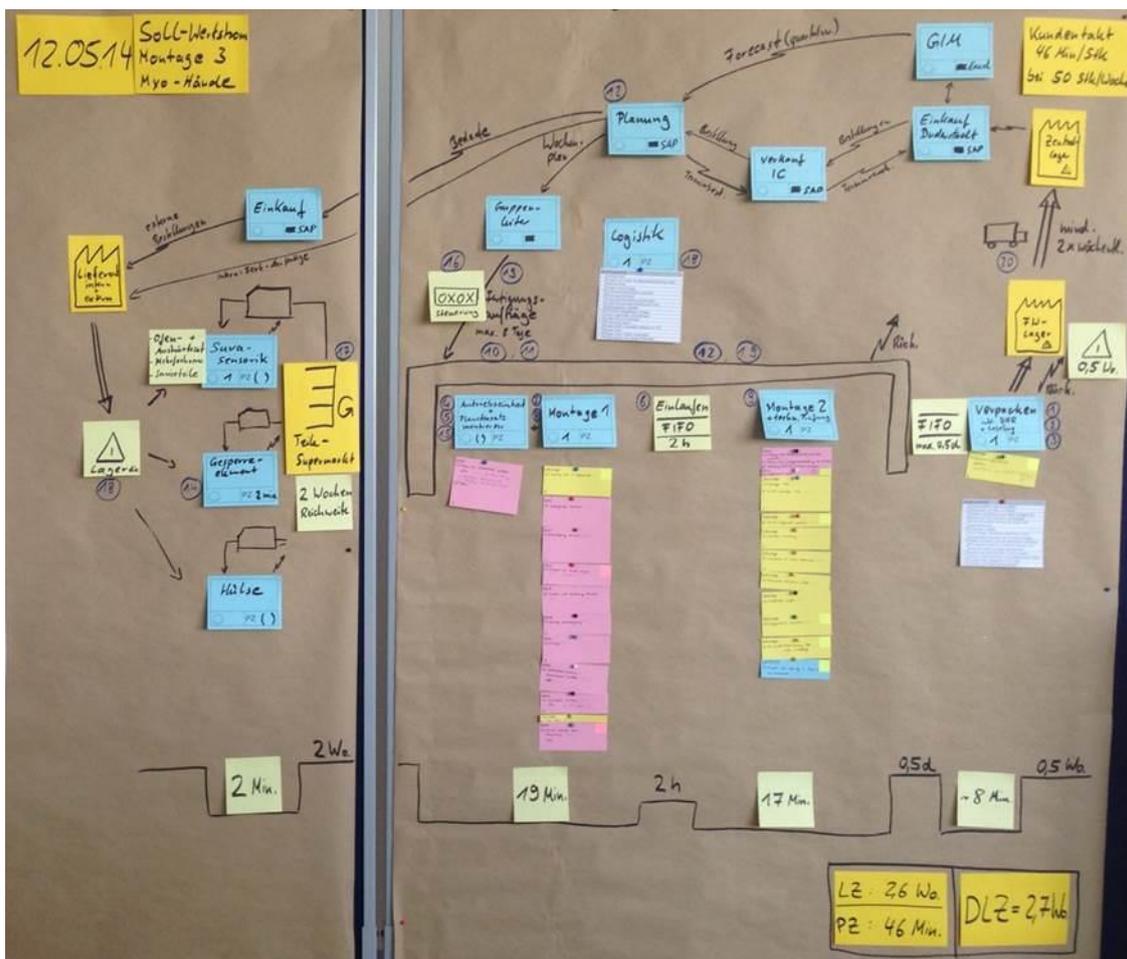


Abbildung 32: Soll-Wertstrom Obere Extremität

Abbildung 32 zeigt den Soll-Wertstrom, welcher im Team des Projektes „Fertigungsinsel“ erstellt wurde. Der Vergleich der beiden Wertströme zeigt zwei sehr unterschiedliche Bilder, worin die größten Unterschiede die Einführung eines Teilesupermarktes vor der Endmontage und die Zusammenfassung mehrerer Baugruppen in einen Fertigungsauftrag umfasst. Im Teilesupermarkt werden alle Materialien und Baugruppen, welche für die Endmontage benötigt werden, mit einer Reichweite von 2 Wochen gelagert. Dabei sollen alle vorgelagerten, eigengefertigten Komponenten mittels Kanban für den Teilesupermarkt nachgefordert werden, wobei zwei mitanalyisierte Baugruppen des Ist-Wertstroms in den Auftrag der Endmontage integriert wurden. Die Endmontage besteht aus 2 Arbeitsplätzen, welche durch eine FIFO-Koppelung verbunden sind. Die Bearbeitungszeiten beider Arbeitsplätze ist bei 50% des Kundentaktes angesetzt und konnte durch eine Entkoppelung des Kommissionierens für die Fertigungsinsel verringert werden. Die Durchlaufzeit des Soll-Wertstroms wurde auf 2,7 Wochen reduziert und erzielt damit eine höhere Variantenflexibilität mit niedrigerem gebundenen Kapital im Lager. Aus dem Soll-Wertstrom heraus wurde die Fertigungsinsel mittels Cardboard-Engineering im Projektteam simuliert. Die anschließende Umsetzung des neuen Arbeitsplatzes „Fertigungsinsel“ ist in Abbildung 33 ersichtlich.



Abbildung 33: Fertigungsinsel nach Soll-Wertstrom gestaltet

Das Material wird dabei von einem dritten Mitarbeiter für die Fertigungsinsel aus dem Teilesupermarkt vorbereitet, pro Auftrag in einen Behälter kommissioniert und hinter dem ersten Arbeitsplatz der Fertigungsinsel platziert. (In Abb. 33 links) Der Fluss der Produkte geht vom Lager über die kommissionierten Behälter an die linke Seite der Fertigungsinsel, dem ersten Arbeitsplatz und anschließend über die FIFO-Verkoppelung zur rechten Seite der Fertigungsinsel. Danach gehen die fertiggestellten Produkte direkt an die Verpackungsstation der Abteilung.

Aufgabe ist es nun die Kommissionier-Vorgänge vor Umsetzung der Fertigungsinsel mit denen nach Umsetzung der Fertigungsinsel mittels MTM-Bewertung zu vergleichen und eine Verbesserung oder Verschlechterung des neuen Lagers darzulegen. Anschließend soll auf Basis dieser Daten eine weitere Optimierung der Kommissionier-Vorgänge erstellt werden und nochmals mit MTM analysiert werden.

Zuvor wird die Frage: „Wie kommt das Material in Lager?“ anhand des Wareneingangsprozesses analysiert. Dabei wird der Prozess aus Sicht des Materials durchgangen und alle relevanten Informationen dokumentiert und in einer Prozessablaufdarstellung visualisiert.

Im Anschluss daran wird die Organisation der Lagerabteilungen analysiert und miteinander verglichen. Hiermit wird die Frage „Wie ist das Material im Lager organisiert?“ beantwortet. Dabei werden Lageregal sowie verwendete Behälter dokumentiert und verwendete elektronische Hilfsmittel beschreiben und dargestellt.

7 Ist-Analyse der Materialversorgung des Montageplatzes

7.1 Analyse des Wareneingangsprozesses

Der Transformationsprozess, welcher Rohmaterialien, Halbzeuge und Fertigwaren in Produkte umwandelt, benötigt ständig neue Waren, um fortlaufend den gewünschten Output zu produzieren. Wichtige Größen im Versorgungskreislauf eines produzierenden Unternehmens ist hierbei die Produktionsplanung, dessen Aufgabe es ist, die gewünschten Produkte, zur Fertigung für den Kunden, zu planen und in weiterer Folge, einen Bedarf für das dafür verwendete Material zu generieren. Hilfestellung zur Informationsweiterleitung in der Organisationskette ist ein ERP-System. Eines der am meisten Verwendeten Programme hierfür ist SAP®, welches auch in der Ottobock-Gruppe eingesetzt wird. Das nächste Glied in der Versorgungskette bildet der Einkauf, dessen Aufgabe es ist, den gewünschten Bedarf, der von der Planung erstellt wird, zu erfüllen. Wichtige Faktoren sind Beschaffungslosgrößen und Wiederbeschaffungszeiten, um eine effiziente Bestandsführung zu erzielen.

Ist das geforderte Material bestellt und wird folglich geliefert, kommt der Wareneingangsprozess ins Spiel, welcher die erste der drei Fragen beantwortet: „Wie kommt das Material ins Lager“. Dazu wurde ein Prozess mittels Prozessablaufdarstellung in horizontaler Form gezeichnet, welche in Abbildung 34 ersichtlich ist, und behandelt nur den physischen Fluss der Ware.

7.1.1 Darstellung und Beschreibung des Prozesses

Der Wareneingangsprozess, welcher in Abbildung 34 dargestellt wird, wird durch Begleitung der Mitarbeiter und den Zugrundeliegenden SOPs (Standard Operation Procedure, zu Deutsch: Verfahrensanweisungen) dokumentiert. Dabei wird analysiert, ob alle lt. SOP geforderten Schritte erfüllt werden, und welche Tätigkeiten zusätzlich zur SOP verrichtet werden müssen, um die Ware bis zum Lagerort der Abteilung zu bringen. Die Teilung der Tätigkeiten erfolgt nach den Aufgabengebieten der Personenkreise, bei relevanter Änderung im ERP-System (Buchung) oder wenn sich durch bestimmte Merkmale (Ablage an einem definierten Ort) logische Trennungen ergeben.

Die Abbildung 34 ist wie folgt zu verstehen: Die für den Prozess relevanten Personenkreise sind vertikal durch abgetrennte Gruppen dargestellt. Dabei sind in jedem Personenkreis die dazugehörigen Aufgaben in Blau dargestellt. Jede Aufgabe ist mit bestimmten Dokumenten verbunden, welche gelb dargestellt sind. Ein

Entscheidungsknoten teilt den Prozess und wird in Orange dargestellt. Der Start in Grün zeigt den Beginn und das Ende in Rot, den Abschluss des Prozesses.

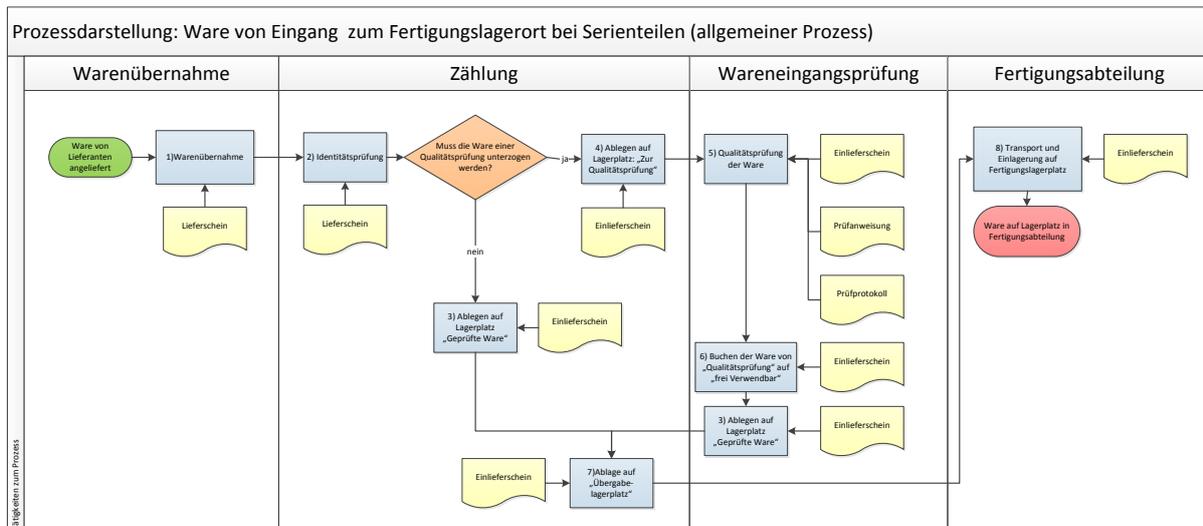


Abbildung 34: Prozessdarstellung: Ware von Eingang zum Fertigungslagerort

Im Folgenden werden die, in Abbildung 34 dargestellten, Personenkreise des Wareneingangsprozesses getrennt dargestellt und ihre enthaltenen Aufgaben zur Erfüllung des Wareneingangsprozesses erklärt. Die Nummerierung der Prozesse wurde frei gewählt und ist innerhalb der Personenkreise nur teilweise durchgängig.

Teilprozess: Warenübernahme

Die Warenübernahme bearbeitet alle Waren, die von externen Lieferanten, an die Firma geschickt werden. Darunter fallen neben dem Warenfluss für die Serie, welcher nachfolgend Beschrieben wird, viele andere Warenflüsse wie z.B. Null- und Initialserien für den Produktverantwortlichen Techniker, Retouren und Reklamationswarenflüsse für den Verkauf und viele weitere Warenflüsse, welche in diesem Prozess nicht abgebildet sind.

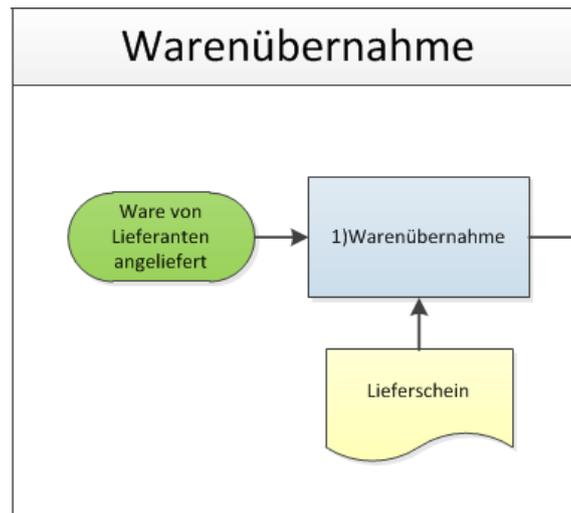


Abbildung 35: Detaildarstellung Warenübernahme des Wareneingangsprozesses

1) Warenübernahme

Bei Lieferung der Ware wird diese von einem Mitarbeiter des Wareneingangs entgegengenommen und anschließend werden folgende Parameter überprüft:

- Zustelladresse auf Paket und Lieferschein
- Anzahl der am Lieferschein angegebenen Pakete
- Beschädigung der Pakete

Sind alle Parameter der Überprüfung positiv bzw. als bestanden gewertet, wird überprüft, ob die Ware für die Serie ist, ob es sich um Post Ware handelt oder für andere Zwecke bestimmt ist. Bei Serienteilen wird die Ware mit dem Lieferschein zur Abholung durch die Zählung bereitgestellt.

Teilprozess: Zählung

Die Zählung ist ausschließlich für die Bearbeitung von Teilen für die Serien verantwortlich und überprüft die Ware nach bestimmten Merkmalen, führt Buchungen im ERP-System durch und verwaltet die Lieferscheine, welche mit der Ware ins Haus kommen. Sie ist eine wichtige Schnittstelle im Wareneingangsprozess, da sie alle Serienteile, die keine Prüfung erfordern und als NUK-Teile (Norm- und Katalog-Teile) klassifiziert sind, vor der Wareneingangsprüfung abfängt und gleich der Serienfertigung zuführt.

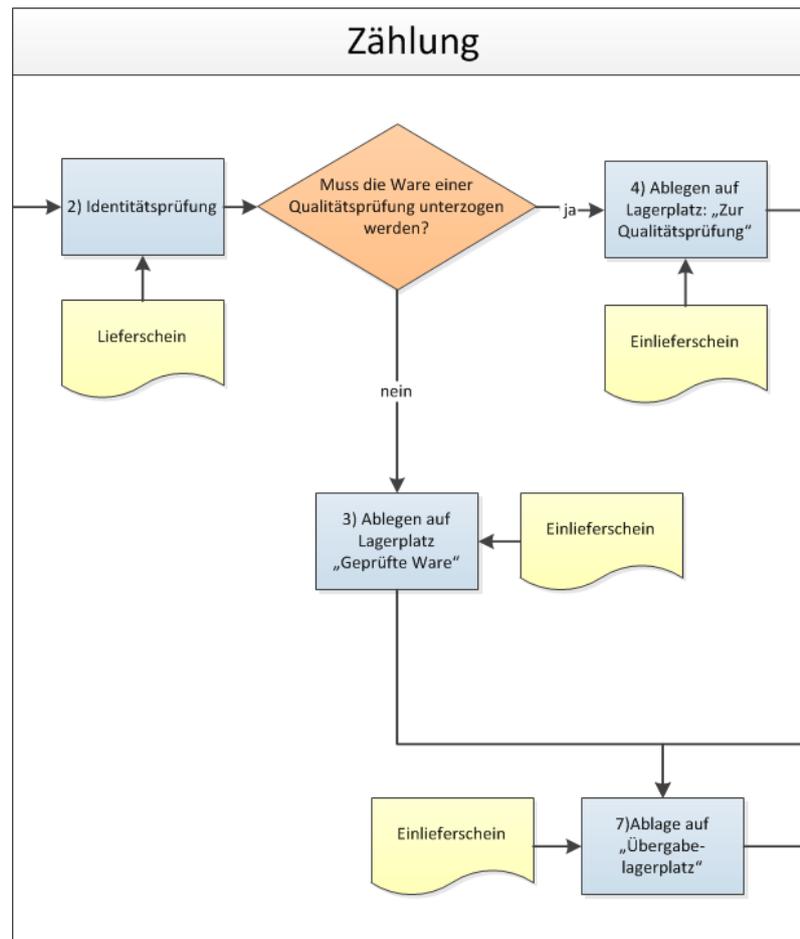


Abbildung 36: Detaildarstellung Zählung des Wareneingangsprozesses

2) Identitätsprüfung

Bei der Identitätsprüfung werden nach dem 4-Augen-Prinzip nochmals die zuvor geprüften Parameter kontrolliert und zusätzlich wird der Inhalt der Lieferung gezählt und mit dem Lieferschein abgeglichen. Weiter wird die Beschriftung der Ware auf Richtigkeit überprüft sowie Zusatzinformationen des Bestelltextes geprüft. Besteht eine Differenz zwischen enthaltener Menge und auf dem Wareneingangsschein aufgedruckter Menge, wird dies auf dem Lieferschein vermerkt. Der Lieferschein wird kopiert und das Original abgelegt. Die Kopie wird an den Einkauf gesendet um eine Terminnote für die Lieferantenbewertung zu erstellen. Zusätzlich wird zur Warenidentifizierung ein Wareneingangsschein, auch Einlieferungsschein (ES) genannt, erstellt und der Ware beigelegt.

Ab dem Zeitpunkt der Erstellung des ES ist die Ware bereits im ERP-System hinzugebucht, besitzt jedoch bei einer folgenden Qualitätsprüfung den Status „Qualitätsprüfung“ und kann somit noch nicht zur Verwendung entnommen werden.

Zur Lieferantenbewertung: Die Lieferantenbewertung beinhaltet zwei Kennzahlen, welche für die Wareneingangsprüfung und den Einkauf als eine wichtige Informationsquelle dienen. Die erste, zu erfassende, Kennzahl ist die Terminnote,

worin bewertet wird, wie groß die Abweichung von geplanter Liefertermin zu Ist-Liefertermin ist. Bei der Qualitätsnote wird bewertet, ob die lt. Vorgaben definierten Merkmale, wie z.B. Toleranzen, Festigkeiten oder Oberflächenhärte sowie Oberflächenbeschaffenheit, durch die Prüfung mittels Stichprobe erfüllt wurden. Existiert bei beiden eine Abweichung wird keiner der Noten eine „1“ gegeben. Bei Terminabweichung wird eine Meldung an den Lieferanten ausgelöst. Ferner kann es zu vertraglich festgehaltenen Maßnahmen kommen, die mit den Lieferanten definiert wurden. Bei Abweichung der Qualitätsnote wird eine PFM (Produktfehlermeldung) erstellt und die Ware wird gesperrt. Der Produktverantwortliche Techniker muss die Ware in Folge begutachten und kann die Ware zur Fertigung freigeben oder, falls die Abweichung zu gravierend ausfällt, eine Reklamation beim Lieferanten auslösen. Was bei positiven Noten in der Lieferantenbewertung passiert wird im Subprozess Wareneingangsprüfung erklärt.

3) Ablegen auf Lagerplatz „Geprüfte Ware“

Waren die eine positive Qualitäts- oder Identitätsprüfung absolviert haben, werden auf einem definierten Platz mit dem ES abgelegt, um später von den Mitarbeitern der Zählung mitgenommen zu werden.

4) Ablegen auf Lagerplatz „zur Qualitätsprüfung“

Die durch die Identitätsprüfung überprüfte Ware wird auf einem physisch vorhandenen, definierten Lagerplatz abgelegt und damit zur Warenprüfung freigegeben. Dabei befindet sich die Ware in einer „Quarantäne“ und darf nur von Mitarbeitern der Wareneingangsprüfung weitergegeben bzw. bearbeitet werden.

7) Transport und Ablage auf „Übergabelagerplatz“

Die auf dem Lagerplatz „Geprüfte Ware“ abgelegten Waren, werden vom Mitarbeiter der Zählung regelmäßig (mehrere Male am Tag) zum Übergabelagerplatz transportiert, von wo aus die Mitarbeiter der Fertigungsabteilungen die Ware zur Einlagerung abholen können.

Teilprozess: Wareneingangsprüfung

Die Wareneingangsprüfung ist für die technische Überprüfung der Serienteile, der Verwaltung der Prüfgeräte und Prüfprotokolle verantwortlich und hat das Ziel, nur Ware, welche den im Prüfprotokoll definierten Werten entspricht, an die Fertigung weiterzugeben.

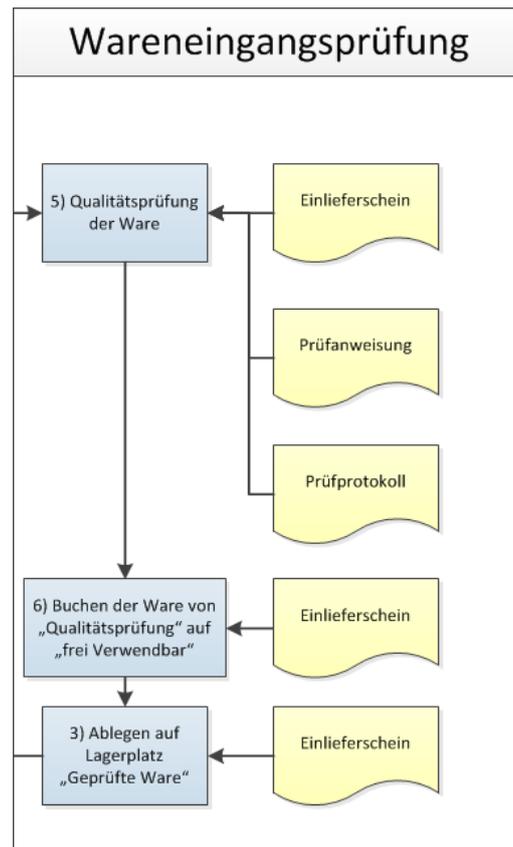


Abbildung 37: Detaildarstellung WEP des Wareneingangsprozesses

5) Qualitätsprüfung

Für alle Waren, welche einer Qualitätsprüfung unterzogen werden müssen, existiert eine Prüfanweisung in welcher definiert wurde, welche Spezifikationen mit welchen Prüfmitteln überprüft werden sollen. Die dabei zu überprüfende Menge wird als Stichprobenumfang bezeichnet und variiert je nach gelieferter Menge und durchzuführender Prüfung. Folgen mehrere Lieferungen, welche mit der Qualitätsnote 1 bewertet wurden, kann sich der Stichprobenumfang reduzieren. Besteht die Qualität der angelieferten Ware weiter, kann es auch zum sogenannten „Skip“ kommen. Dabei werden bis zu 5 Lieferungen ohne Qualitätsprüfung an die Fertigung weitergegeben. Die sechste Lieferung ist in jedem Fall wieder zu prüfen.

Die geprüften Spezifikationen sind mit der definierten Stichprobenmenge und geforderten Prüfmitteln zu überprüfen und im Prüfprotokoll festzuhalten. Wird die Prüfung positiv absolviert, wird dies am Wareneingangsschein mit Datum festgehalten und die Ware wird mit einem grünen Aufkleber und der Empfänger-Abteilung markiert. Das Prüfprotokoll verbleibt in der Wareneingangsprüfung und wird dort gesammelt und abgelegt.

6) Buchung von „Qualitätsprüfung“ auf „frei Verwendbar“

Ist die Identitätsprüfung oder die Qualitätsprüfung abgeschlossen und wird als positiv bewertet wird die Ware bei der Erstellung des ES automatisch von „Qualitätsprüfung“ auf „frei Verwendbar“ gebucht. Ab hier ist die Ware bereits dem, im Materialstammdatenblatt angegebenen, Lagerort hinzugebucht.

3) Ablegen auf Lagerplatz „Geprüfte Ware“

Wie zuvor im Teil: „Personenkreis Zählung“ beschrieben.

Teilprozess: Fertigungsabteilung

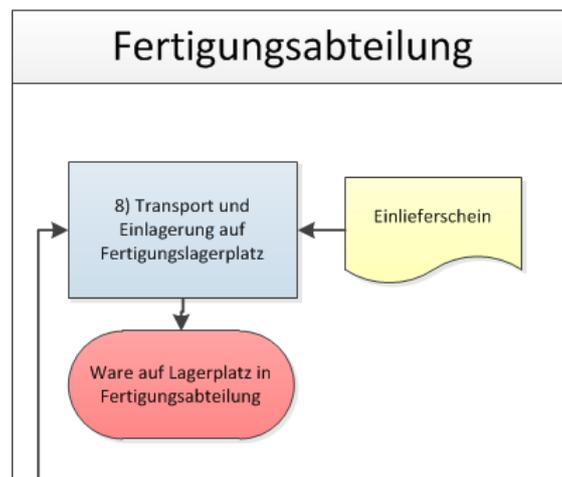


Abbildung 38: Detaildarstellung Fert.-Abteilung des Wareneingangsprozesses

8) Transport und Einlagerung auf Fertigungslagerplatz

Vom Übergabelagerplatz werden die Waren von den Fertigungsmitarbeitern in ihre eigenen Lager transportiert. Dabei ist mithilfe der grünen Markierung, auf welcher die Empfänger-Abteilung steht, zuordenbar, wer sich um das jeweilige Material kümmern muss. Die Ware wird vom Mitarbeiter mitgenommen und im betreffenden Lager eingelagert. Diese Lager besitzen, je nach Abteilung, eine eigene Organisation, welche im nachfolgenden Kapitel beschrieben wird.

7.1.2 Zusammenfassung des Wareneingangsprozesses

Um die räumliche Durchführung dieses Prozesses zu betrachten, werden alle Subprozesse mit ihren Zahlen (ohne Beschreibung) ersetzt und die dabei enthaltenen Dokumente entfernt, um die Übersichtlichkeit zu erhöhen. Mit diesen Vereinfachungen wird auf dem Stockwerksplan der Prozess mit allen logistischen Wegen zwischen den Subprozessen dargestellt, wobei die Subprozesse am Ort eingezeichnet werden, in welchem sie größtenteils stattfinden. Die in Gelb hinterlegte Fläche soll andeuten, dass die Fertigungsabteilungen und ihre Lagerflächen sich in anderen Stockwerken befinden und die Einlagerung dort stattfindet. Diese Darstellung ist in Abbildung 39 ersichtlich.

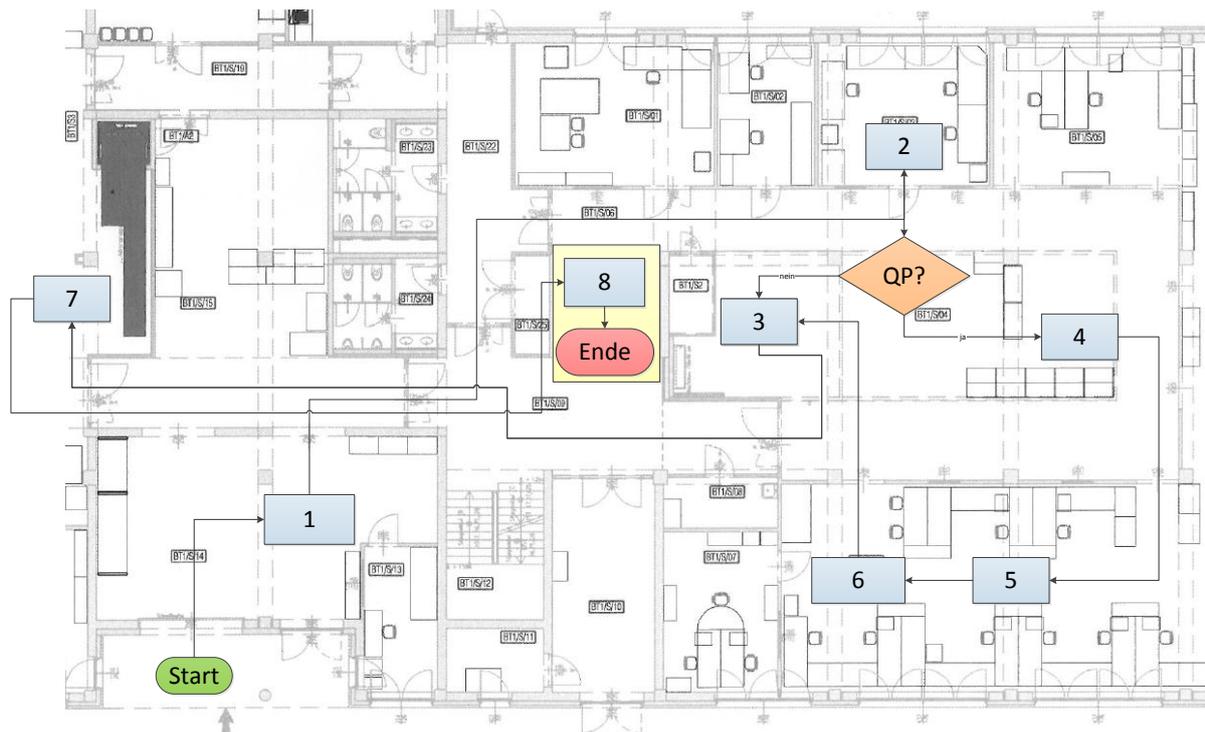


Abbildung 39: Prozessablauf in Stockwerksplan dargestellt

MS Visio bietet hierfür eine gute Grundlage um physische Prozesse darzustellen, welche mehrere Stockwerke durchlaufen. Dabei sind nur die Stockwerkspläne und ein Prozess in ähnlicher Darstellung notwendig. Es können dazu auch zurückgelegte Wege ermittelt oder prozessgerechte Anordnungen für Neugestaltungen erhoben werden.

Auffällig ist, dass es zu sehr vielen Zwischenlagerorten innerhalb des Wareneingangsprozesses kommt und dadurch zu einem sehr schlechten Materialfluss innerhalb des Prozesses, da in den meisten Zwischenlagerorten sehr viele Kartons mit verschiedensten Material gelagert werden. Jede Personengruppe besitzt vor und nach der Übergabe an eine andere Personengruppe einen Lagerplatz, in der Zählung sind es zwei.

Material, welches keiner Qualitätsprüfung bedarf, ist meist sehr schnell durch den Wareneingangsprozess geschleust, hingegen befindet sich ein großes Lager vor der Personengruppe Wareneingangsprüfung. Eine mögliche flussorientierte Verrichtung des Wareneingangsprozesses sollte angestrebt werden. Eine durchschnittliche Durchlaufzeit im Wareneingangsprozess beträgt etwa 2 Tage bei Material mit Wareneingangsprüfung.

7.2 Analyse der Lagerorganisation

7.2.1 Allgemeines zur Lagerorganisation

Jede der produzierenden Abteilungen besitzt einen oder mehrere physische Lagerorte (LO), welche im ERP-System nur als ein LO abgebildet wird. Zusätzlich existieren neben den Abteilungslagerorten noch weitere LO, welche einem bestimmten Zweck, wie z.B. EWUB (Entwicklungsüberleitung-B) denen kein spezifisch physischer Lagerort zugewiesen wird. In Summe sind 38 Lagerorte laut ERP-System für die produzierenden Abteilungen angelegt, wobei 10 LO für die fertigenden Abteilungen für den Serienbetrieb angelegt sind. Alle anderen Lagerorte sind, wie schon erwähnt, für bestimmte Zwecke vorgesehen. In nachfolgender Abbildung ist eine Auflistung aller, im ERP-System angelegten, LO.

L0rt	Lagerortbez.
5714	Techn. Service
AHA	außer Haus
BERE	Beistellt.retour
DEEX	int.Schulungen
DEMO	Demo
EINK	Einkauf
ELE	elektr.Fertigg.
EWU	Entw.überleitung
EWUB	EWÜ-Brehmstraße
FER	Fertigwarenlager
FEVG	F+E Valid.Geräte
FHM	F-hilfsm./Wkzg.
FTG	Feldtestgeräte
HAN	Handschuhe
MEDI	Medical
MEDL	Servicet. Medel
MO	Montage allg.
MO1	Montage 1
MO2	Montage 2
MO3	Montage 3
MO4	Montage 4
MO5	Montage 5
MWS	Mechan. Werkstat
NST	Neurostimulation
NULL	Nullserien
OI	OI
REHA	Reha
REKL	Reklamation Lief
RENA	Retouren/Nacharb
SCHU	Schuhe
SERV	Service
SFER	Servicefertigung
SM01	Reparaturlager
SPR	Spritzerei
VERT	Vertrieb Inland
ZBL	Z. Betr.stofflg.
ZWE	Wiedereinsatz
ZWL	Zwischenwarenlg.

Abbildung 40: Fertigungslagerorte lt. ERP-System

Alle Materialien, welche im ERP-System angelegt werden, besitzen in der Arbeitsvorbereitungssicht (AV-Sicht) einen definierten Lagerort, zu welchem sie hinzugebucht werden. Dies gilt sowohl für Materialien, welche durch den Wareneingang angeliefert werden, sowohl auch für Materialien, die durch Eigenfertigung in die nächst höhere Baugruppe transformiert werden.

Beispiel zur Erklärung: Es werden die Materialien A und B sowie Baugruppe C zur Herstellung der Baugruppe D benötigt. A, B und C liegen auf LO MO2 und werden zur Fertigung der Baugruppe D (die auf LO MO5 liegt) von dort entnommen. Wird nun der Fertigungsauftrag der hergestellten Baugruppe D als abgeschlossen rückgemeldet, wird die Gut-Menge der Baugruppe D als „frei Verwendbar“ auf LO MO5 automatisch hinzugebucht und angezeigt.

Nun können verschiedene Arten der Warentransformation erfolgen um eine konsistente Datenbasis beizubehalten. Die wirtschaftlichste und häufigste Art der Transformation in einem produzierenden Unternehmen ist der Fertigungsauftrag, welcher im Absatz zuvor beschrieben wurde. Weitere Transformationen können sein:

- Buchen von Ausschuss oder Mehrverbrauch
- Entnahme von Material zu Testzwecken, Schulungen, etc.
- Umbuchen auf anderen Lagerort

Wichtig ist, dass jede Buchung auch ordnungsgemäß dokumentiert und durchgeführt wird, um die Richtigkeit des ERP-Systems zur Planung zu gewährleisten sowie gegenüber externen Prüfern (Wirtschaftsprüfer) Nachweise erbringen zu können. Im Rahmen einer Inventur, werden die im ERP-System dokumentierten Stückzahlen der Materialien mit den tatsächlich physisch vorhandenen Materialien abgeglichen. Dazu müssen diese auch gefunden werden, was eine Art von Organisation der Lager voraussetzt, um eine effiziente Vorgehensweise zu ermöglichen.

Dies führt zur nächsten Frage: „Wie werden die Materialien im Lager organisiert?“, auf welche in den nächsten Kapiteln für jede Abteilung eingegangen wird.

7.2.2 Lagerorganisation der Elektronik

Die Abteilung Elektronik besitzt ein eigenes Excel-Tool zur Auffindung ihrer eigenen Materialien, welche lt. ERP-System auf ihrem Lagerort hinzugebucht sind. Dieses Tool wird von einer Mitarbeiterin verwaltet und gepflegt und von allen anderen Kollegen in der Abteilung benutzt, um die gesuchten Materialien zu finden. Alle physischen Materialbewegungen die zwischen Abteilungen oder anderen Lagerorten passieren, laufen über diese Mitarbeiterin. Dabei wird die Ware von ihr entgegengenommen oder abgeholt, ein freier Lagerplatz im Tool gesucht und im betroffenen Lagerplatz abgelegt. Gleichzeitig wird überprüft, ob das Material bereits im Tool vorhanden und dokumentiert wurde. Ist dies der Fall, wird das Material am selben Lagerplatz, jedoch

getrennt vom bereits eingelagerten Material, abgelegt. Aus Gründen der Chargenverwaltung darf keine Vermischung verschieden angelieferter Materialien erfolgen.

Das Excel-Tool ist folgendermaßen Aufgebaut:

Die Datei bildet das gesamte Lager der Abteilung Elektronik ab und besteht aus mehreren Arbeitsblättern, wobei jedes Arbeitsblatt einen eigenen Lagerbereich darstellt. Innerhalb eines Arbeitsblattes wird in jeder Spalte ein Regal angeführt und darunter die Materialien aufgelistet. In Abbildung 41 sind die Arbeitsblätter dargestellt.



Abbildung 41: Arbeitsblätter Lagertool

Beispielhaft ist in Abbildung 42 ein Arbeitsblatt des Lagertools abgebildet, worin der Aufbau der Datei ersichtlich ist. Jede Spalte stellt ein eigenes Regal dar und zeigt, welche Materialien im jeweiligen Regal enthalten sind. Leerstellen sind freie Flächen bzw. Stellplätze im Regal. Dadurch ist schnell ersichtlich wo sich freie Plätze zur Einlagerung neuer Materialien befinden.

	A	B	C	D	E	F
1	Stellage 1	Stellage 2	Stellage 3	Stellage 4	Stellage 5	Stellage 6
2	XEKT1392	13E172	xspt0667	XEKT3179	xeKT2520	XEKT1227
3	XETT0415=250	13E80	xspt0129=grau	xspt1335-3	xeKT2804	XEKT1228
4	XETT0575	29C5=M4X9	xspt0119v01	xmHG0673	xeKT1261	XEKT2606
5	XETT0579	501S53=M2X13	xspt0119v03		xspt0796	XETT0581-1
6	xspt0447	757Z199	xspt0119v02		xspt0840	XETT0843
7		XBKT0037			xfrt0172	XETT0898
8	XSPT0119	XEKT0970	xspt0398	xspt1257	xspt1063	XETT1349
9	XMHG0393	XEKT1015		xkvt0282	xfrt0171	xmHG0476-2
10	XMHG0506	XEKT1136			xdft0195	XMUG0626-2
11	XDFT0200	XEKT1225	xw0098	xsot0973	xmug0825=1	XMUG0795
12		XEKT1291	XMUG1489	xspt1268	xspt1170	XMUG0808
13	623Z8=W25	XEKT2516	XMUG1490		xmug0823	XMUG0842
14	XMUG0588-1	xett0214-1	XETT1516	xeKT3245	xw1477-1	XMUG0847
15	XMUG0397R	xett0595	xett1516		xspt1138	XSPT0726
16	XMUG0397L	xett1610	xmug1490	xsot1285	xspt1083	XSPT0727
17	XSOT0174	XKvT0189	xmug1489	xspt1240-2	xspt1133=1	XSPT0738-2
18	XSOT0136	XKvT0190	xeKT3387	xeKT1381	xmug1503	XSPT0757
19	XSOT0102	XMHG0437	xdrT1846		xmHG0502	XSPT0758
20	XSOT0100	XMHG0528	xeKT1826		XMUG1327	XSPT0760
21	xmug1608	XMHG0594	xeKT3002		XW0926	

Abbildung 42: Beispieltabelle Lagertool

Sucht nun ein Mitarbeiter ein bestimmtes Material öffnet er das Arbeitsblatt „Finden“ und gibt in der Zelle A1 das gesuchte Material ein. Mit Druck auf die Schaltfläche „WoBinIch“ sucht ein Makro die anderen Arbeitsblätter durch und gibt in den Spalten daneben die jeweilige Position des Materials zurück. In Abbildung 43 ist das Arbeitsblatt „Finden“ dargestellt.

	A	B	C	D	E	F
1	XEKT1392				Vertikallager	X; 1;
2					Platz	
3					Klein	
4					Kästen	
5					Spritzerei	
6					Lager unten	
7					Bestückung	
8						
9						
10						
11						
12						
13						

Abbildung 43: Arbeitsblatt „Finden“ mit Suchfunktion

Die Spalten rechts vom Suchfeld zeigen alle Lagerbereiche. Dabei wird bei einer erfolgreichen Suche des Makros in der jeweiligen Zeile ein Eintrag hinterlassen. „X“ steht hier für eine Übereinstimmung und die „1“ zeigt die Nummer des Regals, in welchem das gewünschte Material im jeweiligen Bereich gelagert wird. Das „X“ stammt noch von einer älteren Version des Makros, bei welcher nur der Lagerbereich gefunden werden konnte. Da, teilweise, die Lagerbereiche eine große Fläche und viele Regale einnehmen, war die Suchfunktion nur eine kleine Hilfe beim Auffinden von Material. Im Rahmen einer Inventur wurden die Regale mitdokumentiert, in das Excel-Tool eingefügt und das Makro umgeschrieben. Die neue Version wird von fast jedem Mitarbeiter der Abteilung Elektronik genutzt und wird als sehr sinnvoll und hilfreich erachtet. Nachdem das Material im Tool gefunden wurde, ist der Gang zum Lager und das Suchen im zugewiesenen Regal notwendig. Damit ist auch ein Einblick in die Lagerungsarten und -systeme möglich.

Auf den ersten Blick sehen die Lagerregale der Abteilung Elektronik durchwegs geordnet aus, obwohl es sich um eine chaotische Lagerung handelt. Es werden, bis auf ein paar Ausnahmen, Fachbodenregale in offener und geschlossener Ausführung verwendet. Die dazugehörigen Behälter sind von ihrer Art und Größe verschieden. Dabei wird zwischen folgenden Unterschieden:

- Kartonverpackungen bzw. -behälter
- Kunststoffbehälter: offen und mit Deckel
- Kunststoffbeutel: (gewöhnliche sowie ESD-fähige)

In Abbildung 44 ist ein offenes Fachbodenregal mit Kartonbehälter der Abteilung Elektronik abgebildet. Die Ordnung innerhalb des Regals erfolgt alphabetisch von links nach rechts und von oben nach unten. Die Beschriftung am Karton verrät welche Materialien sich in den jeweiligen Kartons befindet.



Abbildung 44: offenes Fachbodenregal Elektronik

Bei näherer Betrachtung ist ersichtlich, dass mehrere Materialnummern in einem Karton gelagert werden. Weiter ist auch keine einheitliche Beschriftung vorhanden. Größtenteils sind Etiketten auf den Kartons, bei mehreren Artikeln sind auch händische Notizen auf den Behältern. Ähnliches findet sich auch in einem geschlossenen Fachbodenregal, welches in Abbildung 45 zu sehen ist, mit dem Unterschied, dass hier Kunststoffbehälter anstatt Kartons verwendet werden.



Abbildung 45: geschlossenes Fachbodenregal Elektronik

In den Kunststoffbehältern sind alle Materialien nochmals in Kunststoffbeutel abgepackt, inklusive ihrer Einlieferungsscheine damit keine Verwechslung von Materialien erfolgt. Aus Sicht eines Kommissionierers ist diese Lösung der Lagerung sehr aufwendig, da jeder Behälter gefunden und entnommen werden muss. Anschließend wird im Behälter der richtige Kunststoffbeutel gesucht, aus dem Behälter genommen, geöffnet und das benötigte Material sowie deren Einlieferungsschein entnommen. Die Materialbuchung wird mit Barcodescanner durchgeführt wofür der Einlieferungsschein benötigt wird. Eine für die Kommissionierung sehr aufwendige Prozedur. Die Kommissionierung von Materialien wird in einem Späteren Kapitel behandelt und mit der Methode MTM-UAS analysiert.

In Abbildung 46 ist das Abteilungslager der Elektronikabteilung ersichtlich, in welchem sofort ein überfülltes Lager erkennbar ist, da viele der schwarzen Lagerbehälter mit Deckel, am Boden neben dem eigentlichen Regal abgestellt sind. Auf Nachfrage wurde die Überfüllung des Lagers mit Problemen im nachfolgenden Produktionsschritt begründet.



Abbildung 46: Abteilungslager Elektronik

Weitere Lagerbereiche des Elektroniklagers spiegeln ein sehr ähnliches Bild der letzten Abbildungen wider.

Zusammenfassung - Lager der Abteilung Elektronik:

Lagerordnung	Chaotische Lagerung
Art der Lagerung	Regallagerung mit Fachbodenregalen
Lagerbehälter	Karton- & Kunststoffbehälter sowie Kunststoffbeutel in verschiedenen Größen

Lagerverantwortlichkeit	Es gibt weder Personen noch Abteilungen die explizit mit der Verwaltung des Lagers beauftragt sind
Sonstiges	Eigenes Lagertool zum Auffinden von Material
Auffälligkeiten	<ul style="list-style-type: none">• Mehrere Materialien pro Behälter• Teilweise ist Material mehrmals verpackt• Überfülltes Lager• Keine definierte Lagerverantwortung

Tabelle 14: Zusammenfassung Lager Elektronik

7.2.3 Lagerorganisation der Montage 2

Ein ganz anderes Bild zeigt das Lager der Abteilung Montage 2 im Vergleich zur Abteilung Elektronik. Grundsätzlich unterscheiden sich beide nur in wenigen Punkten voneinander. Die Montage 2 verfolgt dieselbe chaotische Lagerstrategie und hat kein eigenes Tool um Materialien im Lager zu finden. Das Lager der Montage 2 ist kleiner als das der Abteilung Elektronik. Auf Nachfrage bzgl. Auffinden von Material wurde erklärt, dass bestimmte Personenkreise ihre zugewiesenen Lagerflächen selbst verwalten. Dies erfolgt je nach Aufgabengebiet der Fertigungsmitarbeiter. Die Ordnung innerhalb der Regale ist teilweise alphabetisch geordnet, es werden aber kaum ähnliche Behälter verwendet. Die Durchmischung verschiedener Behälter ist in Abbildung 47 ersichtlich.



Abbildung 47: Abteilungslager Montage 2

Die Lagerung der Materialien erfolgt größtenteils in ihren angelieferten Kartons, welche in verschiedensten Größen im Lager eingeordnet sind. Die Kartons sind alle mit Etiketten versehen worauf die Materialnummern angeführt sind. Dies führt zwar zu einer einheitlichen Beschriftung, die verschiedenen Kartongrößen und die uneinheitliche Anordnung der Etiketten erschwert das Aufsuchen des gewünschten Materials zusätzlich. Weiter werden neben den Kartons und den Kunststoffbehältern, sogenannte Blister zur Lagerung verwendet.

In Abbildung 48 ist ein geschlossenes Fachbodenregal zu sehen mit verschiedensten Kunststoffbehältern sowie einigen Kartons. In den einzelnen Behältern ist das Material in Kunststoffbeutel gelagert, wie auch schon in der Abteilung Elektronik. Die Beschriftung der Behälter ist, wie schon in Abbildung 47, mit den Lieferetiketten und mit gedruckten Etiketten für die Kunststoffbehälter. Die dazugehörigen Einlieferzscheine sind meist klein zusammengefaltet mit dem Material im Kunststoffbeutel, liegen lose auf dem Material oder in deren Behälter daneben.



Abbildung 48: geschlossenes Fachbodenregal Montage 2

Für die Kommissionierung der Endmontage bei der unteren Extremität wurden Montage-Koffer mit verschiedenen Einsätzen angeschafft. Dadurch ist es den Mitarbeitern möglich eine einheitliche Anordnung der, für die Endmontage erforderlichen, Materialien zu gewährleisten. In jedem der Einsätze ist ein Aufkleber mit der Materialnummer des dazugehörigen Materials, sodass bei der Kommissionierung die richtige Box schnell gefunden werden kann. Weiter ist es

dadurch möglich das Kommissionieren von der Montagetätigkeit zu trennen und einen eigenen Kommissionierer für die Endmontage zu beschäftigen. Die Montagebox ist in Abbildung 49 abgebildet.



Abbildung 49: Montagebox für Endmontage Untere Extremität

Zusammenfassung - Lager der Abteilung Montage 2:

Lagerordnung	Chaotische Lagerung
Art der Lagerung	Regallagerung mit Fachbodenregalen
Lagerbehälter	Karton- & Kunststoffbehälter sowie Kunststoffbeutel in verschiedenen Größen und Kunststoffblister
Lagerverantwortlichkeit	Es gibt weder Personen noch Abteilungen die explizit mit der Verwaltung des Lagers beauftragt sind
Sonstiges	Innerhalb der Regale werden Behälter teilweise alphabetisch oder anhand der Materialgruppe geordnet
Auffälligkeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Mehrere Materialien pro Behälter • Teilweise ist Material mehrmals verpackt • Schwierige Suche durch verschiedene Behälterbeschriftungen • Keine definierte Lagerverantwortung

Tabelle 15: Zusammenfassung Lager Montage 2

7.2.4 Lagerorganisation der Montage 3

Die Organisation der Montage 3 durchging während der Aufnahme der Lagerorganisation eine Umstrukturierung, welche im Rahmen der Diplomarbeit aufgenommen und bewertet werden sollte. Die Aufnahme wird im Folgenden beschrieben und die Bewertung der Umstrukturierung wird später erläutert.

Vor dem Projekt Fertigungsinsel



Abbildung 50: Lagerregale MO3 vor der Fertigungsinsel

In Abbildung 50 ist der Lagerbereich in der Abteilung Montage 3 vor der Umstellung zu sehen. Ein Blick in die Kästen zeigt viele verschieden große Kunststoffbehälter, welche von oben nach unten alphabetisch und innerhalb des Fachboden von links nach rechts numerisch aufsteigend sortiert sind. Durch die Beschriftung der beinhalteten Materialien außen am Kasten und der Strukturierung innerhalb des Kastens ist ein rascheres Finden der Materialien möglich. Teilweise sind auch verschiedene Materialgruppen im gleichen Kasten, jedoch auf verschiedenen Fachböden gelagert.



Abbildung 51: Abteilungslager MO3

Abbildung 51 zeigt einen weiteren Teilbereich des Lagers der Abteilung Montage 3. Hier zeigt sich, wie schon in anderen Abteilung eine Vermischung von Lagerbehältern mit verschiedener Etikettierung, was zu einem erschwerten Erkennen des gesuchten Materials führt. Zusätzlich sind Kartons sowie Kunststoffbeutel im Einsatz, wodurch das ein- und auspacken des gesuchten Materials sowie das Umordnen von Behältern zur Entnahme einen ständigen Mehraufwand für den Kommissionierer bedeutet. Die Struktur in den Kästen, wie in den vorhergehenden Lagerbereich, ist hier nicht wiederzufinden.

Grundsätzlich ist, vor der Umstellung auf das neue Lagersystem der Fertigungsinsel, das Bild des Lagers sehr ähnlich der Montage 2 und es werden auch hier ausschließlich Regallager mit Fachböden verwendet. Jedoch ist, Aufgrund der kleineren zu verwaltenden Lagerflächen, ein strukturierteres Bild zu erkennen, trotz der chaotischen Lagerstrategie. Dennoch zeigen sich über alle Abteilungen hinweg dieselben Probleme mit der Lagerung von Materialien.

Zusammenfassung - Lager der Abteilung Montage 3 vor der Fertigungsinsel:

Lagerordnung	Chaotische Lagerung
Art der Lagerung	Regallagerung mit Fachbodenregalen
Lagerbehälter	Karton- & Kunststoffbehälter sowie Kunststoffbeutel in verschiedenen Größen und Kunststoffblistern
Lagerverantwortlichkeit	Es gibt weder Personen noch Abteilungen die explizit mit der Verwaltung des Lagers beauftragt sind
Sonstiges	Lagerung der Materialien nach Produktverwendung und alphabetische Lagerung
Auffälligkeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Mehrere Materialien pro Behälter • Teilweise ist Material mehrmals verpackt • Schwierige Suche durch verschiedene Behälterbeschriftungen • Keine definierte Lagerverantwortung

Tabelle 16: Zusammenfassung Lager Montage 3 vor Fertigungsinsel

Nach dem Projekt Fertigungsinsel

Im Rahmen des Firmeninternen Projektes „Fertigungsinsel“ wurde das gesamte Lager der Abteilung Montage 3 umgestellt. Dabei war die Kernaufgabe bei der Lagergestaltung die ortsnahe Lagerung aller Materialien, welche für die Fertigungsinsel benötigt werden. Im Folgenden wird der Zweck der Fertigungsinsel kurz erläutert.

Die Fertigungsinsel dient ausschließlich der Endmontage aller Produkte einer Produktfamilie der oberen Extremität. Diese Produktfamilie umfasst 96 verschiedene

Varianten, wobei jede dieser Varianten andere Materialien für die Endmontage benötigt. Dabei soll der gesamte Endmontageprozess an einem Arbeitsplatz von zwei Mitarbeitern im Fluss montiert werden. Aufgrund der Schwierigkeit einer Produktionsnivellierung innerhalb der Fertigungsinsel wurden zwei weitere Unterbaugruppen in den Endmontageprozess integriert. Dadurch konnte eine gleichmäßige Auslastung beider Mitarbeiter erreicht werden. Jedoch wurde dadurch die Anzahl der benötigten Materialien erhöht und somit auch der Aufwand zum Kommissionieren. Ziel war es die Durchlaufzeit der Produktfamilie zu reduzieren und die Varianten-Flexibilität gegenüber dem Kunden zu erhöhen. Grundlage dieser Umstrukturierung im Montageprozess war eine Wertstromanalyse

In der Umsetzungsphase des Projektes wurden 13 neue Fachbodenregale mit jeweils 8 Fachböden á 4 Kunststoffbehälter bestellt. Dabei konnte ein Behälter je nach Größe der gelagerten Komponenten zwischen einem und sechs verschiedener Materialien beinhalten. Die Trennung der verschiedenen Materialien innerhalb eines Behälters erfolgt durch Trennelemente, die an mehreren Stellen im Behälter eingesetzt werden können. Für die Behälter wurden eigene Etiketten angefertigt, an denen in vergrößerter Schrift das Material, welches an erster Stelle im Behälter gelagert wird, angeführt. Alle weiteren Materialien, inklusive dem ersten, werden daneben in ihrer Reihenfolge tabellarisch angeführt. Dies erfüllt den Zweck bei einem alphabetisch geordneten Lager möglichst schnell das gesuchte Material zu finden. Zusätzlich ist in den Trennelementen eine Beschriftung angebracht, die das dahinterliegende Material beschreibt. In Abbildung 52 sind die neuen Lagerregale abgebildet.



Abbildung 52: Lagerregale MO3 nach der Fertigungsinsel 1/2

Nach dem Einsortieren der Materialien für die Fertigungsinsel blieb genügend Platz, um alle weiteren Materialien, welche die Abteilung für andere Produkte benötigt in dieses Lager einzusortieren. Dadurch konnte ein abteilungsinternes Zentrallager

geschaffen werden. Damit die Auslastung in der Fertigungsinsel konstant bleibt musste das Kommissionieren vom Fertigungsauftrag entkoppelt werden. Dazu wurde eigene Behälter, sowie ein eigener Kommissionier-Wagen angeschafft. Das Kommissionieren für die Fertigungsinsel wurde von einem dritten Mitarbeiter durchgeführt. Ein Auftrag umfasst zwischen einem und fünf Stück derselben Variante, wobei jeder Behälter am Kommissionier-Wagen die Materialien eines Produktes beinhaltet. D.h. es können bis zu fünf Kommissionier-Behälter zu einem Fertigungsauftrag gehören. Der Kommissionier-Wagen und das neue Lager der Montage 3 sind in Abbildung 53 dargestellt.



Abbildung 53: Lagerregale MO3 nach der Fertigungsinsel 2/2

Das neue Lager der Montage 3 unterscheidet sich zum vorherigen Lager kaum von der Lagerhaltung und den verwendeten Regalen. Die chaotische Lagerung ist grundsätzlich noch vorhanden, jedoch existiert nun ein veränderbares Festplatzsystem ohne Lagerplatzidentität. Die Regale sind, wie zuvor, Fachbodenregale mit Kunststoffbehältern, die Flächen und Volums-Ausnutzung des Lagers konnten durch die neue Gestaltung erhöht werden. Weiter sind auch im neuen Lager keine Kartons aufzufinden und die Beschriftung der Lagerbehälter ist einheitlich ausgeführt. Eine Bewertung, ob das neue Lager eine Verbesserung für die Kommissionierung bringt, wird in einem späteren Kapitel bewertet.

Zusammenfassung - Lager der Abteilung Montage 3 nach der Fertigungsinsel:

Lagerordnung	Chaotische Lagerung
Art der Lagerung	Regallagerung mit Fachbodenregalen
Lagerbehälter	Kunststoffbehälter und Kunststoffbeutel in verschiedenen Größen
Lagerverantwortlichkeit	Der Gruppenleiter hat die Verantwortung über die Ordnungsgemäße Verwendung des Lagers
Sonstiges	Durchgehend alphabetische Lagerung der Materialien und Materialgruppen
Auffälligkeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Mehrere Materialien pro Behälter • Einheitlich Behälterbeschriftung • Erhöhung des Ausnutzungsgrades

Tabelle 17: Zusammenfassung Lager Montage 3 nach Fertigungsinsel

7.2.5 Zusammenfassung der Lagerorganisation

In Summe ist die Organisation der verschiedenen Lagerorte sehr ähnlich, wenn auch mit geringen Unterschieden in wenigen Punkten. Die chaotische Lagerordnung der Komponenten zieht sich ausnahmslos durch alle Abteilungen. Dabei werden in jeder Abteilung Fachbodenregale verwendet. Am unterschiedlichsten sind die verwendeten Lagerbehälter. Hierbei sind meist Kunststoffbehälter in Verwendung, jedoch ist oft die gelagerte Ware in Kunststoffbehältern verpackt. In einigen Lagerbereichen finden sich vermehrt Kartons als Lagerbehälter, was aus Verschmutzungssicht ungünstig für das gelagerte Material ist. Die Verantwortung der Lagerorganisation liegt bei den Gruppenleitern, welche aufgrund der Vielzahl an Aufgaben kaum Zeit für die Organisation des Lagers haben. Am häufigsten werden die Teile nach Materialgruppe oder nach Verwendung in Produktfamilien innerhalb eines Lagerbereichs gelagert. Die Anordnung der Komponenten innerhalb dieses Bereiches erfolgt alphabetisch. Neben dem Lagertool der Elektronikabteilung finden sich keine Hilfsmittel zur Lagerüberwachung. Das neue Lager der Abteilung Montage 3 bringt mehr Übersicht und Ausnutzung, ändert aber nichts an der Lagerordnung und den verwendeten Behältern.

Ein erster Ansatz zur Verbesserung, wäre eine definierte Person, welche die Lagerverantwortung übernimmt und ausschließlich dafür abgestellt wird das Lager für die Produktion effizient zu gestalten. Ein Festplatzsystem mit Trennung der Materialien auf mehrere Lagerorte könnte als Ausblick erfolgen. Zunächst sollte aber der Fokus auf das schnellere Auffinden von Material liegen, da durchschnittlich pro Woche ein Mitarbeiter 1,5 h Material im Lager sucht.

7.3 Analyse der Kommissionierung

7.3.1 Vorbereitungen zur MTM-UAS-Analyse

Bevor eine MTM-Analyse erstellt wird müssen einige Aufnahmen und Beobachtungen vollzogen werden, um später möglichst effizient eine solche Analyse anzufertigen. Vorgabe war es die MTM-Analyse mit dem Universellen Analysiersystem (MTM-UAS) durchzuführen, da MTM-1 zu detailliert für die Kommissionier-Vorgänge ausfällt und daher für die Aufgabenstellung zu aufwendig wäre. Für die Bewertung von Logistikprozessen steht eine eigene MTM-Methode zur Verfügung, welche MTM-SVL (Standardvorgänge Logistik) genannt wird. Die Zertifizierung für diese MTM-Methode war nicht vorhanden und daher wurde zugunsten der MTM-UAS Methode entschieden.

Ein späterer Vergleich der Ähnlichkeit zwischen den Aufgenommenen Daten mit jenen der MTM-SVL Bausteine wurde durchgeführt mit der Erkenntnis, dass nur geringe Abweichungen bei den Bausteinen vorliegen, da sie, aufgrund der möglicherweise verschiedenen Abgrenzung und Inhalte nicht zu 100% vergleichbar sind.

Zunächst wurden gemeinsam mit den Mitarbeitern, die das Kommissionieren durchführen, einige Kommissionier-Vorgänge absolviert, um die damit verbundenen Tätigkeiten, Bewegungen und Aufgaben am Shop-Floor zu beobachten. MTM bildet Bewegungen ab, die für die Durchführung einer bestimmten Tätigkeit notwendig sind. Daher war es wichtig, folgende Punkte vor einer Aufnahme festzustellen:

- Startpunkt: Beginn der MTM-Aufnahme
- Endpunkt: Beenden der MTM-Aufnahme
- Zurückgelegte Wege beim Kommissionieren
- Greiflängen, Belastungen und Schwierigkeit bei der Handhabung von Behälter und/oder Material
- Lagerungsort und verwendete Lagerhilfsmittel der zu kommissionierenden Materialien
- Verwendete Hilfsmittel zum Kommissionieren (z.B. Stehleiter, Barcodescanner, etc.)

Weiter wurde im Projektteam eine Eingrenzung der zu analysierenden Produkte vorgenommen, da ein sehr hoher Aufwand für die MTM-Analyse der Kommissionier-Vorgänge von 72 Produkten absehbar war. Eine ausführliche und genaue Analyse des jeweils meistproduzierten Produkts jeder Produktgruppe wurde als vernünftig und zielführend erachtet. Dabei sollte jede Analyse einmal vor und einmal nach der Umstellung des Lagers der Fertigungsinsel für jedes Beispielprodukt jeder Produktgruppe erfolgen.

Während den ersten Aufnahmen der Kommissionier-Vorgänge mittels MTM-UAS wurde sehr schnell klar, dass eine MTM-Analyse parallel zur Tätigkeit mit den Grundbausteinen kaum möglich ist, da die Vorgangsabfolge zu schnell ist, der Übungsgrad der MTM-Analyse zu gering war und der Kommissionier-Vorgang jede Woche nur zwei Mal erfolgt. Da durch die Beobachtung der Kommissionierer bestimmte, sich wiederholende Abläufe ersichtlich sind, wurde, nach Absprache mit dem Projektteam die Erstellung von Standardvorgängen vereinbart.

Eine weitere Idee, welche umgesetzt wird, ist die Erstellung eines VBA-Userforms zur Analyse, welches eine schnellere und exaktere Analyse der Kommissionier-Vorgänge ermöglichen soll.

Erhebung der Daten im Ausgangszustand

Zuerst werden mithilfe des Stockwerksplans der Abteilung Montage 3 alle Arbeitsplätze aufgenommen, welche zur Herstellung der ausgewählten Produkte verwendet werden. Dabei handelt es sich um vier Arbeitsplätze, die in Abbildung 54, links oben, als gelb markierte Sessel dargestellt sind. Aus Gründen der Anonymisierung kann hier kein gesamter Stockwerksplan abgebildet werden. Diese vier Arbeitsplätze sind jene, die zur Herstellung der Produkte der Oberen Extremität (im Folgenden als OE bezeichnet) vor der Umstellung auf den Arbeitsplatz Fertigungsinsel verwendet werden. Zusätzlich sind in der Abbildung die Arbeitsplatzlager dargestellt und ein Teil der vermessenen Gehwege, die zur Durchführung der MTM-Analyse benötigt werden.

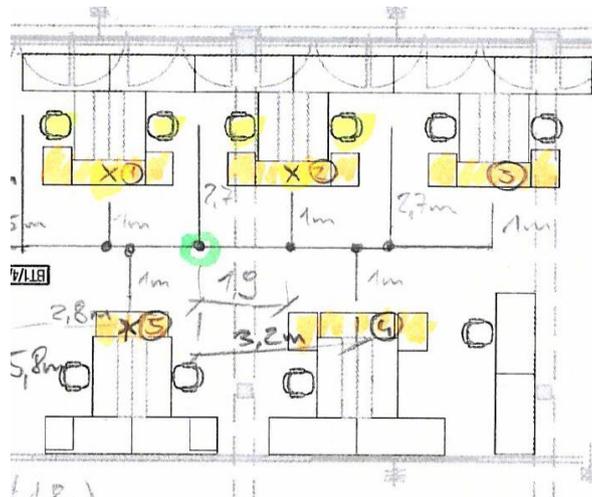


Abbildung 54: Start- und Endpunkt der Aufnahme und zurückgelegte Wege

Grün Markiert ist in der Abbildung 54 der gewählte Start- und Endpunkt der Aufnahme. Dies hat den Zweck, den geringen Fehler zwischen verschiedenen Start- und Endpunkten bei der Aufnahme auszuschalten. Dadurch ist es für die Aufnahme egal, auf welchem Arbeitsplatz (kurz: APZ) das Produkt der OE aufgebaut wird.

Als nächster Schritt werden alle Lagerregale in der Abteilung dokumentiert, in welchen sich lt. Mitarbeiter Komponenten für den Aufbau der OE befinden. Dabei sind 3 Lagerbereiche der Abteilung relevant:

- Direktlager beim Arbeitsplatz: APZ in MO3
- Lageregale in Abteilung: Regale in MO3
- Vertikalfördererlager: Vertikalförderer MO3

Alle 3 dieser Lagerbereiche wurden mit all ihren Regalen durchnummeriert, um den Weg zu jedem einzelnen Lagerplatz dokumentieren zu können. Dabei wurde die Wegetabelle erstellt, die in Abbildung 55 zu sehen ist.

Lagerplatzbezeichnung	Weg von Ausgangspunkt	Einheit	Kommentar
Grundweg APZ		0 m	Startpunkt Kommissionieren
APZ in MO3/1		2 m	
APZ in MO3/2		2 m	
APZ in MO3/3		6 m	
APZ in MO3/4		3,2 m	
APZ in MO3/5		1,5 m	
Grundweg Regale		8,9 m	Von Startpunkt
Regale in MO3/1		0,5 m	
Regale in MO3/2		1,5 m	
Regale in MO3/3		2,5 m	
Regale in MO3/4		1,5 m	
Regale in MO3/5		2,5 m	
Grundweg Vertikal		14,3 m	Von Startpunkt
Vertikalförderer MO3/1		1,8 m	
Vertikalförderer MO3/2		2,8 m	
Vertikalförderer MO3/3		3,2 m	
Vertikalförderer MO3/4		7,7 m	
Vertikalförderer MO3/5		8,7 m	
Vertikalförderer MO3/6		9,7 m	
Vertikalförderer MO3/7		3,2 m	

Abbildung 55: Lagerwege zur MTM-Aufnahme vor FI

Um einen Kommissionier-Vorgang durchzuführen konnten folgende Dokumente und Hilfsmittel festgestellt werden:

- Fertigungsauftrag der Produktionsplanung
- Materialbereitstellungsliste der Produktionsplanung
- Barcodescanner zur Materialentnahmebuchung
- Kommissionier-Wagen
- Kommissionier-Behälter
- Stehleiter für Behälter im oberen Regalbereich

Der Fertigungsauftrag und die Materialbereitstellungsliste werden von der Produktionsplanung gemeinsam ausgegeben und werden beim Kommissionieren für den Auftrag immer mitgeführt. Beide Dokumente sind mit Barcodes versehen, damit die Materialentnahme zum Auftrag direkt bei der Entnahme mithilfe des

Barcodescannern gebucht werden kann. Zunächst wird beim Start des Auftrags der Barcode des Fertigungsauftrags gebucht, hier erscheint am Barcodescanner ebenfalls die Materialbereitstellungsliste mit den noch zu kommissionierenden Material. Der Kommissionier-Wagen dient als Ablage, da die mitgeführten Dokumente und der Scanner bei der Kommissionierung der Teile und der Entnahme der Behälter hinderlich sind. Bei der Entnahme des gewünschten Materials wird der Teilebehälter am Kommissionier-Wagen abgestellt und die gewünschte Anzahl an Teilen herausgezählt. Bei Behältern, die im oberen Bereich eines Regals gelagert werden, wird eine Stehleiter zur Sicheren Entnahme geholt. Hierzu ist in jedem eigenen Bereich, wo eine solche Stehleiter erforderlich sein könnte, eine eigene Stehleiter abgestellt. Anschließend wird aus dem Teilebehälter der Einlieferungsschein des Materials entnommen, der Barcode des Materials und die Chargennummer der Lieferung gebucht. Dies ist unbedingt notwendig, da die Firma Otto Bock einen Chargenverwendungsnachweis führen muss, um die gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen. Sind alle Buchungen getätigt wird der Einlieferungsschein wieder zum Material gelegt und der Behälter an seinen Lagerplatz zurückgestellt. Das nächste Material der Materialbereitstellungsliste wird aufgesucht und der Vorgang beginnt von neuem.

Daraus ist zu erkennen, dass, neben den Dokumenten, die Handhabung des Kommissionier-Wagens, der Stehleiter und des Barcodescanners wichtige Bestandteile der MTM-Analyse sein werden. Der Kommissionier-Behälter, welcher am Kommissionier-Wagen mitgeführt wird, dient nur als Ablage der bereits kommissionierten Teile und wird während des gesamten Vorgangs nicht bewegt.

Um die letzten Daten vor dem Beginn einer MTM-Analyse zu erfahren, müssen Lagerhilfsmittel der gesuchten Materialien erhoben und die Schwierigkeit ihrer Handhabung festgestellt werden. Da im Lager teilweise sehr verschiedenen Lagerungszustände beobachtet wurden, werden hier alle notwendigen Teile aufgesucht und ihr Lagerhilfsmittel dokumentiert.

Zunächst werden die Stücklisten der gesuchten Produkte der OE aus dem ERP-System geladen. Dabei muss die richtige Stücklistenvariante in SAP® ausgewählt werden, da einige verschiedene Varianten gewählt werden können. Darunter befinden sich Fertigungs-, Einkaufs- und Konstruktionsstücklisten der gewählten Produkte sowie kombinierte Exporte. Die relevante Version ist eine Kombination aus Fertigungs- und Einkaufsstückliste um alle Teile der Materialbereitstellungsliste zu erfassen. Die Ebene, welche die Endmontage der OE enthält, wurde dazu aus allen Beispielprodukten der Produktgruppen OE kopiert und zur Gegenüberstellung in einer Excel-Tabelle zusammengeführt. Diese Darstellung ist in Abbildung 56 zu sehen.

Gruppe:	OE Gr.1	OE Gr.2	OE Gr.3	OE Gr.4
MHG:	XMHG0238R	XMHG0381R	XMHG427R	XMHG0536R
Teile:	XMUG0310R	XMUG0512R	XMUG0538R	XMUG0870R
	XMHG0030	XMHG0030	501S17=M3X5	501S17=M3X5
	XMHG0330=BRAUN	XMHG0330=WEISS	XMHG0329=ORANGE	XMHG0329=GRUEN
	501S17=M3X5	501S17=M3X5	XMHG0030	XMHG0030
	501T13=M3X8	501T13=M3X8	501T13=M3X8	501T13=M3X8
	501T8=M2.6X6	501T8=M2.6X6	X8X18=R7 3/4	X8X18=R7 3/4
	X8X18=R7 3/4	X8X18=R7 3/4	9S194	9S194
	9S194	9S194	XMUG0523	XMUG0866
	XMUG0401R	XMUG0417R	XSPT0415=BLAU	XSPT0415=GRUEN
			XSPT0383	XEKT0078
			XEKT0078	XSOT0093
			XSOT0093	

Abbildung 56: Endmontageteile der Produktgruppen OE vor FI

In dieser Abbildung sind alle Komponenten der einzelnen Produktgruppen der OE angeführt, welche vor der Umstellung auf die Fertigungsinsel kommissioniert werden müssen. Eine Übersichtlichere Darstellung wurde mittels Pivot-Tabelle erstellt und ist in Abbildung 57 ersichtlich.

Schnittmenge Teile	OE Gr.1	OE Gr.2	OE Gr.3	OE Gr.4
501S17=M3X5	X	X	X	X
501T13=M3X8	X	X	X	X
501T8=M2.6X6	X	X		
9S194	X	X	X	X
X8X18=R7 3/4	X	X	X	X
XEKT0078			X	X
XMHG0030	X	X	X	X
XMHG0329=GRUEN				X
XMHG0329=ORANGE			X	
XMHG0330=BRAUN	X			
XMHG0330=WEISS		X		
XMUG0310R	X			
XMUG0401R	X			
XMUG0417R		X		
XMUG0512R		X		
XMUG0523			X	
XMUG0538R			X	
XMUG0866				X
XMUG0870R				X
XSOT0093			X	X
XSPT0383			X	
XSPT0415=BLAU			X	
XSPT0415=GRUEN				X

Abbildung 57: Pivot-Tabelle aller Endmontageteile der Produktgruppen vor FI

Diese Darstellung zeigt, welche Komponenten in nur einer Produktgruppe oder in mehreren vorhanden ist. Dabei ist auch zu erkennen, dass die Gruppe OE1 und OE2

aus je 9 Komponenten besteht, die Gruppe OE3 aus 12 und die Gruppe OE4 aus 11 Komponenten erstellt wird.

Um herauszufinden wo sich die für die Endmontage benötigten Teile befinden, werden mittels eigens erstellter Vorlagen die Komponenten in den Regalen aller Lagerbereiche aufgenommen. Aus dem ERP-System ist keine Lagerplatz- oder Lagerbereichszuordnung zu finden, da ein chaotisches Lagersystem vorliegt. Ein Beispiel der Aufnahme ist in Abbildung 58 zu sehen.

Regal		2	Regal 2					
Fach		Materialien						
oben	1	342T10=70X100	XEKT0135	642T10=120X170	XEKT0134			
	2	XEKT0132	XMHG0127	XMHG0390				
	3	501S7=M3X5	XSOT0093	501T13=M3X8	501S17=M3X5	501T8=M2.6X6	XSTT0018	9E70
	4	XMHG0029	XMHG0075	XMHG0229				
	5	XMHG0075	XMHG0220					
	6	XMHG0029						
unten	7	XMHG0030	XMHG0072					

Abbildung 58: Aufnahme eines Regals der gelagerten Komponenten

Nach der Aufnahme aller gelagerten Komponenten der Abteilung Montage 3 wird eine Excel-Datei angelegt worin für jeden Lagerbereich ein eigenes Arbeitsblatt angelegt wird. In einem Arbeitsblatt sind alle Regale mit ihren Materialien, wie in Abbildung 58 dargestellt, untereinander angeführt und durchnummeriert. Um die gesuchten Materialien zu finden wurden ein Makro programmiert, welches gesuchte Komponenten in den Arbeitsblättern sucht und ihren Lagerort ausgibt. Das Makro ist im Anhang angeführt und wird im Folgenden beschrieben.

In einem weiteren Arbeitsblatt „Teile“ sind in Spalte A alle zu suchenden Komponenten aufzulisten. Wird das Makro gestartet, holt es sich den ersten Eintrag der Tabelle und durchsucht alle Arbeitsblätter, in welchen die Lagerzuordnung aufgenommen wurde. Findet das Makro das angeführte Material, schreibt es den Namen des Lagerbereichs, die Regalnummer und die Fachnummer neben dem Eintrag des Materials im Arbeitsblatt „Teile“. Wird das Material nicht gefunden, schreibt das Makro „nicht gefunden“ neben den Eintrag. Anschließend wird das nächste Material in der Liste gewählt und in derselben Weise gesucht. Damit ist es möglich ganze Stücklistenteile in die Datei hineinzuladen und auf Knopfdruck den Lagerort ausfindig zu machen. Dies gilt auch für Materialbereitstellungslisten, wodurch ein schnelles Suchen aller zu kommissionierenden Teile möglich wird. In Abbildung 59 wird das Arbeitsblatt „Teile“ nach einem Suchdurchlauf dargestellt.

Komponentennummer der Supermarktteile	Gefunden in (Ort/Regalnummer/Fachboden)
501S17=M3X5	Regale in MO3/2/3
501S7=M3X5	Regale in MO3/2/3
501T13=M3X8	Regale in MO3/2/3
501T8=M2.6X6	Regale in MO3/2/3
9S194	Regale in MO3/2/3
X8X18=R7 3/4	Vertikalförderer MO3/3/4
XDRT0002	Vertikalförderer MO3/1/3
XDRT0042	Vertikalförderer MO3/7/2

Abbildung 59: Arbeitsblatt „Teile“ nach der Suche mittels Makro

Hier sind in der linken Spalte die zu suchenden Komponenten angeführt. Rechts ist der Lagerort angeführt, in welchem sich das gesuchte Material befindet. Die Kodierung ist, wie schon zuvor erwähnt, der Lagerbereich gefolgt von der Regalnummer im Lagerbereich und der Fachbodennummer, wobei eine 1 den obersten Fachboden beschreibt.

Mit diesen Daten wurden alle Komponenten im jeweiligen Lagerort aufgesucht und deren Lagerhilfsmittel sowie die Schwierigkeit beim Kommissionieren der Teile dokumentiert. Dabei ist für die MTM-Analyse wichtig, welche Bewegungen zum Entnehmen der Behälter notwendig sind (Bücken, normale Entnahme oder Stehleiter) und in welche Lagerhilfsmittel sie gelagert werden. (Beutel, Behälter, Behälter mit Deckel oder eine Kombination daraus)

Bewertung auf altem Lagersystem				Davor: OE Gr.X			
Komponentennummer der Supermarktteile	Gefunden in (Ort/Regalnummer/Fachboden)	zusätzlich analysieren	Lagerzustand	1	2	3	4
XSPT0415=BLAU	APZ in MO3/1/2		Beutel			x	
XMHG0329=ORANGE	APZ in MO3/2/1		Beutel & Behälter			x	
XMUG0866	APZ in MO3/3/1		Beutel & Behälter				x
XSPT0415=GRUEN	APZ in MO3/3/1		Beutel				x
XMHG0329=GRUEN	APZ in MO3/3/2		Beutel & Behälter				x
XMUG0401R	APZ in MO3/5/1		Beutel	x			
XMUG0417R	APZ in MO3/5/1		Behälter		x		
XMHG0330=BRAUN	APZ in MO3/5/3u	Bücken	Behälter mit Deckel	x			
XMHG0330=WEISS	APZ in MO3/5/3u	Bücken	Behälter mit Deckel		x		
501S17=M3X5	Regale in MO3/2/3		Beutel	x	x	x	x
501T13=M3X8	Regale in MO3/2/3		Beutel	x	x	x	x
501T8=M2.6X6	Regale in MO3/2/3		Beutel	x	x		
9S194	Regale in MO3/2/3		Beutel	x	x	x	x
XSOT0093	Regale in MO3/2/3		Beutel			x	x
XMHG0030	Regale in MO3/2/7u	Bücken	Behälter	x	x	x	x
XSPT0383	Vertikalförderer MO3/3/4		Behälter			x	
X8X18=R7 3/4	Vertikalförderer MO3/3/4		Beutel	x	x	x	x
XMUG0523	Vertikalförderer MO3/5/3		Behälter			x	
XEKT0078	Vertikalförderer MO3/7/3		Beutel			x	x
XMUG0310R	Vertikalförderer MO3/1/4		Behälter	x			
XMUG0512R	Vertikalförderer MO3/1/4		Behälter		x		
XMUG0538R	Vertikalförderer MO3/1/4		Behälter			x	
XMUG0870R	Vertikalförderer MO3/1/4		Behälter				x

Abbildung 60: Komponenten der OE mit Daten zur MTM-Analyse

Abbildung 60 zeigt die aufgenommenen Daten für alle Teile für die vier Produktgruppen der OE mit allen erhobenen Daten vor der Umstellung auf die Fertigungsinsel. Dadurch war es nun möglich die MTM-Analyse schneller durchzuführen, da Wege, Kommissionier-Schwierigkeit, Lagerhilfsmittel und Kommissionier-Hilfsmittel bekannt sind.

Im Rahmen der ersten Aufnahmen ist ein gleichzeitiges analysieren der Tätigkeiten mit MTM-UAS schwierig durchzuführen, da teilweise das Aufeinanderfolgen von Bewegungen sehr rasch erfolgte und der Übungsgrad bei der Analyse unzureichend war. Zusätzlich erschwerend war es, dass der Kommissionier-Vorgang für die gewählten Produktgruppe der OE nur wenige Male pro Woche durchgeführt wurden. In Abstimmung mit dem Projektteam wurde vereinbart eigene Standardvorgänge für die eigene Analyse zu definieren, damit eine schnellere Analyse bei der Aufnahme erfolgen kann.

Erstellen von Standardvorgängen für die MTM-Analyse

Erste Beobachtung bei der Kommissionierung und den ersten Aufnahmeversuchen zeigten, dass bei der Durchführung der Tätigkeiten ähnliche Bewegungen immer wieder ausgeführt werden. Nach einigen Gesprächen mit den Mitarbeitern, die das Kommissionieren durchführen, und Beobachtung im Rahmen der Aufnahmen ist eine Liste mit 22 verschiedenen Bewegungsabläufen erstellt worden. Diese verschiedenen Bewegungsabläufe bzw. Standardvorgänge lassen sich in fünf Kategorien einteilen:

1. Bewegen und Türen
2. Behälter
3. Kommissionieren
4. Buchen und Kontrolle
5. Hilfsmittel und Aufzug

Diese fünf Kategorien umfassen jeweils 3-6 verschiedene Standardvorgänge, welche im Folgenden einzeln erklärt und in ihren MTM-UAS Grundvorgängen dargestellt. Dabei ist, je nach Komplexität, nur eine oder bis zu neun Grundbewegungen im Standardvorgang enthalten. Grundsätzlich sind die Standardvorgänge mit festgelegten Zeitwerten hinterlegt, jedoch sind bei einigen Standardvorgängen variable Zeiteile vorhanden. Dies tritt bei Standardvorgängen auf, welche durch äußere Umstände beeinflusst werden. Dabei sind diese äußeren Einflussgrößen in den folgenden Standardvorgängen der zurückgelegte Weg und die Anzahl der zu kommissionierenden Teile. So ist z.B. beim Kommissionieren von Teilen aus einem Karton, der Karton nur einmal zu öffnen, die entsprechende Anzahl zu entnehmen und danach wieder zu schließen.

1) Bewegen und Türen

In der Gruppe Bewegen und Türen sind fünf Standardvorgänge enthalten darunter sind zwei zur Bewegung und drei zum Öffnen/Schließen bzw. zum Durchschreiten von Türen gedacht.

Das Bewegen erfolgt zwischen APZ, Lagerregalen und Kommissionier-Wagen, falls dieser verwendet wird. Größtenteils erfolgen die Bewegungen mit Transportwagen, da die mitzuführenden Hilfsmittel beim Kommissionier-Vorgang hinderlich sind, wenn sie mitgeführt werden müssen. Dabei können bei Verwendung eines Kommissionier-Wagens die Hilfsmittel abgelegt werden.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
G-LPx	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	<i>Multiplikator x:</i>	<i>Weg in Meter:</i>	1	25	0,9
1.1	Gehweg zum Lagerort	KA	25	1	25	

Abbildung 61: UAS-Kode: Ohne Transportwagen bewegen

In Abbildung 61 ist der MTM-UAS-Kode für das Bewegen ohne Transportwagen angeführt. Da es sich hierbei um normales Gehen handelt, wird der Standardvorgang ausschließlich durch den UAS-Kode KA beschrieben, mit der Variable Weg in Meter. Laut MTM werden pro Meter zurückgelegtem Weg 25 TMU benötigt.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
TW-LPx	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	<i>Multiplikator x:</i>	<i>Weg in Meter:</i>	1	70	2,5
1.1	Kommissionierwagen handhaben	HA1	25		25	
1.2	Kraftaufwand zum Bewegen des Kommissionierwagens	ZD	20		20	
1.3	Gehweg zum Lagerort	KA	25	1	25	

Abbildung 62: UAS-Kode: Mit Transportwagen bewegen

In Abbildung 62 ist der MTM-UAS-Kode für das Bewegen mit Transportwagen angeführt. Dabei muss, im Vergleich zum Bewegen ohne Kommissionier-Wagen ein zusätzliches Handhaben mitanalysiert werden, sowie ein initialer Kraftaufwand zum Bewegen des Wagens.

Türen stellen Hindernisse im Kommissionier-Vorgang dar. Da teilweise zwischen Lagerbereichen gewechselt wird und dabei andere Räume betreten werden müssen, wird die Bewegung unterbrochen. Dies tritt sowohl bei Bewegungen mit und ohne Kommissionier-Wagen auf. Ein weiteres Hindernis im Kommissionier-Prozess sind Fachbodenregale- oder kästen, welche mit einer Tür verschlossen sind. Dabei erschweren diese den direkten Zugang zum erforderlichen Material und verdecken gleichzeitig mögliche Unordnung im Lager.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
G-T	Ohne Transportwagen eine Tür passieren				105	3,8
1.1	Hinlagen zur Tür	AA2	35		35	
1.2	Betätigen der Klinke	BA1	10		10	
1.3	Kraftaufwand zum Öffnen der Tür	ZD	20		20	
1.4	Tür öffnen	ZA3	20		20	
1.5	Tür offenhalten	AA1	20		20	

Abbildung 63: UAS-Kode: Ohne Transportwagen eine Tür passieren

In Abbildung 63 ist der MTM-UAS-Kode für das Durchschreiten einer Tür ohne Transportwagen angeführt. Dabei wird das Bewegen unterbrochen und die Tür muss geöffnet werden. Dies wird mit einem Hinlangen zur Türklinke und einer anschließenden Betätigung der Klinke analysiert. Danach muss eine Kraft aufgebracht werden um die Tür in Bewegung zu bringen und eine zusätzliche Bewegung zum Öffnen. Mit dem Abschließenden umgreifen, um die Tür zum Durchschreiten offen zu halten, kann mit einer Bewegung ohne Transportwagen weiter analysiert werden.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
TW-T	Mit Transportwagen eine Tür passieren				150	5,4
1.1	Hinlagen zur Tür	AA2	35		35	
1.2	Betätigen der Klinke	BA1	10		10	
1.3	Tür öffnen	ZA3	20		20	
1.4	Kraftaufwand zum Öffnen der Tür	ZD	20		20	
1.5	Tür offenhalten	AA1	20		20	
1.6	Kommissionierwagen handhaben	HA1	25		25	
1.7	Kraftaufwand zum Bewegen des Kommissionierwagens	ZD	20		20	

Abbildung 64: UAS-Kode: Mit Transportwagen eine Tür passieren

In Abbildung 64 ist der MTM-UAS-Kode für das Durchschreiten einer Tür mit Transportwagen angeführt. Der einzige Unterschied zum Standardvorgang „Ohne Transportwagen eine Tür passieren“ ist, dass der Transportwagen durch die geöffnete Tür geführt werden muss. Dies wird durch ein Zusätzliches Hilfsmittel handhaben und einem zusätzlichen Kraftaufwand realisiert.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
K-OS	Kasten öffnen/schließen				80	2,9
1.1	Hinlangen zum Drehverschluss (inkl. Öffnen)	AA2	35		35	
1.2	Öffnen des Drehverschlusses	ZB1	10		10	
1.3	Zweiten Flügel des Kastens öffnen	AA2	35		35	

Abbildung 65: UAS-Kode: Kasten öffnen/schließen

In Abbildung 65 ist der MTM-UAS-Kode für das Öffnen/Schließen eines Kastens angeführt. Dieser Standardvorgang wird analysiert, wenn der Kommissionierer vor einem geschlossenem Lagerregal steht. Gleichzeitig muss, falls einmal ein öffnen durch diesen Standardvorgang erfolgt, ein Schließen erfolgen. Dieser Standardvorgang wird mit einem Hinlangen zum Drehverschluss, einem anschließenden Betätigen und einem weiteren Hinlangen zum Öffnen des zweiten

Türflügels analysiert. Ein Platzieren ist hier nicht notwendig, da dies bereits im Hinlangen beider Bewegungen enthalten ist. Ein Schließen wird mit denselben Codes analysiert, da sich von der TMU-Anzahl nichts ändert. Einziger Unterschied wäre die Reihenfolge der Grundvorgänge im Standardvorgang.

2) Behälter

In der Gruppe Behälter sind sechs Standardvorgänge enthalten darunter sind drei zum Entnehmen der Behälter und drei zum Einstellen von Behältern gedacht. Diese Gruppe der Standardvorgänge bildet die Schwierigkeit der Lagerbehälterhandhabung ab. Dabei liegen die drei Schwierigkeitsstufen Behälter aus normalen Regalfach, Behälter aus niedrigem Regalfach und Behälter aus erhöhtem Regalfach entnehmen bzw. einstellen vor. Grundsätzlich unterscheidet sich das Entnehmen und Einstellen derselben Art nicht voneinander, da dieselbe Bewegungsfolge in verkehrter Reihenfolge durchgeführt wird. Aus Gründen der Übersichtlichkeit der Analyse, soll zu jedem Entnehmen eines Behälters ein Einstellen erfolgen.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
BA-NO	Behälter aus Regalfach entnehmen				45	1,6
1.1	Behälter entnehmen und abstellen	AH2	45		45	

Abbildung 66: UAS-Kode: Behälter aus Regalfach entnehmen

In Abbildung 66 ist der MTM-UAS-Kode für das Entnehmen eines Behälters aus einem normalen Regalfach angeführt. Dabei wird dieser Standardvorgang mit einem Hinlangen und Platzieren des Entfernungsbereichs 2 analysiert. Da die Lagerbehälter durchaus auch Größer sind und im allgemeinen ein Gewicht >1kg aufweisen wird die nächsthöhere Schwierigkeit gewählt.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
BA-NIE	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen				105	3,8
1.1	Bücken	KB	60		60	
1.2	Behälter entnehmen und abstellen	AH2	45		45	

Abbildung 67: UAS-Kode: Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen

In Abbildung 67 ist der MTM-UAS-Kode für das Entnehmen eines Behälters aus einem niedrigen Regalfach angeführt. Dabei muss im Vergleich zum normalen Entnehmen ein zusätzliches Bücken analysiert werden. Das Material, welches in diesem Zustand gelagert wird, wurde im Rahmen der Lageraufnahme für die Komponenten der Endmontage mitdokumentiert.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
BA-ERH	Behälter aus erhöhtem Regalfach entnehmen				195	7,0
1.1	3 Treppen der Stehleiter steigen	KA	25	3	75	
1.2	Behälter entnehmen und abstellen	AH2	45		45	
1.3	3 Treppen der Stehleiter steigen	KA	25	3	75	

Abbildung 68: UAS-Kode: Behälter aus erhöhtem Regalfach entnehmen

In Abbildung 68 ist der MTM-UAS-Kode für das Entnehmen eines Behälters aus einem erhöhten Regalfach angeführt. Dabei wird zusätzlich zum Hinlangen ein Treppen aufsteigen und ein Treppen absteigen mitanalysiert. Das Treppensteigen pro Treppe wird mit demselben UAS-Grundvorgang wie das Gehen über einem Meter analysiert. Das Bereitstellen der Stehleiter, welche für diese Art der Entnahme benötigt wird, ist in jedem Lagerbereich an einer anderen Position abgestellt. Dadurch ist der Weg, um die Stehleiter bereitzustellen, jedes Mal variabel. Hierfür muss vor einer Entnahme aus einem erhöhten Regalfach ein Bereitstellen der Stehleiter erfolgen. Nachdem aus dem Behälter kommissioniert und der Behälter wieder im Regal eingestellt wurde, muss die Stehleiter, sofern sie für den nächsten Behälter nicht nochmals verwendet wird, an den Ursprungsort zurückgebracht werden. Dazu wurde in der Gruppe der Standardvorgänge „Hilfsmittel und Aufzug“ zwei eigene Standardvorgänge erstellt.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
BE-NO	Behälter in Regalfach einräumen				45	1,6
1.1	Behältern nehmen und in Regal einstellen	AH2	45		45	

Abbildung 69: UAS-Kode: Behälter in Regalfach einräumen

In Abbildung 69 ist der MTM-UAS-Kode für das Einräumen eines Behälters in ein normales Regalfach angeführt. Der Kode unterscheidet sich von der äquivalenten Entnahme nicht und dient nur der Konsistenz der MTM-UAS-Analyse.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
BE-NIE	Behälter in niedrigem Regalfach einräumen				105	3,8
1.1	Behältern nehmen und in Regal einstellen	AH2	45		45	
1.2	Bücken	KB	60		60	

Abbildung 70: UAS-Kode: Behälter in niedrigem Regalfach einräumen

In Abbildung 70 ist der MTM-UAS-Kode für das Einräumen eines Behälters in ein niedriges Regalfach angeführt. Der Kode unterscheidet sich von der äquivalenten Entnahme kaum und dient nur der Konsistenz der MTM-UAS-Analyse. Der Unterschied liegt in der Reihenfolge der Grundvorgänge.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
BE-ERH	Behälter in erhöhtem Regalfach einräumen				195	7,0
1.1	3 Treppen der Stehleiter steigen	KA	25	3	75	
1.2	Behältern nehmen und in Regal einstellen	AH2	45		45	
1.3	3 Treppen der Stehleiter steigen	KA	25	3	75	

Abbildung 71: UAS-Kode: Behälter in erhöhtem Regalfach einräumen

In Abbildung 71 ist der MTM-UAS-Kode für das Einräumen eines Behälters in ein erhöhtes Regalfach angeführt. Der Kode unterscheidet sich von der äquivalenten Entnahme nicht und dient nur der Konsistenz der MTM-UAS-Analyse.

3) Kommissionieren

In der Gruppe Behälter sind fünf Standardvorgänge enthalten, darunter sind alle Unterschiedlich ausgeführt. Diese Gruppe der Standardvorgänge bildet die Schwierigkeit der Teilekommissionierung aus den Behältern ab, da in vielen Fällen kein Schütt- oder Stückgut vorliegt, welches nicht nochmals verpackt vorliegt. Dabei wird in dieser Gruppe zwischen folgenden Standardvorgängen unterschieden:

- Normales Kommissionieren (Schüttgut)
- Normales Kommissionieren mit Deckel (Schüttgut)
- Kommissionieren aus einem Karton (Schüttgut)
- Kommissionieren aus einem Minigrip-Beutel (Schüttgut)
- Kommissionieren aus Karton und Minigrip-Beutel (Schüttgut)

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
KOM-Nx	Normales Kommissionieren (Behälter)	<i>Multiplikator x:</i>	<i>Anzahl der Teile:</i>	1	45	1,6
1.1	x Teile aus Lagerbehälter in Auftragsbehälter ablegen	AD2	45	1	45	

Abbildung 72: UAS-Kode: Normales Kommissionieren

In Abbildung 72 ist der MTM-UAS-Kode für normales Kommissionieren aus einem Behälter angeführt. In diesem Vorgang liegt das Material als frei zugängliches Schüttgut vor und kann direkt aus dem entnommenen Lagerbehälter kommissioniert werden. Dabei wurde der Entfernungsbereich 2 gewählt mit mittlerer Schwierigkeit, da die Teile als Schüttgut vorliegen. Die Variable beschreibt die Anzahl an Komponenten die für den Auftrag zu kommissionieren sind.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
KOM-NDx	Normales Kommissionieren Deckel (Behälter mit	<i>Multiplikator x:</i>	<i>Anzahl der Teile:</i>	1	115	4,1
1.1	Deckel öffnen	AA2	35		35	
1.2	x Teile aus Lagerbehälter in Auftragsbehälter ablegen	AD2	45	1	45	
1.2	Deckel schließen	AA2	35		35	

Abbildung 73: UAS-Kode: Normales Kommissionieren mit Deckel

In Abbildung 73 ist der MTM-UAS-Kode für normales Kommissionieren aus einem Behälter mit Deckel angeführt. Dieser Standardvorgang unterscheidet sich vom normalen Kommissionieren dadurch, dass ein Deckel, der den Inhalt des Behälters vor Staub schützt, geöffnet werden muss, um das zu kommissionierende Material zu entnehmen. Dabei wird das Öffnen und Schließen des Deckels jeweils mit einem Hinlangen und Platzieren des Entfernungsbereichs 2 mit geringer Schwierigkeit analysiert. Die Variable beschreibt die Anzahl an Komponenten die für den Auftrag zu kommissionieren sind.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
KOM-Kx	Aus einem Karton Kommissionieren	<i>Multiplikator x:</i>	<i>Anzahl der Teile:</i>	1	125	4,5
1.1	Öffnen des Kartons	AA1	20	2	40	
1.2	Entnahme von x Teilen aus Karton in Auftragsbehälter	AD2	45	1	45	
1.3	Schließen des Kartons	AA1	20	2	40	

Abbildung 74: UAS-Kode: Kommissionieren aus einem Karton

In Abbildung 74 ist der MTM-UAS-Kode für das Kommissionieren aus einem Karton angeführt. In einigen Fällen wird das Material in einem Karton, welcher durch den Lieferanten bereitgestellt wird, im Lagerbehälter platziert. Dies ermöglicht das Einlagern mehrerer Verpackungseinheiten, jedoch muss hierbei auf Chargentrennung bei der Lagerung geachtet werden. Für den Kommissionier-Vorgang bedeutet dies einen Mehraufwand, da der Karton zur Kommissionierung der Teile geöffnet und danach wieder verschlossen werden muss. Das Öffnen und Schließen des Kartons wird mit einem Hinlangen und Platzieren im Entfernungsbereich 1 mit geringer Schwierigkeit analysiert. Die Variable beschreibt die Anzahl an Komponenten die für den Auftrag zu kommissionieren sind.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
KOM-SACx	Aus einem Minigrip-Sackerl Kommissionieren	<i>Multiplikator x:</i>	<i>Anzahl der Teile:</i>	1	145	5,2
1.1	Sackerl nehmen	AA1	20		20	
1.2	Sackerl öffnen	ZC1	30		30	
1.3	Entnahme von x Teilen aus Sackerl in Auftragsbehälter	AD2	45	1	45	
1.4	Sackerl schließen	ZC1	30		30	
1.5	Sackerl zurücklegen	PA2	20		20	

Abbildung 75: UAS-Kode: Kommissionieren aus einem Minigrip-Beutel

In Abbildung 75 ist der MTM-UAS-Kode für das Kommissionieren aus einem Minigrip-Beutel angeführt. Neben den Kartons existieren auch Minigrip-Beutel als zusätzliche Verpackungseinheit in den Lagerbehältern. Dies führt, wie schon bei Kartons, zu einem höheren Mehraufwand beim Kommissionieren. Dabei wurde beobachtet, dass die Mitarbeiter die Minigrip-Beutel aus dem Behälter entnehmen, um den Kommissionier-Vorgang daraus durchzuführen. Dadurch ist ein zusätzliches Aufnehmen und Platzieren im Entfernungsbereich 1 mit geringer Schwierigkeit notwendig, sowie ein Öffnen und Schließen des Beutels notwendig ist. Dies wurde

durch den MTM-Grundvorgang Betätigen realisiert. Weiter wurde Beobachtet, dass manche Mitarbeiter den Beutel während des Kommissionierens ablegen, andere jedoch während des gesamten Kommissionier-Vorgangs in einer Hand halten. Dieser Umstand wurde mit einem zusätzlichen Platzieren analysiert, welches das zurücklegen des Minigrip-Beutels in den Behälter darstellen soll. Die Variable beschreibt die Anzahl an Komponenten die für den Auftrag zu kommissionieren sind.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
KOM-KSx Aus einem Karton mit Sackerl Kommissionieren		<i>Multiplikator x:</i>	<i>Anzahl der Teile:</i>	1	225	8,1
1.1	Öffnen des Kartons: ersten und zweiten Ohren	AA1	20	2	40	
1.2	Sackerl nehmen	AA1	20		20	
1.3	Sackerl öffnen	ZC1	30		30	
1.4	Entnahme von x Teilen aus Sackerl in Auftragsbehälter	AD2	45	1	45	
1.5	Sackerl schließen	ZC1	30		30	
1.6	Sackerl zurücklegen	PA2	20		20	
1.7	Schließen des Kartons: ersten und zweiten Ohren	AA1	20	2	40	

Abbildung 76: UAS-Kode: Kommissionieren aus Karton und Minigrip-Beutel

In Abbildung 76 ist der MTM-UAS-Kode für das Kommissionieren aus Karton und Minigrip-Beutel angeführt. Den Kommissionier-Super-Gau stellt dieser Standardvorgang dar. Dabei wird in einem Lagerbehälter ein Karton gelagert in welchem das gesuchte Material nochmals in einen Minigrip-Beutel verpackt ist. Die MTM-Analyse dieses Vorganges ist eine Kombination aus den Vorgängen Kommissionieren aus einem Karton und Kommissionieren aus einem Minigrip-Beutel. Die Variable beschreibt die Anzahl an Komponenten die für den Auftrag zu kommissionieren sind.

4) Buchen und Kontrolle

In der Gruppe Buchen und Kontrolle sind drei Standardvorgänge enthalten, darunter sind zwei für Kontroll-Vorgänge und einer für den Scan-Vorgang ausgeführt. Diese Gruppe der Standardvorgänge bildet die Kontroll- und Buchungsfunktion des Kommissionierers ab. Dabei ist es notwendig bei einer höheren Anzahl von Teilen zu kontrollieren, ob das ausgewählte Teil auch das zu kommissionierende ist oder ob die Anzahl an Komponenten unterschiedlich zu anderen Teilen ist. Der Buchungsvorgang muss für jede kommissionierte Komponente durchgeführt werden, da die Firma Ottobock eine Chargenrückverfolgung führt.

Mit der Chargenrückverfolgung ist es möglich bei Produktfehlern, welche auf eine bestimmte Baugruppe zurückzuführen sind, die verbauten Teile mithilfe der Serial-Nummer zu ermitteln. Anschließend wird die Chargennummer des defekten Teils festgestellt und in weiterer Folge die Serial-Nummern aller Produkte in welchen diese Charge verbaut wurde. Dadurch kann es, bei groben Fehlern, zu einer verminderten Produktrückholung kommen, da der Fehler eingegrenzt werden kann. Diese Vorgehensweise ist von der FDA (Food and Drug Administration) gefordert, um den

US-Amerikanischen Markt als europäischer Produzent von Medizinprodukten beliefern zu dürfen.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
CTRL-L	Kontrolle Materialbereitstellungsliste				130	4,7
1.1	MBL nehmen	AA2	35		35	
1.2	Kontrollieren	VA	15	2	30	
1.3	Umblättern	AA2	35		35	
1.4	Kontrollieren	VA	15	2	30	

Abbildung 77: UAS-Kode: Kontrolle Materialbereitstellungsliste

In Abbildung 77 ist der MTM-UAS-Kode für das Kontrollieren der Materialbereitstellungsliste angeführt, welche jedem Fertigungsauftrag beiliegt. Dabei wird im Rahmen der Kommissionierung die Materialbereitstellungsliste (kurz: MBL) verwendet um die Komponenten, welche für den Auftrag aus dem Lager entnommen werden müssen, zu kontrollieren. Analysiert wird dieser Standardvorgang mit dem Hinlangen und Platzieren der MBL und einer folgenden Sichtkontrolle der angeführten Materialien. Dabei ist die MBL meist 2-seitig ausgeführt und es muss meist einmal umgeblättert werden. Dies wird mit einem nochmaligen Hinlangen und Platzieren und einer weiteren Sichtkontrolle analysiert.

Die MBL stellt gleichzeitig als Picking-Liste zur Verfügung und wird von manchen Mitarbeitern als Checkliste verwendet. Zur Buchung der Komponenten wurde vor einigen Jahren eine Lösung mit mobilen Scannern eingeführt. Bei der Beobachtung der Kommissionier-Vorgänge wurde festgestellt, dass in Einzelfällen Personen die Kommissionier-Vorgänge durchführen die Chargennummern auf der MBL notieren und die Materialien später via SAP® am Computer zum Auftrag buchen. Dies stellt eine Fehlerquelle dar, da Abschreib- oder Abtippfehler nicht auszuschließen sind. Weiter ist der Zeitaufwand für das manuelle Buchen am Computer im Vergleich zur Scanner-Lösung sehr ineffizient.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
CTRL-S	Kontrolle Scanner				95	3,4
1.1	Scanner nehmen	AA2	35		35	
1.2	Kontrollieren	VA	15	1	15	
1.3	Scrollen	AB1	30		30	
1.4	Kontrollieren	VA	15	1	15	

Abbildung 78: UAS-Kode: Kontrolle Scanner

In Abbildung 78 ist der MTM-UAS-Kode für das Kontrollieren des Scanners angeführt. Der Scanner bildet beim „Einloggen“ des Fertigungsauftrages die Materialbereitstellungsliste ab und zeigt an, welche Teile bereits entnommen wurden und welche Stückzahl für den Auftrag kommissioniert werden muss. Im Vergleich zur Papierlösung eine sehr viel effizientere Ausführung einer MBL, da sie als automatische

Checkliste fungiert. Dabei kann durch einfaches Scrollen mit dem Finger die Liste durchgesehen werden. Analysiert wird dieser Standardvorgang mit einem Aufnehmen und Platzieren des Scanners im Entfernungsbereich 2 mit geringer Schwierigkeit. Ein anschließender Kontrollblick und ein Scrollen mit einem weiteren Kontrollblick wird zusätzlich analysiert, um einer längeren Liste Rechnung zu tragen.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
SCN-T	Ware zum Auftrag buchen				195	7,0
1.1	Scanner aufnehmen	AA2	35		35	
1.2	Laufkarte entnehmen	AA2	35		35	
1.3	Kontrollblick BC	VA	15		15	
1.4	Scanner aktivieren	BA1	10		10	
1.5	Platzieren auf Barcode Laufkarte	PB1	20		20	
1.6	Einlieferschein entnehmen	AA2	35		35	
1.7	Kontrollblick BC	VA	15		15	
1.8	Scanner aktivieren	BA1	10		10	
1.9	Platzieren auf Barcode EL-Schein	PB1	20		20	

Abbildung 79: UAS-Kode: Material zum Auftrag buchen

In Abbildung 79 ist der MTM-UAS-Kode für das Buchen des Materials zum Fertigungsauftrag angeführt. Dabei wird in diesem Standardvorgang sowohl der Scanner als auch der Fertigungsauftrag aufgenommen, und mit einem Kontrollblick der Barcode identifiziert. Anschließend wird die Scantaste mit einem Betätigen aktiviert um den Barcode des Fertigungsauftrages zu scannen. Danach wird der Fertigungsauftrag abgelegt und der Einlieferschein des zu entnehmenden Materials aufgenommen. Ein weiterer Kontrollblick für den Barcode wird analysiert, um darauffolgend die Scantaste zu betätigen und den Barcode des Einlieferscheins mit einem Platzieren gescannt. Das Ablegen der Listen und des Scanners sind in den Aufnahme- und Platzierbewegungen bereits analysiert.

5) Hilfsmittel und Aufzug

In der Gruppe Hilfsmittel und Aufzug sind drei Standardvorgänge enthalten, darunter werden zwei für das Handhaben von Hilfsmittel und einer für das Fahren mit dem Aufzug ausgeführt. Diese Gruppe der Standardvorgänge die sonstigen Bewegungsfolgen ab, die im Rahmen eines Kommissionier-Vorganges auftreten können. Die ersten beiden sind zum Bereitstellen bzw. zum Zurückstellen der Stehleiter vorgesehen. Diese Vorgänge treten gekoppelt auf und werden benötigt, wenn Material in einem der oberen Regalfächer gelagert werden. Das Aufzugsfahren wird im Rahmen des Projektes ausgearbeitet, da, lt. einiger Mitarbeiter, es immer wieder vorkommt, dass während des Kommissionier-Vorganges Materialbehälter leer sind und aus dem Hauptlager im Souterrain nachzufüllen sind. Im Rahmen der Aufnahmen für die Erstellung der Diplomarbeit ist dies kein einziges Mal aufgetreten.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
S-BERx	Stehleiter zum Entnehmen bereitstellen	<i>Multiplikator x:</i>	<i>Weg in Meter:</i>	1	200	7,2
1.1	Zur Stehleiter	KA	25	1	25	
1.2	Stehleiter aufnehmen (>1kg und sperrig)	AL2	105		105	
1.3	Mit Stehleiter zum Regal	KA	25	1	25	
1.4	Stehleiter aufstellen	HA2	45		45	

Abbildung 80: UAS-Kode: Stehleiter bereitstellen

In Abbildung 80 ist der MTM-UAS-Kode für das Bereitstellen der Stehleiter angeführt. Dieser Standardvorgang wird ausgeführt, wenn das gesuchte Material in einem der oberen Regalfächer gelagert wird und dadurch nicht entnommen werden kann. Dabei wird der Kommissionier-Vorgang direkt am Regal unterbrochen und mit einem Gehen zur Stehleiter analysiert, welche sich in jedem Lagerbereich befindet. Die vorhandenen Stehleitern sind schwer und sperrig und werden darum mit einem Hinlangen des Entfernungsbereichs 2 mit hoher Schwierigkeit analysiert. Ist diese Aufgenommen wird die Stehleiter zum Ausgangspunkt getragen, was mit einem Gehen analysiert wird. Das Aufstellen der Stehleiter wird anschließend mit Hilfsmittel handhaben analysiert und der Lagerbehälter kann dem Standardvorgang „Behälter aus erhöhtem Regal entnehmen“ analysiert werden.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
S-ZURx	Stehleiter an Ursprungsort zurückbringen	<i>Multiplikator x:</i>	<i>Weg in Meter:</i>	1	200	7,2
1.1	Stehleiter zusammenklappen	HA2	45		45	
1.2	Stehleiter aufnehmen	AL2	45		105	
1.3	Zum Abstellplatz der Stehleiter	KA	25	1	25	
1.4	Zurück zu Ursprung	KA	25	1	25	

Abbildung 81: UAS-Kode: Stehleiter zurückstellen

In Abbildung 81 ist der MTM-UAS-Kode für das Zurückstellen der Stehleiter angeführt. Dieser Standardvorgang ist der Gegenspieler zum Vorgang Stehleiter entnehmen und muss bei einem Auftreten des Vorganges analysiert werden. Der Vorgang enthält dieselben Grundvorgänge des Entnahmevorgangs der Stehleiter, jedoch ist die Reihenfolge etwas geändert. Die Stehleiter wird mit einem Hilfsmittel handhaben zusammengeklappt und mit einem Aufnehmen und Platzieren aufgenommen. Anschließend ist sie zum Entnahmeplatz wieder zurückzubringen und der Kommissionierer kehrt wieder zum Ausgangspunkt zurück.

		Kode	TMU	Anz	ΣTMU	Σsek
AUF-FA	Aufzug fahren				3340	120,2
1.1	Zum Aufzug bewegen	KA	25	2	50	
1.2	Zu Taste hinlangen	AA2	35		35	
1.3	Aufzugstaste betätigen	BA1	10		10	
1.4	Warten auf Aufzug	PT	2000		2000	
1.5	In Aufzug eintreten	KA	25	3	75	
1.6	zu Taste hinlangen	AA2	35		35	
1.7	Stockwerkstaste betätigen	BA1	10		10	
1.8	Mit Aufzug fahren	PT	1000		1000	
1.9	Aufzug verlassen	KA	25	5	125	

Abbildung 82: UAS-Kode: Aufzug fahren

In Abbildung 82 ist der MTM-UAS-Kode für das Fahren mit dem Aufzug angeführt. Dieser Vorgang wurde auf Hinweis der Mitarbeiter erstellt, da es während des Kommissionier-Vorganges manchmal leere Lagerbehälter des Materials aufzufinden sind. Um das Material für den Auftrag zu kommissionieren und den Behälter nachzufüllen, muss im Hauptlager, welches sich im Stockwerk Souterrain befindet, Material entnommen werden. Dazu ist es notwendig den Aufzug vom 4.Stockwerk ins Souterrain zu nehmen. Der Standardvorgang beginnt, wenn der Kommissionierer sich vor dem Aufzug befindet. Der Kommissionierer geht zum Aufzug, langt zur Aufzugstaste hin und Betätigt diese um den Aufzug zu rufen. Nach einer bestimmten Wartezeit ist der Aufzug im Stockwerk und kann betreten werden. Im Aufzug ist das nochmalige Betätigen des gewünschten Stockwerks zu wählen. Die Aufzugfahrt wird mit einer ermittelten Prozesszeit analysiert. Ist der Aufzug im gewünschten Stockwerk angekommen, verlässt der Kommissionierer diesen und die weiteren Schritte sind mit den anderen Standardvorgängen weiter zu analysieren.

Die Prozesszeiten „Warten auf Aufzug“ und „mit Aufzug fahren“ wurden mit einer Stichprobenaufnahme durchgeführt. Dabei wurde zu verschiedenen Tageszeiten der Ablauf durchgespielt und ein Median der aufgenommenen Zeiten ermittelt. Die Aufnahme wird im Weiteren nicht näher erläutert, da dieser Vorgang bei den Aufnahmen nie verwendet wurde. Der Vollständigkeit halber, wurde aber der Standardvorgang hier beschreiben.

Mit der Beschreibung aller Standardvorgänge können die Aufnahmen einfacher und effizienter durchgeführt werden. Eine tabellarische Zusammenfassung aller Standardvorgänge mit ihren Abkürzungen ist in Abbildung 83 dargestellt. Dabei sind zusätzlich die Formeln ihrer TMU abgebildet. Viele der Standardvorgänge sind mit Fixzeiten hinterlegt, da der Umfang nicht von Wegen oder Anzahl der Teile abhängig ist. Jene Vorgänge, bei denen Weg oder Anzahl der Teile relevant ist, sind mit ihren Fixzeiten und den Variablen Anteilen dargestellt.

Nr.	Beschreibung	Kode	TMU
1	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	45+x*25
2	Mit Transportwagen eine Tür passieren	TW-T	150
3	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	x*25
4	Ohne Transportwagen eine Tür passieren	G-T	105
5	Kasten öffnen/schließen	K-OS	80
6	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45
7	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105
8	Behälter aus erhöhtem Regalfach entnehmen	BA-ERH	195
9	Kommissionieren Normal	KOM-N	45x
10	Kommissionieren Normal mit Deckel	KOM-ND	70+45x
11	Kommissionieren aus Karton	KOM-K	80+45x
12	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	100+45x
13	Kommissionieren aus Karton mit Sackerl	KOM-KS	180+45x
14	Stehleiter zum Entnehmen bereitstellen	S-BERx	150+50x
15	Kontrolle Materialbereitstellungsliste	CTRL-L	130
16	Kontrolle Scanner	CTRL-S	95
17	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195
18	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45
19	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105
20	Behälter in erhöhtes Regalfach einräumen	BE-ERH	195
21	Stehleiter an Ursprungsort zurückstellen	S-ZURx	150+50x
22	Aufzug fahren*	AUF-FA	3336

Abbildung 83: Überblick Standardvorgänge

Eine weitere Idee war die automatische Dokumentation der Standardvorgänge in Excel, da es sehr aufwendig war die einzelnen, handschriftlichen Aufnahmen nochmals abzutippen. Im Zeitraum, in welchem die ersten Aufnahmen stattfanden, war genügend Zeit um ein Excel-tool zu erstellen, welches eine vernünftige und schnelle Dokumentation der MTM-Analyse bietet. Das Excel-Tool zur Verwaltung und Erstellung von MTM-Analysen wird im nächsten Kapitel beschrieben.

Erstellung eines Analysetools mit Excel-VBA

Bei der Erstellung der ersten MTM-Aufnahmen mittels Vorlageblätter und anschließender Dokumentation in Excel, wurde kurzerhand klar, dass die Niederschrift in Excel sehr zeitaufwendig und mühsam war. Aufgrund vorhandener VBA-Programmierkenntnisse, wurde das Thema mit dem Projektteam diskutiert und die Erstellung eines Excel-Tools mit VBA beschlossen.

Um diese Dokumentationen der MTM-Analysen schnell durchzuführen wurde ein User-Form erstellt, welches die Standardvorgänge abbildet und per Knopfdruck in einer MTM-Analysevorlage einträgt. Damit konnten gesamte MTM-Analysen in sehr kurzer Zeit mit wenigen Klicks erstellt werden. Das User-Form ist in Abbildung 84 dargestellt.

Abbildung 84: User-Form des MTM-Tools zur vereinfachten Dokumentation

Im User-Form wurden alle Gruppen der Standardvorgänge in Blöcken zusammengeführt und jeder einzelne, erstellte Standardvorgang als Button abgebildet. Zusätzlich wurde zwei Befehlsbuttons hinzugefügt, welche eine Manipulation des geschriebenen Codes zulassen. Der Button „SUM“ beendet eine Analyse und zählt dabei alle angeführten TMU zusammen und berechnet gleichzeitig die Analyisierte Zeit in Sekunden und Minuten. Der zweite Button „Zeile zurück“ löscht den zuletzt getätigten Eintrag, falls einmal ein falscher Standardvorgang ausgewählt wird. Alle anderen Buttons schreiben ihren Standardvorgang in eine zuvor definierte Vorlage, welche in Abbildung 85 zu sehen ist.

MTM-UAS		MTM-Analyse					Ablage-Nr.
		O Planungsanalyse		O Ausführungsanalyse			Blatt
Nr.	Beschreibung	Kode	TMU	Anzahl	Wert von	Variable	

Abbildung 85: MTM-Analysevorlage

Die Vorlage wurde an die MTM-Analyseblätter angelehnt, um auch in druckbarer Form genutzt werden zu können. Das Makro füllt alle relevanten Felder der Vorlage aus und trägt zeitgleich die zugrundeliegenden TMU ein. Dabei sind im Source-Code des VBA-Programms alle TMU-Werte der Standardvorgänge hard-coded. D.h. eine Änderung der Standardvorgänge würde eine Änderung des Programmes erfordern, damit es

wieder den Standardvorgängen entspricht. Bei Standardvorgängen, die eine Variable wie Weg oder Anzahl der Teile enthält, wird bei Knopfdruck eine Abfrage gestartet, in welche die Variable eingegeben werden muss. Das Programm berechnet auf Basis der hinterlegten, fixen und variablen Anteilen des Standardvorganges die zugrundeliegenden TMU. Ein kurzes Analysebeispiel ist in Abbildung 86 dargestellt.

MTM-UAS		MTM-Analyse					Ablage-Nr.
		O Planungsanalyse		O Ausführungsanalyse			Blatt
Nr.	Beschreibung	Kode	TMU	Anzahl	Wert von	Variable	
1	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	125		5	Meter	
2	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45				
3	Kommissionieren Normal	KOM-N	90		2	Anzahl	
4	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195				
5	Kontrolle Scanner	CTRL-S	95				
6	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45				
7	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter	
SUMME			645 TMU				
			23,201 Sekunden				
			0,3867 Minuten				

Abbildung 86: Beispiel des Analysetools

Das Beispiel entspricht hierbei keinem wirklichen Vorgang und soll der Übersicht einer solchen automatischen Analyse dienen. Wie in Abbildung 86 ersichtlich besteht dieser Vorgang aus 7 Standardvorgängen. Bei Betätigung eines Standardvorganges wird eine fortlaufende Nummer eingetragen, der Name des Standardvorganges sowie das definierte Kode-Kürzel des Standardvorganges. Weiter werden die TMU des dazugehörigen Standardvorganges eingetragen. Enthält ein gewählter Vorgang nur eine Fixzeit, wird diese sofort eingetragen. Bei der Wahl von Standardvorgängen mit fixen und variablen Zeitanteilen erfolgt das Erscheinen eines Pop-Ups. Darin wird zur Eingabe mittels Text aufgerufen. Dabei ist der Eintrag direkt in einem Textfeld des Pop-Ups zu tätigen. Nach erfolgter Bestätigung berechnet sich das Programm die TMU-Summe des Vorganges schreibt ihn in das vorgesehene Feld im Analyseblatt. Zur Übersicht wird in der vorletzten Spalte, welche „Wert von“ heißt, die Zahl der eingegebenen Variable dargestellt. Die letzte Spalte „Variable“ zeigt die Einheit (Anzahl, Meter) der Variable an. Die Variable kann nach erfolgter Analyse manuell geändert werden, falls eine falsche Eingabe erfolgte. Die TMU werden dabei mitgeändert, da im Feld TMU die Formel zur Berechnung hinterlegt ist.

Eine weitere Funktion des Tools ist, dass bei jedem zusätzlichen Vorgang der eingetragen wird, sich das Dokument um eine Datenzeile verlängert. Dadurch ist es egal, wie viele Einträge eine Analyse enthält, die gedruckte Version der Analyse wird immer innerhalb des Analyseblattes erfolgen.

Zusätzlich zur Zeilenerweiterung wurde eine Analyseverwaltung innerhalb der Excel-Datei eingeführt, damit kann schnell eine weitere Analyse begonnen werden. Dabei schaltet sich die Analyseverwaltung vor jedem Aufruf des User-Forms ein. Ein Schnellaufruf ist mit der Tastenkombination Strg+q hinterlegt, damit muss das Makro-Menü nicht für jeden Start des Programms geöffnet werden. Bevor das User-Form jedoch erscheint, folgen einige Abfrage-Pop-Ups.

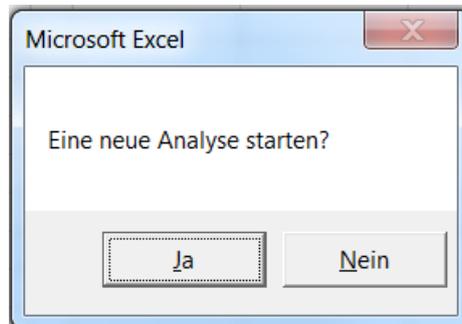


Abbildung 87: Initialisierung Analysetool – Analyseverwaltung 1/4

In Abbildung 87 ist das erste Fenster des Initialisierungsvorganges angeführt. Dabei kann entschieden werden, ob eine neue Analyse gestartet werden soll oder nicht. Verwendet wurde hierfür eine Message-Box vom Typ „vbyesno“, welche nur Ja und Nein Antworten zulässt. Bei Bestätigung mit dem Ja-Button folgt das nächste Dialogfenster.

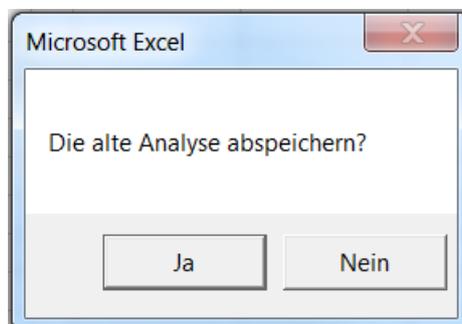


Abbildung 88: Initialisierung Analysetool – Analyseverwaltung 2/4

Abbildung 88 zeigt das Dialogfenster, welches nach Bestätigung des ersten Fensters „neue Analyse“ erscheint. In diesem Fenster wird mit derselben Ja-Nein-Logik entschieden, ob die vorhandene MTM-Analyse gespeichert werden soll, welche im Analyseblatt der Excel-Datei vorliegt. Ein Beantworten mit Ja führt zu einer Text-Box, in welcher eine Bezeichnung der Analyse eingetragen werden soll. Ist eine geeignete Bezeichnung gewählt worden, wird das Analyseblatt als Arbeitsblatt mit dem eingegebenen Namen abgelegt und ein neues, leeres Analyseblatt wird generiert. Das Analysetool erscheint mit dieser Wahl automatisch.

Wird bei der Abfrage, ob die alte Analyse gespeichert werden soll, „Nein“ gewählt, löscht das Programm das Analyseblatt und erstellt auf Basis einer Vorlage ein neues.

Das Analysetool erscheint automatisch und es kann mit einer neuen MTM-Analyse begonnen werden.

Wird im ersten Fenster, bei der Frage ob eine neue Analyse gestartet werden soll, die Option „Nein“ gewählt, erscheint das Fenster, welches in Abbildung 89 dargestellt ist.

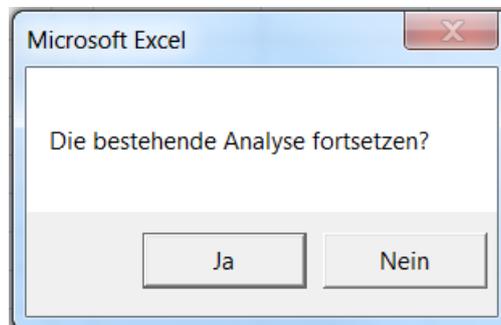


Abbildung 89: Initialisierung Analysetool – Analyseverwaltung 3/4

Hier wird gefragt, ob die bestehende Analyse im Analyseblatt fortgesetzt werden soll, da im ersten Fenster, bei der Frage nach der neuen Analyse, „Nein“ gewählt wurde. Wird „Ja“ gewählt, zählt das Programm die bereits eingetragenen Standardvorgänge und setzt sich an die erste freie Position im Analyseblatt. Das Analysetool erscheint und die bestehende Analyse kann fortgesetzt werden.



Abbildung 90: Initialisierung Analysetool – Analyseverwaltung 4/4

Abbildung 90 zeigt ein letztes Dialogfenster, welches bei kontradiktorischen Antworten der ersten beiden Dialogfenster erscheint. Wird bei der Frage „neue Analyse“ „Nein“ gewählt und die Frage, ob die bestehende Analyse fortgesetzt werden soll auch mit „Nein“ beantwortet, so kommt es zu einem Widerspruch. Es sind keine anderen Optionen möglich. Der Aufruf des Analysiertools wird unterbrochen und es werden keine Änderungen vorgenommen.

Um die Funktion der Analyseverwaltung sowie des MTM-Analysiertools zu gewährleisten wurden einige Probeläufe des Tools durchgeführt und alle Verwaltungsvarianten getestet. Das Tool funktioniert einwandfrei und kann in einfacher Weise zur Dokumentation beitragen. Weiter kann das MTM-Analysiertool zur Echtzeitaufnahme eingesetzt werden und bei Verwendung eines Tablett-PC sogar durch Berührung der entsprechenden Tasten am Bildschirm eine Analyse erstellt

werden. Schwierigkeiten zeigen sich bei einer Tablett-Verwendung, wenn eine Zahleneingabe erfolgen muss. Durch eine Änderung auf entsprechende Tastenfelder bei der Abfrage der Zahlenwerte könnte eine solche Variante in Zukunft für Tablett realisiert werden.

Erhebung der Daten der Fertigungsinsel

Nachdem sich im Rahmen des Projektes „Fertigungsinsel“ sich die Lagerorte der Materialien, ihre Behälter und der Arbeitsplatz geändert haben, müssen die Daten für die neuen Analysen ebenfalls erhoben werden. Die Vorgehensweise bei der Aufnahme ist in einem nachfolgenden Kapitel beschrieben und wird in gleicher Weise ausgeführt. Das Projekt „Fertigungsinsel“ brachte eine grundlegende Veränderung der Abteilung mit sich, da das Lager in einem gesammelten Abteilungsbereich zusammengeführt und Arbeitsplätze in Richtung Fließfertigung umgebaut wurden. Dadurch mussten einige der Daten neu aufgenommen werden, um auch hier eine MTM-Analyse durchzuführen. Dabei wurde der Start- und Endpunkt zur Kommissionierung neu definiert und die Wege zu den Regalen neu aufgenommen.

Lagerplatzbezeichnung	Weg von Ausgangspunkt	Einheit	Kommentar
Grundweg FI-Lager		4 m	Startpunkt ist bei FI
FI MO3/1		2 m	
FI MO3/2		2 m	
FI MO3/3		3 m	
FI MO3/4		4 m	
FI MO3/5		5 m	
Grundweg Vertikal		17,4 m	Von Startpunkt
Vertikalförderer MO3/1		1,8 m	
Vertikalförderer MO3/2		2,8 m	
Vertikalförderer MO3/3		3,2 m	
Vertikalförderer MO3/4		7,7 m	
Vertikalförderer MO3/5		8,7 m	
Vertikalförderer MO3/6		9,7 m	
Vertikalförderer MO3/7		3,2 m	

Abbildung 91: Lagerwege zur MTM-Aufnahme nach FI

In Abbildung 91 ist zu sehen, dass im Vergleich zum alten System nunmehr zwei Lagerbereiche existieren. Dabei sind zum Zeitpunkt der Aufnahme noch nicht alle Materialien in das Fertigungsinsellager übertragen, was gegen Ende dieser Arbeit jedoch erfolgte. Die zwei Lagerbereiche sind wie folgt:

- Lager direkt bei der Fertigungsinsel: FI MO3
- Vertikalfördererlager: Vertikalförderer MO3

Die verwendeten Fertigungshilfsmittel sind dieselben wie vor der Umstellung auf das neue Lagersystem. Der einzige Unterschied ist ein zusätzlich aufgestellter Kommissionier-Platz im Lagerbereich der Fertigungsinsel. Dadurch wird die Verwendung eines Kommissionier-Wagens weniger relevant und bei vollständiger Übertragung aller Materialien kann sogar ohne Kommissionier-Wagen gearbeitet werden.

Als nächster Schritt zur Vorbereitung werden alle Stücklistendaten der Produkte zu ermitteln. Im Rahmen der Umstellung auf die FI wurden Änderungen in der Stückliste vorgenommen und Unterbaugruppen in die Endmontage integriert. Dadurch wächst die Stückliste für diesen Kommissionier-Vorgang. Zunächst werden die Stücklisten der gesuchten Produkte der OE aus dem ERP-System geladen. Die neuen Baugruppen, welche in der Fertigungsinsel aufgebaut werden, wurden zur Gegenüberstellung ihrer Komponenten in Tabelle 18 in Pivot-Form dargestellt.

Schnittmenge Teile	OE Gr.1	OE Gr.2	OE Gr.3	OE Gr.4
501S17=M3X5	X	X	X	X
501S7=M3X5	X	X	X	X
501T13=M3X8	X	X	X	X
501T8=M2.6X6	X	X		
9S194	X	X	X	X
X8X18=R7 3/4	X	X	X	X
XDRT0002	X	X	X	X
XDRT0042			X	X
XDRT0043			X	X
XEKT0046			X	X
XEKT0078			X	X
XEKT0119	X	X	X	X
XEKT0254			X	X
XEKT0405			X	X
XEKT1128	X	X		
XFRT0004	X	X	X	X
XMHG0030	X	X	X	X
XMHG0081R	X	X		
XMHG0127	X	X		
XMHG0329=GRUEN				X
XMHG0329=ORANGE			X	
XMHG0330=BRAUN	X			
XMHG0330=WEISS		X		
XMHG0371R	X	X		
XMHG0390			X	X
XMHG0395R			X	X
XMUG0024		X		
XMUG0026	X	X	X	X
XMUG0283	X		X	X
XMUG0336		X		
XMUG0337	X			

XMUG0338R			X	
XMUG0340R			X	X
XMUG0341R			X	X
XMUG0401R	X			
XMUG0417R		X		
XMUG0523			X	
XMUG0536R			X	
XMUG0554			X	X
XMUG0866				X
XMUG0872R				X
XSOT0093			X	X
XSOT0094			X	X
XSPT0070	X	X	X	X
XSPT0072	X	X	X	X
XSPT0107			X	X
XSPT0137	X	X	X	X
XSPT0383			X	
XSPT0408			X	
XSPT0415=BLAU			X	
XSPT0415=GRUEN				X
XSPT0629	X	X	X	X
XSPT0630			X	X
XSPT0676			X	X
XSPT0744	X	X		
XSPT0745	X	X		
XSTT0018	X	X	X	X
XSTT0022	X	X	X	X
SUMME	27	27	40	37

Tabelle 18: Pivot-Tabelle aller Endmontageteile der Produktgruppen OE vor FI

Im Vergleich zu den Komponenten vor der Umstellung auf die Fertigungsinsel ist bemerkbar, dass die Anzahl der Komponenten um das 3-fache angestiegen ist. Dies ist auf die Implementierung der Unterbaugruppen in den Endmontageprozess zurückzuführen. Diese Darstellung zeigt, welche Komponenten in nur einer Produktgruppe oder in mehreren vorhanden ist. Dabei ist auch zu erkennen, dass nun die Gruppe OE1 und OE2 aus je 27 Komponenten besteht, die Gruppe OE3 aus 40 und die Gruppe OE4 aus 37 Komponenten erstellt wird.

Weiter werden die Komponenten der neuen Endmontage in den Vorlagen zur Lagererhebung eingetragen. Dabei wird wie zuvor schon jeder Lagerplatz mit dem entsprechendem Material dokumentiert und in dem Lagertool mit der neuen Struktur eingefügt. Das Makro wird umprogrammiert, dass es in der neuen Struktur die gesuchten Komponenten in den Arbeitsblättern findet und ausgibt. Das Makro ist im Anhang angeführt.

Mit diesen Daten wurden alle Komponenten im jeweiligen Lagerort aufgesucht und deren Lagerhilfsmittel sowie die Schwierigkeit beim Kommissionieren der Teile

dokumentiert. Dabei ist für die MTM-Analyse wichtig, welche Bewegungen zum Entnehmen der Behälter notwendig sind (Bücken, normale Entnahme oder Stehleiter) und in welche Lagerhilfsmittel sie gelagert werden. (Beutel, Behälter, Behälter mit Deckel oder eine Kombination daraus)

Danach: OE Gr.X				Bewertung auf neuem Lagersystem			
1	2	3	4	Lagerzustand	zusätzlich analysieren	Gefunden in (Ort/Regalnummer/Fachboden)	Komponentennummer der Supermarktteile
		x	x	Sackerl		FI MO3/1/5/ml/	XEKT0405
x	x	x	x	Sackerl		FI MO3/2/5/ml/	XMUG0026
		x		Sackerl		FI MO3/4/5/ll/	XSPT0415=BLAU
		x		Sackerl & Behälter		FI MO3/2/3/rr/	XMHG0329=ORANGE
			x	Sackerl & Behälter	Bücken	FI MO3/3/8/ll/u	XMUG0866
			x	Sackerl		FI MO3/4/5/ll/	XSPT0415=GRUEN
			x	Sackerl & Behälter		FI MO3/2/3/rr/	XMHG0329=GRUEN
x				Sackerl	Bücken	FI MO3/2/8/rr/u	XMUG0401R
	x			Behälter	Bücken	FI MO3/2/8/mr/u	XMUG0417R
x	x			Behälter		FI MO3/2/4/rr/	XMHG0371R
x				Behälter mit Deckel		FI MO3/2/3/mr/	XMHG0330=BRAUN
	x			Behälter mit Deckel		FI MO3/2/3/mr/	XMHG0330=WEISS
		x	x	Sackerl		FI MO3/1/5/rr/	XEKT0254
x	x			Sackerl		FI MO3/1/5/ml/	XEKT1128
x	x	x	x	Sackerl	Stehleiter	FI MO3/5/2/rr/o	XSTT0022
x	x			Sackerl & Behälter (3T)	Bücken	FI MO3/1/8/ll/u	XMHG0127
		x	x	Sackerl & Behälter (3T)		FI MO3/2/4/ml/	XMHG0390
x	x	x	x	Sackerl	Stehleiter	FI MO3/1/2/mr/o	501S17=M3X5
x	x	x	x	Sackerl	Stehleiter	FI MO3/1/2/mr/o	501S7=M3X5
x	x	x	x	Sackerl	Stehleiter	FI MO3/1/2/mr/o	501T13=M3X8
x	x			Sackerl	Stehleiter	FI MO3/1/2/mr/o	501T8=M2.6X6
x	x	x	x	Sackerl	Stehleiter	FI MO3/1/2/ll/o	9S194
		x	x	Sackerl		FI MO3/4/3/mr/	XSOT0093
x	x	x	x	Sackerl	Stehleiter	FI MO3/5/2/rr/o	XSTT0018
x	x	x	x	Behälter	Bücken	FI MO3/1/7/ll/u	XMHG0030
x	x			Behälter	Bücken	FI MO3/1/8/ml/u	XMHG0081R

Abbildung 92: Neue Komponenten der OE mit Einflussfaktoren

Abbildung 92 zeigt die aufgenommenen Daten für alle Teile für die vier Produktgruppen der OE mit allen erhobenen Daten vor der Umstellung auf die Fertigungsinsel. Dadurch war es nun möglich die MTM-Analyse schneller durchzuführen, da Wege, Kommissionier-Schwierigkeit, Lagerhilfsmittel und Kommissionier-Hilfsmittel bekannt sind. Die in der Abbildung grün hinterlegten „x“ stellen alle neuen Komponenten der Endmontage dar. Die violett hinterlegten, sind Komponenten, welche in der Version vor der Fertigungsinsel kommissioniert werden.

Damit sind alle Aufnahmen fertiggestellt, welche zur MTM-Analyse notwendig sind, um eine effiziente und schnelle Aufnahme vor Ort durchzuführen. Mithilfe der definierten Standardvorgänge ist eine Erleichterung der Dokumentation gelungen und Versuche mit dem Computer in Echtzeit aufzunehmen erweisen sich als möglich. Im nächsten Kapitel wird die MTM-Aufnahme der Kommissionier-Prozesse vor der Umstellung und nach der Umstellung des Lagersystems der Abteilung Montage 3 durchgeführt und die Erstellten Analysen erklärt.

7.3.2 Ist-Aufnahme der Kommissionier-Vorgänge

In diesem Kapitel wird die MTM-Analyse der Kommissionier-Vorgänge aller Produktgruppen, jeweils vor und nach der Umstellung, durchgeführt. Hierzu wird beispielhaft die Produktgruppe 3 der OE verwendet um die Analysen zu erklären. Die Aufnahmen der anderen 3 Produktgruppen sind im Anhang dokumentiert. Die Ergebnisse der Analyse aller Produktgruppen wird am Ende des Abschnittes durchgeführt und mit einer Gegenüberstellung, Vergleichen und Wertschöpfungsanalysen betrachtet. Die Kommissionier-Vorgänge wurden jeweils für die Kommissionierung einer Baugruppe, d.h. für einen Auftrag über ein Stück, sowie für einen Auftrag über 5 Stück aufgenommen.

MTM-Analyse vor der Fertigungsinsel

Zur Erläuterung der MTM-Analyse vor der Fertigungsinsel wird die Produktgruppe 3 OE analysiert. Die Aufnahme wird als Ausführungsanalyse erstellt und durch Begleitung eines Mitarbeiters der Abteilung Montage 3 durchgeführt und mithilfe des Tools am Shop-Floor dokumentiert. Dabei stellte sich das Analysetool als sehr hilfreich und in der Anwendung als sehr einfach heraus. Die Aufnahmen konnten direkt in Echtzeit erfolgen und ein anschließendes Summieren nach der Fertigstellung war sofort möglich, ohne die Zeiten aus der Tabelle zu suchen.

MTM-UAS		MTM-Analyse					Ablage-Nr.
		O Planungsanalyse		X Ausführungsanalyse			Blatt
Nr.	Beschreibung	Kode	TMU	Anzahl	Wert von	Variable	
1	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	115		2,8	Meter	
2	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45				
3	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl	
4	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195				
5	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45				
10	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	145		4	Meter	
11	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45				
12	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl	
13	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195				
14	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45				
15	Kasten öffnen/schließen	K-OS	80				
16	Kontrolle Scanner	CTRL-S	95				
17	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	447,5		16,1	Meter	
18	Kasten öffnen/schließen	K-OS	80				
19	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45				
20	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl	
21	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195				

22	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
23	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
24	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	280		4	Anzahl
25	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
26	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
27	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
28	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
29	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
30	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
31	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
32	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	190		2	Anzahl
33	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
34	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
35	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105			
36	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
37	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
38	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
39	Kontrolle Scanner	CTRL-S	95			
40	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	475		17,2	Meter
41	Mit Transportwagen eine Tür passieren	TW-T	150			
42	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
43	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
44	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
45	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
46	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
47	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
48	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
49	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
50	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	170		5	Meter
51	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
52	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
53	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
54	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
55	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
56	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
57	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
58	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
59	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	272,5		9,1	Meter
60	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
61	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
62	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
63	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			

68	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	620		23	Meter
69	Mit Transportwagen eine Tür passieren	TW-T	150			
		SUMME	7955	TMU		
			286,151	Sekunden		
			4,76918	Minuten		

Tabelle 19: MTM-Analyse OE Gr.3 vor FI

Tabelle 19 zeigt die MTM-Analyse der OE Gruppe 3 vor der Umstellung auf die Fertigungsinsel. Auf den ersten Blick wirkt die Analyse sehr lange, sieht man die dafür benötigte Zeit nach der Summierung, ist eher das Gegenteil der Fall. Längere Zeiten werden für diese Analyse vermutet. Bei Vergleich zur Realzeit des Vorganges fällt auf, dass die Zeit die mithilfe des MTM-Verfahrens aufgenommen wurde nur 50% der wirklichen Zeit entspricht. Mit einer aufgenommenen Zeit von 8000 TMU, was knappen 5 Minuten entspricht, und einer wirklichen Zeit von 10 Minuten (entspricht 16667 TMU) deutliche Unterschiede zu spüren.

Grundsätzlich ist hier der Ablauf immer sehr ähnlich. Nachdem sich der Mitarbeiter mit Transportwagen zu einem Lagebereich bzw. einem bestimmten Regal bewegt, greift er zu einem der erforderlichen Behälter und stellt ihn am Kommissionier-Wagen ab. Danach entnimmt er die geforderte Menge und kommissioniert diese in den Auftragsbehälter. Anschließend wird das Material mittels Barcodescanner verbucht. Dazu wird der Barcodescanner und der Einlieferschein des Materials aufgenommen und eingeloggten Auftrag hinzugebucht. Nachdem beide wieder abgelegt wurden wird der nächste Behälter entnommen oder der Mitarbeiter sucht den nächsten Lagerplatz auf. Dieser Vorgang wird so oft wiederholt, bis das gesamte Material für den Auftrag kommissioniert wurde. Dabei kann in manchen Fällen die Stehleiter zur Entnahme hinzugezogen werden oder es wird bei Wechsel der Lagerplätze eine Tür durchschritten. Meist wird vor einem Lagerortwechsel der Scanner bzw. die Materialbereitstellungsliste kontrolliert, ob alle Komponenten des Bereichs bereits entnommen wurden. Dabei ist die Erfahrung der Mitarbeiter gefragt, da einige genau wissen, welche Materialien sich an welchem Lagerort befinden.

Zu den Unterschieden ist zu erwähnen, dass im Rahmen der Aufnahmen viele Suchvorgänge durchgeführt werden, welche in der Aufnahme nicht abgebildet sind. Manche Mitarbeiter müssen längere Zeit vor dem Regal die verschiedenen großen Etiketten lesen und können den geforderten Behälter nicht sofort ausmachen. Zusätzlich werden Mehrfachkontrollen der benötigten Teile durchgeführt, da unter Beobachtung etwas Nervosität entsteht. Um die verschiedenen Tätigkeiten und ihre Zeiteile zum Gesamtvorgang innerhalb der MTM-Analyse zu vergleichen wurde ein Tortendiagramm erstellt. Dieses ist in Abbildung 93 dargestellt.

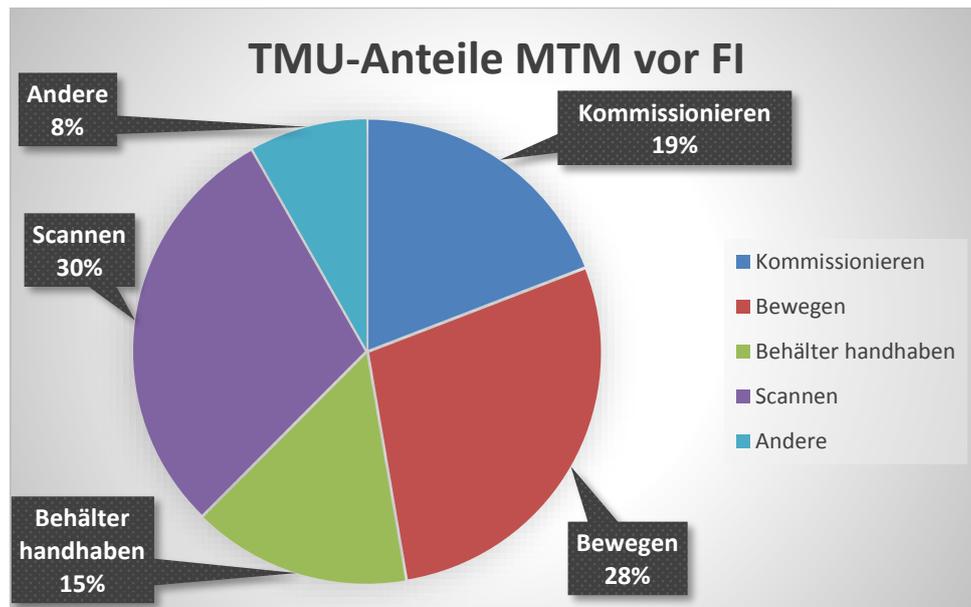


Abbildung 93: TMU-Anteile der MTM-Analyse OE Gr.3 vor FI

Im Diagramm ist die Aufteilung der einzelnen Bewegungen lt. MTM zum Gesamtvorgang gezeigt. Dabei ist erwartungsgemäß der Buchungs- bzw. Scan-Anteil am größten, gefolgt vom Bewegungsanteil und dem Kommissionieren selbst.

Um Genaueres über die Veränderungen und die Verhältnisse bestimmter Zeitanteile auszusagen wird im nächsten Abschnitt die Kommissionierung der Teile nach der Fertigungsinsel analysiert.

MTM-Analyse nach der Fertigungsinsel

In gleicher Weise wie vor der Fertigungsinsel wird hier die Ausführungsanalyse für die Produktgruppe 3 der OE nach der Fertigungsinsel angeführt. In dieser Analyse sind mehr Komponenten zu Kommissionieren als in der Variante vor der Fertigungsinsel. Daher fällt diese Analyse bedeutend länger aus als die davor. Ein weiterer Unterschied ist die Verwendung des Kommissionier-Wagens. Im Finalzustand des Fertigungsinsellagers sind alle Komponenten darin enthalten, darum ist später auch kein Transportwagen mehr nötig. Da bei der Aufnahme, dies noch nicht erfolgt war, fließen einige wenige Transportwagen-Vorgänge mit ein.

MTM-UAS		MTM-Analyse				Ablage-Nr.
		O Planungsanalyse		X Ausführungsanalyse		Blatt
Nr.	Beschreibung	Kode	TMU	Anzahl	Wert von	Variable
1	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	145		4	Meter
2	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
3	Stehleiter zum Entnehmen bereitstellen	S-BERx	175		0,5	Meter

4	Behälter aus erhöhtem Regalfach entnehmen	BA-ERH	195			
5	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
6	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
7	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
8	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
9	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
10	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
11	Behälter in erhöhtes Regalfach einräumen	BE-ERH	195			
12	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
13	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
14	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
15	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
16	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	280		4	Anzahl
17	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
18	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	280		4	Anzahl
19	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
20	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
21	Behälter in erhöhtes Regalfach einräumen	BE-ERH	195			
22	Stehleiter an Ursprungsort zurückstellen	S-ZURx	175		0,5	Meter
23	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
24	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
25	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
26	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
27	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	190		2	Anzahl
28	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
29	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
30	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
31	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
32	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
33	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	235		3	Anzahl
34	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
35	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
36	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
37	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
38	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
39	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
40	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
41	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
42	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
43	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
44	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
45	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
46	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
47	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
48	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
49	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter

50	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
51	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
52	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
53	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
54	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
55	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
56	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
57	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
58	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
59	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	190		2	Anzahl
60	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
61	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
62	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
63	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105			
64	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
65	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
66	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
67	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
68	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
69	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	25		1	Meter
70	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
71	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
72	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
73	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
74	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
75	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
76	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
77	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
78	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
79	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
80	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
81	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
82	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
83	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
84	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	235		3	Anzahl
85	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
86	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
87	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
88	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
89	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
90	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
91	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
92	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
93	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
94	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
95	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter

96	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
97	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
98	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
99	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
100	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
101	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
102	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
103	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
104	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
105	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
106	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105			
107	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
108	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
109	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
110	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
111	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
112	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
113	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
114	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
115	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
116	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
117	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
118	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	25		1	Meter
119	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
120	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	75		3	Meter
121	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
122	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
123	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	75		3	Meter
124	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
125	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105			
126	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	75		3	Meter
127	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
128	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
129	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	75		3	Meter
130	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
131	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	25		1	Meter
132	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
133	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
134	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	190		2	Anzahl
135	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
136	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
137	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
138	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
139	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
140	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
141	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter

142	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
143	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
144	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
145	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
146	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
147	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
148	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
149	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
150	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
151	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
152	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
153	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
154	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
155	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
156	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
157	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
158	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
159	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
160	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
161	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
162	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
163	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
164	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
165	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
166	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
167	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
168	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
169	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
170	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
171	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
172	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
173	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
174	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
175	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105			
176	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
177	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
178	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
179	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
180	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
181	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
182	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
183	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
184	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
185	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
186	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
187	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter

188	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
189	Stehleiter zum Entnehmen bereitstellen	S-BERx	400		5	Meter
190	Behälter aus erhöhtem Regalfach entnehmen	BA-ERH	195			
191	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	125		5	Meter
192	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
193	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
194	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
195	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
196	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	125		5	Meter
197	Behälter in erhöhtes Regalfach einräumen	BE-ERH	195			
198	Stehleiter an Ursprungsort zurückstellen	S-ZURx	350		4	Meter
199	Kontrolle Scanner	CTRL-S	95			
200	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	500		18,2	Meter
201	Mit Transportwagen eine Tür passieren	TW-T	150			
202	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
203	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
204	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
205	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
206	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
207	Kommissionieren aus Karton	KOM-K	125		1	Anzahl
208	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
209	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
210	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	170		5	Meter
211	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
212	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
213	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
214	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
215	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	560		20,6	Meter
216	Mit Transportwagen eine Tür passieren	TW-T	150			
			SUMME	24040	TMU	
				864,74	Sekunden	
				14,41	Minuten	

Tabelle 20: MTM-Analyse OE Gr.3 nach FI

Die Analyse der OE Produktgruppe 3 nach der Fertigungsinsel ist die längste MTM-Aufnahme mit 216 Standardvorgängen in diesem Projekt, dabei wäre eine Analyse mit MTM-UAS-Grundbausteinen wesentlich umfangreicher und unübersichtlicher geworden. Eine Strukturierung hätte Übersicht schaffen können, aber leider reichte die Zeit für die Aufnahme nicht aus, da ein Kommissionier-Vorgang etwa 1-2 Mal pro Woche durchgeführt wurde und eine einzelne Aufnahme nicht ausgereicht hätte, alle

Vorgänge zu dokumentieren. Eine Videoaufzeichnung zur späteren Analyse wurde abgelehnt.

Der Ablauf ist ähnlich dem vor der Fertigungsinsel, mit dem Unterschied, dass der Kommissionier-Wagen kaum verwendet wird. Im Endzustand des FI-Lagers soll dies der Fall sein, zum Zeitpunkt der Aufnahme war dies noch nicht gegeben. Außerdem war die Umstellung auf das neue Lagersystem für die Mitarbeiter etwas gewöhnungsbedürftig und daher der Übungsgrad noch unzureichend. Wie schon im Zustand vor der Fertigungsinsel festzustellen war, ist die Diskrepanz zwischen aufgenommener Zeit und wirklicher Zeit in etwa um den Faktor 3 verschieden. Ähnliche Gründe wie zuvor sind die Suchvorgänge nach dem Material im Regal, sowie doppelte Kontrollen des Materials.

Die TMU des Kommissionier-Vorganges nach der Fertigungsinsel liegt bei 24000 TMU, was knapp 15 Minuten entspricht. Dabei ist eine Erhöhung zu den TMU vor der Fertigungsinsel um den Faktor 3 zu beobachten. Zu beachten ist, dass im Rahmen der neuen Fertigungsinsel, sich nicht nur das Lager, sondern die Anzahl der zu kommissionierenden Komponenten geändert hat.

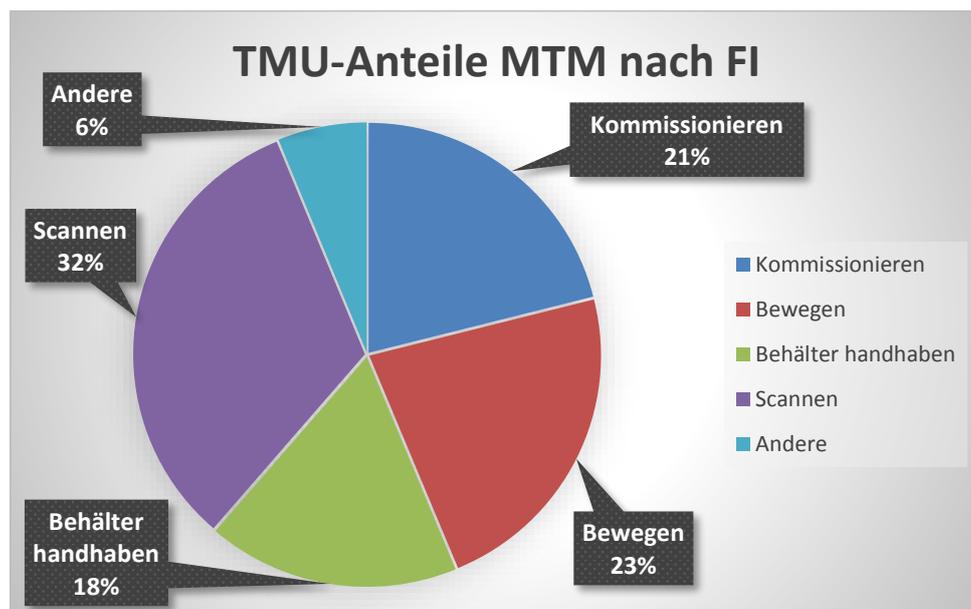


Abbildung 94: TMU-Anteile der MTM-Analyse OE Gr.3 nach FI

Im Diagramm in Abbildung 94 ist die Aufteilung der einzelnen Bewegungen lt. MTM zum Gesamtvorgang gezeigt. Dabei ist erwartungsgemäß der Buchungs- bzw. Scan-Anteil am größten, gefolgt vom Bewegungsanteil und dem Kommissionieren selbst.

Die MTM-Analysen der anderen OE Produktgruppen wurden in derselben Art durchgeführt wie die soeben Beschriebenen. Sie sind im Anhang einzusehen und ohne Beschreibung ausgeführt. Das nächste Kapitel beschreibt die Ermittlung der Potentiale.

8 Potentiale und Maßnahmen

8.1 Ermittlung der Potentiale

Nachdem die MTM-Analyse für beide Lagerarten durchgeführt wurden, kann eine Gegenüberstellung zwischen vor FI und nach FI erfolgen. Dabei werden Ähnlichkeiten und Unterschiede dargestellt und Verbesserungen oder Verschlechterungen aufgezeigt. Zusätzlich erfolgt eine Betrachtung der Wertschöpfungsanteile im Kommissionier-Vorgang. Ziel ist es, aus den generierten MTM-Daten ein Soll-Konzept für ein verbessertes Lagersystem zu erstellen. Dabei sollen Restriktionen zur Umsetzung zuvor miteingearbeitet werden, um den Soll-Zustand umsetzungsfähig zu gestalten. Anschließend soll das neue Konzept mit MTM-UAS bewertet werden und die erzielten Einsparungen aufgezeigt werden.

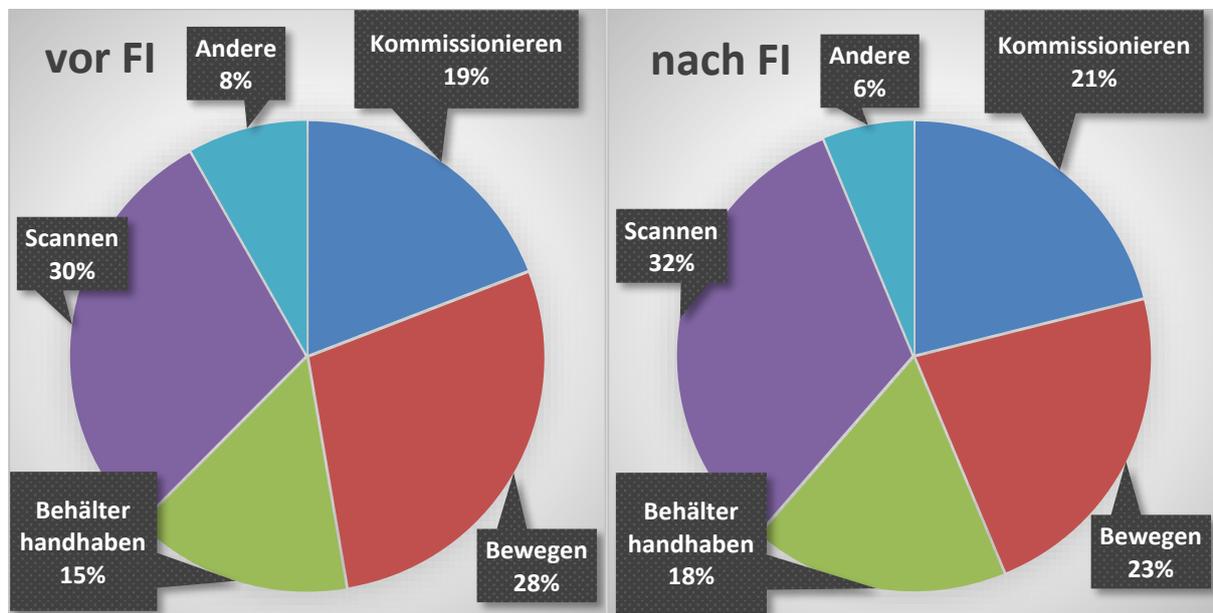


Abbildung 95: Gegenüberstellung Zeitanteil vor/nach FI

In Abbildung 95 ist die Zeitaufteilung der Hauptbewegungen im Kommissionier-Vorgang vor und nach der Fertigungsinsel dargestellt. Mit einer Gegenüberstellung der Zeitanteile von den Analysen vor der FI und nach der FI, ist zu sehen, dass die Zeitaufteilung in den aktuellen Kommissionier-Prozessen gemittelt in etwa folgende Zusammensetzung ausmacht:

- | | | |
|-----------------------|-----|------------------------------------|
| 1. Scannen | 31% | Nicht Wertschöpfend aber notwendig |
| 2. Bewegen | 26% | Nicht Wertschöpfend |
| 3. Kommissionieren | 20% | Nicht Wertschöpfend aber notwendig |
| 4. Behälter handhaben | 16% | Nicht Wertschöpfend |
| 5. Andere | 7% | Nicht Wertschöpfend |

Wird die Wertschöpfung für diese Vorgänge betrachtet, ist festzustellen, dass keine der Tätigkeiten eine Wertschöpfung am Produkt selbst erzeugt. Nicht Wertschöpfende Tätigkeiten sind dabei das Bewegen, Behälter handhaben und Andere. Die Tätigkeiten Scannen und Kommissionieren fallen hierbei auch unter nicht Wertschöpfende Tätigkeiten, jedoch ist das Scannen, also die Buchungsvorgänge des Materials zu den Aufträgen, aus Sicht des Qualitätsmanagements und der Chargenrückverfolgbarkeit unbedingt notwendig und erforderlich. Ähnlich ist es beim Kommissionieren, da das Vereinzeln der Komponenten aus dem Schüttgut (oder sonstigem angelieferten Zustand) unbedingt erfolgen muss. Hierbei wäre es sinnvoll, dass Kommissionieren und das Buchen direkt am Arbeitsplatz, wo das Material benötigt wird, durchzuführen. Dies würde eine bessere Materialverwaltung (z.B. Warehouse Management), sowie das Trennen des Materials auf mehrere Lagerorte erfordern. Mehrfachverwendung der Materialien in anderen Aufträgen muss hier unbedingt berücksichtigt werden. Eine Trennung des Materiallagerorts auf mehrere Plätze ist ohne Warehouse Management zwar einfach durchzuführen, kann aber dazu führen, dass im Rahmen der Inventur Schwierigkeiten bei der Auffindung von Material auftreten kann. Zusätzlich kann es zu höheren Suchzeiten führen, falls eine gute Organisation und Dokumentation der Arbeitsplätze erfolgt.

Darstellung pro Stücklistenposition							
Type	Arbeitsplatz	TMU für 1 BG	Stk.lst. pos.	TMU/ Stk.lst.pos.	TMU für 5 BGs	Stk.lst. pos.	TMU/ Stk.lst.pos.
OE Gr.1	APZ	6375	9	708,3	8715	9	968
OE Gr.1	FI	17825	27	660,2	24665	27	914
OE Gr.2	APZ	6275	9	697,2	8615	9	957
OE Gr.2	FI	17625	27	652,8	24465	27	906
OE Gr.3	APZ	7955	12	662,9	10835	12	903
OE Gr.3	FI	24040	40	601,0	33580	40	840
OE Gr.4	APZ	7483	11	680,3	10183	11	926
OE Gr.4	FI	23573	37	637,1	32573	37	880

Abbildung 96: Vergleich der Ist-MTM-Analysen der OE

In Abbildung 96 sind alle Ergebnisse der MTM-Analyse eingetragen. Die erste Spalte Type, beschreibt die analysierte Produktgruppe der OE, daneben findet sich der Arbeitsplatz für welchen die Analyse durchgeführt wurde. APZ ist hierbei der Lagerzustand vor der Fertigungsinsel und FI ist die Analyse, welche nach der Umstellung auf das neue Lagerregal erfolgte. „TMU für 1 BG“, welche grün hinterlegt ist, ist die Zeit, die für das Kommissionieren eines Auftrags über 1 Stück lt. MTM benötigt wird. Daneben finden sich die Anzahl an Stücklistenpositionen, die für diesen Auftrag über 1 Stück kommissioniert werden müssen. Violett hinterlegt ist die Spalte „TMU/Stücklistenposition“. Diese ist mit der Formel (Formel 7) hinterlegt:

$$TMU \text{ pro Stücklistenposition} = \frac{TMU \text{ für 1 BG}}{\text{Anzahl an Stücklistenpositionen}}$$

Formel 7: TMU pro Stücklistenposition

Dies dient in erster Linie dazu eine Basis zu schaffen, um die Analyse vor und nach der Umstellung auf die Fertigungsinsel vergleichbar zu machen. Die Gesamtzeit des Vorgangs wird durch die Anzahl der gesamten Stücklistenpositionen im Auftrag dividiert. Dadurch erhält man einen Mittelwert der angibt, wieviel Zeit im Schnitt für die Kommissionierung einer Position benötigt wird.

Dieselbe Analyse erfolgt für die Aufnahmen des Kommissionier-Vorgangs eines Auftrags über 5 Stück. Dabei ist die Gesamtzeit in TMU, für einen Auftrag über 5 Stück, blau hinterlegt und die TMU pro Stücklistenposition orange, welche auch mit der Formel 7 berechnet wurde. Die Anzahl an Stücklistenpositionen ist in einer Zeile der Abbildung immer dieselbe, da sich nur die zu kommissionierende Menge, aber nicht die Stücklistenpositionen ändern.

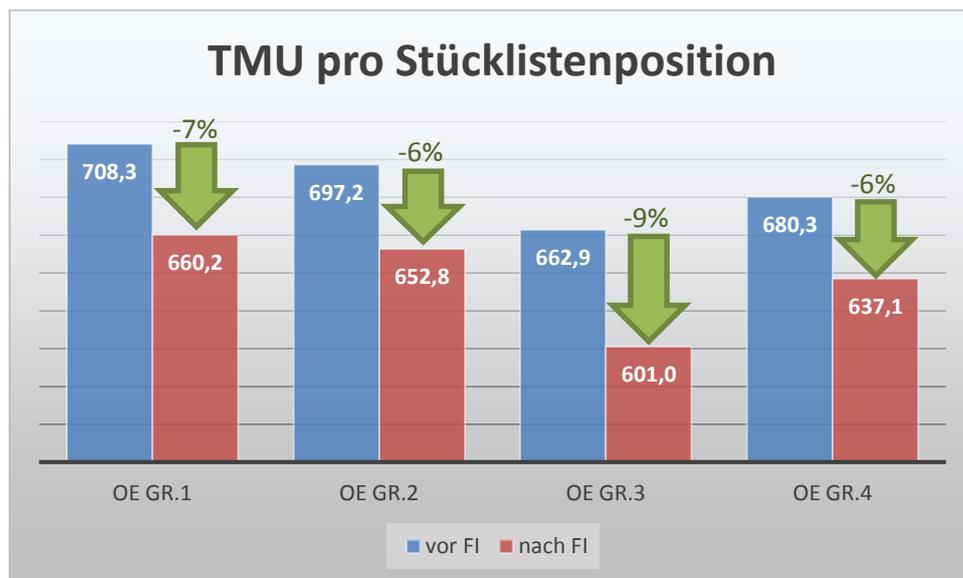


Abbildung 97: TMU pro Stücklistenposition bei Auftrag über 1 Stück

Abbildung 97 stellt die TMU pro Stücklistenposition der Aufträge über 1 Stück graphisch gegenüber. Der blaue Balken stellt die TMU pro Stücklistenposition im Zustand vor der Fertigungsinsel und der rote Balken die TMU nach der Umstellung auf das Fertigungsinsellager. Dabei ist festzustellen, dass für jede Produktgruppe im Schnitt eine Verringerung der Zeit pro Stücklistenposition um 7% auftritt. Die Gesamtzeit für den Kommissionier-Vorgang ist in umgekehrter Weise um 300% gestiegen. Dies hat mit der Anzahl der Stücklistenpositionen zu tun, da mit der Fertigungsinsel auch zwei weitere Baugruppen in den Endmontage-Prozess integriert wurden, welche zuvor darin nicht enthalten waren. Einen weiteren Aufschluss über die Kommissionier-Vorgänge bietet die Abbildung 98.

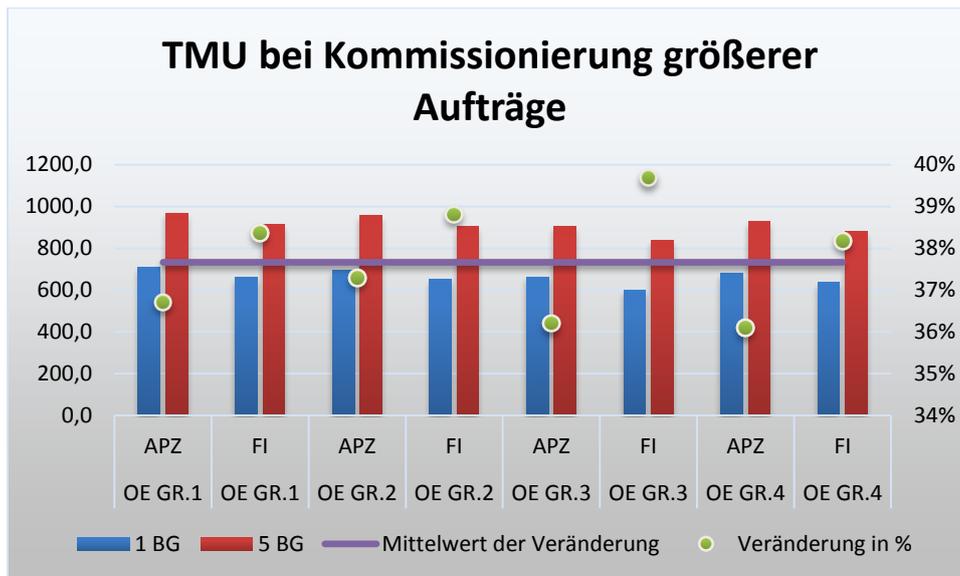


Abbildung 98: TMU bei Kommissionierung größerer Aufträge

Hierbei ist der Unterschied zwischen den TMU pro Stücklistenposition bei der Kommissionierung über einen Auftrag mit einem Stück (blauer Balken) zu einem Auftrag mit 5 Stück (roter Balken) dargestellt. Der violette Balken zeigt den Mittelwert der Zeiterhöhung an der rechten Skala an, sowie die grünen Punkte die prozentuelle Veränderung der Kommissionier-Zeit pro Stücklistenposition anhand der rechten Skala angeben. Dabei dauert im Schnitt ein Kommissionier-Vorgang eines Auftrags über 5 Stück pro Stücklistenposition 250 TMU mehr als es nur für 1 Stück notwendig wäre. Im Mittel dauert der Gesamte Kommissionier-Vorgang 38% länger, wenn für 5 Stück anstatt 1 Stück kommissioniert wird.

Der logische Schluss, den Mitarbeiter im Rahmen des Projektes anhand dieser Grafik gezogen haben, ist, dass es vernünftiger ist, gleich den gesamten Wochenbedarf mit einem Auftrag auf einmal zu kommissionieren. Im Sinne der Effizienz ist dies nicht, da dadurch unnötige Lagerstände aufgebaut werden. Ziel ist es den richtigen Auftrag, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort, in der richtigen Qualität zu produzieren. Dadurch muss der Ansatz sein, den Kommissionier-Vorgang und seine Inhalte dahingehend zu erleichtern, dass es egal ist, ob 1, 5 oder 10 Stück kommissioniert werden, solange diese auch wirklich benötigt werden.

Auf Basis der erhobenen MTM-Analysen wird ein Soll-konzept zur Verbesserung des Kommissionier-Vorganges erstellt und anschließend bewertet werden. Dabei werden die Potentiale der vorangegangenen MTM-Analysen herangezogen und neue Schlüsse für einen effizienteren Kommissionier-Ablauf gezogen. Ein Idealzustand unter Vernachlässigung der Restriktionen wird am Ende als Ausblick dargelegt.

8.2 Wertschöpfung im Kommissionier-Vorgang

Zu Beginn ist es wichtig zu analysieren, welche der Standardvorgänge aus Wertschöpfungsperspektive sinnvoll sind. Generell gilt bei der Wertschöpfung im operativen Umfeld, dass Prozesse und Vorgänge die das Produkt maßgeblich ändern, dem Kunden einen Mehrwert bringen. Das Kommissionieren, kann laut dieser Definition kaum wertschöpfend sein, wie schon in vorangehenden festgestellt wurde. Andere Ansätze aus der Logistik zeigen, dass die Logistik als Dienstleister zur Verfügung steht und als solcher dem Produkt einen gewissen Wert beisteuert. Dies gilt für die Transportlogistik definitiv, kann dennoch nur bedingt auf die innerbetriebliche Logistik bzw. Produktionslogistik umgelegt werden.

Definitiv notwendig ist das Vereinzeln von Komponenten für den Fertigungsauftrag, da keine Fließfertigung, sondern eine Auftragsfertigung vorliegt. Die Lagerbehälter können nicht direkt am Arbeitsplatz platziert werden, da durch Mehrfachverwendung der Bauteile andere Arbeitsplätze versorgt werden müssen. Außerdem ist aufgrund der Produktionsbreite der Abteilung (bzw. der Firma) und der Anzahl der Arbeitsplätze (Werkbankfertigung) keine Lagerung direkt am Arbeitsplatz möglich. Zusammenführung ähnlicher Baugruppen auf einem Montageplatz, wie die Fertigungsinsel, sind Ansätze, die sinnvoll und zukunftsweisend für die Vereinfachung von Produktionsabläufen sind.

Buchungsvorgänge für die Zuordnung von Material einer Charge zu einem Auftrag einer Baugruppe/ einem Produkt sind aus Firmensicht unbedingt notwendig. Die Chargenrückverfolgung, wodurch mittels Serial-Nummer die im Produkt verbauten Chargen ihrer Einzelteile ersichtlich sind, ist eine notwendige Nachweispflicht, um spätere Fehler einzugrenzen und die Auflagen der FDA zu erfüllen. Ein wichtiger Faktor zur Belieferung des amerikanischen Marktes.

Zunächst wird die Tabelle der Standardvorgänge herangezogen und die einzelnen Vorgänge auf Notwendigkeit bzw. Wertschöpfung zu analysieren. Diese Tabelle ist in Abbildung 99 zu sehen.

Nr.	Beschreibung	Kode	TMU		
1	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	45+x*25	→	Minimieren
2	Mit Transportwagen eine Tür passieren	TW-T	150	→	Vermeiden
3	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	x*25	→	Minimieren
4	Ohne Transportwagen eine Tür passieren	G-T	105	→	Vermeiden
5	Kasten öffnen/schließen	K-OS	80	→	Vermeiden
6	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45	↑	Minimieren zu kleinstem Baustein
7	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105		
8	Behälter aus erhöhtem Regalfach entnehmen	BA-ERH	195		
9	Kommissionieren Normal	KOM-N	45x	↑	Minimieren zu kleinstem Baustein
10	Kommissionieren Normal mit Deckel	KOM-ND	70+45x		
11	Kommissionieren aus Karton	KOM-K	80+45x		
12	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	100+45x		
14	Stehleiter zum Entnehmen bereitstellen	S-BERx	150+50x	→	Vermeiden
15	Kontrolle Materialbereitstellungsliste	CTRL-L	130	→	Vermeiden
16	Kontrolle Scanner	CTRL-S	95	→	Vermeiden
17	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195	→	Notwendig
18	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45	↑	Minimieren zu kleinstem Baustein
19	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105		
20	Behälter in erhöhtes Regalfach einräumen	BE-ERH	195		
21	Stehleiter an Ursprungsort zurückstellen	S-ZURx	150+50x	→	Vermeiden
22	Aufzug fahren*	AUF-FA	3336	→	Vermeiden

Abbildung 99: Notwendigkeit und Wertschöpfung der Standardvorgänge

Zu vermeiden sind definitiv alle Vorgänge, welche nicht direkt mit dem Kommissionieren in Verbindung zu bringen sind. Dazu gehören:

- Durchschreiten von Türen
- Kasten öffnen/schließen
- Stehleiter Handhaben
- Kontrollieren von Scanner oder Materialbereitstellungsliste
- Aufzug fahren

Aus Sicht des Qualitätsmanagements ist das Buchen der Chargennummer sehr wichtig, daher wird der Standardvorgang SCN-T als Wertschöpfung angesehen.

Kritisch ist auch das Behälter handhaben, da bei einer Wahl geeigneter Behälter mit oder ohne Deckel, das Material als Schüttgut vorliegen oder sogar Vereinzelt zugreifbar sein könnte. Unter Betrachtung der Restriktionen wird es hier als Notwendig, aber nicht Wertschöpfend betrachtet.

Ebenso gilt dies für das Kommissionieren, da das Material für den Auftrag als Service für den Fertigungsmitarbeiter bereitgestellt wird. Bei entsprechender Arbeitsplatzgestaltung wäre es möglich Behälter mit Teilmengen direkt am Arbeitsplatz zu platzieren, damit der Mitarbeiter während des Auftrags die Teile kommissioniert und bucht. Dabei müsste der Arbeitsplatz, falls er für mehrere verschiedene Aufträge

verwendet wird, schnell umrüstbar sein. Entsprechende Behälter könnten getauscht werden, um den nächsten Auftrag zu bedienen.

Das Bewegen im Kommissionier-Prozess ist im aktuellen Lagerlayout nicht zu vermeiden. Wie im Absatz davor beschrieben, würde eine andere Arbeitsplatzgestaltung einen anderen Kommissionier-vorgang ermöglichen. Aufgrund gegebener Restriktionen bzw. Vorgaben, ist dies aber im Rahmen dieses Projektes nicht erwünscht.

Damit sind folgende Prozesse notwendig, aber nicht Wertschöpfend und sollten möglichst im Kommissionier-Vorgang minimiert werden:

- Bewegen mit oder ohne Kommissionier-Wagen
- Behälter entnehmen/einlagern
- Kommissionieren

Die erwähnten Restriktionen im Rahmen des Projektes zur Gestaltung des Soll-Konzepts sind folgende:

- Ablauf soll beibehalten werden, da im Rahmen des Fertigungsinselprojektes bereits eine, für die Mitarbeiter, große Änderung des Lagersystems erfolgte
- Keine Investitionen in neue Lager, Lagerhilfsmittel oder Behälter
- Optimierung des Ablaufs durch Betrachtung der Tätigkeiten und Vereinfachung auf Basis der MTM-Daten

Um nun die Wertschöpfung am bestehenden Ist-Ablauf zu bewerten, wird nach der Kategorisierung in Abbildung 99, den Standardvorgängen die Kategorien Vermeiden (rot), Benötigt (grün) und Minimieren (gelb) zugeordnet. In Abbildung 100 ist die Aufteilung zu sehen.

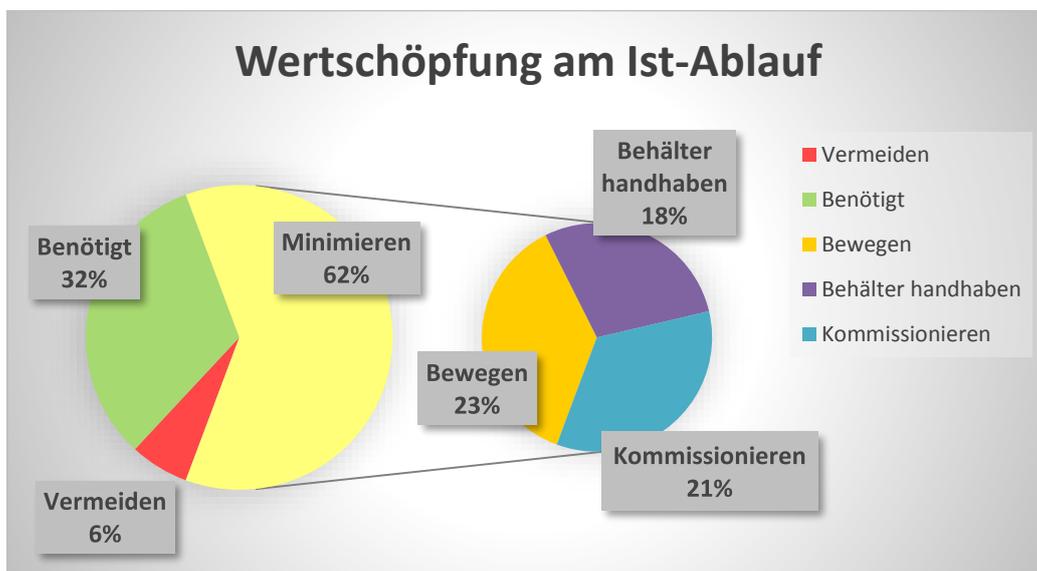


Abbildung 100: Wertschöpfung am Ist-Ablauf nach FI

8.3 Maßnahmen für das Soll-Konzept

Aus Abbildung 100 lassen sich für einen Soll-Zustand folgende Maßnahmen ableiten. Während dem Kommissionieren-Vorgang sollen

1. keine Bewegungen der Kategorie Vermeiden verwendet werden
2. Bewegungen (genauer: Gehen) minimiert werden
3. Möglichst wenige Behälter gehandhabt werden
4. Behälter in der einfachsten Kategorie (BA-NO oder BE-NO) gehandhabt werden
5. In der einfachsten Kategorie kommissioniert werden

Dabei ist der 5. Punkt am schwierigsten zu realisieren, aufgrund der Chargentrennung innerhalb eines Behälters. Durch Befragung des Gruppenleiters, konnte festgestellt werden, dass bei allen Bauteilen eine Schüttgutlagerung möglich ist, wenn die Chargen trotzdem getrennt im Behälter vorliegen. Die einfachste Umsetzung dazu, ist das Bereitstellen der aktuell verwendeten Charge als Schüttgut, wobei alle anderen Chargen im Behälter verpackt bleiben.

Im nächsten Kapitel wird die Herangehensweise an die Optimierung und die dabei realisierte Lösung erklärt.

9 Soll-Konzept der Materialversorgung des Montageplatzes

9.1 Gestaltung des Soll-Konzepts

Als ersten Schritt werden die Komponenten je nach OE Gruppe in verschiedene Kategorien eingeteilt, wie in einem Ausschnitt der Tabelle in Abbildung 101 zu sehen.

OE Gr.X				Sollkonzept	
1	2	3	4	Komponentennummer der Supermarktteile	Kategorie
		x	x	XEKT0405	3&4
x	x	x	x	XMUG0026	alle
		x		XSPT0415=BLAU	3
		x		XMHG0329=ORANGE	3
			x	XMUG0866	4
			x	XSPT0415=GRUEN	4
			x	XMHG0329=GRUEN	4
x				XMUG0401R	1
	x			XMUG0417R	2
x	x			XMHG0371R	1&2
x				XMHG0330=BRAUN	1
	x			XMHG0330=WEISS	2
		x	x	XEKT0254	3&4
x	x			XEKT1128	1&2
x	x	x	x	XSTT0022	alle
x	x			XMHG0127	1&2
		x	x	XMHG0390	3&4

Abbildung 101: Kategorisierung der Bauteile im Fertigungsinsellager

Dabei wird die gesamte Liste der Komponenten nach ihrem Vorkommen in einer OE Gruppe einer Liste an Kategorien zugeordnet. Die Kategorien richten sich nach dem gemeinsamen Vorkommen in den Produktgruppen. In Tabelle 21 sind alle Kategorien sowie die Anzahl ihres Eintretens dokumentiert.

Kategorien	Anzahl	Behälter
1	3	1
2	4	1
3	7	2
4	4	1
1&2	7	2
3&4	16	4
1&3&4	1	1
alle	16	4

Tabelle 21: Anzahl an Komponenten und Behälter der Kategorien

Die Spalte Behälter zeigt an, wie viele Behälter zur Lagerung der Komponenten in einer Kategorie verwendet werden müssen. Dabei wurde in Zusammenarbeit mit dem Gruppenleiter ermittelt, wie viele verschiedene Komponenten in einem Behälter des

Fertigungsinsellagers gelagert werden können. Dabei stellte sich heraus, dass im Schnitt 4 Komponenten pro Lager-Behälter gelagert werden. Ausnahmen bei kleineren Komponenten treten auf, aber nur in wenigen Fällen. In Summe werden für alle Teile aller OE Produktgruppen 16 Behälter benötigt. Diese Behälter werden nun in ein Regal der Fertigungsinsel eingepplant, was in folgender Abbildung ersichtlich ist.

Fachbodenregal				
				Stehleiter notwendig!
3&4	3&4	3&4	3&4	
1&3&4	3	3	4	
alle	alle	alle	alle	
1&2	1&2	1	2	
				Bücken notwendig!

Abbildung 102: Neuordnung der Behälter für Soll-Zustand

Um diese Variante, welche in Abbildung 102 zu sehen ist, umzusetzen, muss die bestehende, alphabetische Anordnung der Behälter aufgebrochen werden. Die Erkenntnisse, welche im Kapitel davor gezogen wurden, sind in diesem Konzept eingearbeitet worden. Darunter fällt das Auslassen aller Fächer, wo eine Stehleiter verwendet werden muss oder ein Bücken anfällt. Die Zusammenführung der Materialien in Behälter sowie das Platzieren aller nötigen Behälter verringert zum einen die zu handhabenden Behälter und zum anderen die Gehwege zum Regal.

Die MTM-Analyse in Form einer Planungsanalyse wird zeigen, ob eine Verbesserung durch diese Anordnung erreicht wird und wie groß das Ausmaß der Verbesserung ausfällt.

9.2 MTM-Bewertung des Soll-Konzepts

Im Folgenden wird die Planungsanalyse auf Basis der Behälteranordnung in Abbildung 102 durchgeführt. Zusätzlich wurde angenommen, dass alle Komponenten als Schüttgut vorliegen. Die gewählte Produktgruppe ist die OE 3, da diese bereits zuvor in den Ist-Analysen als Beispiel herangezogen wurde.

MTM-UAS		MTM-Analyse				Ablage-Nr.
		X Planungsanalyse		O Ausführungsanalyse		Blatt
Nr.	Beschreibung	Kode	TMU	Anzahl	Wert von	Variable
1	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	150		6	Meter
2	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
3	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
4	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
5	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
6	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
7	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
8	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
9	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
10	Kommissionieren Normal	KOM-N	180		4	Anzahl
11	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
12	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
13	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
14	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
15	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
16	Kommissionieren Normal	KOM-N	180		4	Anzahl
17	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
18	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
19	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
20	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
21	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
22	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
23	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
24	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
25	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
26	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
27	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
28	Kommissionieren Normal	KOM-N	135		3	Anzahl
29	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
30	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
31	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
32	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
33	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
34	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
35	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
36	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
37	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			

38	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
39	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
40	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
41	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
42	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
43	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
44	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
45	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
46	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
47	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
48	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
49	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
50	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
51	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
52	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
53	Kommissionieren Normal	KOM-N	90		2	Anzahl
54	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
55	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
56	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
57	Kommissionieren Normal	KOM-N	90		2	Anzahl
58	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
59	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
60	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
61	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
62	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
63	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
64	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
65	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
66	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
67	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
68	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
69	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
70	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
71	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
72	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
73	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
74	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
75	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
76	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
77	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl

78	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
79	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
80	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
81	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
82	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
83	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
84	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
85	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
86	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
87	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
88	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
89	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
90	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
91	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
92	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
93	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
94	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
95	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
96	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
97	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
98	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
99	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
100	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
101	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
102	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
103	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
104	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
105	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
106	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
107	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
108	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
109	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
110	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
111	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
112	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
113	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
114	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
115	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
116	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter

117	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
118	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
119	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
120	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
121	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
122	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
123	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
124	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
125	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	150		6	Meter
		SUMME	12245	TMU		
			440,468	Sekunden		
			7,34113	Minuten		

Tabelle 22: MTM-Analyse des Soll-Konzepts anhand der Produktgruppe OE 3

Die Planungsanalyse des Soll-Zustands anhand der OE Produktgruppe 3 in Tabelle 22 ergibt eine Summe etwa 12000 TMU, was im Vergleich zum Ist-Zustand eine Reduktion von ungefähr 50% der Kommissionier-Zeit ist. Der Ablauf hat sich im Vergleich zum Ist-Zustand nicht verändert. Die Einsparungen ergeben sich ausschließlich durch Zusammenführung der Komponenten in möglichst wenige Behälter, sowie die Platzierung der Behälter im mittleren Bereich des Lagerregals. Weitere Einsparungen werden durch ein Vorliegen von Schüttgut erreicht, da das zusätzliche Handhaben etwaiger Zusatzverpackungen (z.B. Kunststoffbeutel, Karton) wegfällt.

In Abbildung 103 ist die TMU-Aufteilung nach Kategorien am Soll-Ablauf dargestellt, wie sie schon für den Ist-Ablauf erstellt wurde. Dabei sticht die Erhöhung der Kategorie Scannen auf 62% sofort ins Auge. Grund für diese Erhöhung ist die Reduktion aller anderen Zeitposten, da in der Kategorie Benötigt die Scan-Vorgänge enthalten sind, welche sich von der Anzahl der TMU im Vergleich zum Ist-Zustand nicht veränderten.

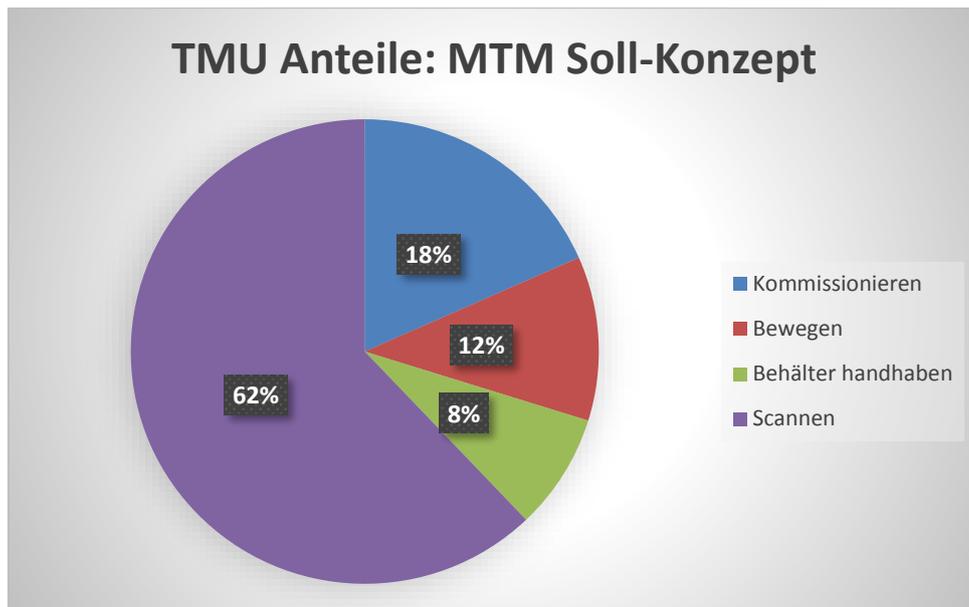


Abbildung 103: TMU-Anteile der MTM-Analyse des Soll-Konzepts anhand OE 3

Alle anderen Kategorien der TMU-Anteile werden im Soll-Konzept wesentlich verringert. Dabei besteht zu einer Ideal-Variante mit dem bestehenden Ablauf, in welcher nur kommissioniert und gescannt werden muss, noch 20% Differenz. Die Zeit im Optimum beträgt dann knappe 6 Minuten. Realisiert könnte dies über offene Behälter, in welche direkt zugegriffen werden kann, und direkter Lagerung am benötigten Arbeitsplatz umgesetzt werden. Aufgrund der aktuellen Platzverhältnisse und der hohen Varianten- und Teilevielfalt ist dies nicht umsetzbar.

In derselben Art und Weise werden die MTM-Analyse für alle anderen Produktgruppen der OE durchgeführt und dokumentiert. Ein Ist-/Soll-Vergleich wird im nachfolgenden Kapitel erläutert. Dabei wird speziell auf die Wertschöpfung in beiden Varianten eingegangen sowie ein Gesamtzeitvergleich pro Stücklistenposition stattfinden, wie es schon bei der Analyse zwischen vor FI und nach FI stattgefunden hat.

10 Ergebnisse und Zusammenfassung

10.1 Ergebnisse

Um die Einsparung über alle Kommissionier-Vorgänge zu ermitteln, werden im Folgenden die Wertschöpfungsanteile des Ist- und des Soll-Ablaufs verglichen, die TMU des Gesamtablaufs, sowie die TMU pro Stücklistenposition und die TMU bei veränderlicher Kommissionier-Losgrößen zwischen Ist- und Soll-Variante verglichen.

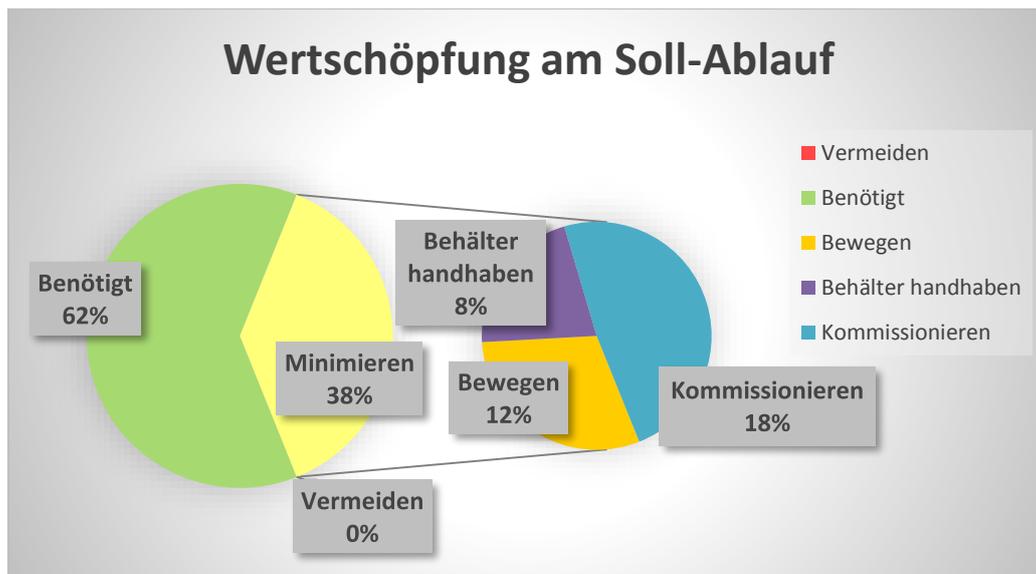


Abbildung 104: Wertschöpfung am Soll-Ablauf

Wird die Wertschöpfung am Soll-Ablauf in Abbildung 104 betrachtet, ist eine Steigerung des wertschöpfenden Anteils am Kommissionier-Vorgang ersichtlich. Dies hat den Grund, dass an der Gesamtzeit des Ablaufs eingespart werden konnte, besonders in den Kategorien Behälter handhaben, Bewegen und Kommissionieren. Zusätzlich bleibt die absolute Zeit in der Kategorie Benötigt konstant. Die Kategorie Vermeiden konnte mit dem Soll-Ablauf komplett vermieden werden. In Abbildung 105 wird zur Erinnerung nochmals die Wertschöpfung am Ist-Ablauf dargestellt.

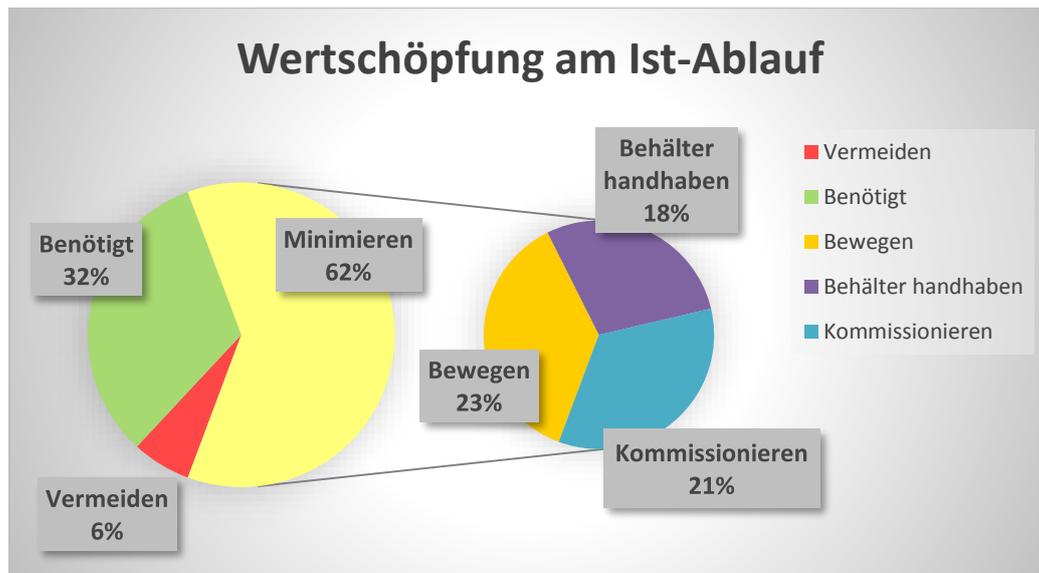


Abbildung 105: Wertschöpfung am Ist-Ablauf

In Abbildung 105 sind alle Zeiten des Ist- und Soll-Ablaufs tabellarisch dargestellt und zeigen die benötigten TMU gestaffelt pro Produktgruppe. Dabei ist beinahe bei allen Produktfamilien eine Halbierung der Kommissionier-Zeit zu beobachten.

Darstellung pro Stücklistenposition							
Type	Arbeitsplatz	TMU für 1 BG	Stk.Ist. pos.	TMU/ Stk.Ist.pos.	TMU für 5 BGs	Stk.Ist. pos.	TMU/ Stk.Ist.pos.
OE Gr.1	FI-Ist	17825	27	660,2	24665	27	914
OE Gr.1	FI-Soll	8510	27	315,2	14990	27	555
OE Gr.2	FI-Ist	17625	27	652,8	24465	27	906
OE Gr.2	FI-Soll	8320	27	308,1	14800	27	548
OE Gr.3	FI-Ist	24040	40	601,0	33580	40	840
OE Gr.3	FI-Soll	12245	40	306,1	21245	40	531
OE Gr.4	FI-Ist	23573	37	637,1	32573	37	880
OE Gr.4	FI-Soll	11335	37	306,4	19795	37	535

Abbildung 106: Vergleich Ist-/Soll-MTM-Analysen der Kommissionier-Vorgänge

Werden die TMU pro Stücklistenposition als Vergleichswert herangezogen, so ist, wie in Abbildung 106, eine Senkung der Gesamtzeit zwischen 49% und 53% durch das Soll-Konzept zu erreichen. Dies bedeutet, dass, im Vergleich zum Ist-Zustand der Fertigungsinsel, die Zeit für einen Kommissionier-Vorgang halbiert wurde, ohne Veränderungen im Lagersystem oder an der Art und Weise wie kommissioniert wird durchzuführen.

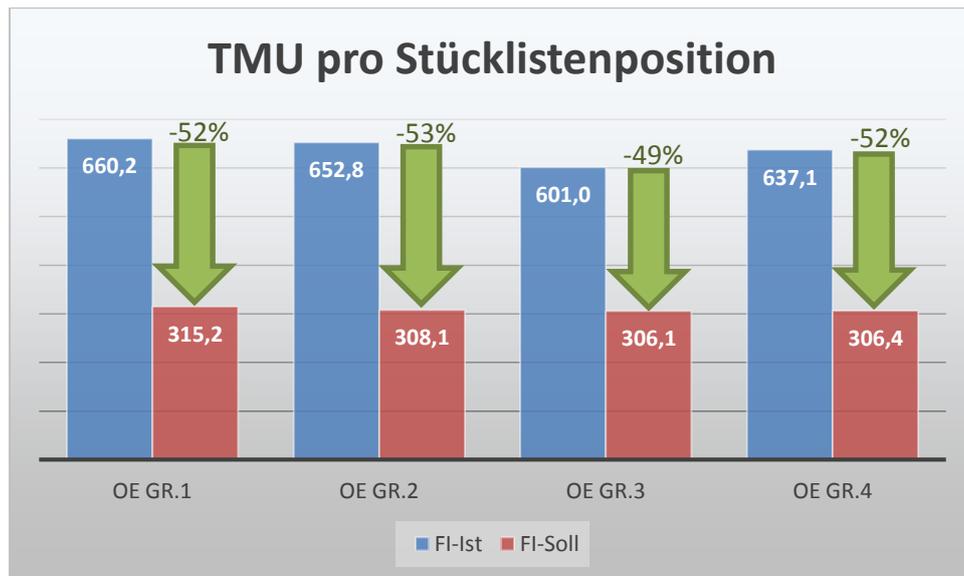


Abbildung 107: Ist-/Soll-Vergleich der TMU pro Stck.Ist.pos. bei Auftragslos 1

Berechnet man die absolute Ersparnis pro Kommissionier-Vorgang (bei Aufträgen von einem Stück), die durch den Soll-Ablauf eingespart wird, wird über alle Produktgruppen im Mittel eine Reduktion von 6,5 Minuten pro Vorgang erzielt.

Zuletzt wird noch ein Vergleich der TMU bei Kommissionierung größerer Aufträge angestellt. Dieser Vergleich ist in Abbildung 108 dargestellt und zeigt die Unterschiede innerhalb des Ist- und Soll-Ablaufs bei der Kommissionierung von einem und fünf Stück. Zusätzlich wird die Veränderung der TMU in Prozent angezeigt, wenn anstatt einem Stück fünf Stück kommissioniert werden.

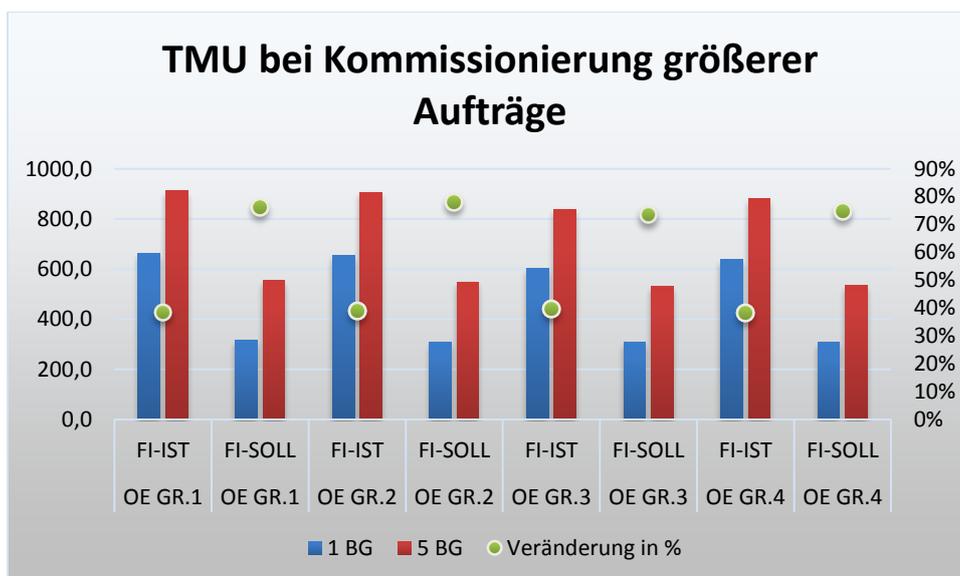


Abbildung 108: TMU bei Kommissionierung größerer Aufträge

Erkennbar ist hier in der prozentualen Veränderung zwischen der Kommissionierung von einem oder fünf Stück, dass beim Soll-Konzept diese wesentlich höher ausfällt. Zielwerte der prozentualen Veränderung wären bei einer Erhöhung von einem Stück

eine Steigerung von 100%. Dies kann nur erfolgen, wenn im Kommissionier-Vorgang nur das Kommissionieren selbst ausgeführt wird und keine anderen Bewegungen zu analysieren sind. Daraus ist zu schließen, dass ein höherer Wert bei der Veränderung in % eine höhere Effizienz in der Kommissionierung weniger Stück vorliegt.

Darstellung pro Stücklistenposition							
Type	Arbeitsplatz	TMU für 1 BG	Stk.lst. pos.	TMU/ Stk.lst.pos.	TMU für 5 BGs	Stk.lst. pos.	TMU/ Stk.lst.pos.
OE Gr.1	APZ	6375	9	708,3	8715	9	968
OE Gr.1	FI-Soll	8510	27	315,2	14990	27	555
OE Gr.2	APZ	6275	9	697,2	8615	9	957
OE Gr.2	FI-Soll	8320	27	308,1	14800	27	548
OE Gr.3	APZ	7955	12	662,9	10835	12	903
OE Gr.3	FI-Soll	12245	40	306,1	21245	40	531
OE Gr.4	APZ	7483	11	680,3	10183	11	926
OE Gr.4	FI-Soll	11335	37	306,4	19795	37	535

Abbildung 109: Vergleich Ausgangszustand mit Soll-Zustand

Abbildung 109 zeigt die Werte von Ausgangszustand und Soll-Zustand innerhalb einer Produktgruppe, dabei kann eine Steigerung der absoluten Kommissionier-Zeit beobachtet werden. Bezieht man die Kommissionier-Zeit jedoch auf die zu kommissionierende Stückzahl, ist eine Verringerung der Kommissionier-Zeit zwischen 54% und 56% möglich. Die Aufschlüsselung je Produktgruppe ist in Abbildung 110 dargestellt.

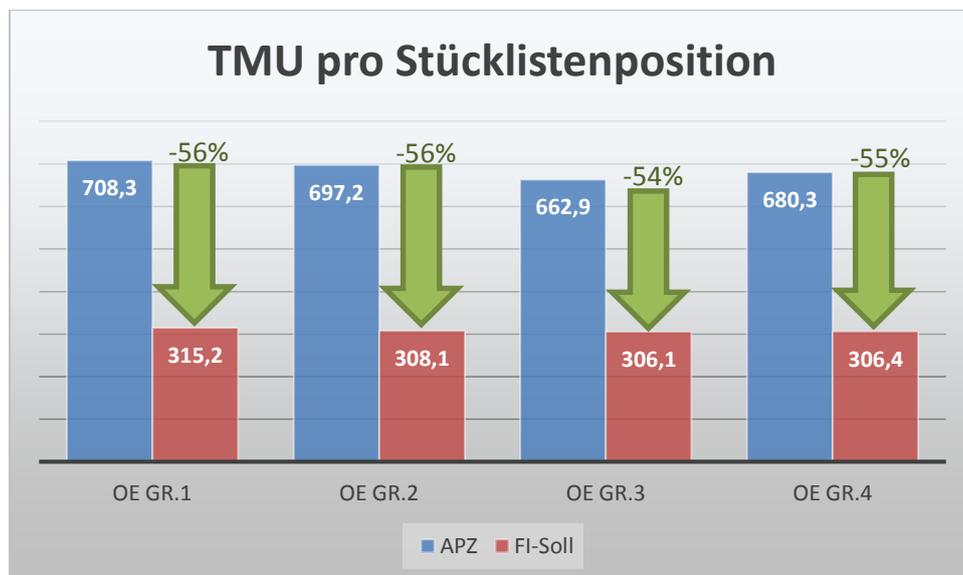


Abbildung 110: Verbesserung durch kombinierten Ansatz

Wird aus dieser Zeiteinsparung eine finanzielle Einsparung berechnet, kann wie folgt gerechnet werden. Wird ein Durchschnittsstundenlohn von 40€ und einer Ersparnis von 6,5 Minuten pro Stück, sowie einer Jahresmenge von 2500 Stück mit

Einzelkommissionierung angenommen ergibt das einen Wert von ca. 11.000€ pro Jahr oder 275h pro Jahr.

10.2 Zusammenfassung

Es wurden im Rahmen der Diplomarbeit drei wesentliche Bereiche im Materialfluss des Unternehmens betrachtet:

- Wareneingangsprozess
- Lagerung von Materialien in den Fertigungsabteilungen
- Kommissionierung für eine Produktgruppe der OE

Wobei letzterer den größten Teil des Projektes ausmachte.

Im Bereich des Wareneingangsprozesses wurde der Materialfluss vom physischen Wareneingang des Materials bis zur Einlagerungen mitverfolgt und dokumentiert. Dabei konnten Auffälligkeiten, wie die vielen Zwischenlagerungspunkte, aufgezeigt werden. Maßnahmen wurden keine abgeleitet, da es vom Projektteam nicht gefordert wurde.

Der zweite Teil, welcher sich mit der Lagerung beschäftigte, wurde mit den Gruppenleitern oder Mitarbeitern aus den betroffenen Abteilungen durchgeführt. Dabei sind Schwierigkeiten mit den aktuellen Lagerbedingungen dokumentiert worden. Größter Kritikpunkt ist die chaotische Lagerung in der Form, wie sie gelebt wird. Nur bestimmte Mitarbeiter wissen, wo bestimmte Materialien gelagert werden. Die Schätzung der Mitarbeiter für die durchschnittlich verlorene Zeit durch Suchen von Material beträgt 2 Stunden pro Mitarbeiter pro Woche. Maßnahmen wurden keine gesetzt, da es wie schon im Wareneingangsprozess nicht gefordert wurde.

Der für das Projekt wichtigste Teil, war die MTM-Analyse der Kommissionier-Vorgänge. Diese erfolgte im Rahmen des Projekts „Fertigungsinsel“, welche zu Beginn der Diplomarbeit schon in der Konzeptphase war. Dadurch konnte der Ist-Zustand vor Fertigungsinsel erhoben und mittels MTM analysiert werden. Dasselbe wurde nach der Implementierung der Fertigungsinsel durchgeführt, um die Auswirkung des neuen Lagers auf den Kommissionier-Vorgang zu bewerten. Der erste Vergleich zwischen Ist-Zustand vor Fertigungsinsel und Ist-Zustand nach der Fertigungsinsel ergab eine Verringerung um 6-9% (je nach Produktgruppe). Mithilfe der MTM-Analysen der Ist-Zustände konnten die Potentiale im Kommissionier-Prozess ermittelt und Maßnahmen für den Soll-Ablauf ermittelt werden. Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde ein Soll-Konzept ermittelt und eine MTM-Analyse in Form einer Planungsanalyse durchgeführt. Dazu wurde ein digitales Lagerregal abgebildet, um die Lagerstruktur und den Kommissionier-Vorgang zu simulieren.

Nach dem Einbeziehen der Maßnahmen wurde mit dem Soll-Konzept eine theoretische Zeiteinsparung im Kommissionier-Vorgang der Produktgruppe OE im Vergleich zum Ist-Zustand erzielt. Die Ergebnisse des Ist-Soll-Vergleichs zeigen eine absolute Steigerung der Kommissionier-Zeit im Soll-Zustand. Wird die Kommissionier-Zeit pro Stücklistenkomponente betrachtet, wird eine mittlere Reduktion der Kommissionier-Zeit von 55% erzielt. Im Rahmen der Fertigungsinsel ist die Menge der Teile, welche kommissioniert werden müssen um das 3-fache gestiegen, da 2 weitere Baugruppen in den Endmontageschritt integriert wurden. Darum wurde der auf die Komponenten bezogene Kommissionier-Zeit gewählt.

Als besonders Hilfreich stellte sich das geschaffene Tool zur automatischen Verwaltung von MTM-Analysen in Excel heraus. Dadurch konnten ganze MTM-Analysen mit nur wenigen Mausklicks am Computer erstellt werden. Zusätzlich war es möglich mittels Tablett mit Touch-Funktion die MTM-Analyse direkt am Shop Floor durchzuführen, da das VBA-Userforms auch mit Berühren der jeweiligen Code-buttons am Display durchgeführt werden konnte.

11 Ausblick

Den kombinierten Ansatz von Wertstrommethode und Methods-Time Measurement konnte eine viel höhere Einsparung erzielt werden als mit einer Methode allein. Durch die Anwendung beider Methoden merkt man, wo sich beide Methoden ergänzen, was für zukünftige Anwendung sehr hilfreich sein wird. Die Wertstrommethode bietet einen sehr guten Überblick über alle Produktionsschritte sowie Zwischenlagerstufen und stellt die Bearbeitungszeiten, sowie die Durchlaufzeiten für ganze Produkte dar. Mit MTM kann bis in die kleinste auszuführende Tätigkeit hineinanalysiert werden, was als Methodenniveau bezeichnet wird. Mit dem mittleren Methodenniveau von MTM-UAS können auch Prozesse wie das Kommissionieren gut beschrieben werden.

Die Aufnahmen, die für die Erstellung der Diplomarbeit notwendig waren, stellten sich als sehr zeitintensiv heraus. Oft waren Mitarbeiter erforderlich, um konkrete Probleme im Ablauf zu besprechen oder in gemeinsam durchzugehen. Dabei sind durchwegs sehr gute Ideen der Mitarbeiter für die Lösung von Schwierigkeiten in Prozessabläufen vorhanden, jedoch fehlt ihnen die Zeit ihre Anliegen mitzuteilen oder es fehlen die offenen Ohren der Entscheidungsträger. Wichtig ist es die Mitarbeiter zu motivieren ihre Ideen ernst zu nehmen und ihnen mit fachlichem Rat zur Seite zu stehen.

Der Materialfluss der eigengefertigten Komponenten zwischen den Abteilungen zeigt sich in den Stücklistenvisualisierungen der Produkte. Die Stücklistenhierarchie ist sehr vielstufig und daher entstehen viele Zwischenlagerplätze, wo u.U. keine notwendig wären. Zusätzlich wird viel Zeit bei der Suche nach Material verloren, was einfach durch ein organisiertes Lager umsetzbar wäre. Auch hier kann in Zukunft ein weiterer Fokus zur Optimierung liegen.

Es hat wenig Sinn das Kommissionieren allein zu verbessern, der Ansatz sollte ganzheitlich erfolgen. Wichtige Potentiale für das Unternehmen befinden sich in der Materialbeschaffung und der Lagerhaltungsstrategie des Unternehmens. Generell sollte eine flussorientiertere Fertigung mit weniger Zwischenlagerstufen angestrebt werden. Somit sollten für zukünftige Wertstrom auch die Informationsflüsse und die dahinterstehenden Daten näher durchleuchtet werden.

12 Literaturverzeichnis

Arnold, D., Isermann, H., Kuhn, A., Tempelmeier, H., Fuhrmans, K.: Handbuch Logistik; 3., neu bearbeitete Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008

Becker, Helmut: Phänomen Toyota, Erfolgsfaktor Ethik, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2006

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

Bokranz, R.; Landau, K.: Handbuch Industrial Engineering: Produktivitätsmanagement mit MTM; 2. Überarbeitete Auflage; Schäffer-Pöschl Verlag; Stuttgart; 2012

Edtmayr, T.; Sunk, A.; Kuhlmann, P.; Sihn, W.: Systematische Weiterentwicklungen des Wertstromdesigns zur Steigerung der kollektiven Intelligenz von Unternehmen, GITO mbH Verlag, S.107ff, Berlin, 2013a

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

Gencoglu, M.: Methode zur Ermittlung von Zeitdaten; REFA-Fachbuchreihe Unternehmensentwicklung: Den Erfolg vereinbaren. Führen mit Zielvereinbarungen (S. 277-290). München: Hanser Verlag, 1995

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

Gudehus, T.: Logistik: Grundlagen – Strategien – Anwendung, 4., aktualisierte Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010

Heinz, K., & Messenhöller, E.: Zeitdaten zur Gestaltung der Montage; K. Landau, & H. Luczak, Ergonomie und Organisation in der Montage (S. 572-580); München: Fachbuchverlag Leipzig; 2001

Heinz, K., Krämer, O. W., Lauber, H., & Messenhöller, E.: Millionen schlummern in den Unternehmen: Erfolgspotenziale des modernen Zeit-Managements. Hainburg: ddv Verlag; 2013

Kanaway, G.: Introduction to Work Study; 4. Edition; Geneva, Switzerland: ILO – International Labour Office; 1992

Kief, L.: Eine Methode zur Ermittlung statistisch abgesicherter Montagezeiten im Produktentwicklungsprozess; Praxiswissen Service UG; 2002

- Kostka, Claudia; Kostka, Sebastian: Der Kontinuierliche Verbesserungsprozess, Methoden des KVP, 4. Auflage, Hanser, München, 2008
- Kuhlang, P.: Prozessoptimierung und analytische Personalbedarfsermittlung; Donau-Universität Krems; Krems; 2001
- Kuhlang, P.: Produktivitätssteigerung durch die kombinierte Anwendung von MTM und Wertstromdesign; B. Britzke, MTM in einer globalisierten Wirtschaft (S. 239-268). München: mi-Wirtschaftsbuch; 2010
- Kuhlang, P: Grundlagen des Produktivitätsmanagements und der Zeitwirtschaft; Wien: Eigenverlag; 2010a
- Kuhlang, P.: Zeitstudium (Zeitwirtschaft); Wien: Eigenverlag; 2011
- Kuhlang, Peter; Edtmayr, Thomas; Sunk, Alexander; Sihn, Wilfried; Methodische Produktivitätssteigerung; Carl Hanser Verlag; München; 2012
- Kuhlang, P.; Edtmayr, T.; Sunk, A.; Sihn, W.: Systematische Weiterentwicklung der Wertstrommethode zur prozessorientierten Gestaltung und Bewertung von Arbeitssystemen; Talk: GfA Herbstkonferenz 2013, Wien, 2013b
- Martin, Heinrich; Transport und Lagerlogistik – Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik; 9.Auflage; Springer Vieweg Verlag; 2014
- Maynard, H., & Zandig, K.: Maynard's Industrial Engineering Handbook ; 5. Edition; New York: McGraw-Hill Professional; 2001
- Menzel, Frank: Produktionsoptimierung mit KVP, Der kontinuierliche Verbesserungsprozess für gesteigerte Konkurrenzfähigkeit, FinanzBuch Verlag GmbH, München, 2009
- Meyers, F. E., & Stewart, J. R.: Motion and time study for lean manufacturing; 3. Edition; Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall; 2002
- MTM-Institut: Basic-MTM – Lehrunterlagen für Studentische Ausbildung; Österreichische MTM-Vereinigung; 2015
- Niebel, B. W., & Freivalds, A.: Methods, Standards and Work Design; 11. Edition; McGraw-Hill, Boston, MA; 2003
- Obenauf, J.: Beitrag zur Verbesserung der Organisation innerbetrieblicher Materialflusssysteme durch eine rechnergestützte Zeitwirtschaft; Universität Dortmund: Dissertation; 1985
- Oeldorf, G.; Olfert, K.; Material-Logistik; 13.Auflage; Kiehl – NWB Verlage; Baden-Baden; 2013

Olbrich, R.: Aufbau einer Zeitwirtschaft. Beschreibung der Vorgehensweise; Köln: Wirtschaftsverlag Bachem; 1993

Pichler, Roman: Prozessoptimierung mit Wertstromanalyse, 2003

Picker, C.: Prospektive Zeitbestimmung für nicht wertschöpfende Montagetätigkeiten; Technische Universität Dortmund, Fakultät Maschinenbau: Dissertation, Shaker Verlag; 2006

Pfohl, H-C: Logistiksysteme - betriebswirtschaftliche Grundlagen; 7 Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004

REFA.: Ausgewählte Methoden zur prozessorientierten Arbeitsorganisation; Darmstadt: REFA Bundesverband; 2002

REFA.: Datenermittlung. In REFA (Hrsg.), Methodenlehre der Betriebsorganisation - Teil 1. München: Carl Hanser Verlag; 1997

Rother, Mike; Shook, John: Sehen lernen – mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen & Verschwendung beseitigen; Lean Management Institut Mülheim an der Ruhr, Version 1.4, 2011

Schlick, C. M., Bruder, R., & Luczak, H.: Arbeitswissenschaft; 3 Ausgabe; Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer Verlag; 2010

Schuh, Günther; Kampker, Achim: Strategie und Management produzierender Unternehmen, Handbuch Produktion und Management 1, 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2011

Schuh, Günther: Lean Innovation, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2013

Schulte, Christof; Logistik – Wege zur Optimierung der Supply Chain; 6. Auflage; Verlage Franz Vahlen; München; 2012

Sihn, Wilfried: Logistik - Skriptum zur Unterstützung der LVA Logistik (VO), 4 überarbeitete Auflage, Bereich für Betriebstechnik und Systemplanung Eigenverlag, Wien, 2011a

Sihn, Wilfried, Kuhlmann, Peter; Matyas, Kurt; Edtmayr, Thomas; Steinwender, Arko; Sunk, Alexander: Einführung und Vertiefung in das Produktions- und Qualitätsmanagement, 1.Auflage, Bereich für Betriebstechnik und Systemplanung Eigenverlag Wien, 2011b

Simons, B.: Das Multimoment-Zeitmessverfahren: Grundlagen und Anwendung. Köln: Dissertation, TÜV Rheinland Verlag; 1987

Töpfer, Armin: Lean Six Sigma, Erfolgreiche Kombination von Lean Management, Six Sigma und Design for Six Sigma, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2009

Womack, James P.; Jones, Daniel T.: Lean-Thinking – Ballast abwerfen, Unternehmensgewinne steigern; Campus Verlag Frankfurt/New York, 2004

12.1 Weiterführende Literatur

Held, Bernd: Excel-VBA: Mit über 1000 Makros für Excel 2000 bis 2010; Markt+Technik Verlag; 1. Auflage; 2010

Held, Bernd: Anwendungen mit Excel entwickeln: Professionelle Excel-VBA-Programmierung für die Versionen 2000 bis 2010; Markt+Technik Verlag; 1.Auflage; 2010

Karmasin, Matthias; Ribing, Rainer: Gestaltung Wissenschaftlicher Arbeiten, 4.Auflage, WUV, Wien, 2006

Kuhlang, Peter; Edtmayr Thomas; Sunk, Alexander: Wissenschaftliche(s) Arbeiten, 1.Auflage, Bereich für Betriebstechnik und Systemplanung Eigenverlag Wien, 2012

13 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Überblick über die Funktionsbereiche der Logistik	8
Abbildung 2: Einteilung der Lagertypen für Stückgut.....	14
Abbildung 3: Fünf Prinzipien des Lean-Thinking	22
Abbildung 4: Das Toyota Produktionssystem	23
Abbildung 5: Vorgehensweise im Wertstromdesign	24
Abbildung 6: Fertigungsprozess	25
Abbildung 7: Externe Quellen und Datenfeld.....	25
Abbildung 8: Bestand	25
Abbildung 9: LKW-Transport	26
Abbildung 10: Materialbewegung und Supermarkt	26
Abbildung 11: Entnahme und FIFO-Bahn.....	26
Abbildung 12: Informationsflüsse.....	27
Abbildung 13: Kanban-Symbole	27
Abbildung 14: Zeitlinie des Wertstroms	29
Abbildung 15: Methodenkasten der Lean-Production.....	33
Abbildung 16: Methoden der Zeitermittlung.....	35
Abbildung 17: MTM im Vergleich zu anderen Zeitermittlungsmethoden.....	46
Abbildung 18: MTM-Prozessbausteinsysteme im Kontext der Prozesstypologie	48
Abbildung 19: MTM-Prozessbausteinsysteme nach Methodenniveau	48
Abbildung 20: Grundbewegungen nach MTM-1	49
Abbildung 21: Datenverdichtung im MTM-Prozessbausteinsystem.....	49
Abbildung 22: Vorgehensweise bei der Analyse mit MTM-UAS	51
Abbildung 23: Kodierbeispiel für UAS-Grundvorgang.....	52
Abbildung 24: Kodierbeispiel für UAS-Standardvorgang	52
Abbildung 25: Aufnehmen und Platzieren – MTM-UAS.....	53
Abbildung 26: Bestimmung der Bewegungslänge	57
Abbildung 27: Prinzip der Anwendung von WSD und MTM	60
Abbildung 28: Anwendungsbereiche für MTM im WSD	60
Abbildung 29: Übersicht einer Beispielstückliste der Oberen Extremität	63
Abbildung 30: Übersicht einer Beispielstückliste der Unteren Extremität	64
Abbildung 31: Ist-Wertstrom Obere Extremität	66
Abbildung 32: Soll-Wertstrom Obere Extremität.....	66
Abbildung 33: Fertigungsinsel nach Soll-Wertstrom gestaltet.....	67
Abbildung 34: Prozessdarstellung: Ware von Eingang zum Fertigungslagerort	70
Abbildung 35: Detaildarstellung Warenübernahme des Wareneingangsprozesses ..	71
Abbildung 36: Detaildarstellung Zählung des Wareneingangsprozesses	72
Abbildung 37: Detaildarstellung WEP des Wareneingangsprozesses	74
Abbildung 38: Detaildarstellung Fert.-Abteilung des Wareneingangsprozesses.....	75
Abbildung 39: Prozessablauf in Stockwerksplan dargestellt.....	76

Abbildung 40: Fertigungslagerorte lt. ERP-System	77
Abbildung 41: Arbeitsblätter Lagertool.....	79
Abbildung 42: Beispieltabelle Lagertool.....	79
Abbildung 43: Arbeitsblatt „Finden“ mit Suchfunktion	80
Abbildung 44: offenes Fachbodenregal Elektronik	81
Abbildung 45: geschlossenes Fachbodenregal Elektronik	81
Abbildung 46: Abteilungslager Elektronik	82
Abbildung 47: Abteilungslager Montage 2	83
Abbildung 48: geschlossenes Fachbodenregal Montage 2	84
Abbildung 49: Montagebox für Endmontage Untere Extremität.....	85
Abbildung 50: Lagerregale MO3 vor der Fertigungsinsel	86
Abbildung 51: Abteilungslager MO3	86
Abbildung 52: Lagerregale MO3 nach der Fertigungsinsel 1/2.....	88
Abbildung 53: Lagerregale MO3 nach der Fertigungsinsel 2/2.....	89
Abbildung 54: Start- und Endpunkt der Aufnahme und zurückgelegte Wege.....	92
Abbildung 55: Lagerwege zur MTM-Aufnahme vor FI	93
Abbildung 56: Endmontageteile der Produktgruppen OE vor FI.....	95
Abbildung 57: Pivot-Tabelle aller Endmontageteile der Produktgruppen vor FI	95
Abbildung 58: Aufnahme eines Regals der gelagerten Komponenten	96
Abbildung 59: Arbeitsblatt „Teile“ nach der Suche mittels Makro	97
Abbildung 60: Komponenten der OE mit Daten zur MTM-Analyse.....	97
Abbildung 61: UAS-Kode: Ohne Transportwagen bewegen.....	99
Abbildung 62: UAS-Kode: Mit Transportwagen bewegen.....	99
Abbildung 63: UAS-Kode: Ohne Transportwagen eine Tür passieren.....	100
Abbildung 64: UAS-Kode: Mit Transportwagen eine Tür passieren.....	100
Abbildung 65: UAS-Kode: Kasten öffnen/schließen	100
Abbildung 66: UAS-Kode: Behälter aus Regalfach entnehmen.....	101
Abbildung 67: UAS-Kode: Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	101
Abbildung 68: UAS-Kode: Behälter aus erhöhtem Regalfach entnehmen.....	102
Abbildung 69: UAS-Kode: Behälter in Regalfach einräumen.....	102
Abbildung 70: UAS-Kode: Behälter in niedrigem Regalfach einräumen	102
Abbildung 71: UAS-Kode: Behälter in erhöhtem Regalfach einräumen.....	103
Abbildung 72: UAS-Kode: Normales Kommissionieren	103
Abbildung 73: UAS-Kode: Normales Kommissionieren mit Deckel	103
Abbildung 74: UAS-Kode: Kommissionieren aus einem Karton	104
Abbildung 75: UAS-Kode: Kommissionieren aus einem Minigrip-Beutel.....	104
Abbildung 76: UAS-Kode: Kommissionieren aus Karton und Minigrip-Beutel	105
Abbildung 77: UAS-Kode: Kontrolle Materialbereitstellungsliste.....	106
Abbildung 78: UAS-Kode: Kontrolle Scanner	106
Abbildung 79: UAS-Kode: Material zum Auftrag buchen	107
Abbildung 80: UAS-Kode: Stehleiter bereitstellen	108

Abbildung 81: UAS-Kode: Stehleiter zurückstellen.....	108
Abbildung 82: UAS-Kode: Aufzug fahren	109
Abbildung 83: Überblick Standardvorgänge	110
Abbildung 84: User-Form des MTM-Tools zur vereinfachten Dokumentation	111
Abbildung 85: MTM-Analysevorlage.....	111
Abbildung 86: Beispiel des Analysetools	112
Abbildung 87: Initialisierung Analysetool – Analyseverwaltung 1/4	113
Abbildung 88: Initialisierung Analysetool – Analyseverwaltung 2/4	113
Abbildung 89: Initialisierung Analysetool – Analyseverwaltung 3/4	114
Abbildung 90: Initialisierung Analysetool – Analyseverwaltung 4/4	114
Abbildung 91: Lagerwege zur MTM-Aufnahme nach FI	115
Abbildung 92: Neue Komponenten der OE mit Einflussfaktoren	118
Abbildung 93: TMU-Anteile der MTM-Analyse OE Gr.3 vor FI	122
Abbildung 94: TMU-Anteile der MTM-Analyse OE Gr.3 nach FI.....	128
Abbildung 95: Gegenüberstellung Zeitanteil vor/nach FI	129
Abbildung 96: Vergleich der Ist-MTM-Analysen der OE	130
Abbildung 97: TMU pro Stücklistenposition bei Auftrag über 1 Stück.....	131
Abbildung 98: TMU bei Kommissionierung größerer Aufträge.....	132
Abbildung 99: Notwendigkeit und Wertschöpfung der Standardvorgänge.....	134
Abbildung 100: Wertschöpfung am Ist-Ablauf nach FI.....	135
Abbildung 101: Kategorisierung der Bauteile im Fertigungsinsellager.....	137
Abbildung 102: Neuordnung der Behälter für Soll-Zustand	138
Abbildung 103: TMU-Anteile der MTM-Analyse des Soll-Konzepts anhand OE 3...143	
Abbildung 104: Wertschöpfung am Soll-Ablauf	144
Abbildung 105: Wertschöpfung am Ist-Ablauf.....	145
Abbildung 106: Vergleich Ist-/Soll-MTM-Analysen der Kommissionier-Vorgänge ...145	
Abbildung 107: Ist-/Soll-Vergleich der TMU pro Stck.Ist.pos. bei Auftragslos 1	146
Abbildung 108: TMU bei Kommissionierung größerer Aufträge.....	146
Abbildung 109: Vergleich Ausgangszustand mit Soll-Zustand.....	147
Abbildung 110: Verbesserung durch kombinierten Ansatz	147

14 Formelverzeichnis

Formel 1: Berechnung des Kundentakts	28
Formel 2: Berechnung der Zykluszeit	29
Formel 3: Berechnung der Durchlaufzeit	29
Formel 4: Leistungsgrad	38
Formel 5: Leistungsgrad	39
Formel 6: Gesamtfehler	41
Formel 7: TMU pro Stücklistenposition	131

15 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einflussgrößen des Logistikerfolgs	7
Tabelle 2: Aspekte der Lagerauswahl	13
Tabelle 3: Zusammensetzung der Kommissionierzeit	14
Tabelle 4: Arten des Umschlagens	17
Tabelle 5: Zeitaufnahme mit Leistungsgradbeurteilung	40
Tabelle 6: Grundvorgänge mit Kodebaustein aus MTM-UAS	50
Tabelle 7: Standardvorgänge mit Kodebaustein aus MTM-UAS	50
Tabelle 8: Prozessbausteininhalt Aufnahmen und Platzieren	53
Tabelle 9: Teilegewichtsklassen MTM-UAS	54
Tabelle 10: Die verschiedenen Fälle des Aufnehmens	55
Tabelle 11: Die verschiedenen Fälle des Platzierens	56
Tabelle 12: UAS-Entfernungsbereiche	57
Tabelle 13: Vorteile der gemeinsamen Anwendung von WSD und MTM	59
Tabelle 14: Zusammenfassung Lager Elektronik	83
Tabelle 15: Zusammenfassung Lager Montage 2	85
Tabelle 16: Zusammenfassung Lager Montage 3 vor Fertigungsinsel	87
Tabelle 17: Zusammenfassung Lager Montage 3 nach Fertigungsinsel	90
Tabelle 18: Pivot-Tabelle aller Endmontageteile der Produktgruppen OE vor FI	117
Tabelle 19: MTM-Analyse OE Gr.3 vor FI	121
Tabelle 20: MTM-Analyse OE Gr.3 nach FI	127
Tabelle 21: Anzahl an Komponenten und Behälter der Kategorien	137
Tabelle 22: MTM-Analyse des Soll-Konzepts anhand der Produktgruppe OE 3	142
Tabelle 23: MTM-Analyse der OE 1 vor FI	163
Tabelle 24: MTM-Analyse der OE 2 vor FI	164
Tabelle 25: MTM-Analyse der OE 4 vor FI	166
Tabelle 26: MTM-Analyse der OE 1 nach FI	170
Tabelle 27: MTM-Analyse der OE 2 nach FI	173
Tabelle 28: MTM-Analyse der OE 4 nach FI	178
Tabelle 29: MTM-Analyse der OE 1 im Sollzustand	180
Tabelle 30: MTM-Analyse der OE 2 im Sollzustand	182
Tabelle 31: MTM-Analyse der OE 4 im Sollzustand	185

16 Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heißt
€	Euro
etc.	et cetera
h	Stunde
Kg	Kilogramm
daN	Deka-Newton
Cm	Zentimeter
m	Meter
ISO	International Organization for Standardization
max.	maximal
sh.	siehe
u./o.Ä.	und/oder Ähnliche/s
z.B.	zum Beispiel
MTM	Method-Time Measurement
LO	Lagerort
AV	Arbeitsvorbereitung
PFM	Produktfehlermeldung
Lt.	Laut
ES	Einlieferschein
ERP	Enterprise Resource Planning
NUK-Teile	Norm- und Katalog-Teile
MS	Microsoft
VSM	Value Stream Mapping
UAS	Universelles Analysier System
SvZ	Systeme vorbestimmter Zeiten
IE	Industrial Engineering
JIT	Just-in-Time
JIS	Just-in-Sequence
Vgl.	Vergleich
TPS	Toyota Produktionssystem
TPM	Total Productive Maintenance
WSD	Wertstromdesign
FIFO	First in, first out
Et al.	„und andere“
EPEI	Every Part every Interval

SMED	Single Minute Exchange of Die
REFA	Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung – ehemals: Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung
WF	Work Factor
MOST	Maynard Operation Sequencing Technique
MODAPTS	Modular Arrangement of Predetermined Motion Time Systems
IMD	Internationale MTM Direktorat
TMU	Time Measurement Unit
MEK	MTM in der Einzel- und Kleinserienfertigung
SD-BW	Standarddaten Basiswerte
ÖMTMV	Österreichische MTM Vereinigung
SVL	Standardvorgänge Logistik
MSP	MTM-Sichtprüfen
SD-MZW	Standarddaten Mehrzweckwerte
GVS	Grundvorgänge Serie
SVS	Standardvorgänge Serie
GVE	Grundvorgänge Einzelfertigung/Kleinserie
SVE	Standardvorgänge Einzelfertigung/Kleinserie
MOS	MTM-Office-System
DOA	Dead-on-Arrival
AHA	Außer Haus
OE	Obere Extremität
UE	Untere Extremität
SOP	Standard Operation Procedure
QP	Qualitätsprüfung
EWUB	Entwicklungsüberleitung B
ESD	Electrostatic discharge
MO	Montage
VBA	Visual Basic for Applications
APZ	Arbeitsplatz
FDA	Food and Drug Administration
US	United States – Vereinigte Staaten
MBL	Materialbereitstellungsliste
LKW	Lastkraftwagen
i.d.R.	In der Regel

17 Anhang

17.1 MTM-Analysen der OE vor Fertigungsinsel

17.1.1 MTM-Analyse der OE Gruppe 1 vor FI

MTM-UAS		MTM-Analyse				Ablage-Nr.
		O Planungsanalyse	X Ausführungsanalyse			Blatt
Nr.	Beschreibung	Kode	TMU	Anzahl	Wert von	Variable
1	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	177,5		5,3	Meter
2	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
3	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
4	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
5	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
6	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105			
7	Kommissionieren Normal mit Deckel	KOM-ND	115		1	Anzahl
8	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
9	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
10	Kontrolle Scanner	CTRL-S	95			
11	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	360		12,6	Meter
12	Kasten öffnen/schließen	K-OS	80			
13	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
14	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
15	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
16	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
17	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
18	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	280		4	Anzahl
19	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
20	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
21	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
22	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	190		2	Anzahl
23	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
24	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
25	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
26	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
27	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
28	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
29	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105			
30	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
31	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
32	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
33	Kasten öffnen/schließen	K-OS	80			

34	Kontrolle Scanner	CTRL-S	95			
35	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	475		17,2	Meter
36	Mit Transportwagen eine Tür passieren	TW-T	150			
37	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
38	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
39	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
40	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
41	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	170		5	Meter
42	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
43	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
44	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
45	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
46	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	482,5		17,5	Meter
47	Mit Transportwagen eine Tür passieren	TW-T	150			
			SUMME	6375 TMU		
				229,317 Sekunden		
				3,82194 Minuten		

Tabelle 23: MTM-Analyse der OE 1 vor FI

17.1.2 MTM-Analyse der OE Gruppe 2 vor FI

MTM-UAS		MTM-Analyse					Ablage-Nr.
		O Planungsanalyse		X Ausführungsanalyse			Blatt
Nr.	Beschreibung	Kode	TMU	Anzahl	Wert von	Variable	
1	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	177,5		5,3	Meter	
11	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45				
12	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl	
13	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195				
14	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45				
15	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105				
16	Kommissionieren Normal mit Deckel	KOM-ND	115		1	Anzahl	
17	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195				
18	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105				
19	Kontrolle Scanner	CTRL-S	95				
20	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	360		12,6	Meter	
21	Kasten öffnen/schließen	K-OS	80				
22	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45				
23	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl	
24	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195				
25	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45				

26	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
27	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	280		4	Anzahl
28	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
29	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
30	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
31	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	190		2	Anzahl
32	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
33	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
34	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
35	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
36	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
37	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
38	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105			
39	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
40	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
41	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
42	Kasten öffnen/schließen	K-OS	80			
43	Kontrolle Scanner	CTRL-S	95			
44	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	475		17,2	Meter
45	Mit Transportwagen eine Tür passieren	TW-T	150			
46	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
47	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
48	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
49	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
50	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	170		5	Meter
51	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
52	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
53	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
54	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
55	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	482,5		17,5	Meter
56	Mit Transportwagen eine Tür passieren	TW-T	150			
			SUMME	6275 TMU		
				225,719 Sekunden		
				3,76199 Minuten		

Tabelle 24: MTM-Analyse der OE 2 vor FI

17.1.3 MTM-Analyse der OE Gruppe 4 vor FI

MTM-UAS		MTM-Analyse					Ablage-Nr.
		O Planungsanalyse		X Ausführungsanalyse			Blatt
Nr.	Beschreibung	Kode	TMU	Anzahl	Wert von	Variable	

1	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	357,5		12,5	Meter
7	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
8	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
9	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
10	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
11	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
12	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
13	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
14	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
15	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
16	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
17	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
18	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
19	Kontrolle Scanner	CTRL-S	95			
20	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	517,5		18,9	Meter
21	Kasten öffnen/schließen	K-OS	80			
22	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
23	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
24	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
25	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
26	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
27	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	280		4	Anzahl
28	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
29	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
30	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
31	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
32	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
33	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
34	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
35	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	190		2	Anzahl
36	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
37	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
38	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105			
39	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
40	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
41	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
42	Kasten öffnen/schließen	K-OS	80			
43	Kontrolle Scanner	CTRL-S	95			
44	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	475		17,2	Meter
45	Mit Transportwagen eine Tür passieren	TW-T	150			
46	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
47	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
48	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			

49	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
50	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	170		5	Meter
51	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
52	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
53	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
54	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
55	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
56	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
57	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
58	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
64	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	482,5		17,5	Meter
65	Mit Transportwagen eine Tür passieren	TW-T	150			
SUMME			7482,5	TMU		
			269,155	Sekunden		
			4,48591	Minuten		

Tabelle 25: MTM-Analyse der OE 4 vor FI

17.2 MTM-Analysen der OE nach Fertigungsinsel

17.2.1 MTM-Analyse der OE Gruppe 1 nach FI

MTM-UAS		MTM-Analyse				Ablage-Nr.
		O Planungsanalyse		X Ausführungsanalyse		Blatt
Nr.	Beschreibung	Kode	TMU	Anzahl	Wert von	Variable
1	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	145		4	Meter
2	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
3	Stehleiter zum Entnehmen bereitstellen	S-BERx	175		0,5	Meter
4	Behälter aus erhöhtem Regalfach entnehmen	BA-ERH	195			
5	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
6	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
7	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
8	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
9	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
10	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
11	Behälter in erhöhtes Regalfach einräumen	BE-ERH	195			
12	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
13	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
14	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
15	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
16	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	280		4	Anzahl
17	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			

18	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	280		4	Anzahl
19	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
20	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	190		2	Anzahl
21	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
22	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
23	Behälter in erhöhtes Regalfach einräumen	BE-ERH	195			
24	Stehleiter an Ursprungsort zurückstellen	S-ZURx	175	0,5		Meter
25	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
26	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
27	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	235		3	Anzahl
28	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
29	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
30	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
31	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
32	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
33	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
34	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
35	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
36	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
37	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
38	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
39	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
40	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
41	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
42	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
43	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105			
44	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
45	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
46	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
47	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
48	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
49	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
50	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
51	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	235		3	Anzahl
52	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
53	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
54	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
55	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
56	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
57	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
58	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
59	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
60	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
61	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	25		1	Meter
62	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
63	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter

64	Kommissionieren Normal mit Deckel	KOM-ND	115		1	Anzahl
65	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
66	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
67	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
68	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
69	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
70	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
71	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
72	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
73	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
74	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
75	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
76	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
77	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
78	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
79	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
80	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
81	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
82	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
83	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
84	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
85	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
86	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105			
87	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
88	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
89	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
90	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
91	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
92	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
93	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
94	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
95	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
96	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
97	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
98	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
99	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
100	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
101	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
102	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
103	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
104	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
105	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
106	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
107	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
108	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
109	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter

110	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
111	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105			
112	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
113	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
114	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
115	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
116	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
117	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
118	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
119	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
120	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
121	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
122	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
123	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
124	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
125	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
126	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
127	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
128	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
129	Stehleiter zum Entnehmen bereitstellen	S-BERx	350		4	Meter
130	Behälter aus erhöhtem Regalfach entnehmen	BA-ERH	195			
131	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	125		5	Meter
132	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
133	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
134	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
135	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
136	Ohne Transportwagen von/zur Lagerplatz	G-LPx	125		5	Meter
137	Behälter in erhöhtes Regalfach einräumen	BE-ERH	195			
138	Stehleiter an Ursprungsort zurückstellen	S-ZURx	325		3,5	Meter
139	Kontrolle Scanner	CTRL-S	95			
140	Mit Transportwagen von/zur Lagerplatz bewegen	TW-LPx	500		18,2	Meter
141	Mit Transportwagen eine Tür passieren	TW-T	150			
142	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
143	Kommissionieren aus Karton	KOM-K	125		1	Anzahl
144	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
145	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
146	Mit Transportwagen von/zur Lagerplatz bewegen	TW-LPx	170		5	Meter
147	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
148	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
149	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
150	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
151	Mit Transportwagen von/zur Lagerplatz bewegen	TW-LPx	560		20,6	Meter
152	Mit Transportwagen eine Tür passieren	TW-T	150			

34	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
35	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
36	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
37	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
38	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
39	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
40	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
41	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
42	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
43	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105			
44	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
45	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
46	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
47	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
48	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
49	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
50	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
51	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	235		3	Anzahl
52	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
53	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
54	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
55	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
56	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
57	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
58	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
59	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
60	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
61	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	25		1	Meter
62	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
63	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
64	Kommissionieren Normal mit Deckel	KOM-ND	115		1	Anzahl
65	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
66	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
67	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
68	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
69	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
70	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
71	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
72	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
73	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
74	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
75	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
76	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
77	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
78	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
79	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			

80	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
81	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
82	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105			
83	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
84	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
85	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
86	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
87	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
88	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
89	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
90	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
91	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
92	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
93	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
94	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
95	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
96	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
97	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
98	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
99	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
100	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
101	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
102	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
103	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
104	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
105	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
106	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
107	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105			
108	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
109	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
110	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
111	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
112	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
113	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
114	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
115	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
116	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
117	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
118	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
119	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
120	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
121	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
122	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
123	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
124	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
125	Stehleiter zum Entnehmen bereitstellen	S-BERx	350		4	Meter

126	Behälter aus erhöhtem Regalfach entnehmen	BA-ERH	195			
127	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	125		5	Meter
128	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
129	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
130	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
131	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
132	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	125		5	Meter
133	Behälter in erhöhtes Regalfach einräumen	BE-ERH	195			
134	Stehleiter an Ursprungsort zurückstellen	S-ZURx	325		3,5	Meter
135	Kontrolle Scanner	CTRL-S	95			
136	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	545		20	Meter
137	Mit Transportwagen eine Tür passieren	TW-T	150			
138	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
139	Kommissionieren aus Karton	KOM-K	125		1	Anzahl
140	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
141	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
142	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	215		6,8	Meter
143	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
144	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
145	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
146	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
147	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	560		20,6	Meter
148	Mit Transportwagen eine Tür passieren	TW-T	150			
			SUMME	17625	TMU	
				633,993	Sekunden	
				10,5665	Minuten	

Tabelle 27: MTM-Analyse der OE 2 nach FI

17.2.3 MTM-Analyse der OE Gruppe 4 nach FI

MTM-UAS		MTM-Analyse				Ablage-Nr.
		O Planungsanalyse		X Ausführungsanalyse		Blatt
Nr.	Beschreibung	Kode	TMU	Anzahl	Wert von	Variable
1	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	145		4	Meter
2	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
3	Stehleiter zum Entnehmen bereitstellen	S-BERx	175		0,5	Meter
4	Behälter aus erhöhtem Regalfach entnehmen	BA-ERH	195			
5	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
6	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl

7	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
8	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
9	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
10	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
11	Behälter in erhöhtes Regalfach einräumen	BE-ERH	195			
12	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
13	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
14	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
15	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
16	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	280		4	Anzahl
17	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
18	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	280		4	Anzahl
19	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
20	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
21	Behälter in erhöhtes Regalfach einräumen	BE-ERH	195			
22	Stehleiter an Ursprungsort zurückstellen	S-ZURx	175		0,5	Meter
23	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
24	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
25	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
26	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
27	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	190		2	Anzahl
28	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
29	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
30	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
31	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
32	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
33	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	235		3	Anzahl
34	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
35	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
36	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
37	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
38	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
39	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
40	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
41	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
42	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
43	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
44	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
45	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
46	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
47	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
48	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
49	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
50	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
51	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
52	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter

53	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
54	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
55	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
56	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
57	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
58	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
59	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	190		2	Anzahl
60	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
61	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
62	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
63	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105			
64	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
65	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
66	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
67	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
68	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
69	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	25		1	Meter
70	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
71	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
72	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
73	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
74	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
75	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
76	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
77	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
78	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
79	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
80	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
81	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
82	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
83	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
84	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	235		3	Anzahl
85	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
86	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
87	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
88	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
89	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
90	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
91	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
92	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
93	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
94	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
95	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
96	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
97	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
98	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter

99	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
100	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105			
101	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
102	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
103	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
104	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
105	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
106	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
107	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
108	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
109	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
110	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
111	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
112	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	25		1	Meter
113	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105			
114	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	75		3	Meter
115	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
116	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
117	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	75		3	Meter
118	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
119	Stehleiter zum Entnehmen bereitstellen	S-BERx	300		3	Meter
120	Behälter aus erhöhtem Regalfach entnehmen	BA-ERH	195			
121	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
122	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
123	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
124	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
125	Behälter in erhöhtes Regalfach einräumen	BE-ERH	195			
126	Stehleiter an Ursprungsort zurückstellen	S-ZURx	325		3,5	Meter
127	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
128	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
129	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	190		2	Anzahl
130	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
131	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
132	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
133	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
134	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
135	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
136	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
137	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
138	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
139	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
140	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
141	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
142	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
143	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
144	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			

145	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
146	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
147	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
148	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
149	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
150	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
151	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
152	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
153	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
154	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
155	Kommissionieren Normal	KOM-N	45		1	Anzahl
156	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
157	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
158	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
159	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
160	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
161	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
162	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
163	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
164	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
165	Behälter aus niedrigem Regalfach entnehmen	BA-NIE	105			
166	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
167	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
168	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
169	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
170	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
171	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
172	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
173	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
174	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
175	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
176	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
177	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	100		4	Meter
178	Behälter in niedriges Regalfach einräumen	BE-NIE	105			
179	Stehleiter zum Entnehmen bereitstellen	S-BERx	350		4	Meter
180	Behälter aus erhöhtem Regalfach entnehmen	BA-ERH	195			
181	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	125		5	Meter
182	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
183	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
184	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
185	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
186	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	125		5	Meter
187	Behälter in erhöhtes Regalfach einräumen	BE-ERH	195			
188	Stehleiter an Ursprungsort zurückstellen	S-ZURx	350		4	Meter
189	Kontrolle Scanner	CTRL-S	95			

190	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	500		18,2	Meter
191	Mit Transportwagen eine Tür passieren	TW-T	150			
192	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
193	Kommissionieren aus Karton	KOM-K	125		1	Anzahl
194	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
195	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
196	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	170		5	Meter
197	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
198	Kommissionieren aus Sackerl	KOM-SAC	145		1	Anzahl
199	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
200	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
201	Mit Transportwagen von/zu Lagerplatz bewegen	TW-LPx	482,5		17,5	Meter
202	Mit Transportwagen eine Tür passieren	TW-T	150			
			SUMME	23572,5 TMU		
				847,932 Sekunden		
				14,1322 Minuten		

Tabelle 28: MTM-Analyse der OE 4 nach FI

17.3 MTM-Analyse des Soll-Zustands

17.3.1 MTM-Analyse der OE 1 im Soll-Zustand

MTM-UAS		MTM-Analyse				Ablage-Nr.
		X Planungsanalyse	O Ausführungsanalyse			Blatt
Nr.	Beschreibung	Kode	TMU	Anzahl	Wert von	Variable
1	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	150		6	Meter
2	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
3	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
4	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
5	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
6	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
7	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
8	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
9	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
10	Kommissionieren Normal	KOM-N	900		20	Anzahl
11	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
12	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
13	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
14	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
15	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
16	Kommissionieren Normal	KOM-N	900		20	Anzahl

17	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
18	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
19	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
20	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
21	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
22	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
23	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
24	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
25	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
26	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
27	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
28	Kommissionieren Normal	KOM-N	675		15	Anzahl
29	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
30	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
31	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
32	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
33	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
34	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
35	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
36	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
37	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
38	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
39	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
40	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
41	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
42	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
43	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
44	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
45	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
46	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
47	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
48	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
49	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
50	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
51	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
52	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
53	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
54	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
55	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
56	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
57	Kommissionieren Normal	KOM-N	450		10	Anzahl
58	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
59	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
60	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
61	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
62	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter

63	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
64	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
65	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
66	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
67	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
68	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
69	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
70	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
71	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
72	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
73	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
74	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
75	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
76	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
77	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
78	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
79	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
80	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
81	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
82	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
83	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
84	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
85	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
86	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
87	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	150		6	Meter
			SUMME	14990 TMU 539,209 Sekunden 8,98681 Minuten		

Tabelle 29: MTM-Analyse der OE 1 im Sollzustand

17.3.2 MTM-Analyse der OE 2 im Soll-Zustand

MTM-UAS		MTM-Analyse					Ablage-Nr.
		X Planungsanalyse		O Ausführungsanalyse			Blatt
Nr.	Beschreibung	Kode	TMU	Anzahl	Wert von	Variable	
1	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	150		6	Meter	
2	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45				
3	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter	
4	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl	
5	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195				
6	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl	
7	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195				
8	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl	
9	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195				

10	Kommissionieren Normal	KOM-N	900		20	Anzahl
11	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
12	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
13	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
14	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
15	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
16	Kommissionieren Normal	KOM-N	900		20	Anzahl
17	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
18	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
19	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
20	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
21	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
22	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
23	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
24	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
25	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
26	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
27	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
28	Kommissionieren Normal	KOM-N	675		15	Anzahl
29	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
30	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
31	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
32	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
33	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
34	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
35	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
36	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
37	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
38	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
39	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
40	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
41	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
42	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
43	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
44	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
45	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
46	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
47	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
48	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
49	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
50	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
51	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
52	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
53	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
54	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
55	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl

7	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
8	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
9	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
10	Kommissionieren Normal	KOM-N	900		20	Anzahl
11	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
12	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
13	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
14	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
15	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
16	Kommissionieren Normal	KOM-N	900		20	Anzahl
17	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
18	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
19	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
20	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
21	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
22	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
23	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
24	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
25	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
26	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
27	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
28	Kommissionieren Normal	KOM-N	675		15	Anzahl
29	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
30	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
31	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
32	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
33	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
34	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
35	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
36	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
37	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
38	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
39	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
40	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
41	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
42	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
43	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
44	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
45	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
46	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
47	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
48	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
49	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
50	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
51	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
52	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			

53	Kommissionieren Normal	KOM-N	450		10	Anzahl
54	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
55	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
56	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
57	Kommissionieren Normal	KOM-N	450		10	Anzahl
58	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
59	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
60	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
61	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
62	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
63	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
64	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
65	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
66	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
67	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
68	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
69	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
70	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
71	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
72	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
73	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
74	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
75	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
76	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
77	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
78	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
79	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
80	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
81	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
82	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
83	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
84	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
85	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
86	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
87	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
88	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
89	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
90	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
91	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
92	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
93	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
94	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
95	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
96	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
97	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
98	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter

99	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
100	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
101	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
102	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
103	Behälter aus Regalfach entnehmen	BA-NO	45			
104	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
105	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
106	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
107	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
108	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
109	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
110	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
111	Kommissionieren Normal	KOM-N	225		5	Anzahl
112	Ware zu Auftrag buchen	SCN-T	195			
113	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	50		2	Meter
114	Behälter in Regalfach einräumen	BE-NO	45			
115	Ohne Transportwagen von/zu Lagerplatz	G-LPx	150		6	Meter
			SUMME	19795 TMU		
				712,05 Sekunden		
				11,8675 Minuten		

Tabelle 31: MTM-Analyse der OE 4 im Sollzustand