Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
http://www.ub.tuwien.ac.at

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Diplomarbeit

Potentialanalyse einer manuellen Großgerätemontage unter Berücksichtigung hoher Variantenvielfalt

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Kurt Matyas
(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung)

Proj.-Ass. Dipl.-Ing. Stefan Auer
(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung, Fraunhofer Austria Research GmbH)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Robert Glawar

0725791 (066 482)

Mießbergstrasse 24/1

9150 Bleiburg

Wien, im Jänner 2014

_____
Robert, Glawar

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

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

Potentialanalyse einer manuellen Großgerätemontage unter Berücksichtigung hoher Variantenvielfalt

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.

Anmerkung zum Sprachgebrauch:

Im Weiteren erfolgen die allgemeinen Bezeichnungen von Personen aus Gründen der Lesbarkeit und Übersichtlichkeit in konventioneller Sprachform. Mit allen verwendeten Personenbezeichnungen sind stets beide Geschlechter gemeint, außer es wird ausdrücklich auf weibliche oder männliche Personen hingewiesen bzw. geht entsprechendes aus dem jeweiligen Kontext eindeutig hervor.

Wien, im Jänner 2014

_____

Robert, Glawar

Danksagung

Mein Dank gilt allen Personen, welche mich bei der Ausführung der vorliegenden Arbeit unterstützt und betreut haben.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Kurt Matyas und Herrn Proj.-Ass. Dipl.-Ing. Stefan Auer vom Institut für Managementwissenschaften an der TU Wien, welche das Thema der vorliegenden Arbeit an mich herangetragen haben und mir stets mit kompetenter und freundlicher Betreuung zur Verfügung gestanden haben.

Des Weiteren möchte ich mich bei allen Mitarbeitern der Welser Profile Austria GmbH für die kollegiale Zusammenarbeit bedanken. Im Besonderen haben mich Herr Harald Kirchberger, Herr Johann Größbacher und Herr Engelbert Buber maßgeblich während des Projekts unterstützt.

Ferner möchte ich mich bei meinen Freunden, Kommilitonen und vor allem meiner Freundin bedanken die mir immer mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind und mir die notwendige Energie gegeben haben dieses Studium so positiv abschließen zu dürfen.

Ein spezieller Dank gilt an dieser Stelle meiner Familie, die mir diese Ausbildung ermöglicht hat und mir alle Freiheiten der Welt gegeben hat um mich beruflich und persönlich weiterzuentwickeln.

Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wird eine Methode zur Potentialanalyse, Optimierung und Bewertung einer manuellen Großgerätemontage unter Berücksichtigung hoher Variantenvielfalt beschrieben und anhand eines Beispiels von Werkzeugplatten für die Stahlprofilfertigung validiert.

Ziel der Arbeit war es, im ersten Schritt anhand der relevanten wissenschaftlichen Grundlagen eine Methodik zu beschreiben um die Ist-Situation in manuellen Großgerätemontagen mit hoher Variantenvielfalt zu erfassen, Potentiale herauszuarbeiten und darzustellen, sowie neugestaltete Soll-Szenarien zu bewerten. Zu diesem Zweck wurde auf die Methode der Wertstromanalyse und des Wertstromdesigns zurückgegriffen, welche in der vorliegenden Arbeit auf die Bedürfnisse der variantenreichen Großgerätemontage angepasst wurde. Dazu wurde einerseits aktuelle Literatur hinsichtlich der manuellen Montage von Großgeräten in der industriellen Produktion aufgearbeitet. Andererseits wurden produktionslogistische Themen zur Planung und Bewertung der Produktionsabläufe beschrieben und mit den klassischen Ansätzen der Wertstromanalyse und des Wertstromdesigns kombiniert.

Im praktischen Teil der Arbeit wurde die erarbeitete Methodik am Beispiel des sogenannten „Einstellen von Werkzeugplatten“ bei der Welser Profile Austria GmbH angewandt um den Ist-Zustand darzustellen, Verbesserungspotentiale zu identifizieren und in weiterer Folge einen idealen Prozessablauf zu entwerfen und mögliche Szenarien zur Neugestaltung des Produktionslayouts zu bewerten. Wesentliche Punkte während der praktischen Umsetzung waren die Einbeziehung des Kundenbedarfs entlang des gesamten Montageprozesses, das Durchführen einer Tätigkeitsstrukturanalyse, sowie einer Störungsanalyse in den Montagevorgängen der wichtigsten drei Produktfamilien.

Ein wesentliches Ergebnis des Projektes ist eine notwendige Trennung der Arbeitsinhalte in einen Schmutz- und einen Sauberbereich und somit eine Entkopplung der Auftragseinsteuerung, was zu einer geringeren Auftragsdurchlaufzeit sowie einer erhöhten Flexibilität in Auftragsplanung und Steuerung führt. Ein weiteres Ergebnis ist die Minimierung der Bearbeitungszeiten und Stehzeiten durch Reduktion von Verschwendung in der Montage und Optimierung der Arbeitsplätze inklusive Materialbereitstellung. Die wohl entscheidendste Erkenntnis des Projektes stellt jedoch die Notwendigkeit nach einem zentralen Lager für die Werkzeugplatten dar. Dies ist aufgrund des akuten Platzbedarfes in der momentanen Montagehalle Voraussetzung für die oben genannten Verbesserungen. Das Errichten eines zentralen Lagers stellt somit das größte Potential dar, da somit zusätzlich eine durchgängige Transparenz des Montagevorgangs geschaffen werden kann, Durchlaufzeit sowie Rüstzeiten minimiert werden können und die Qualität der Profilfertigung gesteigert werden kann.

Abstract

In this thesis a method for potential analysis, optimisation and assessment of manual assembly processes for large parts and a high diversity of variants is described and applied on a practical example for the assembly of large tooling for a steel section manufacturer.

The aim of the present thesis was to design a method on the basis of recent scientific principles, in order to display the current situation of manual assemblies for large parts and a high diversity of variants, to work out and implement potentials for improvement and assess newly designed target states for an optimised assembly process. Therefore in the present thesis value stream mapping (VSM) was adapted according to the needs of a multi-variant assembly for large parts. Initially current literature on the field of manual assembly of large parts in the industrial production was brought together. Afterwards issues of production logistics where described and combined with the classical approach of VSM

In the practical part of the thesis, the delineated method was applied on the example of the so called “assembly of module tooling plates” together with Welser Profile Austria GmbH in order to work out potentials for improvement, shape an ideal state for the assembly process as well as create and assess possible target states so that it is possible for Welser Profile Austria GmbH to get into the implementation phase of the project once the thesis is finished. During the project it was important to include the customer needs of the section production along the whole assembly process as well as performing an operational structure analysis and a fault analysis in the three most important product segment of the assembly process.

An important outcome of the project was, that a separation of working tasks is necessary. A separation in a dirty and a clean assembly area leads to a decoupling of the order processing and therefore to a shorter lead time and an increasing flexibility in planning and controlling. Another outcome is the minimisation of process time and down time because of reduction of waste in the assembly process and optimisation of the working places and material supply. The most important finding of the project is the necessity to install a central storage for the tooling plates. Because of the recent need of space in the assembly hall, a central storage is essential for the above mentioned improvements. Furthermore it creates a consistent transparency of the assembly process and optimises lead and set up time and increases the quality of the section production.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 5
1.1. Ausgangssituation 6
1.2. Zielsetzung und Methodisches Vorgehen 7
2 Theoretische Grundlagen 9
2.1 Grundlagen des Lean Management 9
2.1.1 Schwachstellen der klassischen Produktion 11
2.1.2 Übersicht von typischen Lean Methoden 13
2.1.3 Die Methode Wertstromanalyse und Wertstromdesign 15
2.2 Wertstromanalyse 16
2.2.1 Darstellung des Wertstromes 17
2.2.2 Produktfamilien 18
2.2.3 Kundenbedarf 20
2.2.4 Wertstromaufnahme 22
2.2.5 Produktionsprozesse 23
2.2.6 Materialflüsse 27
2.2.7 Geschäftsprozesse und Informationsflüsse 29
2.2.8 Verbesserungspotentiale 30
2.3 Wertstromdesign 32
2.3.1 Gestaltung des Soll-Wertstroms 33
2.3.2 Leitlinien zur Gestaltung der Produktionsprozesse 34
2.3.3 Erweiterungen der Wertstrommethode 43
2.4 Manuelle Montage in der industriellen Produktion 45
2.4.1 Abgrenzung der Montage in der industriellen Produktion 45
2.4.2 Manuelle Montage von Großgeräten 48
2.4.3 Zeitwirtschaft in der Montage 50
2.4.4 Ergonomie in der Montage 56
2.4.5 Störungsmanagement in der Montage 57
2.4.6 Planung von Montagesystemen 59
2.4.7 Bewertung von Montagesystemen 63
2.5 Planung des Produktionslayouts 64

2.5.1 Grundsätze der Layoutplanung 65
2.5.2 Wertstromorientierte Produktionslayout 67
2.5.3 Abgrenzung der Produktionslogistik 68
2.5.4 Produktionsplanungs- und Steuerung 70
2.5.5 Materialbereitstellung in der Montage 71
2.5.6 Lagerbetrieb und Fördertechnik 73
2.5.7 Rückverfolgbarkeit 77
2.6 Umsetzung von Verbesserungsprojekten 79
2.6.1 Umsetzungsplanung in der Wertstrommethode 80
2.6.2 Beispiele für gelungene Verbesserungsprojekte 82
2.7 Wertstrommethode in der variantenreichen Großgerätemontage 83
2.7.1 Vorgehensweise bei der Wertstromanalyse und -design 83
2.7.2 Leitlinien zur Gestaltung des Soll-Zustandes 85
3 Praktische Umsetzung 88
3.1 Vorstellung des Unternehmens: Welser Profile Austria GmbH 88
3.2 Relevante Firmenspezifika der Welser Profile Austria GmbH 89
3.2.1 Abgrenzung ESTA 89
3.2.2 Abstimmung mit der Welser Profile Germany GmbH 90
3.3 Vorgehensweise bei der praktischen Durchführung 91
3.3.1 Projektabgrenzung und -zeitplan 92
3.3.2 Projektstrukturplan 93
3.3.3 Umfeldanalyse 94
3.3.4 Betrachtete Produktfamilie 95
3.4 Erfassen des Ist-Zustandes 96
3.4.1 Kennenlernen des Prozesses 96
3.4.2 Örtliche Gegebenheiten in der Einstellhalle 99
3.4.3 Montagearbeitsplätze 100
3.4.4 Skizzieren des Wertstromes 100
3.4.5 Datenanforderungen definieren 101
3.5 Analyse Ist–Zustand 103
3.5.1 Analyse Kundenbedarf und Kapazität 103
3.5.2 Analyse Prozessablauf (Tätigkeitsstrukturanalyse) 105

3.5.3 Analyse Zeitaufnahme 109
3.5.4 Analyse Stehzeiten 111
3.6 Ist–Wertstrom 113
3.7 Identifizierte Verbesserungspotentiale....115
3.7.1 Platzproblem 115
3.7.2 Materialbereitstellung....117
3.7.3 Planung....119
3.7.4 Prozessablauf Einstellen....119
3.8 Entwurf des Ideal-Zustandes....121
3.8.1 Optimierung bestehender Prozesse....121
3.8.2 Schaffen einer umfangreichen Arbeits- und Kleinteilevorbereitung....122
3.8.3 Spezialisierung der Arbeitsplätze....123
3.8.4 Zentralisiertes Plattenlager 124
3.8.5 Weitere sinnvolle Verbesserungsmaßnahmen 125
3.8.6 Entwurf des Ideal-Zustandes 128
3.9 Szenarien zur Spezialisierung der Arbeitsplätze 128
3.9.1 Trennen des Einstell- und Abbauvorgangs....129
3.9.2 Weiteres Auftrennen der Arbeitsinhalte 130
3.9.3 One Piece Flow....131
3.9.4 Organisation....132
3.10 Layout Konzepte 132
3.10.1 Manuelles Plattenlager 133
3.11 Automatisiertes Plattenlager 134
3.11.1 Ideal-Wertstrom 137
4 Ergebnisse 139
4.1 Auswahl der optimalen Layout Variante 139
4.1.1 Einsparung Personalkosten 139
4.1.2 Investitionen....139
4.1.3 Qualitative Verbesserungen....139
4.1.4 Notwendige Vorbereitungen & Umsetzung 140
4.1.5 Risiko 140
4.1.6 Wandlungsfähigkeit....140

4.1.7 Zusammenfassung der Entscheidungsfaktoren 140
4.2 Mögliches Soll-Layout 142
4.3 Erwartete Vorteile bzw. Einsparungen 143
4.3.1 Einsparungspotential Personal 144
4.3.2 Platzersparnis 144
4.3.3 Zukunftsfähigkeit des Unternehmens 145
4.3.4 Reduktion der Stehzeiten in der Profilfertigung 145
4.3.5 Faktor Qualität 145
4.3.6 Reduktion von Anschaffungskosten und bestehendem Material 146
4.3.7 Umweltaspekte 146
4.3.8 Verbesserung der Ergonomie 146
4.4 Notwendige Investitionen bzw. Vorbereitungen 146
4.5 Maßnahmenplan 147
4.5.1 Bereits durchgeführte Maßnahmen 147
4.5.2 Investitionsentscheidung 147
4.5.3 Start des Umsetzungsprojektes 148
5 Zusammenfassung und Resümee 149
6 Verzeichnisse 151
6.1 Quellenverzeichnis 151
6.2 Abbildungsverzeichnis 156
6.3 Tabellenverzeichnis 158
6.4 Abkürzungsverzeichnis 159
7 Anhang 160
7.1 Anhang zu den theoretischen Grundlagen 160
7.2 Anhang zum praktischen Teil 163

1 Einleitung

Um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu halten, suchen Unternehmen kontinuierlich nach Wegen sich zu verbessern. Die Märkte sind in Bewegung, Verbraucher entwickeln neue Wünsche und die Rahmenbedingungen ändern sich ständig. Dementsprechend müssen Produkte und Leistungsangebote den Kundenwünschen angepasst werden. Dabei ist es wichtig, dass die Art und Weise wie Unternehmen ihre Produkte und Leistungen erstellen sowie die zugrunde liegende Organisation ständig hinterfragt und verändert werden muss.[1] Dieses turbulente Umfeld, in welchem die Industrie heute operiert, ist geprägt durch rasante technologische Entwicklungen, Globalisierung der Märkte und die dynamische Veränderung von Angebot und Nachfrage.[2]

Der moderne Kunde erwartet seine Produkte zum niedrigsten Preis bei gleichzeitig höchster Qualität und zum kürzest möglichen Liefertermin. Damit hängen die Kriterien Preis, Lieferzeit und Qualität immer mehr zusammen und lassen sich immer weniger zu Gunsten der jeweils anderen Kriterien variieren. Diese Anforderungen stellen neue Ansprüche an die Unternehmensorganisation. Produktionsunternehmen müssen Wirtschaftlichkeit, Termintreue und Flexibilität unter einem Hut bringen um sich am Markt erfolgreich behaupten zu können. Ein möglichst ununterbrochener Arbeitsablauf ohne Stehzeiten aufgrund von Rüstvorgängen oder Produktwechsel, welcher für die Gewährleistung von niedrigen Preisen unumgänglich ist, sowie eine flexible Produktionsplanung, um Terminprobleme auszugleichen, stellen zentrale Herausforderungen an die moderne Produktion dar.[3]

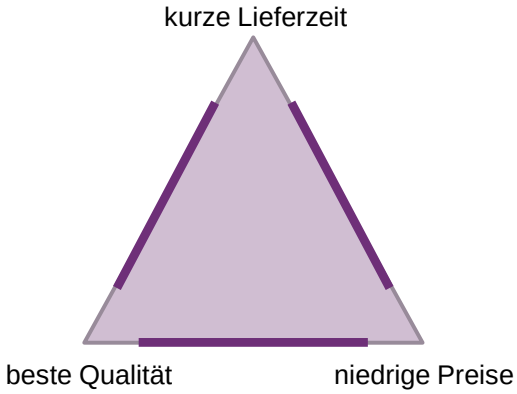

Abbildung 1: Anforderungen in der Kunden – Lieferanten Beziehung[4]

Viele Unternehmen stehen zusätzlich der Herausforderung gegenüber, dass individuelle Kundenwünsche zu steigender Variantenzahl führen, welche in immer geringeren Stückzahlen abgerufen werden.[5]

Um den aufgezeigten Herausforderungen gerecht zu werden, müssen Unternehmen zukünftig vor allem in den Bereichen Transparenz und Reaktionsfähigkeit investieren. Dadurch lassen sich Wirtschaftlichkeit, Termintreue und Flexibilität vereinheitlichen und eine Koexistenz erreichen. Produktionsunternehmen stehen oft vor der Situation, sich schnell auf neue Szenarien einstellen zu müssen. Wobei eine aktuelle Darstellung

[1] Vgl. Klevers (2013), S.7
[2] Vgl. Westkämper (2009), S.9f.
[3] Vgl. Kletti (2011), S.2f.
[4] Ibid., S.3
[5] Vgl. Balsliemke S.210f.

der Situation notwendig ist um zu wissen wo Verzögerungen stattfinden und wo es Probleme hinsichtlich der Kapazitäten, Materialien und Kosten gibt. Heute übliche Kennzahlen fördern hierbei oft Entwicklungen in die falsche Richtung. Denn große Datenmengen welche sich oft auf zu lange zurückliegende Zeiträume beziehen, bilden keine gute Entscheidungsgrundlage für die dynamische Auftragssituation. Vielmehr sollen Kennzahlen möglichst in Echtzeit den Zustand des Unternehmens in einem sinnvollen Detailierungsgrad darstellen um entsprechende Transparenz zu schaffen und schnell auf die Anforderungen reagieren zu können[6]

Vor allem in der Montage führt die vermehrte Kundenorientierung zu immer kleineren Losgrößen und demnach vermehrten Rüstvorgängen, was in einem immensen Kosten- und Produktivitätsdruck resultiert. In der jüngeren Vergangenheit wurde vor allem versucht diesem Druck mittels Automatisierung entgegenzuwirken. Das führte vermehrt zu einem „Over Engineering“ und wenig flexiblen Strukturen, welche den ursprünglichen Herausforderungen von einem dynamisch wechselnden Kundenmarkt nicht gerecht werden. Aus heutiger Sicht stellt ein flexibles, ganzheitliches Montagesystem, bei dem der Mensch im Mittelpunkt steht, die Antwort auf die gegenwärtigen Herausforderungen dar.[7]

1.1. Ausgangssituation

Die Zeit als es die Hauptaufgabe des Managements war, eine funktionale Organisation zu gestalten und Reserven vorzuhalten hat sich hin zu einem turbulenten Umfeld gewandelt. Während in der Vergangenheit Märkte lange Lieferzeiten zuließen, sodass die Kapazität entsprechend angepasst werden konnte, längere Zeiträume für die Produktentwicklung möglich waren und personelle Reserven Spielraum für Unvorhergesehenes schufen , werden diese Zeiträume und Reserven immer geringer während der Druck nach entsprechender Flexibilität aber bleibt. [8] Besonders die Montage, als Schlüsselrolle in der industriellen Produktion, ist von den gestiegenen Anforderungen in Bezug auf Vielfalt, Dynamik und Schnelligkeit im speziellen betroffen.[9]

Die Welser Profile Austria GmbH findet sich mitten in diesem dynamischen Spannungsfeld aus Flexibilität, bedingt durch wechselnde Kundenanforderungen, und Druck nach steigender Produktivität, aufgrund eines konkurrierenden Marktes mit immer geringer werdenden Margen. Als Sonderprofilhersteller steigt die Anzahl an möglichen Profilvarianten, welche von den Kunden abgerufen werden, sowie die dazu notwendigen Werkzeugen kontinuierlich. Dazu kommt, dass die Losgrößen welche an Sonderprofilen abgerufen werden klassischerweise gering sind.

[6] Vgl. Kletti (2011), S.4ff.
[7] Vgl. Adami (2010), S.143f.
[8] Vgl. Westkämper (2009), S.9f.
[9] Vgl. Schuh (2008), S.670

Für die interne Service Abteilung ESTA, welche für das Einstellen der Werkzeugplatten für die nachgelagerte Profilfertigung zuständig ist, bedeutet das geänderte Verhalten des Kunden ein Mehr an Arbeit bei gleichbleibendem Output der Profilfertigung sowie ein starkes schwanken des Bedarfs. Neben den Anforderungen an die Produktionsplanung, bezüglich einer möglichst gleichmäßigen Kapazitätsauslastung, führt dieses Kundenverhalten zur Notwendigkeit einer Lagerhaltung mit hohen Beständen. Das führt zu einem hohen Platzbedarf in der Montagehalle der ESTA. Dabei kommt es unter den gegenwärtigen Produktionsabläufen und Organisationsstrukturen zu einem Platzmangel, da der Plattenpuffer erschöpft ist und die Anschaffung neuer zum Wachstum notwendiger Platten nur unter Behinderung der Abläufe innerhalb der Halle oder unzureichender Lagerung der Platten möglich ist. Dazu kommt, dass eine Optimierung der Abläufe und Materialbereitstellung unter der gegenwärtigen Platzsituation nur schwer umsetzbar ist.

Im Zuge der Einführung eines neuen Logistikkonzeptes sowie Rüstzeitoptimierungen, soll der Prozess des Einstellens der Werkzeugplatten neugestaltet und hinreichend optimiert werden, sodass Serviceprozesse und Produktion in Einklang gebracht werden.

1.2. Zielsetzung und Methodisches Vorgehen

Primäres Ziel der vorliegenden Arbeit ist es eine Methode zur Potentialanalyse, Optimierung und Bewertung einer manuellen Großgerätemontage unter Berücksichtigung hoher Variantenvielfalt zu beschreiben und anhand eines Beispiels von Werkzeugplatten für die Stahlprofilfertigung bei der Welser Profile Austria GmbH zu validieren.

Im ersten Teil der Arbeit wird anhand der relevanten wissenschaftlichen Grundlagen eine Methodik beschrieben um die Ist- Situation in manuellen Großgerätemontagen mit hoher Variantenvielfalt zu erfassen, Potentiale herauszuarbeiten und darzustellen sowie neugestaltete Soll-Szenarien zu bewerten.

Da Produktion und Logistik kaum voneinander zu trennen sind, ist es bei der Methodenauswahl wesentlich beide Aspekte zu betrachten. Die isolierte Reduzierung von Produktions- bzw. Logistikkosten führt nicht zwingend zu einer Reduktion der Gesamtkosten. Daher müssen die eingesetzten Methoden in der Lage sein die gesamte Prozesskette erfassen zu können.[10]

Aus diesem Grund wurde für die Darstellung des Ist-Zustandes und die Ableitung entsprechender Verbesserungsmaßnahmen die Wertstrom-Methode gewählt da damit insbesondere die Wirkungszusammenhänge zwischen logistischen Prozessen und Produktionsabläufen dargestellt werden können. Neben einer Einführung in das Lean Management und einer detaillierten Beschreibung der wissenschaftlichen Grundlagen

[10] Vgl. Balsliemke S.210f.

der Wertstromanalyse wird die aktuelle Literatur nach unterschiedlichen Gestaltungsrichtlinien des Wertstromdesigns durchsucht.

Um die klassische Methode der Wertstromanalyse und des Wertstromdesigns entsprechend auf die vorhandenen Gegebenheiten der variantenreichen Großgerätemontage und im speziellen der Welser Profile Austria GmbH anpassen zu können, wurden die Besonderheiten der Montage sowie die logistischen Zusammenhänge eingehend dargestellt. Dazu wurde einerseits aktuelle Literatur hinsichtlich der manuellen Montage von Großgeräten in der industriellen Industrie aufgearbeitet und vor allem die Planung und Bewertung von Montagesystemen, sowie eine entsprechende Zeitwirtschaft und Störungsanalyse in der Montage beschrieben. Andererseits wurde auf die wertstromorientierte Planung des Produktionslayouts eingegangen und im speziellen produktionslogistische Themen, welche für die Neugestaltung des Prozessablaufs notwendig sind, beschrieben. Vor allem relevante Aspekte zur Produktionsplanung und -steuerung sowie Materialbereitstellung, wurden erläutert. Zusätzlich wurde im speziellen auf die Relevanz von Rückverfolgbarkeit, sowie Lieferbetrieb und Fördertechnik als Bindeglied zwischen Montage- und Layoutplanung eingegangen.

Nachdem außerdem Beispiele für eine erfolgreiche Umsetzung von Verbesserungsprojekten dargestellt wurden, konnte abschließend eine Vorgangsweise für die Wertstromanalyse und das Wertstromdesign in der variantenreichen Großteilmontage vorgestellt werden.

Die Vorgehensweise bei der praktischen Durchführung wird in Kapitel 3.3 ausführlich beschrieben.

Abschließend werden die Ergebnisse der praktischen Umsetzung dargestellt. Im Besonderen wurden unterschiedliche Layoutvarianten anhand von Faktoren wie Investitionskosten, Personalkosten, Wandlungsfähigkeit, Risiko, Umsetzbarkeit und qualitativen Verbesserungen gegenübergestellt. Außerdem wird ein mögliches Soll-Layout inklusive notwendiger Vorbereitungen, Investitionen und erwarteter Vorteile beschrieben, sowie ein Maßnahmenplan für das Unternehmen dargestellt.

2 Theoretische Grundlagen

Nach einer kurzen Einführung in die Philosophie des Lean Managements und dessen Methoden, wird anschließend der wesentliche Ablauf der Wertstromanalyse sowie die Gestaltungsichtlinien des Wertstromdesigns im Detail beschrieben, da diese Methode besonders dafür geeignet ist den Produktionsablauf übersichtlich darstellen zu können und Wirkungszusammenhänge zwischen logistischen Prozessen und Produktion einfach zu beschreiben. Außerdem kann mit den Gestaltungsrichtlinien des Wertstromdesigns einfach ein optimierter Soll-Zustand visualisiert und entsprechende Verbesserungspotentiale aufgezeigt werden.

Um die Methode der Wertstromanalyse und des Wertstromdesigns für den Anwendungsfall in der manuellen Großgerätemontage unter Berücksichtigung hoher Variantenvielfalt anpassen zu können, ist im nächsten Schritt zu klären, wodurch sich die manuelle Montage in der industriellen Produktion abgrenzt und was die wesentlichen Gestaltungsgrundlagen für die Planung und Bewertung von Montagesystemen sind.

Für eine wertstromorientierte Layoutplanung spielen produktionslogistische Faktoren eine wesentliche Rolle. Vor allem bei der manuellen Montage müssen Produktionsplanung und Steuerung und die damit verbundenen Materialbereitstellung einbezogen werden um einen Beitrag zur Optimierungen der Abläufe zu leisten. Um eine ganzheitliche Betrachtung zu ermöglichen müssen des weiteren die Rückverfolgbarkeit sowie Lieferbetrieb und Fördertechnik als Bindeglied zwischen Montage- und Layoutplanung betrachtet werden.

Bevor abschließend die Vorgangsweise für die Wertstromanalyse und das Wertstromdesign in der manuellen Großgerätemontage unter Berücksichtigung hoher Variantenvielfalt dargestellt wird, werden praktische Erkenntnisse aus der Umsetzung von Verbesserungsprojekten angeführt, welche zu einer praxisnahen Umsetzung der im Folgenden beschriebenen Methodik führen soll.

2.1 Grundlagen des Lean Management

Bevor eine Methode zur Potentialanalyse, Optimierung und Bewertung dargestellt werden kann, muss im ersten Schritt die Philosophie des Lean Management, an welcher sich die Methodik orientiert, dargestellt werden um die wesentlichen Inhalte der Vorgehensweise verinnerlichen zu können.

Die Idee des Lean Management hat sich aus dem Toyota Production Sytem (TPS), welches von Taiichi Ohno zwischen 1948 und 1975 in Japan erdacht wurde, entwickelt und hat sich seither kontinuierlich auch in den USA und Europa durchgesetzt. Während TPS oft lediglich mit der Reduktion von Verschwendungen in Verbindung gebracht wird, sind die ursprünglichen Eckpfeiler des TPS vor allem das Schaffen einer

kontinuierlichen Verbesserungskultur sowie die Ausrichtung der Organisation auf den Menschen und die damit verbundenen Arbeiten und Entscheidungsfindungen in Gruppen.[11]

Bei Lean Management handelt es sich also um eine langfristig ausgerichtete Philosophie, wobei der dauerhafte Erfolg im Vordergrund steht, anstatt sich von kurzfristigen Verbesserungen leiten zu lassen. Natürlich bringen viele der Lean Philosophen auch kurzfristige Erfolge mit sich, allerdings sollten diese „Quick Wins“ vor allem als Schwung genutzt werden um langfristige Projekte zu meistern und die Lean Philosophie tiefgründig im Unternehmen zu verwurzeln.[12] Besonders Krise und Rezession führen oft dazu, dass ein entsprechender Druck nach Verbesserung und Erhöhung der Produktivität gegeben ist. Allerdings sollte auch außerhalb solcher Extremsituationen ein Bewusstsein hinsichtlich der Notwendigkeit für Lean Management genährt werden, da nur durch eine kontinuierliche Vorgangsweise, ein erfolgreiches Bestehen am dynamischen Markt möglich ist. [13]

Beim Lean Gedanken steht der Wert des Produktes für den Kunden stets im Mittelpunkt des Geschehens. So einfach dies klingt so schwer ist es oft in der Realität anzuwenden. Denn die Frage wer diesen Wert bestimmt ist nicht leicht zu beantworten. Jede Aktivität ist zu hinterfragen und auf den Kundennutzen zu analysieren. Dabei werden sogenannte Wertströme sichtbar.[14]

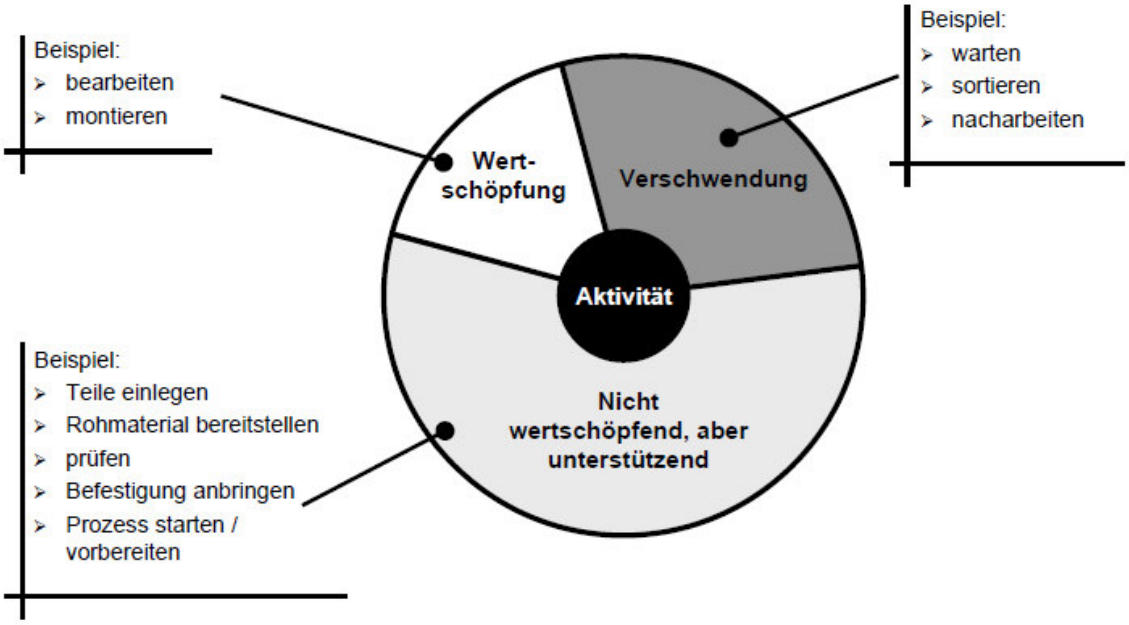

Abbildung 2: Unterscheidung von Aktivitäten hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit[15]

[11] Tsigkas (2013), S.44 ff.
[12] Vgl. Klevers (2013), S. 31ff.
[13] Ibid., S.370f.
[14] Vgl. Womack (2013), S.23ff.
[15] Klevers (2007), S.21

Da Verschwendungen viele Ursachen haben können und in unterschiedlichen Formen auftreten, kann die Beseitigung nicht durch eine einmalige Aktion gelingen. Vielmehr müssen die gesamten Abläufe analysiert und gegebenenfalls verbessert oder neu organisiert werden. Denn so einfach es klingt Verschwendungen zu eliminieren, so schwer ist es in der Praxis zwischen wertschöpfenden, unterstützenden und verschwenderischen Tätigkeiten zu unterscheiden. Denn kein Mitarbeiter erzeugt absichtlich Verschwendungen (siehe auch Abbildung 2).[16]

Ein Großteil der angeführten Verschwendungen, lässt sich durch ein rechtzeitiges Erkennen deutlich reduzieren. Die Produktion kann also als Regelkreis verstanden werden, welcher auf Änderungen der Kundenbedarfe, technische und, organisatorische Störungen sowie Abweichungen von Sollgrößen entsprechend reagiert. Eine solche Regelung erfolgt in der Praxis über ERP Systeme, MES – Systeme oder selbststeuernde KANBAN Regelkreise.[17]

2.1.1 Schwachstellen der klassischen Produktion[18]

Bevor auf die konkreten Methoden des Lean Management eingegangen werden kann, muss zuerst geklärt werden welche Schwachstellen in vielen Unternehmen zu Problemen in der Produktion und Montage führen können.

Zu starke Konzentration auf Einzelprozesse

Die Organisationsform vieler Unternehmen ist stark funktionsorientiert und setzt stark auf kostenorientierte Zielvorgaben. Durch diese Konzentration auf Einzelprozesse werden diese zwar optimiert, allerdings wird somit kein Optimum des Gesamtprozesses erreicht. Durch die Einzelprozessoptimierung werden Rahmenbedingungen geschaffen, welche sich negativ auf die weiteren Prozessschritte auswirken.

Mangelnde Transparenz

In vielen Unternehmen werden wichtige Daten wie Rüst-, Bearbeitungs- und Stillstandzeiten sowie Störgründe nicht erfasst. Sofern Daten vorhanden sind, weisen sie oft Schwachstellen in Bezug auf Qualität und Richtigkeit auf. Neben der heiklen manuellen Datenerfassung, welche aufgrund des hohen Aufwandes zur Erfassung und Auswertung oft nur unzureichend erfolgt, stellt die Pflege der ERP Systeme ein weiteres Problem dar. Die Datenqualität der Stammdaten ist oft unzureichend, beispielsweise wenn hinterlegte Schätzwerte als Planungsdaten für neue Produkte übernommen werden und die anonymen Systemdaten nicht mehr hinterfragt und als fehlerimmun wahr-

[16] Vgl. Klevers (2013), S. 31ff.
[17] Vgl. Kletti (2011), S.6ff.
[18] Ibid., S.35ff.

genommen werden. Eine unzureichende Transparenz zwischen den Prozessen wirken sich in der Praxis also sowohl auf Bestände, Qualität, Effizienz, Durchlaufzeit und Termintreue aus.

Mangelnde Qualität

Instabile Prozesse oder prozessbedingte Probleme führen zu Ausschuss oder notwendiger Nacharbeitung, was neben zusätzlichen direkten Kosten für Personal, Material und Maschine auch zusätzliche indirekte Kosten verursacht. Vor allem in modernen Serienproduktionen stellen bereits kleine Qualitätsmängel von z.B. 2% Ausschussrate, große Probleme dar, da sich diese sich im Serienprozess multiplizieren.

Mangelnde Effizienz

In der Regel besteht ein Prozess nicht nur aus wertschöpfenden Tätigkeiten, welche den Wert des Produktes für den Kunden erhöht, sondern auch aus Unterstützungsprozessen, welche die Effizienz des Prozesses verringern. Unterstützungsprozesse sind zwar selbst nicht wertschöpfend, oft aber notwendig um wertschöpfende Bearbeitungsprozesse ablaufen zu lassen. Durch eine Tätigkeitsstrukturanalyse können Prozesse so gestaltet werden, dass die Unterstützungsprozesse auf das wesentliche reduziert und etwaige Verschwendungen eliminiert werden.

Besonders Rüstprozesse haben eine wesentliche Auswirkung auf die Effizienz des Gesamtsystems, da die Dauer des Rüstprozesses für die Festlegung der produzierten Losgrößen von maßgeblichem Ausschlag ist. Unkoordinierte, unorganisierte und unstrukturierte Rüstvorgänge stellen in vielen Unternehmen wesentliche Verbesserungspotentiale dar.

Überhöhte Bestände

Die Aufgabe von Beständen ist die Sicherstellung der Materialversorgung an jeder Stelle der Lieferkette. Viele Unternehmen stellen sich nicht die Frage wie hoch die notwendigen Bestände tatsächlich sein müssen. Während durch das Führen eines Sicherheitsbestandes bewusst eine Materialreichweite über der eigentlich notwendigen Wiederbeschaffungszeit eingeplant wird, stellen Probleme im Arbeitssystem sowie falsche gepflegte Stammdaten bzw. Systemparameter eine zu vermeidende Ursache für überhöhte Bestände dar. In vielen Unternehmen ist die tatsächliche Wiederbeschaffungszeit aufgrund fehlerhafter Stammdaten bzw. stark schwankendem Output nur schwer zu berechnen.

Lange Durchlaufzeiten

Kurze Durchlaufzeiten sind häufig als strategische Ziele in produzierenden Unternehmen verankert. Allerdings wird oft nicht klar definiert, was als Durchlaufzeit verstanden

wird. Als Auftragsbezogene Durchlaufzeit versteht man neben der Durchlaufzeit in Produktion und prozessbedingter Wartezeit weiters die Durchlaufzeit in der Administration. Letztere wird in vielen Unternehmen nicht transparent erfasst und führt zu einer zusätzlichen Erhöhung der tatsächlichen Durchlaufzeit.

Besonders in Produktionen mit mehrstufigen Montagevorgängen sind kurze Durchlaufzeiten zentral für den wirtschaftlichen Erfolg des Unternehmens.[19]

Schlechte Termintreue

Mangelnde Transparenz und ein schlechter Informationsfluss machen sich letztendlich in einer schlechten Termintreue bemerkbar. Durch eine zu knappe Kalkulation der Termine wirken sich bereits kleine Probleme stark negativ auf die Termintreue aus. Die Fertigungssteuerung muss immer in die Feinplanung der Aufträge eingreifen.

2.1.2 Übersicht von typischen Lean Methoden[20]

Die Methoden des Lean Management sind in erster Linie auf direkt sichtbare und dadurch unmittelbar wirksame Verbesserungen ausgerichtet. Obwohl die Methoden primär auf eine Optimieren der Abläufe und Prozesse ausgerichtet sind, führen sie oft im Nebenbei zu einem immensen Anstieg der Wirtschaftlichkeit.

Im Folgenden sind typische Methoden und Prinzipien des Lean Management aufgeführt:

Kaizen

Kaizen bedeutet das Streben nach ständiger Verbesserung unter Einbeziehung aller Mitarbeiter. Dabei handelt es sich um ein gezieltes Umdenken, sodass das Bilden von Verbesserungs- und Qualitätszirkeln sowie das Einführen eines kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP), unter Anwendung des PDCA Zyklus, zur Selbstverständlichkeit werden.

KANBAN

Der Japanische Begriff KANBAN bedeutet Karte und umfasst im Lean Management sowohl die KANBAN Steuerung (siehe auch Kapitel 2.3.2) als auch die Materialversorgung mittels KANBAN. Wird bei der Materialversorgung mittels KANBAN das Material in einem Behälter verbraucht, wandert die an dem Behälter angebrachte KANBAN zum internen oder externen Lieferanten wo dieser wieder befüllt und zurück zum Kunden geschickt wird.

[19] Yaghoubi (2013), S.808 f.
[20] Vgl. Dickmann (2009)

TPM

Ursprünglich war Total Productive Maintanance (TPM) ein Tool für die optimierte Instandhaltung. Heute versteht man unter TPM ein Management System (Total Productive Management) mit der Ausrichtung auf eine absolute Verfügbarkeit der Maschinenanlagen, sowie einer autonomen Instandhaltung.

JIT / JIS

Unter Just in Time (JIT) versteht man das Konzept, das Material zur richtigen Zeit am richtigen Ort bereitgestellt wird und somit unnötige Puffer vermieden und Wartezeiten minimiert werden. Bei Just in Sequence (JIS) geht man noch einen Schritt weiter und stellt das benötigte Material auch in der richtigen Reihenfolge zur Verfügung was somit einer bedingungslosen Kundenausrichtung gleichkommt.

5S

5S stellt eine gezielte Methode zur Schaffung einer systematischen Ausgangsbasis für weitere Verbesserungen dar. Dabei werden die 5S so umgesetzt dass sie langfristig in Fleisch und Blut übergehen.

- **Seiro (Sortiere aus):** Alle nicht benötigten Dinge werden aussortiert und nach eventueller Rücksprache entfernt.
- **Seiso (Sauber halten):** Der Arbeitsplatz wird gesäubert und notwendige Dinge werden eingeräumt.
- **Seiton (Systematische Ordnung**): Die Arbeitsmittel werden so angeordnet wie sie am Arbeitsplatz benötigt werden.
- **Seiketsu (Standardisierung):** Die ersten 3 S werden zum Standard gemacht. Das bedeutet dass Reinigungspläne erstellt, und Schattenbretter oder Markierungen angebracht werden.
- **Shitsuke (Selbstdisziplin und ständige Verbesserung):** Alle Punkte müssen ständig eingehalten werden. Damit die Systematik in Fleisch und Blut übergeht können auch gezielte Audits durchgeführt werden.

Poka Yoke

Um eine konsequente Fehlervermeidung zu garantieren, kommt eine 100% Fehlerkontrolle durch einfache Prüfverfahren zum Einsatz. Um dies zu erreichen muss auch eine entsprechende Produktgestaltung gewährleistet sein, sodass beispielsweise elektronische Bauteile nur in eine Richtung eingebaut werden und somit das falsche Einbauen vermieden wird.

5W Methode

Bei der 5W Methode wird fünf Mal die Frage “Warum?” gestellt und somit auf simple Art und Weise der Fehlerursache nachgegangen.

Andon

Bei Andon handelt es sich um einen Weg der Echtzeitüberwachung und -steuerung, bei welcher der Mitarbeiter in der Produktion die Verantwortung übernimmt und mittels Signalampel das Geschehen beurteilt.

Teamwork

Bei den Prinzipien des Lean Management stellen Fähigkeiten, Schutz und Verantwortung eines jeden Einzelnen, einen wesentlichen Aspekt dar. Lean Management beruht auf einer gut qualifizierten Belegschaft und einem entsprechenden Teamwork. Mittels Teamwork wird auch der Gedanke der kontinuierlichen Verbesserung in Gruppen und regelmäßigen Kreisen vorangetrieben.

Six Sigma

Six Sigma ist eine unabhängige Vorgehensweise welche vor allem die Verringerung von Prozessstreuung durch systematisches Anwenden des DMAIC Prozesses (Define, Measure, Analyse, Improve, Control) und Abwicklung sogenannter Six Sigma Projekte anstrebt. Six Sigma bildet eine gute Ergänzung zu den klassischen Methoden des Lean Management, da es zu den kontinuierlichen Verbesserungen, gezielt größere Verbesserungsprojekte anstrebt.

2.1.3 Die Methode Wertstromanalyse und Wertstromdesign

Die Wertstrom-Methode stellt innerhalb des Lean Managements ein hervorragendes Tool für die Potentialanalyse, Optimierung und Bewertung von Prozessen dar, da die Methode die Zusammenhänge zwischen Produktionsablauf und logistischen Prozessen übersichtlich, wie auf einer Landkarte, zu visualisieren vermag. Da die Methode mit wenigen Symbolen auskommt, ist sie einfach zu lesen und ermöglicht somit die ganzheitliche Darstellung von Material- und Informationsfluss sowie Produktion- und Montageabläufen, ohne sich jedoch in den Details einer Geschäftsprozessanalyse zu verlieren. Solch eine Darstellung kann als Kommunikationsplattform zur innerbetrieblichen Verständigung dienen und ermöglicht es die Abläufe systematisch in Frage zu stellen und zu verbessern.[21]

[21] Vgl. Klevers (2013), S.43ff. ; Vgl. Reinhart (2009); S.130ff.

Das systematische Verbessern der Produktion durch die Wertstrommethode, resultiert in einer Reduktion der aufgezeigten Verschwendungen und somit kürzeren Durchlaufzeiten, geringeren Rüst- und Ausschussraten. Ein wesentlicher Vorteil der Methode ist, dass Abweichungen zwischen dem theoretischen und tatsächlichen Produktionsablauf aufgezeigt werden. Dies tritt beispielsweise auf, wenn ausführende Werker an einer Montagelinie nicht den standardisierten Arbeitsanweisungen folgen und somit Verschwendungen sichtbar werden, welche bei einer reinen Betrachtung des Prozessablaufs nicht erkennbar gewesen wären. [22]

Die Methode erfolgt grundsätzlich in den vier in Abbildung 3 abgebildeten Schritten. Es wird mit der Auswahl der zu betrachtenden Produktfamilie begonnen und danach ein grober Ist-Zustand, der selbst im Werk aufgenommenen Daten gezeichnet. Anschließend wird ein provisorischer Soll-Zustand skizziert, mithilfe dessen ein Umsetzungsplan zur Erreichung des Idealzustandes erfolgen kann. Wesentlich ist dabei, dass es sich um iterative Prozesse handelt. Das bedeutet, bereits während der Erfassung des Ist-Zustandes werden Ideen für den Soll-Zustand gesammelt und erst beim Gestalten des Soll-Zustandes wird offensichtlich, dass bisher nicht betrachtete Ist-Daten für die Neugestaltung der Produktion erfasst werden müssen. Außerdem wird der Soll-Zustand nach begonnener Umsetzung kontinuierlich verfeinert und ständig nach einer Verbesserung der Produktion gestrebt werden, da der angestrebte Ideal-Zustand im Regelfall nicht von heute auf morgen erreicht werden kann. [23]

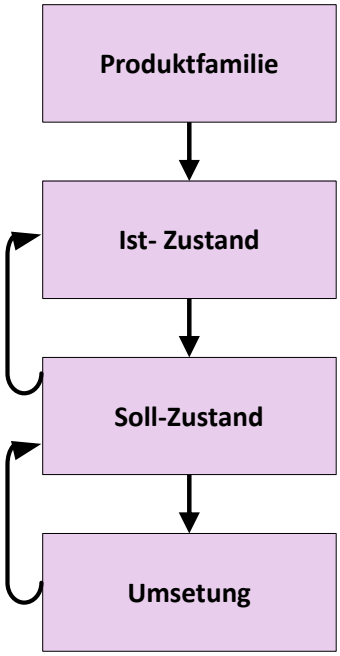

Abbildung 3: Ablauf der Wertstrom - Methode[24]

2.2 Wertstromanalyse

Um den Ist-Zustand inklusive entsprechender Verbesserungspotentiale umfassend darstellen zu können, wird im Weiteren die wesentliche Vorgangsweise bei der Wertstromanalyse detailliert beschrieben. Dabei werden zu Beginn die wesentlichen Darstellungsprinzipien der Wertstromanalyse erklärt, bevor die klassische Potentialanalyse für produzierende Unternehmen in folgenden vier Schritten beschrieben wird:[25]

[22] Vgl. Rahani (2012), S.1734
[23] Vgl. Rother (2004), S.9 - 10
[24] Rother (2004), S.9
[25] Vgl. Erlach (2010), S.35 ff.

1. Im ersten Schritt werden aus dem gesamten Produktspektrum unterschiedliche **Produktfamilien gebildet**, für welche aufgrund der unterschiedlichen Produktionsabläufe jeweils eine eigene Wertstromaufnahme notwendig ist.
2. Danach ist eine **Kundenbedarfsanalyse** durchzuführen um den entsprechenden Kundenbedarf der Produktfamilien modellieren zu können.
3. Nachdem die vorbereitenden Aufgaben abgeschlossen sind, erfolgt die eigentliche **Wertstromaufnahme.** Hierbei wird der Ist-Zustand aufgezeichnet und alle wesentlichen Kennzahlen der Produktion und Logistik erfasst.
   Im Detail wird dabei auf die Darstellung der **Produktionsprozesse sowie Material- und Informationsflüsse** eingegangen.
4. Anschließend kann der vorliegende Wertstrom beurteilt werden und mögliche **Verbesserungspotentiale** aufgezeigt werden.

2.2.1 Darstellung des Wertstromes

Um die Abläufe entsprechend visualisieren zu können ist eine vereinfachende Modellierung notwendig. Die folgenden Grundprinzipien der Darstellung sind schematisch in Abbildung 4 verdeutlicht:[26]

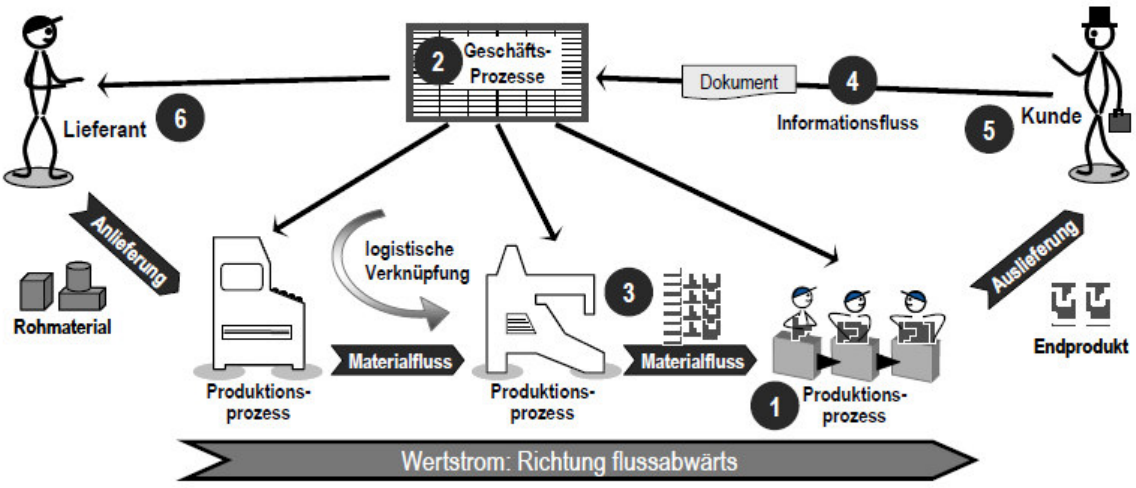

Abbildung 4: Wertstrom in der Fabrik[27]

- Die tatsächlich produzierenden Tätigkeiten sowie externe Bearbeitungsschritte werden durch die **Produktionsprozesse** dargestellt.
- Die Aufgaben der Auftragsabwicklung sowie Produktionsplanung und -steuerung werden durch die **Geschäftsprozesse** beschrieben.
- Der Materialtransport zwischen den Produktionsschritten sowie die Bestände werden durch den **Materialfluss** beschrieben.

[26] Vgl. Erlach (2010), S.32 f.
[27] Erlach (2010); S.33

- Der Transport von Daten und Dokumenten zwischen Geschäfts sowie Produktionsprozessen wird als **Informationsfluss** dargestellt.
- Die Kundennachfrage wird als **Kundensymbol** dargestellt und gibt somit den Kundentakt vor. Wobei als Kunde sowohl eine interne Abteilung an welche zu liefern ist als auch ein tatsächlicher externer Kunde zu verstehen ist.
- Mittels dem **Lieferantensymbo**l wird die Versorgung der Produktion mit Material abgebildet.

2.2.2 Produktfamilien [28]

Da verschiedene Produkte unterschiedliche Anforderungen an dieselben Produktionsprozesse stellen können, ist im ersten Schritt klar abzugrenzen, auf welche Produkte sich der Wertstrom beziehen soll. Im optimalen Fall wird eine Wertstromanalyse für jedes produzierte Produkt durchgeführt. Da dies vor allem bei variantenreichen Produktionsunternehmen nicht möglich ist, muss sich die Frage gestellt werden wie man die einzelnen Produkte zu sinnvollen Produktfamilien gruppieren kann, ohne zu sehr an der Aussagekraft der Wertstromanalyse zu zerren.

Artikel-Nummer	Bohren	Fräsen (vertikal)	Fräsen (horizontal)	Fräsen (kl. Bauraum)	Waschen	Härten	Vormontieren 1	Vormontieren 2	Vormontieren 3	Montieren 1	Montieren 2	Montieren 3	
612680-20	x		x		x		x			x			PF 1
612842-20	x		x		x		x			x			
612682-20	x		x		x		x			x			
612682-23	x		x		x		x			x			
612861-10			x		x		x			x			
612684-10			x		x		x			x			
612685-10			x		x		x			x			
612839-20	x		x		x		x			x			
612234-10			x		x		x			x			
612688-10			x		x		x			x			
615386-10		x			x			x			x		PF 2 Bus-Ölfilter
615387-10		x			x			x			x		
615387-23		x			x			x			x		
615722-10		x			x			x			x		
615389-10			x		x	x			x			x	PF 3
612871-20			x		x	x			x			x	
615502-10			x		x	x			x			x	
615608-05			x		x	x						x	
615608-10			x		x	x						x	
615719-10				x	x				x			x	PF 4
612866-20				x	x				x			x	
615736-05				x	x				x			x	
...													PF = Produktfamilie

Abbildung 5: Beispiel einer Produktfamilienmatrix[29]

Generell ist die Methode der Produktfamilienmatrix ein simpler Weg zur Bildung von Produktfamilien: Dabei werden alle Produkte, welche ähnliche oder gleiche Prozessschritte benötigen, zusammengefasst. Dazu muss eine Matrix erstellt werden, welche alle Prozessschritte des gesamten Produktspektrums umfasst. Anschließend werden alle Produkte erfasst und entsprechend ihrer Prozessschritte in der Matrix eingetragen.

[28] Vgl. Erlach (2010), S.38 ff.
[29] Erlach (2010), S.40

Danach können alle Produkte, welche über dieselben (oder zumindest ähnliche) Prozessschritte verfügen, zu Produktfamilien zusammengefasst werden (siehe auch Abbildung 5).

Das Verfahren der Produktfamilienmatrix wird schnell sehr arbeitsintensiv und führt weiter zu dem Nachteil, dass die Ähnlichkeit der Produkte in diesem Verfahren nicht explizit definiert werden kann. Aus diesem Grund wird es vor allem bei Serienproduktionen mit geringer Variantenvielfalt angewandt.

Ein weiteres Verfahren bei welchem ausgehend von allgemeinen Ablaufschemen die Ähnlichkeitsmerkmale explizit ermittelt werden, stellt das Produktionsablauf und Familienähnlichkeitsverfahren dar.

Im ersten Schritt werden dabei die unterschiedlichen Produktablaufschemen des gesamten Produktspektrums modelliert. Es sollen also die wesentlichen Unterschiede in der Produktionsabfolge dargestellt werden. Durch die unterschiedlichen Schemen werden die grundsätzlichen Technologien festgelegt. (siehe beispielsweise „Ablauf 2“ links in Abbildung 6)

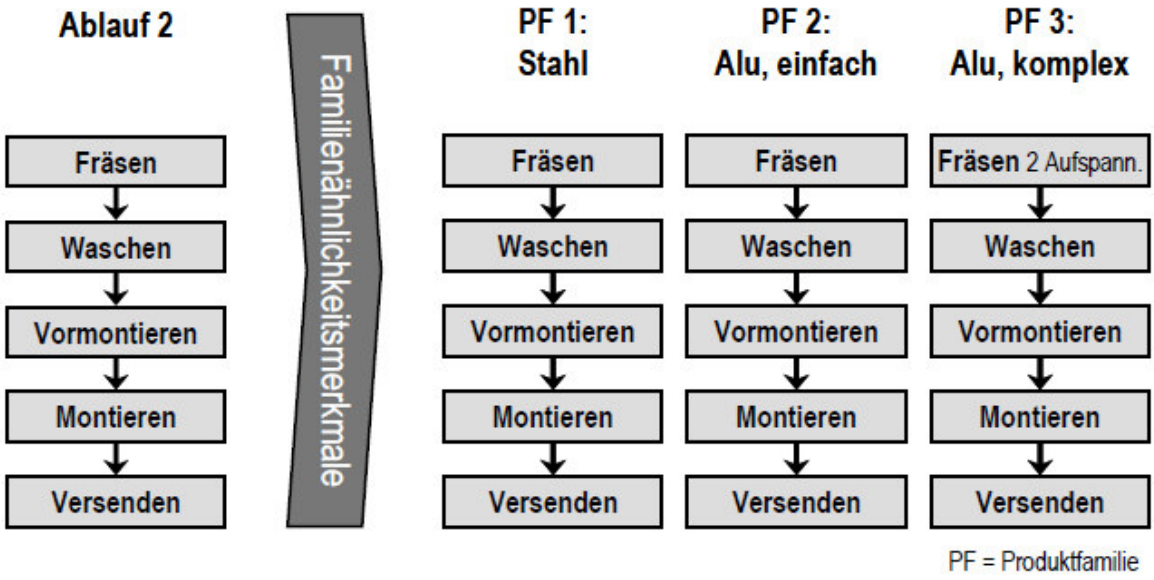

Abbildung 6: Aufteilen eines Produktionsablaufschemas durch Familienähnlichkeitsmerkmale[30]

Im nächsten Schritt sollen verschiedene Ähnlichkeitskriterien definiert werden (z.B. verarbeitetes Material, Geometrie, Komplexität, Funktionalität etc.) Anhand dieser Kriterien können aus den einzelnen Ablaufschemen unterschiedliche Produktfamilien gebildet werden (siehe auch Abbildung 6).

[30] Erlach (2010) S.44

2.2.3 Kundenbedarf [31]

Um eine an den Kundenbedarf orientierte Produktion zu erreichen, muss am Beginn der Wertstromanalyse der Kunde betrachtet werden. Das kann ein Händler, ein Unternehmen, welches die gelieferten Produkte weiterverarbeitet, oder eine interne Abteilung, welche die gelieferten Produkte benötigt, sein. Auf jeden Fall müssen alle wichtigen Informationen über den Kunden in der Wertstromanalyse erfasst und im Kundensymbol entsprechend eingetragen werden. Die für die Produktion relevanten Lieferanforderungen und -modalitäten sowie die Absatzmengen sind in jeden Fall zu vermerken.

Eine wesentliche Kennzahl, welche in der Wertstrommethode Verwendung findet, ist der sogenannte Kundentakt. Damit kann eine Aussage getroffen werden mit welchem Tempo man produzieren sollte, um den durchschnittlichen Kundenbedarf zu entsprechen. Dabei handelt es sich um eine Produktionsrate in Zeitdauer pro Stück, welche auf den entsprechenden Absatzmengen beruht.

Formel 1: Berechnung des Kundentakts32

$$KT = \frac{\text{verfügbare Betriebszeit pro Jahr}}{\text{Kundenbedarf pro Jahr}} = \frac{FT \times AZ}{Stck} = \frac{AZ}{TB}$$

mit: KT……. Kundentakt [Zeiteinheit/Stück]
FT..... Fabriktage [Tage/Jahr]
AZ ..... Tägliche Arbeitszeit [Zeiteinheit/Jahr]
Stck..... Jahresstückzahl [Stück/Jahr]
TB ..... Tagesbedarf [Stück/Tag]

Wenn jeder Produktionsprozess genau nach diesem Takt arbeitet, so ist das gesamte Unternehmen hoch kundenorientiert ausgerichtet, da der Produktionsrhythmus und Verkaufsrhythmus miteinander synchronisiert sind. Dies ist jedoch aufgrund technischer als auch organisatorischer Restriktionen nicht möglich. Allerdings bietet die Orientierung am Kundentakt ein nützliches Werkzeug bei der Gestaltung der Soll-Prozesse.

Einen entscheidenden Effekt, welchen der Kundentakt jedoch nicht berücksichtigt, ist das Auftreten von Kundenbedarfsschwankungen. Diese Schwankungen führen ausgehend vom ermittelten Kundentakt zu einer gewissen Flexibilitätsanforderung, welche allerdings teilweise durch Sicherheitsbestände verringert werden kann. Diese Grundbedarfsschwankungen können zusätzlich durch saisonale Effekte überlagert werden, bzw. zusätzlich durch Bedarfswachstum oder -rückgang beeinflusst werden.

[31] Vgl. Erlach (2010), S.46 ff.
[32] Erlach (2010), S.48

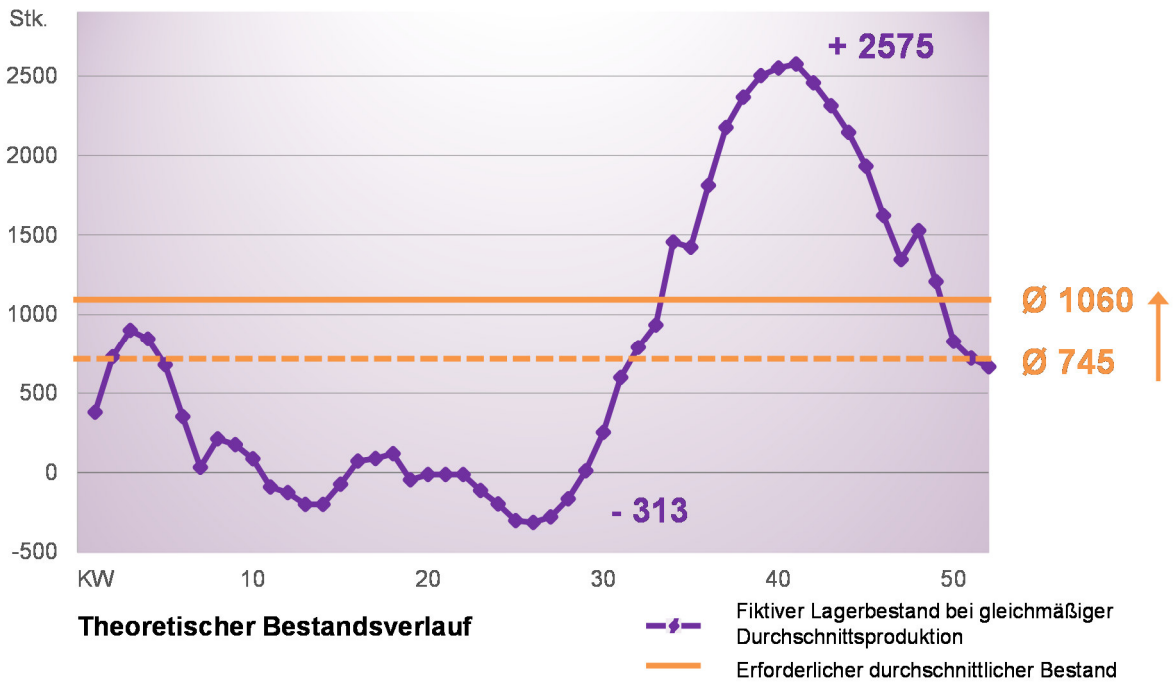

Abbildung 7: Theoretischer Bestandsverlauf[33]

Um besser abschätzen zu können, wie sich die Kundenbedarfe auf die Bestände auswirken, wird der theoretische Bestandsverlauf als Werkzeug herangezogen (siehe auch Abbildung 7). Hierbei wird von der fiktiven Annahme ausgegangen, dass jeweils der durchschnittliche Kundenbedarf je Zeiteinheit produziert wird. Daraus ergibt sich zu jeder Zeiteinheit eine Differenz aus tatsächlichem Bedarf und produzierten Einheiten. Die einzelnen Differenzen werden über die Gesamtdauer des Betrachtungszeitraums kumuliert und geben somit den rechnerischen Bestand bei gleichmäßiger Produktion wieder. Ist dieser theoretische Bestand negativ, so befindet sich die Produktion in Rücklauf. Wie in Abbildung 7 verdeutlicht, müsste in diesem Beispiel ein Anfangsbestand von 745 Einheiten geführt werden um niemals in Lieferverzug zu gelangen. Dadurch erhöht sich der durchschnittliche Bestand von 745 Einheiten auf 1060 Einheiten und führt zu einem maximalbestand von 2575 Einheiten.

In der Praxis werden Kundenbedarfsschwankungen durch eine Kombination der folgenden Maßnahmen bewältigt:

- Durch eine entsprechende Lagerhaltung kann der Kundenbedarf gewissermaßen von der Produktion entkoppelt werden, da die vorhandenen Bestände den tatsächlich an der Produktion anfallenden Bedarf glätten.
- Ein kurzfristiges Einstellen von Zeitarbeitern, zusätzliche Überstunden, oder das Aushelfen von Fachkräften anderer Abteilungen, kann das Kapazitätsangebot kurzfristig erhöhen.

[33] Vgl. Erlach (2010), S.52

- Liefertermine können verschoben werden. Obwohl dies oft mit negativen Konsequenzen verbunden ist, gibt es vor allem bei kundenspezifischer Produktion, ohne entsprechender Möglichkeit der Lagerhaltung, keine andere Möglichkeit als den Lieferzeitpunkt von der jeweiligen Nachfrage abhängig zu machen.

2.2.4 Wertstromaufnahme [34]

Ein wesentliches Erfolgskriterium bei der Wertstromaufnahme ist es, zu jedem Zeitpunkt die Kundensicht einzunehmen, da diese die Anforderungen an die Produktion bestimmt. Aus diesem Grund wird eine Wertstromanalyse, anders als sonst üblich, flussaufwärts also beginnend beim Versand, Schritt für Schritt entlang des Materialflusses durchgeführt. Dadurch können die Kundenanforderungen am besten in die Produktionsprozesse getragen werden und die Lieferprozesse so ausgerichtet werden, dass die Kundenprozesse ideal bedient werden können. Außerdem können Verzweigungen im Materialfluss besser dargestellt werden, wenn der Versand immer den Startpunkt der Analyse darstellt.

Ein weiteres ausschlaggebendes Erfolgskriterium ist die Einbeziehung der Mitarbeiter. Die betroffenen Mitarbeiter müssen einerseits entsprechend informiert werden und andererseits in den Prozess der Wertstromanalyse eingebunden werden. Dazu soll sowohl mit Vorarbeitern, Meistern sowie operativen Mitarbeitern am Produktionsprozess sowie in der Produktionsplanung gesprochen werden. Es muss den Fragen nachgegangen werden, welche Aufgaben und Tätigkeiten die jeweiligen Mitarbeiter durchzuführen haben, und woher sie wissen wann sie was zu tun haben. Außerdem können die entsprechenden Mitarbeiter am besten darüber Auskunft geben, woher sie das für die einzelnen Produktionsprozesse benötigte Material bzw. Arbeitsaufträge erhalten und wie hoch die Materialbestände bzw. ihr Arbeitsvorrat ist.

Ein wesentlicher Vorteil der Wertstrommethode liegt in der kompakten Wertstromaufnahme. Die verwendeten Symbole (siehe auch Anhang Abbildung 77) sind so simpel gehalten, dass die Aufnahme einfach mittels Papier und Bleistift in der Produktionsstätte durchgeführt werden kann. Der Komplexitätsgrad der Abläufe sollte soweit vereinfacht werden, dass im Regelfall die Darstellung übersichtlich auf einem A3-Papier möglich ist. Bei der Wertstromaufnahme werden zuerst die entsprechenden Produktionsprozesse und die dazugehörigen Materialflüsse und Lieferanten erfasst und anschließend um die Geschäftsprozesse mit den entsprechenden Informationsflüssen ergänzt.

[34] Vgl. Erlach (2010), S.33 f.

2.2.5 Produktionsprozesse [35]

Die Produktionsprozesse sind die wesentlichen Elemente des Wertstromes, welcher im Regelfall als eine Abfolge von unterschiedlichen Produktionsprozessen, ergänzt mit den dazugehörigen Kennzahlen, dargestellt wird. Bei einem Produktionsprozess handelt es sich um einen technischen Prozess, bei dem das Produkt einer Wertschöpfung unterliegt. Typische Beispiele dafür sind das Montieren, Verpacken, verschiedene Fertigungsverfahren, Beschichten, Wärmebehandlungen oder Lackieren. Je nach untersuchten Prozess macht es außerdem Sinn, logistische Tätigkeiten wie Sortieren, Ein- und Auslagern, Kommissionieren, Versenden oder Transportieren als eigenen Produktionsprozesse zu betrachten.

Beispielsweise wird eine Transferlinie mit 15 hintereinander folgenden Bearbeitungsprozessen wie Bohren, Gewindeschneiden, etc. trotz geringfügigen Beständen zwischen den Bearbeitungsschritten auf der Ebene des Gesamtablaufs lediglich mit einem Prozesskasten dargestellt werden, während bei Betrachtung des Maschinenbereichs auf Prozessebene alle Teilabläufe als eigene Prozesskasten dargestellt werden.[36]

Der Produktionsprozess wird klassischerweise in einem Prozesskasten beschrieben (siehe Abbildung 8). Wobei einerseits die Anzahl an zugeordneten Mitarbeitern und Ressourcen pro Schicht angegeben werden und andererseits die prozessbezogenen Kennzahlen (wie Zykluszeit, Bearbeitungszeit bzw. Prozesszeit, Losgrößen, Rüstzeiten, Maschinenverfügbarkeit, etc.) dargestellt werden. Oft ist es außerdem sinnvoll zusätzliche Angaben wie prozessspezifischen Kundentakt, Angaben zur Prozessqualität oder Variantenflexibilität, sowie Informationen zur verfügbaren Arbeitszeit zu hinterlegen.

Abbildung 8: Beispielhafter Produktionsprozess[37]

[35] Vgl. Erlach (2010), S.54 ff.
[36] Vgl. Rother (2004), S.15 f.
[37] Vgl. Erlach (2010), S.58 ff.

Im Folgenden werden die wesentlichen Prozessbezogenen Kennzahlen beschrieben:

Bearbeitungszeit (BZ):

Mit der Bearbeitungszeit wird angegeben wie lange ein Teil im Produktionsprozess bearbeitet wird. Sie beschreibt also sowohl den manuellen Arbeitsinhalt des Mitarbeiters als auch die Laufzeit des bearbeitenden Betriebsmittels.

Bei einem CNC-Bohrvorgang beinhaltet die Bearbeitungszeit also die Zeit welche zum Einspannen des Werkstückes benötigt wird, sowie die Zeit zum Starten des Bohrprogrammes der Maschine, das eigentliche Bohren, die Zeit zum Ausspannen des bearbeiteten Teils sowie das anschließende Entgraten. Die Messung der Bearbeitungszeit startet beim Beginn der eigentlichen Tätigkeit zur Bearbeitung eines Teils und endet sobald der Produktionsprozess eines Teils fertiggestellt ist. Sie umfasst weiters die, aus planmäßigen Unterbrechungen resultierenden, Wartezeiten, währenddessen die bediente Maschine automatisch abläuft.

Wertschöpfungszeit & Nebenzeit:

Mit Hilfe einer Tätigkeitsstrukturanalyse kann die vorliegende Bearbeitungszeit in Wertschöpfungszeit, in welcher tatsächlich ein Kundennutzen geschaffen wird, und in Nebenzeiten unterteilt werden.

Prozesszeit (PZ):

Durch die Prozesszeit wird beschrieben, wie lange sich Teile tatsächlich im entsprechenden Produktionsprozess befinden. Im einfachsten Fall, wenn genau ein Teil gleichzeitig bearbeitet wird, entspricht die Prozesszeit gleich der Bearbeitungszeit. Werden mehrere Teile gleichzeitig in einem Prozess bearbeitet so unterscheidet man zwischen Durchlauf- und Chargenprozess:

- Bei einem Durchlaufprozess werden Teile nacheinander zu- bzw. abgeführt. Beispielsweise werden in einem Durchlaufofen zur Wärmebehandlung immer mehrere Teile gleichzeitig bearbeitet, während sie durch einen Förderer automatisch durch den Ofen transportiert werden.
- Bei einem Chargenprozess werden mehrere Teile zu Losen zusammengefasst und gleichzeitig bearbeitet. Beispielsweise werden beim Waschen mehrere Teile zusammen in einem Korb bearbeitet.

Rüstzeit (RZ):

Die Rüstzeit entspricht jener Dauer, für welche ein Betriebsmittel nicht zur Verfügung steht, weil es für die Produktion einer neuen Teilevariante vorbereitet wird. Beispielsweise spricht man von Rüstzeit wenn bei einer Presse ein neues Werkzeug gerüstet

werden muss. Die Rüstzeit wird vom letzten Gutteil der vorhergehenden bis zum ersten Gutteil der folgenden Variante gemessen. Bei einer Stanzanlage umfasst die Rüstzeit einerseits die Zeit welche benötigt wird um das alte Stanzwerkzeug auszubauen und das Neue einzubauen. Zusätzlich fallen Zeiten an um die Maschine für die Produktion einer neuen Variante einzustellen.

Zykluszeit (ZZ):

Bei der Zykluszeit handelt es sich um eine Kennzahl der Prozesskapazität, welche spezifisch in der Wertstrommethode Verwendung findet um eine Aussage über das Kapazitätsangebot des Produktionsprozesses treffen zu können.

Die Zykluszeit beschreibt nach welchem Zeitintervall ein Teil im Produktionsprozess fertiggestellt wird. Sofern lediglich ein Betriebsmittel zur Verfügung steht, so entspricht die Zykluszeit gleich der Bearbeitungszeit. Können jedoch mehrere Teile gleichzeitigt bearbeitet werden, so erhöht das die Ausbringung des Prozesses und die Zykluszeit sinkt.

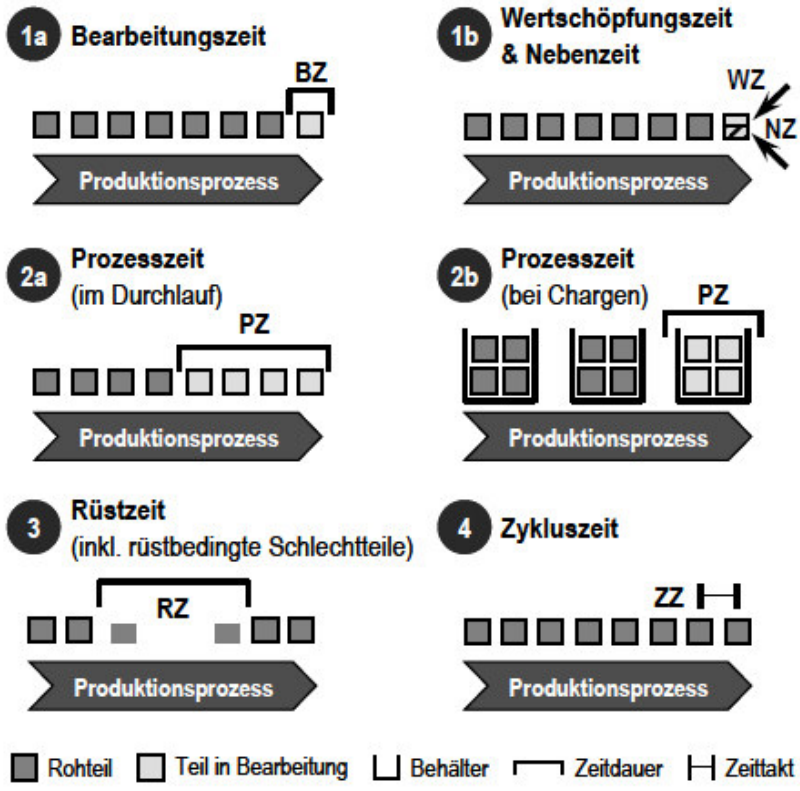

Abbildung 9: Unterschiedliche Zeitparameter[38]

Wenn ein Monteur also zehn Minuten für die Montage eines Produktes benötigt, dann wird auch alle zehn Minuten ein Produkt fertiggestellt. Verdoppelt man die Zahl der Ressourcen, dann halbiert sich die Zykluszeit. Im Beispiel liefern also zwei Monteure alle fünf Minuten ein Fertigprodukt ab. Bei zwei Durchlauföfen mit je 200 Teilen und

[38] Erlach (2010), S.62

einer Prozesszeit von 100 Minuten beträgt demnach die Zykluszeit eine Minute. Beim Spritzgießen mit einem Zwei-Kavitäten-Werkzeug, bei einer Bearbeitungszeit von 20 Sekunden, ergibt sich eine Zykluszeit von 10 Sekunden.

Formel 2: Berechnung der Zykluszeit

$$ZZ = \frac{BZ \times \#T}{\#Res} \quad \text{oder:} \quad ZZ = \frac{PZ \times \#T}{PM \times \#Res}$$

mit: ZZ…… Zykluszeit [Zeiteinheit]
BZ ..... Bearbeitungszeit [Zeiteinheit]
PZ ..... Prozessszeit [Zeiteinheit]
PM..... Prozessmenge bei Chargen oder Durchlaug [Sück]
T..... Anzahl Gleichteile pro Endprodukt [Stück]
Res..... Anzahl gleicher Ressourcen [Stück]

In Abbildung 10 ist schematisch das Beispiel eines einfachen Wertstroms dargestellt.

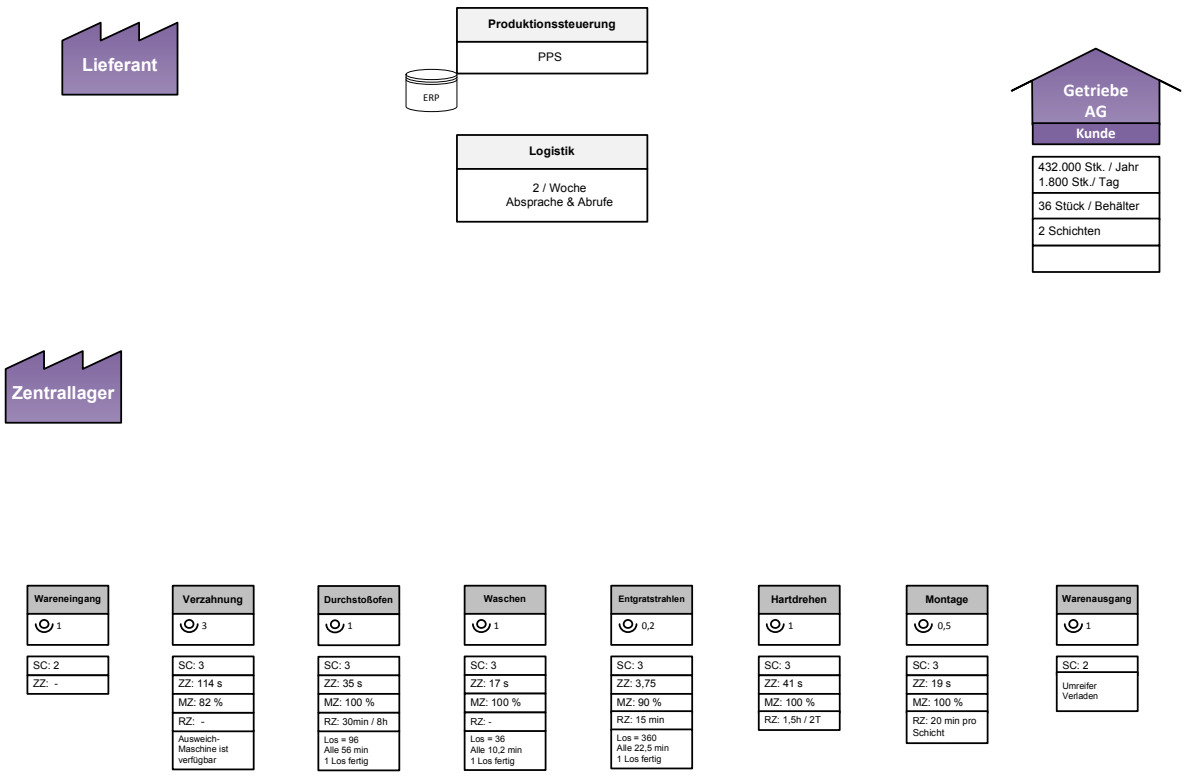

Abbildung 10; Beispielhafter Wertstrom

Verfügbarkeit (V):

Natürlich müssen auch die geplanten und ungeplanten Stillstände der Betriebsmittel im Kapazitätsangebot berücksichtigt werden. Dies erfolgt in der Wertstromanalyse durch die Angabe der technischen Verfügbarkeit, welche angibt wie viel Prozent der tatsächlichen Arbeitszeit für die Bearbeitung von Teilen zur Verfügung steht. Das heißt,

geplante Stillstände für Wartung oder Instandhaltung sowie ein Anteil für ungeplante Störungen werden von der Arbeitszeit abgezogen um auf die geplante Produktionszeit zu kommen.

Prozessspezifischer Kundentakt

Es ist zu berücksichtigen, dass einige Produktionsprozesse über ein prozessspezifisches Arbeitszeitmodell verfügen, sodass sich der Kundentakt dieser Prozesse von dem allgemein gültigen Kundentakt des Wertstroms unterscheidet. (z.B. lediglich 2 anstelle von üblicherweise 3 Schichten in der Endmontage). Der Kundentakt ändert sich dann proportional zu dem Verhältnis von Soll- zu Ist-Arbeitszeit.

Eine Anpassung des Kundentaktes kann weiters notwendig sein, wenn ein verzweigter Wertstrom vorliegt, bei dem bestimmte Prozessschritte nur bei einigen Varianten notwendig sind bzw. unter bestimmten Umständen entfallen.

2.2.6 Materialflüsse[39]

Nachdem die einzelnen Produktionsprozesse entsprechend erfasst wurden, werden diese mittels zugehörigen Materialflüssen logistisch verkettet. In der Wertstrommethode spricht man von einem Materialfluss, sofern der logistische Aufwand im Verhältnis zu den Produktionsprozessen vernachlässigt werden kann, andernfalls werden die Aufwände als separate logistische Prozesse im Wertstrom berücksichtigt.

Grundlegend umfasst der Materialfluss alle Transport und Förderprozesse, Handhabungsprozesse sowie Lagervorgänge. Wobei nicht jedes Bauteil, wie in einem Prozessdiagramm üblich, eingezeichnet wird sondern lediglich der Fluss für die wesentlichen Materialien visualisiert wird.[40] Die Form der Visualisierung hängt dabei davon ab, wie der Materialfluss organisiert ist und welcher Zusammenhang zwischen den einzelnen Produktionsprozessen herrscht.[41]

Transport und Fördern

Das Transportieren zwischen zwei Produktionsprozessen wird in der Regel mit verschiedenartigen Pfeilen, je nach Transportationsart dargestellt (siehe auch Anhang Abbildung 77), wobei die Art der Transportation durch Hinzufügen des Transportmittels spezifiziert werden kann. Grundsätzlich wird zwischen internem und externem Transport unterschieden. Soweit sinnvoll, können die Transportsymbole auch um die Informationen zu den verwendeten Ladeeinheiten ergänzt werden.

[39] Vgl. Erlach (2010), S.80 ff.
[40] Vgl. Rother (2004), S.22
[41] Vgl. Klevers (2007), S.51

Sofern sich ein Materialfluss zu mehreren alternativen Wegen verzweigt, ist es zielführend ein entsprechendes Verzweigungssymbol zu verwenden, welches darstellt zu welchem Prozentsatz die einzelnen Teilströme fließen.

Handhaben

Zum Handhaben zählen vor allem das Versenden und Anliefern. Hier sollen vor allem die Lieferanforderungen, welche sich einerseits aus dem Versand zum Kunden und auf Seite des Wareneingangs aufgrund der Bedürfnisse der Produktion ergeben, im Vordergrund stehen. Im Regelfall ist hier Lieferzeit, Liefertreue, tolerierte Fehlerquote, Wiederbeschaffungszeit bei Lieferanten, geforderte Versandart, geforderte Verpackungsart sowie übliche Lieferfrequenz anzugeben.

Lagern

Bestände werden grundsätzlich als dreieckiges Symbol dargestellt (siehe auch Anhang Abbildung 77), wobei man generell zwischen kurzfristigen Puffern und langfristigen Zwischenlagern unterscheidet. Zu jedem Lagerplatz sollte soweit sinnvoll die entsprechende Lagerkapazität, aktuelle Bestandsmenge sowie die daraus ermittelte Reichweite des Lagers angegeben werden.

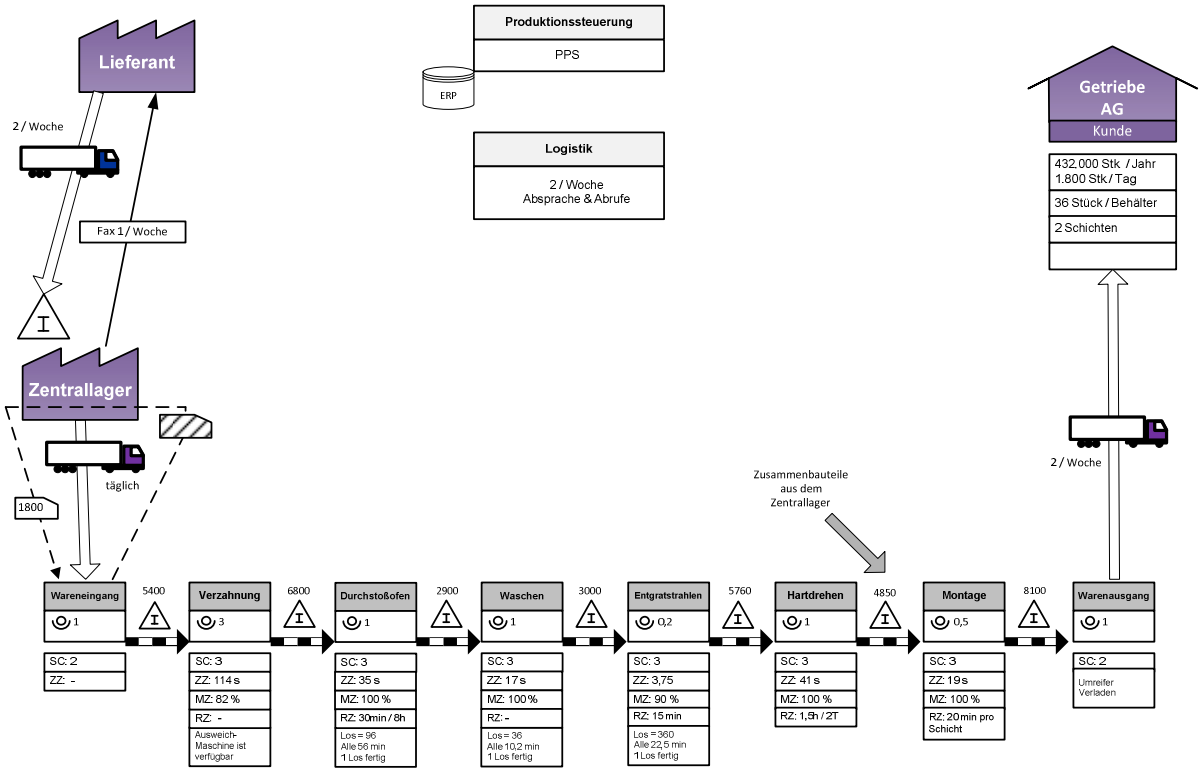

Abbildung 11: Beispielhafter Wertstrom mit eingezeichneten Materialflüssen

In Abbildung 11 ist schematisch das Beispiel eines einfachen Wertstroms mit hinzugefügten Materialflüssen zu sehen

Besonders bei der Ermittlung der Bestände stellt man sich die Frage, welche Werte in der Wertstromaufnahme verwendet werden sollen, da die Bestände ständigen Schwankungen unterliegen und sich im laufenden Betrieb ändern. Grundlegend handelt es sich bei der Wertstromaufnahme um eine Momentaufnahme. Die so ermittelten Werte sind jedoch zu hinterfragen, da beispielsweise das Ausfallen einer Maschine einen unverhältnismäßigen Bestand mit sich führen würde. In der Praxis wird man also die Mitarbeiter befragen bzw. mehrere Momentaufnahmen bilden und einen Durchschnittswert inklusive Schwankungsbreite angeben.[42]

2.2.7 Geschäftsprozesse und Informationsflüsse[43]

Zusammen mit den Informationsflüssen stellen die Geschäftsprozesse die Auftragsabwicklung der Produktion dar. Während die Geschäftsprozesse Informationen, welche zur Planung und Steuerung der Produktion benötigt werden erzeugen, verarbeiten und speichern, übermittelt der Informationsfluss Daten und Dokumente zwischen Kunden, Lieferanten, Geschäftsprozessen und den Produktionsprozessen.

Geschäftsprozesse

Ziel der Darstellung ist nicht die detaillierte Beschreibung der Auftragsabwicklung, sondern eine übersichtliche Visualisierung des Gesamtablaufes. Die einzelnen Geschäftsprozesse werden in einem Rechteck dargestellt, wobei sowohl die im Prozess beschäftigen Mitarbeiter sowie die grundlegenden Aufgaben des Prozesses angeführt werden. In der Regel werden die Geschäftsprozesse von einem Datenverarbeitungssystem unterstützt, welches symbolisch in einem Zylinder dargestellt werden kann.

Informationsflüsse

Die Verknüpfung der Geschäftsprozesse mit den Lieferanten, Kunden und vor allem den Produktionsprozessen werden durch die Symbole des Informationsflusses als manueller bzw. elektronischer Daten- bzw. Dokumentaustausch dargestellt. (siehe auch Anhang Abbildung 77). Wichtig ist es darzustellen, welche Informationen in welcher Form übermittelt werden, um Schwachstellen in der EDV Struktur des Unternehmens (beispielsweise durch redundante Datenverarbeitungssysteme, oder komplizierte Informationsflüsse) aufzuzeigen.

Werden Termine entsprechend dem tatsächlichen Bestand, welcher beispielsweise von einem Produktionsleiter vor Ort gezählt wird, angepasst, so spricht man von einer sogenannten „Go-See“ Planung welche mit dem entsprechenden Symbol im Wertstrom dargestellt wird.[44]

[42] Vgl. Klevers (2007), S.53 f.
[43] Vgl. Erlach (2010), S.88 ff.
[44] Vgl. Rother (2004), S.24 f.

Logistische Verknüpfungen

Ein wesentlicher Aspekt der Auftragsabwicklung ist die Planung und Steuerung des Materialflusses durch logistische Verknüpfungen (siehe auch Anhang Abbildung 77).

Ist der Materialfluss lediglich Ergebnis der planmäßigen Produktion, welche die fertig bearbeiteten Teile von einem Prozessschritt zum nächsten „schieben“ indem die fertigen Teile auf Lager gelegt werden, aus dem sich der Folgeprozess bedienen kann, so spricht man von einer Push-Produktion. Um Abweichungen zwischen den einzelnen Produktionsprozessen auszugleichen ist es bei der Push-Produktion zwingend notwendig, dass zwischen jedem Produktionsprozess ein entsprechender Bestand eingeplant wird. Der zugehörige Materialfluss wird durch einen gestreiften Pfeil dargestellt. Die logistische Verknüpfung für eine verbrauchsorientierten Steuerung, bei welcher nach Lagerentnahme ein Produktionsauftrag an den vorgelagerten Prozess erteilt wird, wird durch einen geschlossenen Kreislauf zwischen Lagersystem, PPS und Produktionsprozess dargestellt (zum Unterschied zwischen den verschiedenen Steuerungsprinzipien siehe Kapitel 2.5.4).

2.2.8 Verbesserungspotentiale[45]

Oft werden leicht erkennbare Schwächen des Produktionsablaufes bereits durch das „Management by walking around“ während der Wertstromaufnahme angestoßen und Verbesserungsprojekte durchgeführt, ohne dass eine konzeptionelle Änderung notwendig ist.

Formel 3: Berechnung der Durchlaufzeit

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

mit:
- DLZ……. Produktions- Durchlaufzeit [Tage]
- RW ..... Reichweite der Lagerbestände [Tage]
- WIP ..... Umlaufbestand [Stück]
- BM..... Bedarfsmenge [Stück]
- TB ..... Tagesbedarf [Stück/Tag]
- ↑ ..... Gutausbeute[Prozent]
- # T..... Anzahl Gleichteile pro Endprodukt [Stück]

Mittels Wertstromanalyse lässt sich allerdings auch eine Aussage darüber treffen, wie dynamisch eine Produktion ist und wo es zu Stauungen im Produktionsfluss kommt. Die Wertstrommethode betrachtet die Produktion als Fluss, bei dem das eingelagerte Rohmaterial den Materialfluss bis zur Versandbereitstellung entlang fließt, wobei ein eingelagertes Teil erst ausgelagert wird wenn alle gleichwertigen eingelagerten Teile

[45] Vgl. Erlach (2010), S.101 ff.

bereits ausgelagert wurden. Die Durchlaufzeit eines Produktes berechnet sich also als Summe aller Lagerreichweiten im langsamsten Zweig des betrachteten Wertstromes. Um die jeweiligen Bearbeitungs- bzw. Prozesszeiten entsprechend zu berücksichtigen, werden den jeweiligen Lagerbeständen einfach die Umlaufbestände (inkl. dem aktuell bearbeiteten Teil) der Folgeprozesse zugerrechnet.

Wie in Abbildung 12 ersichtlich werden die Einzelzeiten der Prozesse sowie die entsprechenden Reichweiten von Lager und Puffern in der sogenannten Zeitlinie des Wertstroms eingetragen. Am rechten Ende der Zeitlinie wird eine Summe aus Produktions-Durchlaufzeit sowie Bearbeitungs- und Prozesszeiten dargestellt.

Abbildung 12: Ausschnitt einer Wertstrom-Zeitlinie[46]

Anhand der Darstellung im Zeitstrahl lassen sich weiters einfach **Stauungen im Produktionsfluss** erkennen. Unverhältnismäßig hohe Reichweiten führen zu Stauungen im Produktionsfluss. Solch hohe Bestände in der Produktion bieten oft Verbesserungspotential und sind nicht selten auf eine schlechte Abstimmung des zugrunde liegenden ERP Systems mit der tatsächlichen Produktion zurückzuführen. Aus dieser Darstellung lässt sich meist ein auffallender Unterschied zwischen Durchlaufzeit und Bearbeitungszeit erkennen. Als Maß für die Dynamik des Produktionsflusses errechnet man den **Flussgrad** der Produktion, welcher sich als Quotient aus Bearbeitungs- bzw. Prozesszeit und Durchlaufzeit bildet.

Formel 4: Berechnung des Flussgrades

$$FG = \frac{\sum_{Prozess}(BZ + PZ)}{\sum_{Lager} RW \times AZ} \times 100$$

mit: FG…….. Flussgrad [Prozent]
BZ ..... Bearbeitungszeit [Zeiteinheit]
PZ ..... Prozessszeit [Zeiteinheit]
RW ..... Reichweite der Lagerbestände [Tage]
AZ ..... Arbeitszeit pro Tagzeit [Zeiteinheit / Tag]

Die ermittelten Bearbeitungs- bzw. Prozesszeiten geben Aufschluss darüber, wie schnell eine Produktion theoretisch werden kann. Die Durchlaufzeit stellt die Differenz

[46] Erlach (2010), S.104

zu diesem Theoretischen Wert dar. Je größer diese Differenz, desto mehr Verstopfungen durch Bestände sind in der Produktion vorhanden.

Es muss erwähnt werden, dass ein optimaler Zahlenwert des Flussgrades einer Produktion stark vom Charakter der Produktion (also des Arbeitsinhaltes der Prozesses sowie des Seriengrades der Produktion) abhängt. Während bei einer hochdynamischen Serienproduktion mit einem Arbeitsinhalt von wenigen Minuten der Flussgrad im einstelligen Bereich liegen wird, da Losbildungen sonst kaum möglich sind, sollte beispielsweise bei einer Maschinenmontage mit bis zu 100 Stunden Arbeitsinhalt der Flussgrad bei über 50 Prozent liegen.

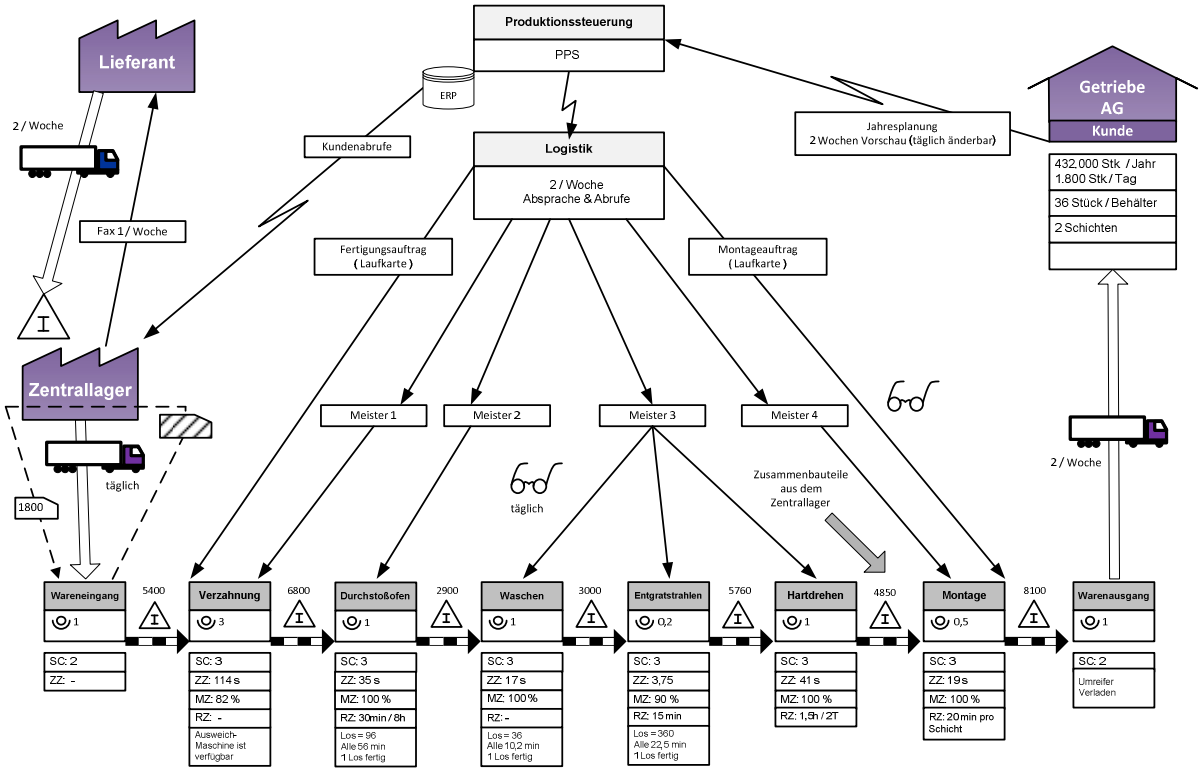

Abbildung 13: Beispiel Wertstrom – Synchron AG

In Abbildung 13 ist schematisch das Beispiel einer einfachen Wertstromanalyse dargestellt.

2.3 Wertstromdesign

Für den Entwurf eines optimierten Soll-Zustand werden die Gestaltungsrichtlinien des Wertstromdesigns angewandt. Zu diesem Zweck werden im Folgenden die unterschiedlichen Gestaltungskriterien anhand aktueller Literatur beschrieben und anschließend die wesentlichen Leitlinien nach Erlach[47] im Detail dargestellt. Außerdem wird

[47] Vgl. Erlach (2013)

ein Überblick über aktuelle Erweiterungen der Wertstrommethode außerhalb der Anwendung in der klassischen Produktion gegeben.

2.3.1 Gestaltung des Soll-Wertstroms

Ziel des Wertstromdesigns ist die Neugestaltung der Abläufe, zu einem effizienten und kundenorientierten Wertstrom.[48]

> „Für die Vereinfachung der Produktions- und Logistikabläufe ist das Know-how von Mitarbeitern aus der Montage, der Logistik und der Produktionsplanung und -steuerung erforderlich“[49]

Um die Gestaltung von Produktion und Logistik am Kundentakt zu orientieren, bietet die Wertstrommethode einige Gestaltungsrichtlinien, welche in einer systematischen Vorgehensweise eine transparente Darstellung des Soll-Zustandes mittels einfachen Symbolen möglich macht:[50]

In folgender Tabelle sind die aktuell in der Literatur relevanten Herangehensweisen zur Gestaltung der Produktionsprozesse gegenübergestellt:

Tabelle 1: Vergleich Gestaltungsrichtlinien für Wertstromdesign[51]

Gestaltungs-richtlinie	Erlach	Klevers	Rother
1	Ausrichtung am Kunden-takt	Rhythmus (1)	Montage nach Taktzeit
2	Prozessintegration	Fluss (2,3)	Entwicklung einer Kontinuierlichen Fließ-fertigung
3	FIFO Kopplung		Produktionssteuerung mit Supermarkt – Pullsystemen wenn Fließfertigung nicht möglich ist.
4	Kanban Regelung	Steuerung (3,4,6)	Durchführung der Prouktionssteuerung an nur einem Punkt im Wertstrom
5	Schrittmacher Prozess	Sequenz (5,6,7)	Ausgleich des Produktmixeas m Schritt-macherprozess
6	Festlegung er Freigabe-einheit	Prozess (7)	Ausgleich des Produktionsvolumens
7	Produktmix Ausgleich	Hilfsmittel (7)	Fähigkeit, in den dem Schrittmacher-pro-zess vorgelagerten Schritten "jedes Teil jeden Tag" produzieren zu können
8	Engpass Steuerung		
9	Trennung von Produktion und Materialfluss		
10	Flussorientiertes Ideallay-out		

[48] Vgl. Reinhart (2009); S.130 ff.
[49] Spath (2006), S.582
[50] Vgl. Erlach (2010), S .116.ff.
[51] Vgl. Keil (2010), S.88

Das Gestalten des Soll-Wertstromes ist insofern schwieriger als das Erfassen des Ist-Zustandes, da nicht nur visualisiert werden muss, was vor dem Auge existiert, sondern weil eine von mehreren möglichen Alternativen gestaltet werden muss.[52]

2.3.2 Leitlinien zur Gestaltung der Produktionsprozesse

Die Gestaltung der Produktionsprozesse wird im Folgenden, analog zu Erlachs[53] zehn Leitlinien beschrieben.

Orientierung am Kundentakt

Grundlegend ist das Kapazitätsangebot der Produktion entlang des gesamten Wertstroms am jeweiligen Kundentakt auszurichten. Der Ressourcenbedarf für jedes Segment muss entsprechend den in der Wertstromanalyse ermittelten Daten errechnet werden, wobei der Prozess der Ressourcendimensionierung im Wertstromdesign als iterativer Prozess zu verstehen ist, da sich die Abweichungen vom Kundentakt aufgrund unterschiedlicher Kostenmultiplikatoren unterschiedlich auf das Gesamtoptimum der Produktion auswirken können.[54]

Um eine Montage nach Takt, vor allem außerhalb der Serienfertigung, müssen einerseits eine schnelle Reaktionszeit beim Auftreten von Problemen, sowie ein weitgehendes Eliminieren von ungeplanten Stillständen gegeben sein, andererseits sind vor allem auftretende Rüstzeiten bei den Montageprozessen zu minimieren.[55]

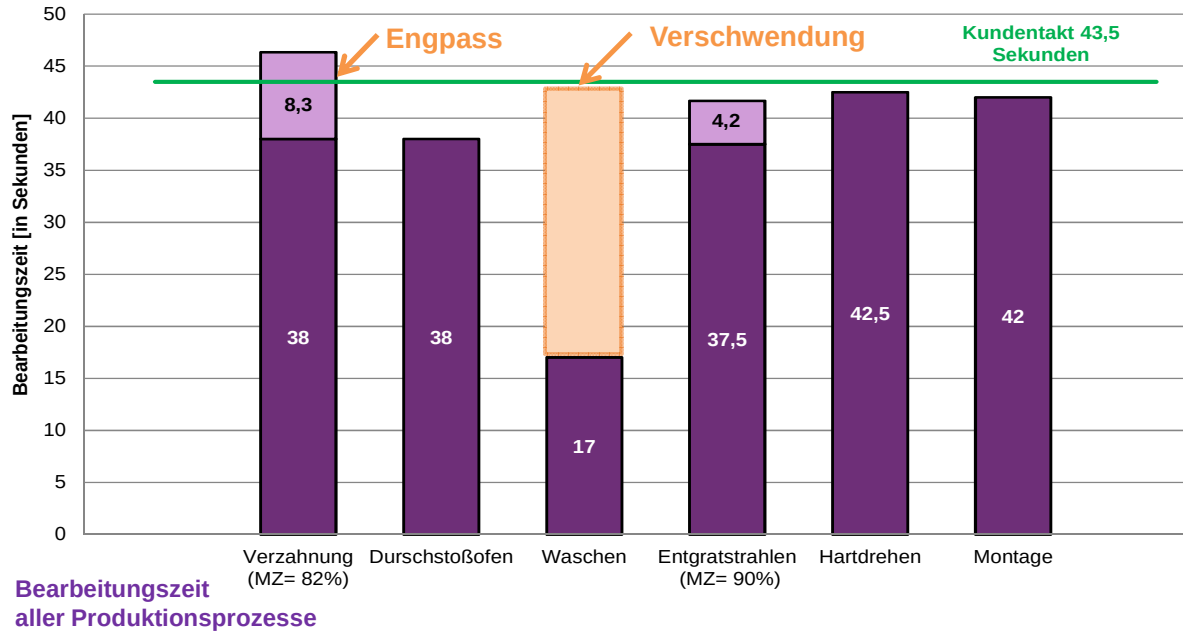

Abbildung 14: Taktabstimmungsdiagramm

[52] Vgl. Rother (2004), S.37
[53] Vgl. Erlach (2013)
[54] Vgl. Erlach (2010), S.143 ff.
[55] Vgl. Rother (2004), S.40

Mittels des Taktabstimmungsdiagramms kann die kapazitive Dimensionierung der Produktionsprozesse am Kundentakt gemessen werden, welcher die Zielvorgaben der Ressourcen darstellt (siehe auch Abbildung 14). Liegt die Kapazitätsauslastung eines Produktionsprozesses weit unter dem treibenden Kundentakt, so spricht man von einer Verschwendung. Desto weiter sich die Kapazität der Kundentaktgrenze nähert, desto unflexibler wird die Produktion um auf kurzfristige Abweichungen bzw. Probleme zu reagieren. Übersteigt die Produktion den Kundentakt sogar, so können die Produktionsprozesse langfristig nicht abgewickelt werden und es wird zu Stauungen im Prozess kommen. Auftretende Überkapazitäten können durch folgende Einflussfaktoren verringert werden: [56]

- Reduktion der Bearbeitungszeiten, z.B. durch Erhöhung der Leistungsfähigkeit der einzelnen Betriebsmittel.
- Erhöhen der Verfügbarkeit, beispielsweise durch Reduktion von Störungen und einführen einer effizienten Wartung.
- Reduktion der auftretenden Rüstzeiten
- Erhöhung der produktiv nutzbaren Zeit der Betriebsmittel
- Ändern des Produktsegments, beispielsweise durch Änderung der Zuteilung einer speziellen Produktfamilie

Prozessintegration

Soweit möglich sollen Produktionsprozesse in einer kontinuierlichen Fließfertigung, oder einem integrierten Produktionsprozess zusammengefasst werden. So kann beispielsweise eine Integration der drei spanabhebenden Fertigungsverfahren Fräsen, Drehen und Bohren in einem Komplettbearbeitungszentrum erfolgen und somit in wenigen Aufspannungen alle Bearbeitungsschritte durchgeführt werden.

Von einer Fließfertigung bzw. Fließmontage spricht man dann, wenn mehrere Bearbeitungs- bzw. Montageschritte zu einem kontinuierlichen Fluss zusammengefasst werden, welcher durch Teilautomatisierung unterstützt werden kann und vorhandene Chargenprozesse mit Durchlaufprozessen ablöst. Durch die Fließproduktion kann eine Variantenfertigung relativ einfach an den Kundentakt angepasst werden. Außerdem sinken im Regelfall die Durchlaufzeiten durch Einführung einer Fließfertigung bzw. Fließmontage und die Wirtschaftlichkeit wird durch den Wegfall von Zwischenpuffern gesteigert. [57]

[56] Vgl. Erlach (2010), S.143 ff.
[57] Ibid., S.148 ff.

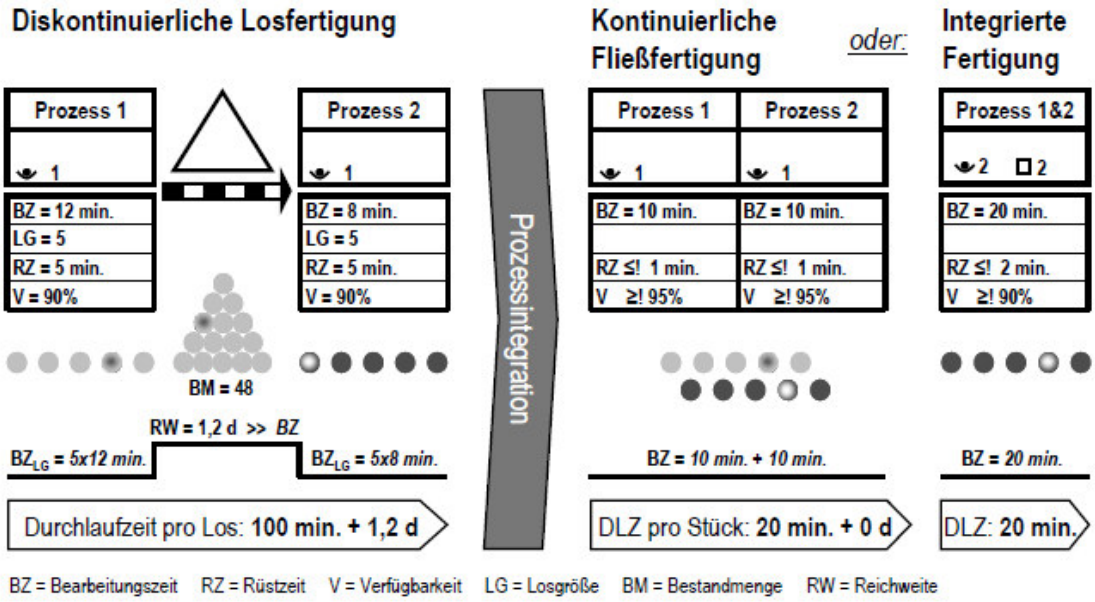

Abbildung 15: Prozessintegration[58]

Um die Produktion an das Ideal einer kontinuierlichen Fließfertigung heranführen zu können geht man wie folgt vor: [59]

1. Beginnend werden die Produktfamilien bestimmt und die entsprechenden Kundentakte berechnet.
2. Danach werden die einzelnen Arbeitsinhalte festgelegt und die jeweiligen, um die Verschwendungsanteile bereinigten, Zeiten erfasst.
3. Anschließend werden die erforderlichen Betriebsmittel ausgelegt und ein sinnvoller Automatisierungsgrad bestimmt.
4. Als nächstes wird das Layout gestaltet, indem die einzelnen Arbeitsstationen in einer Linie oder U-Form angeordnet werden.
5. Abschließend erfolgt per Taktabstimmung die Verteilung der Arbeit auf die Mitarbeiter und ein angleichen der Kapazitäten.

Verkopplung mittels - FIFO Bahnen

Können aufeinanderfolgende Produktionsprozesse nicht zu einer Fließfertigung integriert werden, sollten sie soweit möglich zu einer Reihenfertigung verknüpft werden. Das Verknüpfen von Produktionsprozessen mit der FIFO Logik bedeutet, dass Aufträge in festgelegter unveränderter Reihenfolge durch die Produktion geschoben werden. Man spricht in diesem Fall von einem „sequential pull“ da anders als bei progno-

[58] Erlach (2010), S.150
[59] Ibid., S.169

seorientieren Push-Systemen die Aufträge nur bei Entnahme am Ende der Kette freigegeben werden und die Produktion innerhalb der einzelnen Produktionsprozesse durch eine Bestandsobergrenze beschränkt ist. [60]

Der wesentliche Vorteil der FIFI Logik sind geringe Bestände auf dem Shop Floor, sowie eine gute Abschätzbarkeit der Durchlaufzeit, da die Bestandsobergrenze eingehalten wird und ein entsprechendes Freigabesignal vorhanden ist. Außerdem erlaubt die Pufferfunktion der FIFO Bahn einen unkomplizierten Transport zwischen Produktionsprozessen sowie eine entsprechende Integration von Lieferanten in die Materialbereitstellung der Produktion. [61]

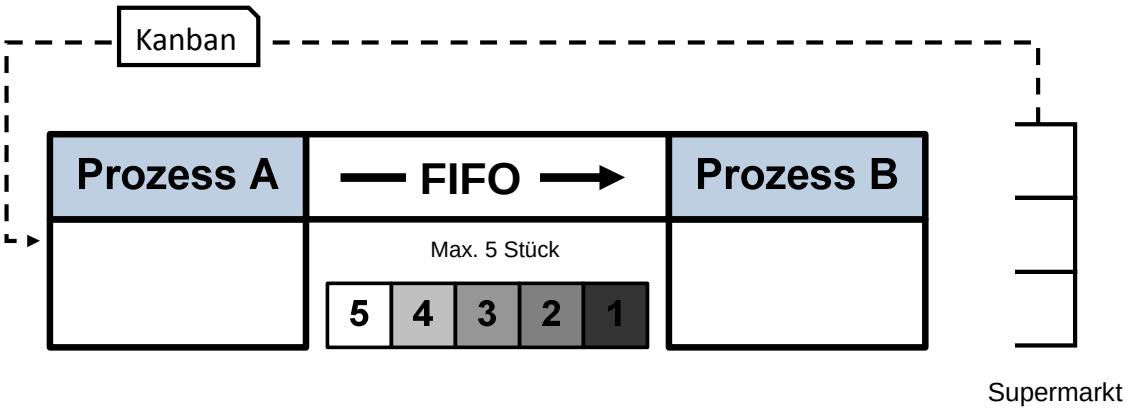

Abbildung 16: Logik der FIFO Verkopplung[62]

Kanban Regelung

Mittels der japanischen Kanban Logik erfolgt eine Regelung der Produktion durch einfache Regelkarten (welche im japanischen als Kanban bezeichnet werden). Das Prinzip entspricht dem eines Supermarktes, bei welchem bei Entnahme eines Artikels durch den Kunden automatisch das Auffüllen des Regals aus dem Lager bzw. eine entsprechende Bestellung beim Lieferanten ausgelöst wird. In der Praxis orientiert man sich meist jedoch nicht an einzelnen Artikeln sondern einer Bestelleinheit welche beispielsweise einem Behälter von 10 Einheiten entsprechen könnte. In Abbildung 17 wird ein Produktions-Kanban beschrieben, welcher zwei Produktionsprozesse mit Hilfe eines Supermarkt Lagers verbindet. [63] Eine Steuerung der Produktion mittels Kanban unterliegt folgenden Regeln:[64]

1. Es wird erst produziert, sobald ein Produktions-Kanban mit der entsprechenden angegebenen Losgröße vorliegt.
2. Die Produktionsreihenfolge entspricht der Entnahme durch den Kundenprozess.
3. Jeder befüllte Behälter muss mit einem Kanban versehen sein.

[60] Erlach (2010), S.176 ff.
[61] Ibid., S.188
[62] Vgl. Rother (2004), S.44
[63] Ibid., S.190 ff.
[64] Vgl. Erlach (2010), S.197

4. Die Plätze an welchen die Kanban Behälter platziert werden sind klar definiert.
5. Für den Transport von Kanban und Material besteht eine fest vorgegebene Route.
6. Die Anzahl im Umlauf befindlicher Kanban ist monatlich zu überprüfen.

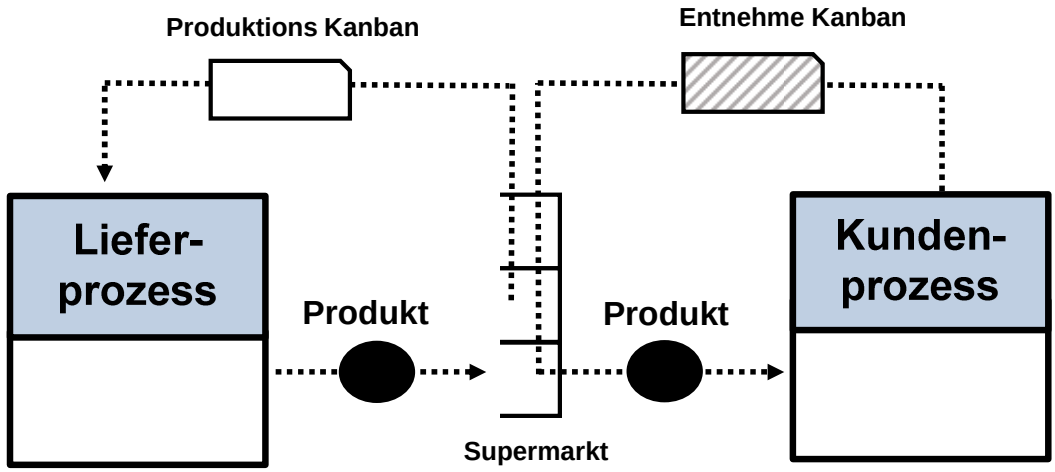

Abbildung 17: Beispiel eines Pull - Supermarkts[65]

Im Vergleich zum Produktions-Kanban welcher die Produktion eines Teils auslöst, wird beim Entnahme Kanban die Materialversorgung zur Beschaffung bzw. Bewegung von Teilen angewiesen.[66]

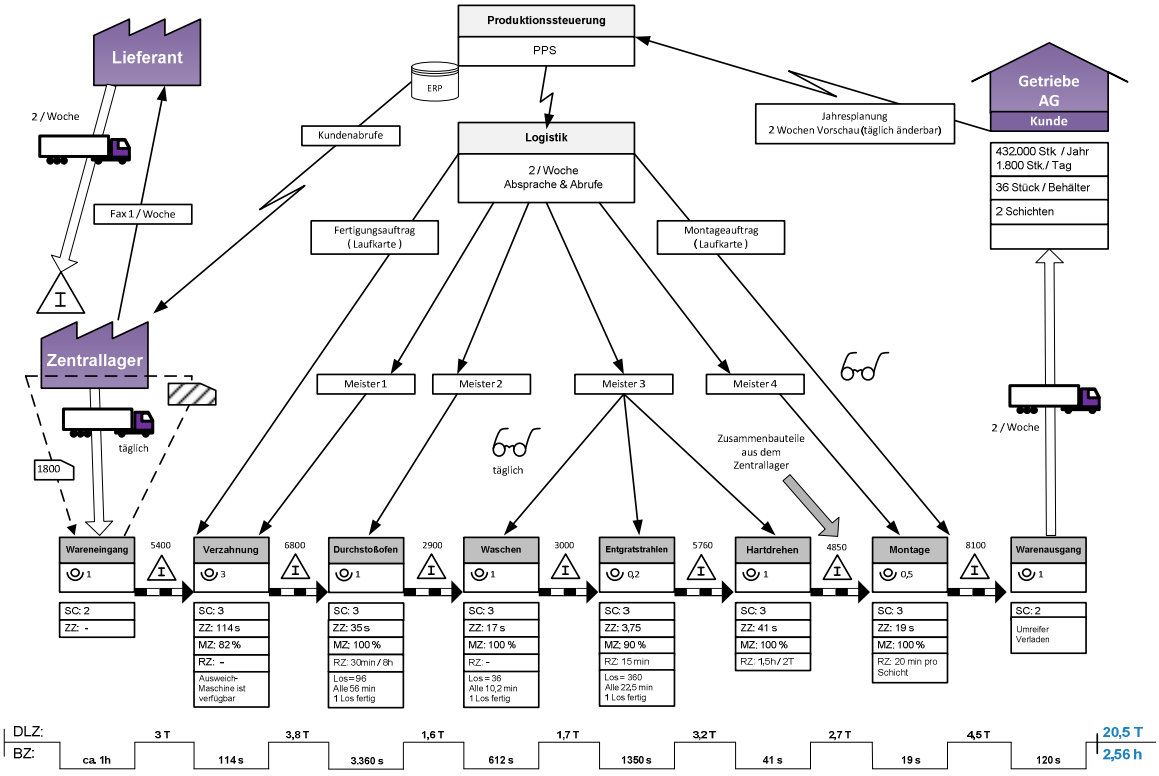

Abbildung 18: Beispiel einer Prozessintegration inkl FIFO Bahnen und Supermarkt

[65] Vgl. Rother (2004), S.43
[66] Rother (2004), S.42ff.

In Abbildung 18 ist schematisch das Beispiel eines einfachen Wertstromdesigns mit erfolgter Prozessintegration sowie FIFO Bahn und Supermarkt dargestellt.

Schrittmacher Prozess

Wesentlich ist, dass jeder Wertstrom genau an einem Punkt der Produktion gesteuert wird und somit als Schrittmacher für alle anderen Prozesse gilt. [67] Am Schrittmacherprozess wird die Produktion vom Kunden entkoppelt, das heißt, dass eine kundenspezifische Produktion nur noch flussabwärts geschehen kann. Die vorgelagerten Prozesse arbeiten somit unabhängig von den Kundenforderungen. Je nach Wertstrom wird dieser Übergang von Pull- zu Fließproduktion mehr oder weniger weit flussaufwärts stattfinden. Die Lage des Schrittmacher Prozesses trägt also wesentlich zu der theoretisch möglichen Lieferzeit bei, und legt weiter fest ob es sich um eine Lagerfertigung oder eine kundenspezifische Fertigung handelt.[68]

Durch eine Orientierung am Schrittmacherprozess wird die gesamte Wertschöpfungskette berechenbar. Hin- und Rückmeldungen von der Fertigungssteuerung zu den jeweiligen Produktionsprozessen können entfallen und die Go-See Steuerung kann komplett vermieden werden.[69]

Glättung des Produktionsvolumens

Um ein gleichmäßiges Produktionsvolumen zu erhalten, muss die Freigabe der Produktionsaufträge in kleinen gleichmäßigen Arbeitsportionen erfolgen. Die Größe der Freigabeeinheit hat direkten Einfluss auf die Flexibilität des Wertstroms und wirkt sich weiter auf die Planung der Produktion aus. Während zu kleine Freigabeeinheiten einen beträchtlichen Mehraufwand für die Produktionsplanung bedeuten, haben zu große Freigabeeinheiten den Nachteil, dass entsprechend hohe Bestände anfallen und die Flexibilität der Produktion wesentlich eingeschränkt wird.[70] Die Freigabeeinheit wird „Pitch“ genannt und die Berechnung erfolgt, soweit möglich, nach der jeweiligen Behältergröße bzw. einem mehrfachen der Behältergröße.[71]

Die Glättung der Kundennachfrage erfolgt entweder über den zeitlichen Puffer der Produktionsprozesse vor dem Schrittmacherprozess, indem eine Warteschlange gebildet wird, aus welcher eine gleichmäßige Freigabe der Produktionsaufträge folgt, oder über Fertigwarenbestände im Lager. Über die Fertigwarenbestände kann die Produktion direkt geglättet werden. Wobei beim Auslegen des Lagers gezielt auf den Umlaufbe-

[67] Vgl. Erlach (2010), S.221 ff.
[68] Ibid., S.229
[69] Vgl. Klevers (2007), S.86 f.
[70] Vgl. Erlach (2010), S.231 f.
[71] Vgl. Rother (2004), S.47

stand, welcher durch die Wiederbeschaffungszeit definiert ist, Pufferbestand zum Ausgleich des Kundenbedarfs sowie einen Sicherbestand zum Absichern von Produktionsstörungen, geachtet werden soll.[72]

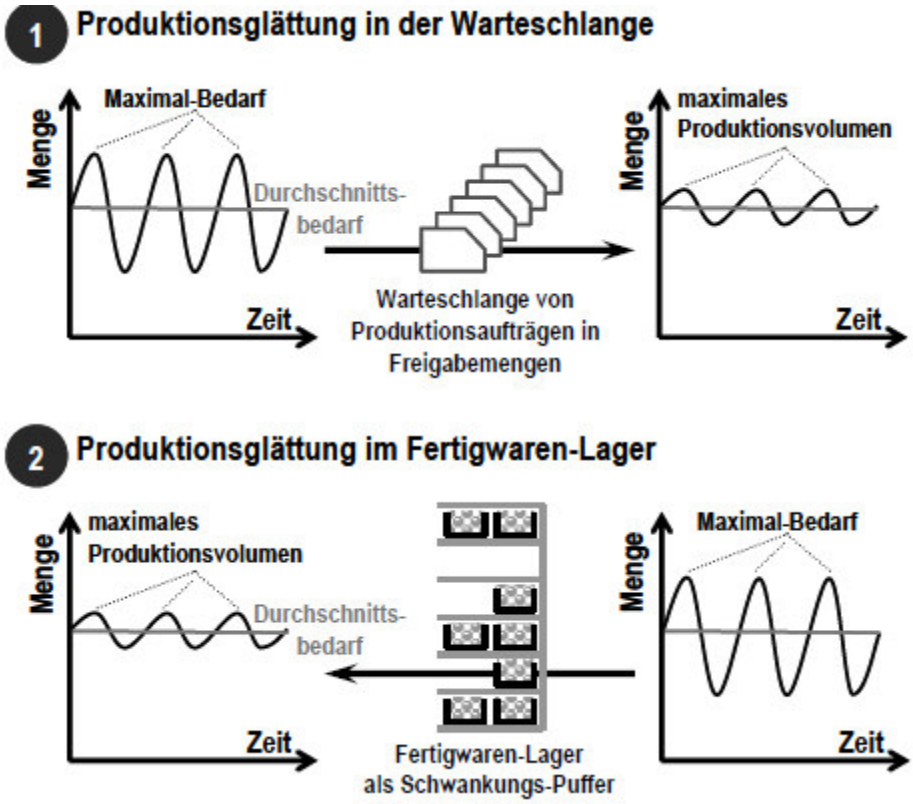

Abbildung 19: Glättung der Kundennachfrage

Flexibilität durch Ausgleich des Produktmix

Sofern es in der Produktion mehr als eine Variante gibt, muss eine entsprechende Auftragsreihenfolge ermittelt werden. Mittels Gestaltung der Freigabeeinheiten hinsichtlich Reihenfolgebildung der Varianten kann also ein Produktionsausgleich erfolgen. Durch einen Produktionsausgleich kann einerseits die Produktion an den Kundentakt angepasst werden und andererseits eine gleichmäßige Belastung der Produktionsprozesse erreicht werden. Dies steht jedoch oft im Zielkonflikt mit dem Erzielen von minimalen Rüstzeiten, sodass eine Reduktion bzw. Elimination der Rüstzeiten Voraussetzung für eine gute Durchmischung des Produktmix darstellt.[73]

Die Produktion von größeren Losen bedeutet einerseits dass die Fertigwarenbestände entsprechend ansteigen und andererseits, dass sich die Bestände der zu verbauenden Teile erhöhen, was sich flussaufwärts immer bedeutender auswirkt und dadurch den gesamten Wertstrom aufbläht.[74]

[72] Vgl. Erlach (2010), S.235 ff.
[73] Ibid., S.238 f.
[74] Vgl. Rother (2004), S.46

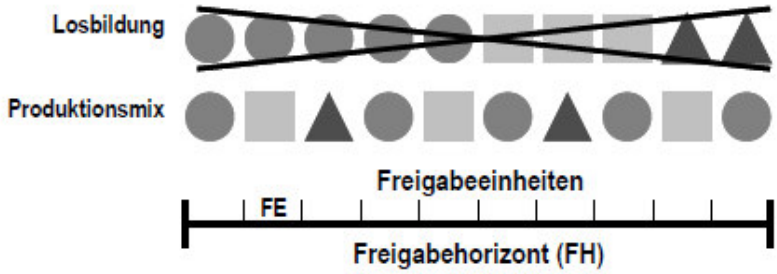

Abbildung 20: Ausgleich des Produktionsmix[75]

Eine Freigabeeinheit entspricht also der mindestens jener Losgröße einer bestimmten Variante, welche zur Einhaltung des Kundenbedarfes produziert werden muss. Innerhalb des Freigabehorizontes, zwischen welchen sich die Reihenfolge nicht mehr ändert (z.B. einer Schicht), werden die Freigabeeinheiten so angeordnet dass eine bestmögliche Auslastung der Produktion gegeben ist. (siehe Abbildung 20). Der Ausgleich des Produktionsmix wird unter Zuhilfenahme des OXOX Symbols dargestellt und um den jeweiligen Freigabehorizont (FH) erweitert.[76]

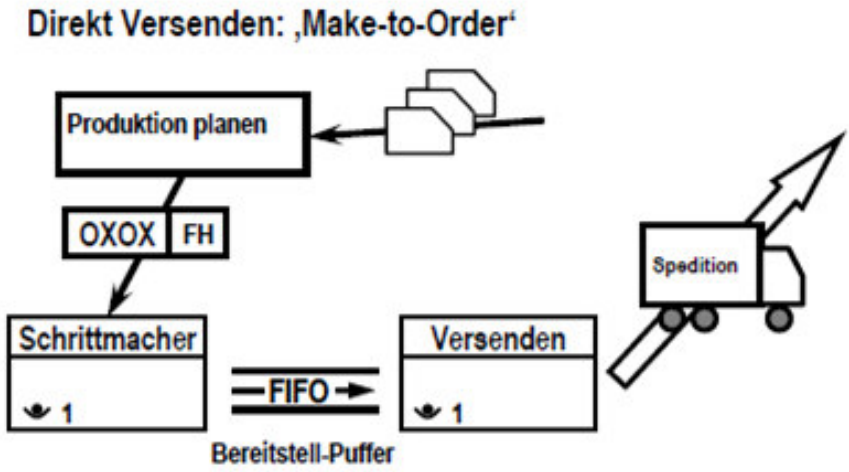

Abbildung 21: Produktionsausgleich beim Versenden[77]

Verbesserung von Engpässen

Im Regelfall unterscheiden sich die einzelnen Produktionsprozesse innerhalb eines Wertstromes stark hinsichtlich des Kapazitätsangebotes. Der Prozess mit dem geringsten Kapazitätsvolumen stellt hierbei einen Engpass dar, da es an dieser Stelle zu Stauungen im Produktionsablauf kommen kann. Demnach muss die Frequenz der Auftragsfreigabe an diesen Engpassprozess ausgerichtet werden. Das bedeutet, erst wenn ein Freigabesignal vom Engpassprozess vorliegt, darf der nächste geeignete Auftrag freigegeben werden.[78]

[75] Erlach (2010), S.238
[76] Vgl. Erlach (2010), S.239 ff.
[77] Erlach (2010), S.240
[78] Vgl. Erlach (2010), S.249 f.

Im optimalen Fall entspricht Engpassprozess dem Schrittmacherprozess, sodass es zu keinen Stauungen im Materialfluss kommt. Ein Auftreten des Engpassprozesses flussaufwärts vor dem Schrittmacher ist tunlichst zu vermeiden da es in diesem Fall auf jeden Fall zu regelmäßigem abreißen des Materialflusses kommt. Tritt der Engpass flussabwärts auf wird eine Engpass-Steuerung notwendig, sodass eine kapazitive Einschränkung der Auftragsfreigabe gegeben ist. Dabei ist eine möglichst hohe Auslastung des Engpassprozesses zu gewährleisten, auch wenn es dabei zu Widersprüchen mit den anderen Gestaltungsrichtlinien kommen kann. Ein weiterer Fall ist die Reihenfolgebildung durch Restriktionen der flussabwärts liegenden Prozesse. In diesem Fall muss die Auftragsreihenfolge am Schrittmacher entsprechend dieser technischen Restriktionen angepasst werden.[79]

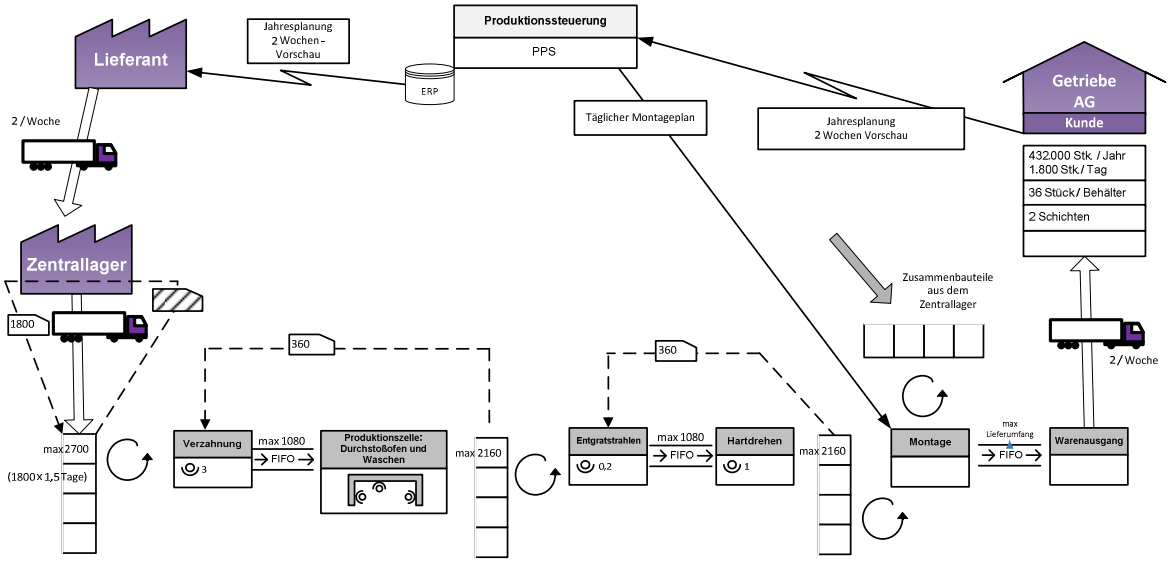

Abbildung 22: Beispiel einer Auftragsfreigabe am Schrittmacherprozess inkl. Pitcheinstellung

In Abbildung 22 ist schematisch das Beispiel eines einfachen Wertstromdesigns mit Auftragsfreigabe am Schrittmacherprozess sowie entsprechender Pitcheinstellung dargestellt

Trennung und Abstimmung von Arbeitsinhalten

Oft führt das Vermischen von bearbeitenden und logistischen Tätigkeiten zu Verschwendungen, welche auf den ersten Blick nicht auffallen, da sie als notwendig erachtet werden. Erst eine räumliche und personelle Trennung der wertschöpfenden und unterstützenden Tätigkeiten erlaubt eine voneinander unabhängige Gestaltung und

[79] Vgl. Erlach (2010), S.250 ff.

Optimierung. Somit entfällt beispielsweise ein „gedanklicher Rüstprozess“ der ausführenden Kräfte. Es muss kein Kompromiss zwischen ergonomischer Ausrichtung von Bearbeitungsprozess und logistischem Prozess mehr getroffen werden. [80]

Flussorientiertes Layout

Entsprechend der Gestaltungsrichtlinien des Wertstromdesigns sind die notwendigen Betriebsmittel in der Fabrik möglichst eng unter Berücksichtigung des Ablaufs im Wertstrom anzuordnen.[81]

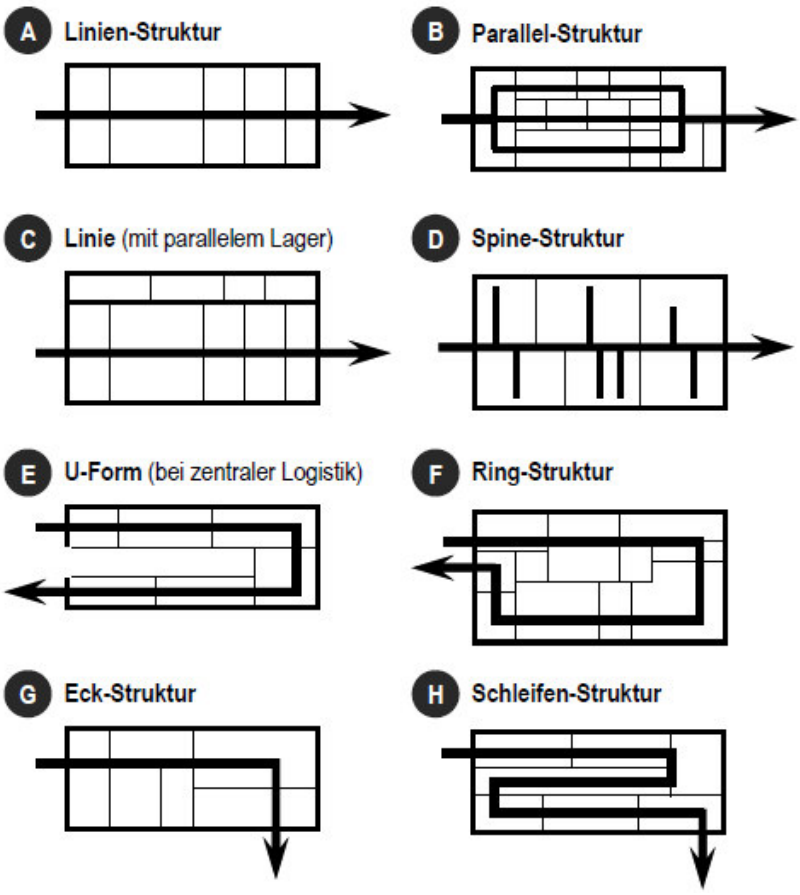

Abbildung 23: Mögliche Gestaltungsstrukturen des Materialflusses[82]

2.3.3 Erweiterungen der Wertstrommethode

Neben der einfachen Wertstrommethode findet man heute diverse Weiterentwicklungen bzw. Abwandlungen der Methode, welche außerhalb der klassischen Produktion und Montage zum Einsatz kommen.[83]

[80] Vgl. Erlach (2010), S.290 ff.
[81] Ibid., S.294 ff.
[82] Erlach (2010), S.294
[83] Vgl. Chiarini (2013), S.33

Die **kombinierte Anwendung von MTM und Wertstromdesign** ermöglicht eine genaue Bestimmung der Sollzeiten und somit eine möglichst aussagekräftige Darstellung des Wertstromes. Damit führt die gemeinsame Anwendung von MTM und Wertstromdesign zu einem Anstieg der Produktivität, einer Standardisierung der Prozesse sowie der Minimierung von Bearbeitungszeit und Beständen.[84]

In den **planenden Bereichen** müssen Prozesse ebenso schlank gestaltet werden wie in der Produktion, da es auch hier zu Verschwendungen kommt. Allerdings herrschen bei Auftragsabwicklung, Konstruktion, Marketing oder Entwicklung andere Verhältnisse als in der Produktion. In den planenden Bereichen sind die Abläufe und Bestände, welche weitgehend elektronisch abgehandelt werden, schwieriger zu begreifen und können anders als in der Produktion, nicht durch hinsehen erfasst werden. Sondern es ist vielmehr notwendig durch Fragen zu erfahren, welche Abläufe für die Aufzeichnung des Wertstroms relevant sind. Bei der Wertstromanalyse in den indirekten Bereichen zieht man mehrere Ebenen ein, sodass die Heterogenität der verschiedenen Systeme aufgezeigt werden kann und dargestellt werden kann welcher Prozess auf welches System zugreift.[85]

Logistische Prozesse werden oft nur als Verbindung der einzelnen Produktionsprozesse im Wertstrom erfasst. Mittels Wertstromdesign können allerdings auch gezielt, Verschwendungen innerhalb der logistischen Vorgänge reduziert werden. Dabei verwendet man weitgehend dieselbe Systematik wie beim klassischen Wertstromdesign, man unterscheidet aber beispielsweise bei Beständen im Lager, ob es sich um Bestandteile des Prozessablaufs, Bestände auf welche ein weiteres Bearbeiten wartet oder Bestände zwischen logistischen Tätigkeiten handelt.[86]

Die **Energiewertstrom** Methode wendet sich der Verschwendung von Energiekosten in der Produktion zu. Die Methode umfasst eine transparente Darstellung aller Energieverbräuche und stellt mit dem Ziel, die Energieeffizienz der Prozesse zu steigern, neue Anforderungen an die Gestaltung der Produktionsprozesse. Neben Kosteneinsparungen können somit auch Verminderungen der Umweltbelastung erzielt und ein Umdenken in der Firmenkultur bewerkstelligt werden.[87]

Eine weitere Möglichkeit ist es den Wertstrom aus der Sicht der **Instandhaltung** darzustellen. Mit einigen wenigen neuen Symbolen und Einhaltung einer Prozessstandardisierung für die Instandhaltung, kann die Vorgehensweise der Wertstrommethode einfach auf die Instandhaltung übertragen werden.[88]

[84] Vgl. Kuhlang (2011), S.24 ff.
[85] Vgl. Klevers (2007), S.139 f.
[86] Ibid., S.141 ff.
[87] Vgl. Erlach (2009), S.17 f.
[88] Vgl. Matyas (2010), S.606 ff.

Wertstromdesign ist durch die einfache Darstellung von übergreifenden Prozessen weiters in der Lage die gesamte **Supply Chain** abzubilden und Verbesserungspotentiale beispielsweise durch Einsatz von Lean Methoden oder RFID Technologie entlang der gesamten Supply Chain aufzuzeigen.[89]

Eine Anpassung der Wertstrommethode auf die spezifischen Probleme der **Montageplanung** (außerhalb der Automobilfertigung) ist aktuell Gegenstand der Forschung. Wobei aktuell ein großes Interesse, in der Schaffung neuer Planungssystematiken für komplexe Montagen, liegt.[90]

2.4 Manuelle Montage in der industriellen Produktion

Bevor die bisher beschriebene Vorgehensweise der Wertstrommethode für die Gegebenheiten der manuellen Großgerätemontage adaptiert werden kann, wird im Folgenden neben der Abgrenzung und Darstellung der Trends und Entwicklungen in der Montage, vor allem auf die Planung und Bewertung der Montagesysteme eingegangen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass für die Gestaltung und Bewertung des Soll-Zustands mittels Wertstromdesign entsprechende Zeitdaten zur Verfügung stehen müssen. Anders als bei der Serienproduktion von wenigen Varianten, ist ein genaues Arbeiten nach Taktzeiten allerdings nur bedingt möglich und in vielen Fällen können keine eindeutigen Vorgabezeiten bestimmt werden. Aus diesem Grund wird zusätzlich auf eine entsprechende Zeitwirtschaft in der Montage eingegangen. Außerdem spielt bei der manuellen Montage die ergonomische Auslegung der Montage eine relevante Rolle, da in der manuellen Montage von Großgeräten eine Vielzahl von körperlich anstrengenden Tätigkeiten in unterschiedlichen Positionen anfällt und damit ein entsprechendes Potential bei der Optimierung und Erstellung des Soll-Zustandes gegeben ist. Für die Planung des Montagesystems muss weiters ein entsprechendes Störungsmanagement berücksichtigt werden, denn aufgrund der besonderen Stellung der Montage in der Wertschöpfungskette wirken sich Störungen besonders stark auf den Erfolg der Unternehmen aus.

2.4.1 Abgrenzung der Montage in der industriellen Produktion

In der industriellen Produktion wird die Montage als separater Produktionsabschnitt betrachtet, wobei aus einer Vielzahl von Einzelteilen ein Produkt höherer Komplexität mit vorgegebenen Funktionen zusammengebaut wird. Montageprozesse unterscheiden sich von den einfachen Produktionsprozessen vor allem durch die hohe technologische Flexibilität und dadurch, dass einzelne Montageschritte regelmäßig zu Gunsten von Montagealternativen ausgetauscht werden. Anders als bei der automatisierten Montage, wo durch die Weiterentwicklung der Fördertechnik und Verwendung von

[89] Vgl. Chen (2013), S. 3391 ff.
[90] Vgl. Neumann (2013), S.418

Montageautomaten enorme Rationalisierungspotentiale geschaffen wurden, hat sich im Bereich der manuellen Montage im Prinzip seit der Einführung der Arbeitsteilung und darauffolgend der Fließmontage, getrieben durch das rasante Wachstum der Automobilindustrie Anfang des 20. Jahrhunderts, nichts geändert.[91] Lotter stellt die Funktionen der Montage wie folgt dar:

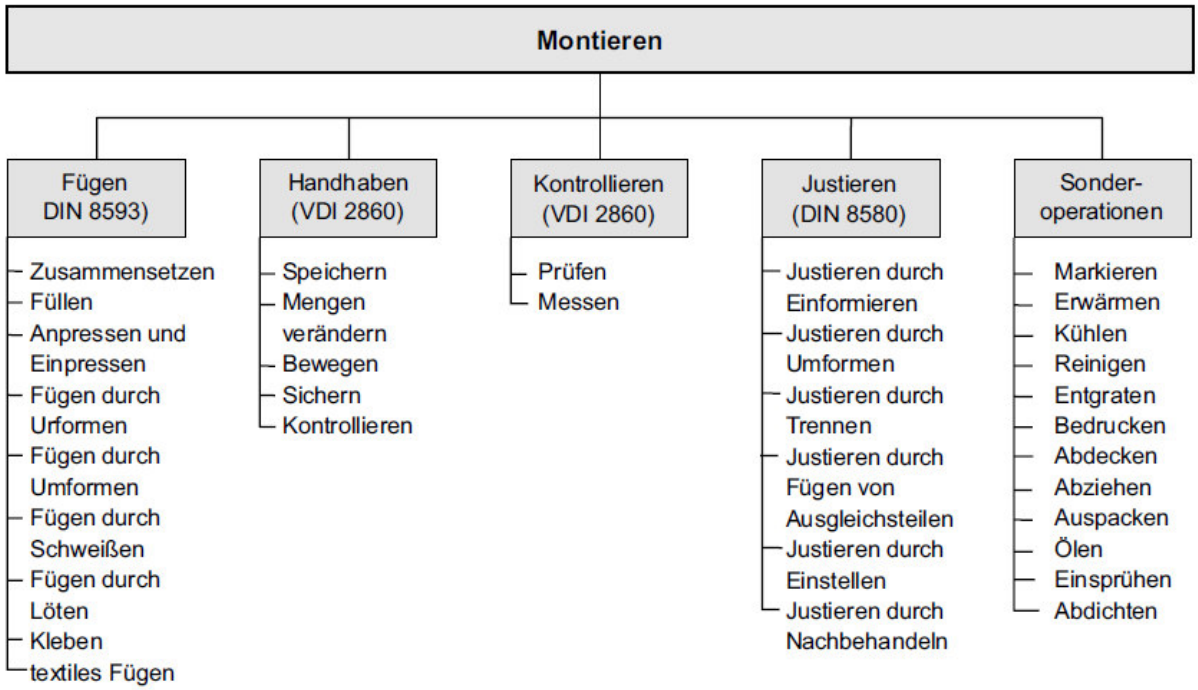

Abbildung 24: Funktionen der Montage[92]

Veränderungen der Wettbewerbssituation, wie verkürzte Produktlebenszyklen, erhöhte Qualitätsanforderungen, Reduzierung der Montagekosten (Aufgrund Reduktion der Herstellkosten), Forderung von Just in Time und Just in Sequence Lieferungen sowie der starke Anstieg von Produktvarianten unter immer geringeren Losgrößen, wirken sich wie folgt auf die Montage aus:[93]

- Vollautomatisierung ist lediglich in Großserienproduktionen mit geringer Variantenvielfalt möglich.
- Mehrheitlich erfolgt die Produktion in kleinen Losgrößen und einer hohen Variantenvielzahl.
- Durchlaufzeiten und Lagerbestände müssen so gering wie möglich gehalten werden.
- Bei Mechanisierung bzw. Automatisierung der Montagesysteme ist darauf zu achten, dass das System auf den Mengenbedarf des Produktes angepasst werden kann.

[91] Vgl. Henlich (2011), S.87 ; Vgl. Lotter (2012), S.1f.
[92] Lotter (2012), S.2
[93] Vgl. Lotter (2012), S.3f.

In folgender Abbildung sind die aktuellen Trends und Entwicklungen sowie deren Auswirkungen auf die Montage dargestellt:

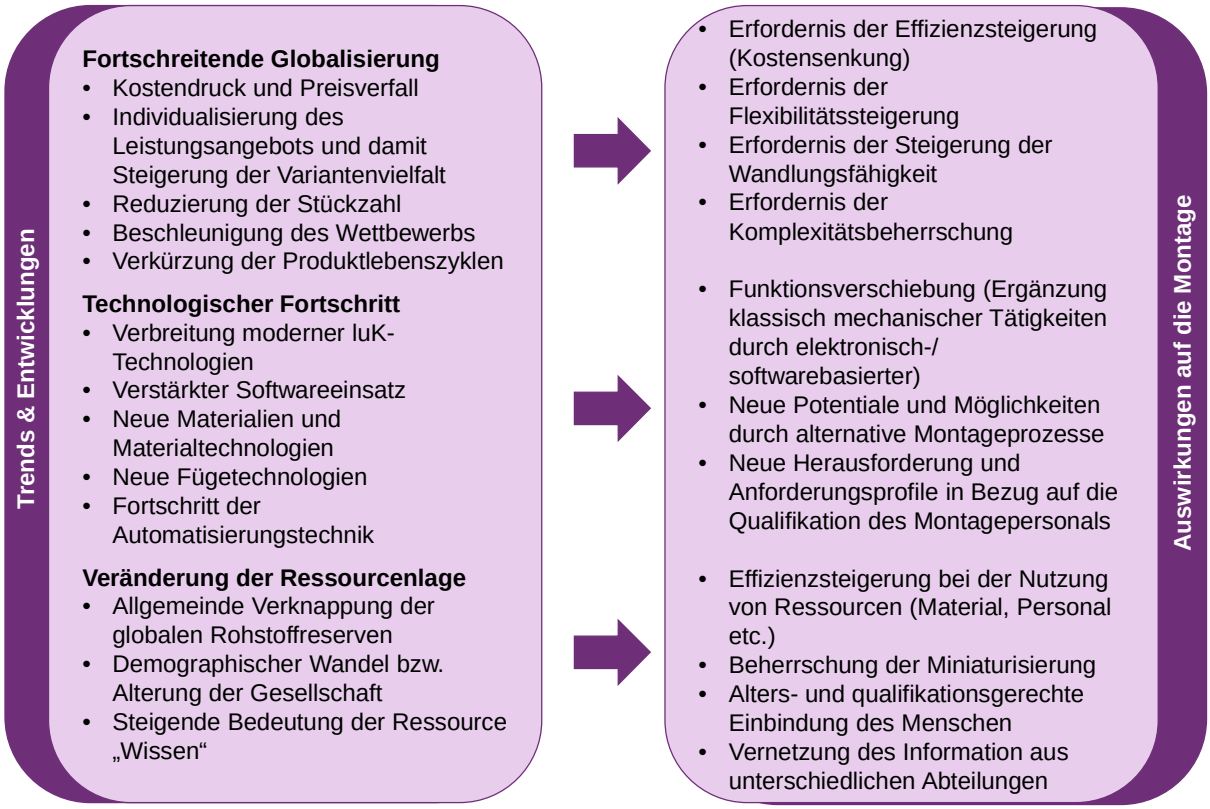

Abbildung 25: Aktuelle Trends und Entwicklungen sowie deren Auswirkungen auf die Montage[94]

Da die Montage in vielen Fällen zu den teuersten Produktionsprozessen gehört, besteht also ein gewisser Druck die Montage so zu gestalten, dass die Montagezeit und Einarbeitungszeit für die manuelle Montage minimiert, die Produktqualität gesichert, eine hohe Wiederholungshäufigkeit der Abläufe trotz hoher Variantenvielfalt geschaffen und der Einsatz von möglichst einfachen und zuverlässigen Hilfsmitteln gewährleistet wird. Dazu muss bereits in der Produktgestaltung angesetzt werden, da hier bereits ein Großteil der Kostenverantwortung anfällt. Außerdem ist im Besonderen für die Maschinenbau-Branche, die Materialbereitstellung in den Vordergrund zu stellen, da die Montagelogistik oft lange Handhabungswege aufweist welche verhältnismäßig einfach zu reduzieren sind. In Abbildung 26 sind wesentliche Gestaltungsaspekte, welche zu Rationalisierungen in der Montage beitragen können. [95]

[94] Vgl. Schuh (2008), S.671
[95] Vgl. Lotter (2012), S.4ff.

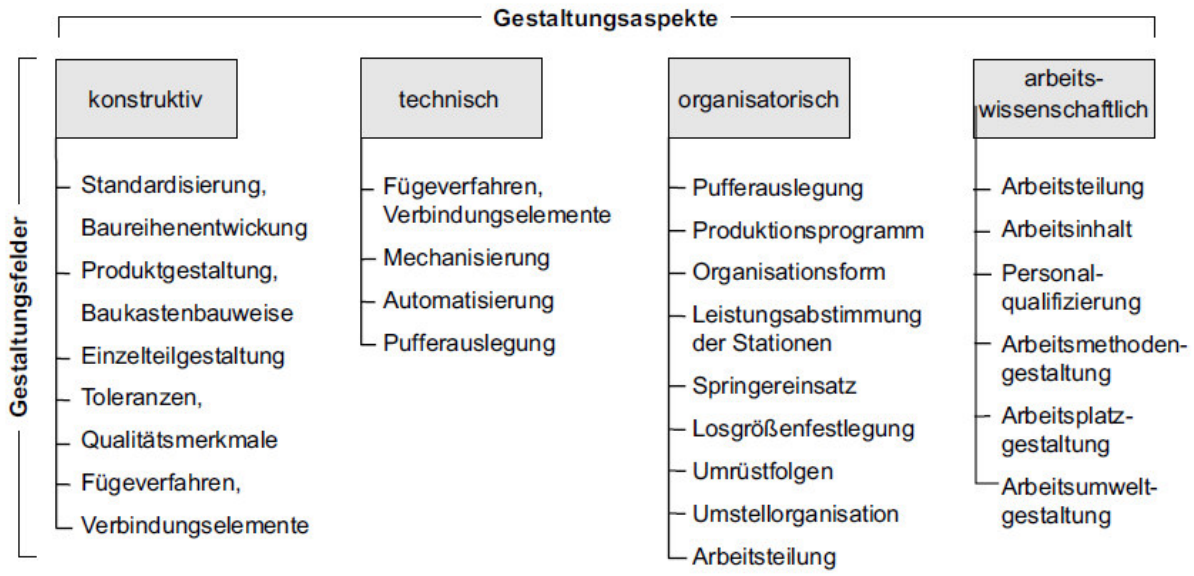

Abbildung 26: Gestaltungsaspekte der Montage[96]

2.4.2 Manuelle Montage von Großgeräten[97]

Nachdem die aktuellen Trends und Entwicklungen der Montage sowie die grundsätzlichen Gestaltungsaspekte zur Rationalisierung beschrieben wurden, werden im nächsten Schritt die unterschiedlichen Montageprinzipien beschrieben, welche bei der manuellen Montage von Großgeräten angewandt werden. Dabei spielen vor allem Produktgewicht, Produktabmessungen sowie die Produktionsrate eine wesentliche Rolle bei der Auswahl (vgl.Tabelle 2).

Tabelle 2: Montageprinzipien für Großgeräte[98]

Produktbeispiel	Produkt- und Produktionsparameter			Montageprinzip	Bewegungsgröße	
	Gewicht [Kg]	Grundfläche [cm x cm]	Leistung [Stück/Jahr]		Produkt	Personal
Werkzeugmaschinen	> 1.000	200 x 300	60	Baustellenmontage/ Gruppenmontage	stationär stationär	stationär stationär
Großbaugruppen	100 - 300	50 x 60	180	Baugruppenmontage/ Gruppenmontage	stationär stationär	stationär stationär
Ackerschlepper	> 1.500	160 x 250	20.000	Fließmontage	bewegt	stationär
LKW - Hinterachsen	> 800	50 x 180	60.000	Fließmontage	bewegt	stationär
Röntgengeräte	300	60 x 220	1.200	Baustellenmontage/ One-Piece-Flow	stationär bewegt	stationär bewegt
PKW - Sitze	20 - 30	52 x 65	40.000	Fließmontage	bewegt	stationär
Geschirrspüler	250	58 x 60	75.000	Fließmontage	bewegt	stationär

[96] Lotter (2012), S.5
[97] Vgl. Lotter (2012), S.147ff.
[98] Lotter (2012), S.148

Bei der Baustellenmontage bleiben sowohl Montageobjekt als auch das Personal stationär. In der Regel ist die Materialbereitstellung räumlich vom eigentlichen Arbeitsplatz getrennt. Außerdem besteht ein hoher Platzbedarf, da der Arbeitsplatz von allen Seiten zugänglich sein soll. Weiters sollen große Baugruppen nicht direkt am Arbeitsplatz vormontiert werden, sondern separat in einer Vormontage zusammengebaut und dann bereitgestellt werden. Abbildung 27 stellt einen typischen Baustellenmontageplatz dar. Da bei der Baustellenmontage typischerweise viele Kleinteile verbaut werden, ist die wesentliche Aufgabe bei der Planung des Arbeitsplatzes, die notwendigen Bewegungen für das Personals so gering wie möglich zu halten.

Im Vergleich zur Baustellenmontage werden bei der Gruppenmontage mehrere stationäre Objekte parallel an benachbarten Arbeitsplätzen montiert. Das Montagepersonal wechselt dabei zwischen den Arbeitsplätzen. Dadurch kann die Durchlaufzeit pro Montageobjekt verkürzt und Personal mit unterschiedlicher Qualifikation genutzt werden, jedoch ist eine Gruppenmontage nur möglich, wenn eine Arbeitsteilung mit entsprechend zeitlich gleichen Arbeitsinhalten gegeben ist.

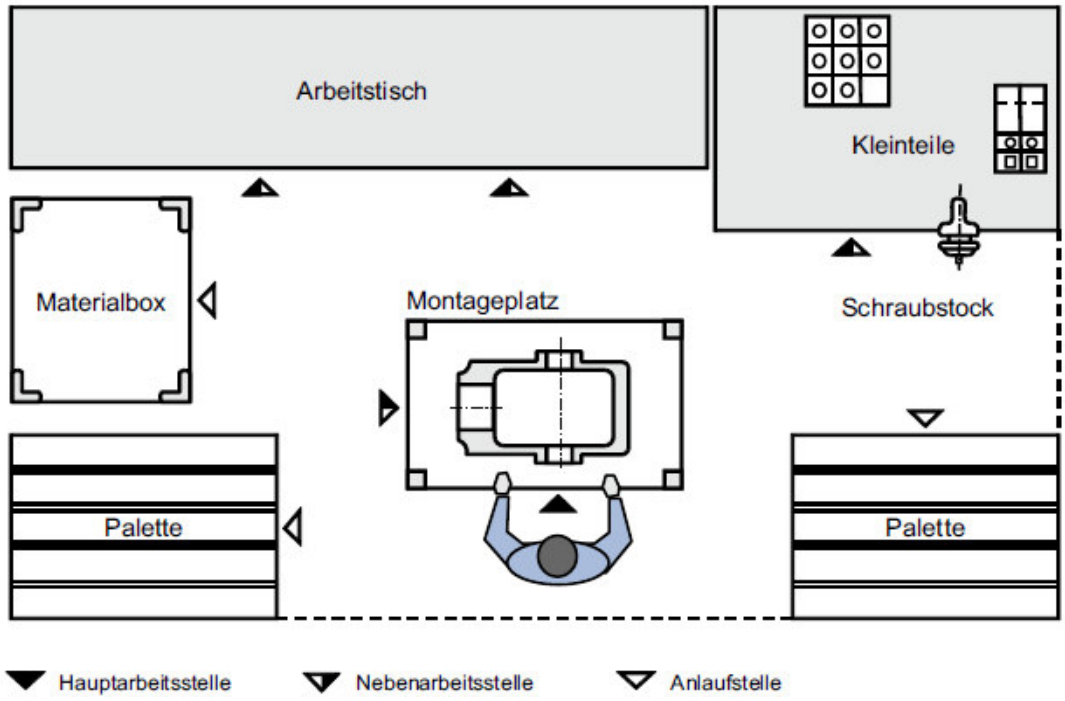

Abbildung 27: Baustellenmontageplatz[99]

Bei der Fließmontage von Großgeräten wird je nach Bewegungsablauf zwischen periodischem oder kontinuierlichem Ablauf unterschieden, wobei jeweils die Montageobjekte bewegt werden und das Personal stationär bleibt. Während beim periodischen Arbeitsablauf das Montageobjekt während der Montage stationär also in Ruhe bleibt, wird es beim kontinuierlichen Ablauf auch während des Montagevorgangs bewegt. Ein

[99] Lotter (2012), S.149

periodischer Ablauf ist natürlich nur möglich sofern die unterschiedlichen Dauern der Arbeitsinhalte im Wesentlichen gleich sind.

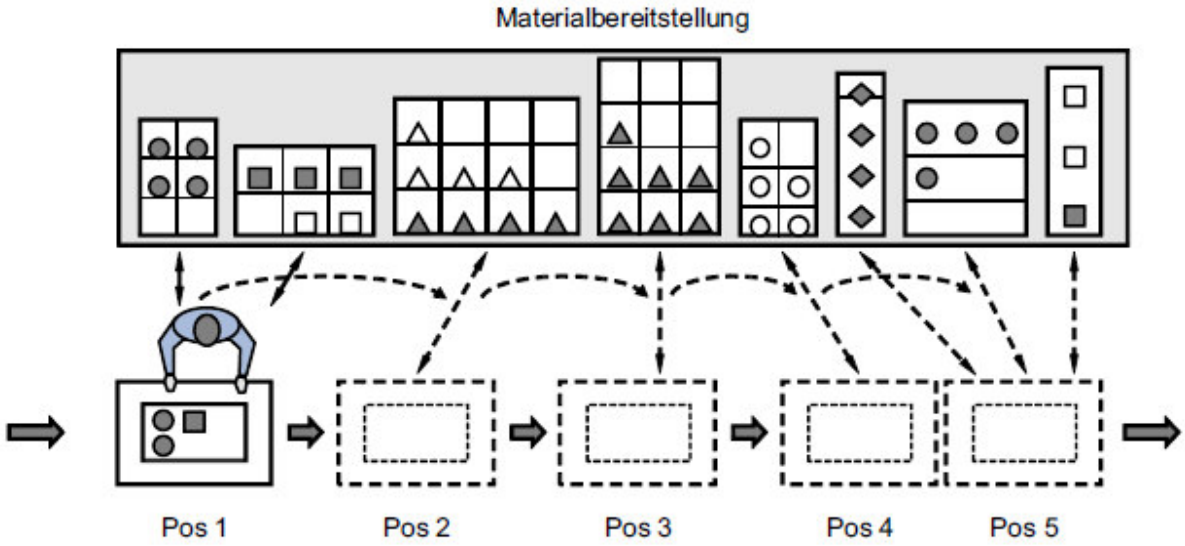

Abbildung 28: One Piece Flow Prinzip in der Montage[100]

Beim sogenannten One-Piece-Flow bewegt sich anders als bei der klassischen Fließmontage sowohl Personal als auch Montageobjekt (siehe Abbildung 28). Dabei entspricht die Materialbereitstellung der Montageposition, sodass die einzelnen Arbeitsinhalte jeweils unter optimalen Gegebenheiten erfolgen können.

2.4.3 Zeitwirtschaft in der Montage[101]

Um im Wertstromdesign einen optimierten Soll-Zustand zu entwickeln wird vorausgesetzt, dass Ist-Zeiten gemessen und entsprechende Soll-Zeiten berechnet werden können. Während allerdings für automatisierte Montagesysteme die Produktionszeiten verhältnismäßig einfach berechnet werden können, so spielen für manuelle Montagetätigkeiten Faktoren wie Arbeitsmethode, geltende Arbeitsbedingungen sowie das ausführende Personal selbst eine wesentliche Rolle. Dazu kommen Einflussfaktoren wie Weglänge, Bauteilgewicht, Schwierigkeitsfaktor oder Qualitätsanforderungen. Zeitdaten sind also umso aussagekräftiger, je mehr Informationen über die Einflussgrößen und deren Zusammenhänge bekannt sind und die Ergebnisse demnach reproduzierbar sind. Darum muss unbedingt der Verwendungszweck einer Zeitaufnahme zuerst definiert werden, um die Genauigkeitsanforderungen der Messung entsprechend festlegen zu können.

Für die Planung von industriellen Montageprozessen ist eine entsprechende Zeitwirtschaft also von hoher Relevanz. Einerseits stellt sie eine Datenbasis für Kapazitäts-

[100] Lotter (2012), S.154
[101] Vgl. Lotter (2012), S.79ff.

planung, Arbeitssystemplanung, Auftragsabwicklung, Benchmarking, Produktionsplanung und Steuerung sowie Prozessverbesserung dar. Außerdem bildet sie die Entscheidungsbasis für die Bewertung von Verbesserungsansätzen. Allerdings darf der erhebliche Aufwand für die Erfassung und Pflege der Zeitdaten nicht unterschätzt werden, sodass ein Aufbau einer Zeitwirtschaft für ein Unternehmen vor allem dann sinnvoll ist, wenn Zeitdaten entlang des gesamten Produktionsprozesses verwendet und für die Verbesserung von Fertigungs- und Montageprozessen herangezogen werden.

Grundlegend unterscheidet man in der Montage Ist-Zeiten, welche nach REFA als „tatsächlich vom Menschen oder Betriebsmitteln gebrauchte Zeiten für die Ausführung bestimmter Ablaufabschnitte“ definiert werden[102], also die tatsächlichen Abläufe abbilden und Soll-Zeiten, welche aus den Ist-Zeiten abgeleitet werden und beispielsweise unter Berücksichtigung der geltenden Einflussfaktoren für Vorgabewerte herangezogen werden können. Abbildung 29 stellt den Zusammenhang zwischen Ist- und Vorgabezeiten dar.

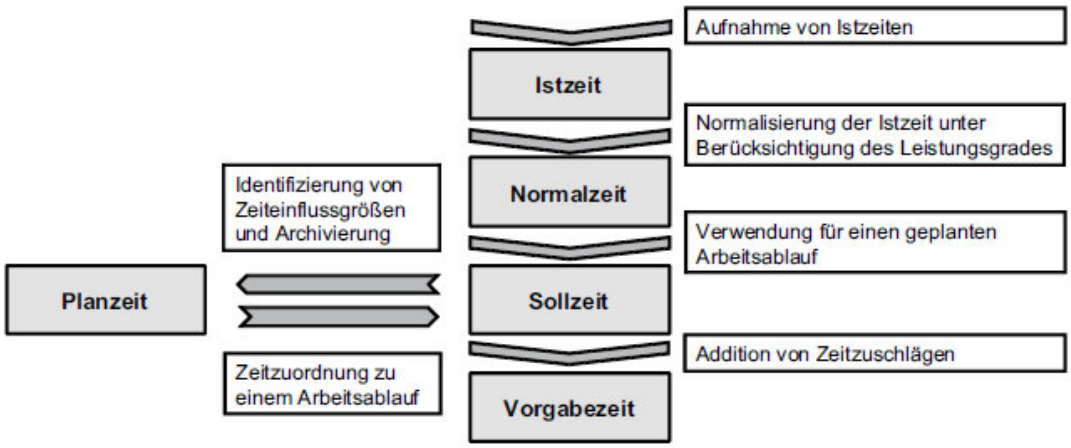

Abbildung 29: Ermittlung von Vorgabezeiten aus Ist Zeiten[103]

So können unter Berücksichtigung des Leistungsgrades aus Ist-Zeiten entsprechend auf 100% des Leistungsgrades normierte Normzeiten gewonnen werden, welche der durchschnittlichen Leistung eines geübten Mitarbeiters über die Dauer einer vollständigen Schicht entspricht. Sofern zeitbestimmende Einflussgrößen bekannt sind können aus den Normalzeiten Planzeiten generiert werden. Aus den Planzeiten können ja nach Anwendungsfall passende Soll-Zeiten abgeleitet werden. Im einfachsten Fall, wenn kein zeitlicher Zusammenhang zwischen den Einflussgrößen besteht, entsprechen die Normalzeiten den Soll-Zeiten. Schlussendlich wird durch Addition von Verteil- und Erholzeiten aus der Soll-Zeit eine entsprechende Vorgabezeit ermittelt.

[102] REFA (1997)
[103] Lotter (2012), S.83

In folgender Abbildung ist eine beispielhafte Zusammensetzung von Vorgabezeiten für die unterschiedlichen Bereiche der Montagesystemplanung angeführt:

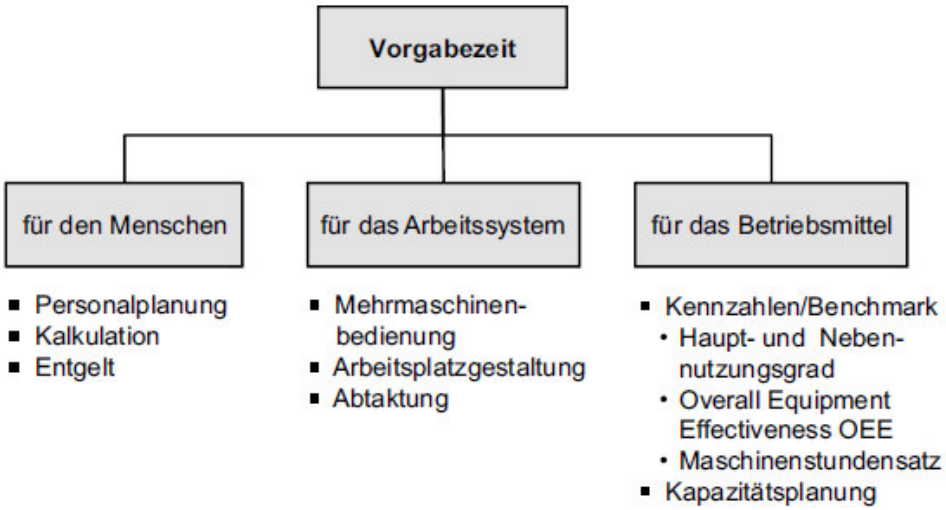

Abbildung 30: Vorgabezeiten in der Montagesystemplanung[104]

Diese Gliederung kann entsprechend der Arbeitsablaufanalyse nach REFA weiter unterteilt werden. Außerdem können sowohl die Tätigkeiten des Menschen als auch die Nutzung der Betriebsmitteln in unterschiedliche Ablaufarten kategorisiert werden (vgl. dazu Abbildung 75 und Abbildung 76 im Anhang)

Die für die Planung des Montagesystems relevante Auftragszeit wird ermittelt, indem die einzelnen Vorgabezeiten der analysierten Tätigkeiten zusammengesetzt werden. Dabei setzt sich die Auftragszeit für menschliche Arbeit wie in Abbildung 31 ersichtlich aus Rüst- und Ausführungszeit zusammen. Die Rüstzeit beschreibt die Dauer welche für die Vorbereitung des Arbeitssystems notwendig ist, um die Durchführung der nachfolgenden Aufgabe zu ermöglichen.

> „Für die eigentliche Arbeitsaufgabe wird die Ausführungszeit für eine bestimmte Menge an Teilen angegeben. Die Zeit je Einheit besteht wiederum aus der Grundzeit, der Erholungszeit und der Verteilzeit. Während die Grundzeit die Sollzeiten beinhaltet, die für die Durchführung der Arbeitsaufgabe regelmäßig aufgewendet werden, beschreibt die Verteilzeit Tätigkeiten, die zusätzlich zur Arbeitsaufgabe anfallen. Dabei kann es sich um auftragsunabhängige, sachliche Verteilzeiten – zum Beispiel für Besprechungen, dienstliche Telefonate oder störungsbedingte Arbeitsunterbrechungen– oder um persönliche Verteilzeiten, zum Beispiel für ein persönliches Bedürfnis, handeln. Die Grundzeit kann weiter unterteilt werden in vom Mitarbeiter beeinflussbare und nicht beeinflussbare Tä-

[104] Lotter (2012), S.84

tigkeitszeiten, sowie die dem Arbeitsablauf immanenten Wartezeiten. Die Erholungszeit richtet sich nach der aus der Arbeitsaufgabe resultierenden Belastung und wird für die Kompensation der körperlichen Anstrengung aufgewendet.“[105]

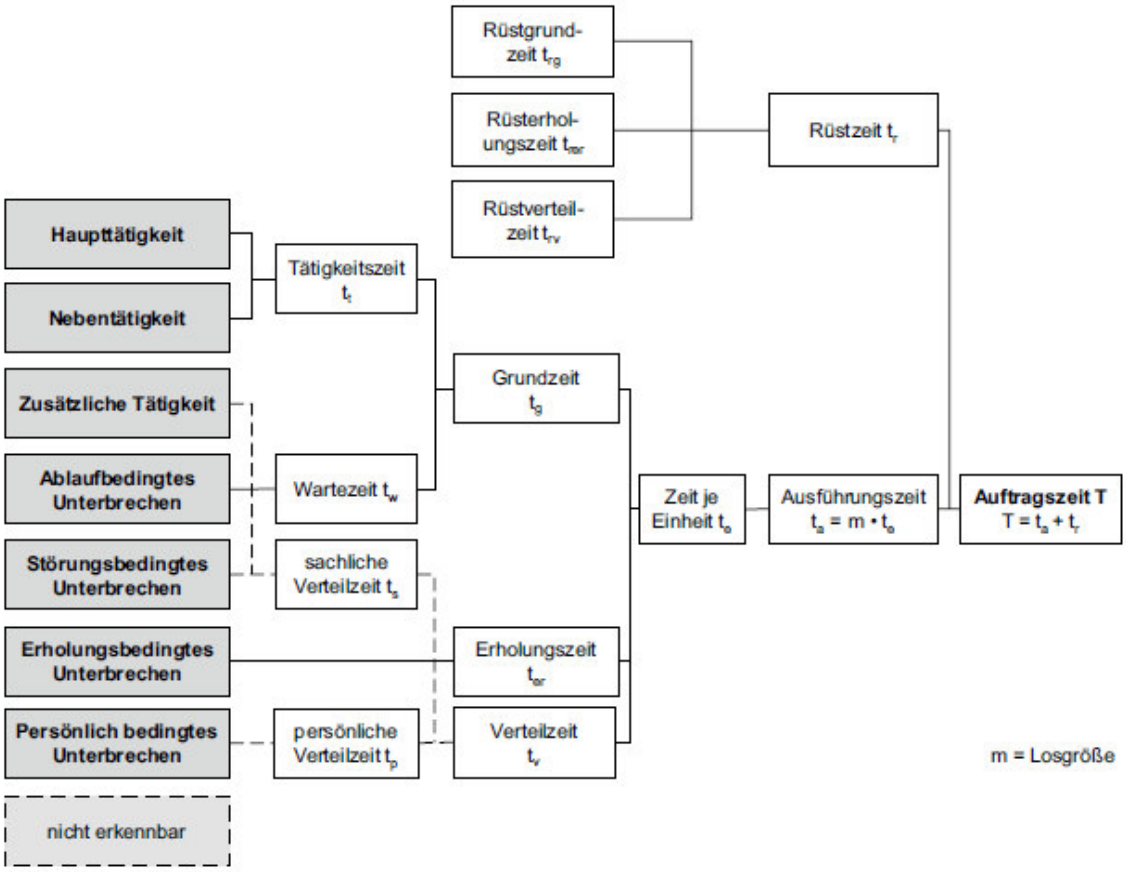

Abbildung 31: Gliederung der Zeitarten für den Menschen[106]

Analog zu den Überlegungen des menschlichen Arbeitsablaufs kann die Belegungszeit für Betriebsmittel bestimmt werden. Abbildung 32 stellt die entsprechenden Zusammenhänge dar. Dabei wird unter der Rüstzeit die Zeit verstanden, welche für die Vorbereitung des Betriebsmittels zur Durchführung der Arbeitsaufgabe notwendig ist (z.B. Wechsel eines Werkzeuges). Die Ausführungszeit beschreibt jene Zeit in welcher das Betriebsmittel tatsächlich belegt ist, um beispielsweise eine gewisse Anzahl an Teilen zu bearbeiten. Die Verteilzeit stellt jene Dauer dar, welche für außerplanmäßige Abläufe anfällt, während die Grundzeit der jeweiligen Sollzeit entspricht welche sich wiederum aus wertschöpfender Hauptnutzungszeit, unterstützender Nebennutzungszeit (z.B. Ein- und Ausspannen von Teilen) sowie eingeplanter Stehzeiten, welche als Brachzeiten bezeichnet werden, zusammensetzt.

[105] Lotter (2012), S. 85
[106] Vgl. REFA (2001)

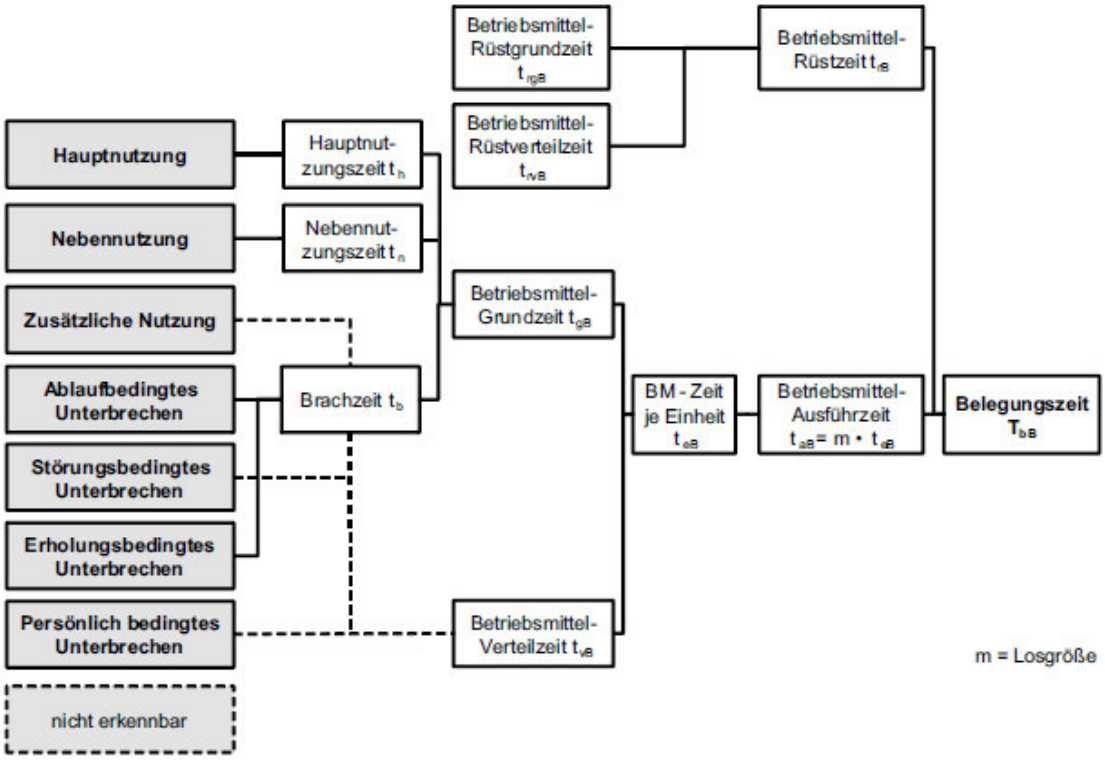

Abbildung 32: Gliederung der Zeitarten für Betriebsmittel[107]

Abhängig von der geplanten Verwendung und der damit vorausgesetzten Genauigkeit der Zeitdaten sowie der Charakteristik des entsprechenden Anwendungsfalls gibt es unterschiedliche Zeiterfassungsmethoden.

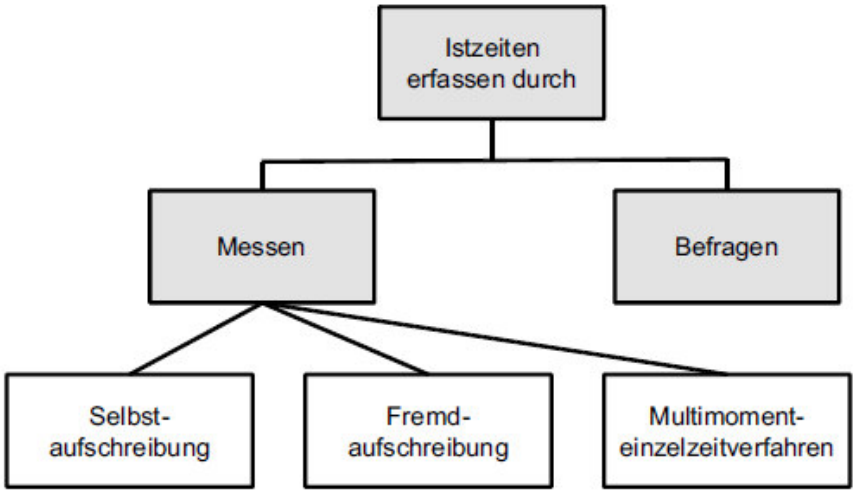

Abbildung 33: Methoden zur Bestimmung von Ist-Zeiten[108]

Grundsätzlich muss berücksichtigt werden, dass unterschiedliche Arbeitsweisen sowie individuelle Leistungsstreuung zu Schwankungen in der Zeiterfassung führen. Deswegen ist die Einhaltung eines standardisierten Arbeitsablaufes sowie Festlegung eines

[107] Vgl. REFA (2001)
[108] Lotter (2012), S.96

geeigneten Stichprobenumfanges zu gewährleisten um eine entsprechende Aussage über die Ergebnisse treffen zu können.

Für die Erfassung von Ist-Zeiten gilt der relative Vertrauensbereich Ɛ (Epsilon) als entscheidendes Maß für die Genauigkeit. In der Regel erfolgt die Erfassung von Ist-Zeiten durch Fremdaufschreibung, beispielsweise durch qualifizierte Zeitaufnehmer oder einer automatisierten Zeitmessung am Arbeitsplatz. Bei der alternativen Selbstaufschreibung notieren die Mitarbeiter selbst Start- und Endzeitunkt für einen gewissen Arbeitsinhalt. Eine Multimomentaufnahme erfolgt vor allem für unregelmäßig ausgeführte Tätigkeiten mit geringer Wiederholungshäufigkeit. Mittels einer zufällig bestimmten Route werden stichprobenartige Beobachtungen durchgeführt und die entsprechenden Tätigkeiten an den Arbeitsplätzen notiert. Dadurch kann eine Aussage über die Häufigkeit bestimmter Tätigkeiten, aber auch über das Auftreten von Störfällen getroffen werden. Aus diesem Grund eignet sich die Methode vor allem für die Bestimmung von Verteilzeiten und Erfassung von Tätigkeiten, welche bei einer Direktmessung nur schwer zu quantifizieren sind. Allerdings bleibt immer eine gewisse statistische Unsicherheit, außerdem ist es unmöglich aufgrund einer Multimomenterfassung Aussagen über die Tätigkeitsstruktur am Arbeitsplatz zu treffen. Wie in Abbildung 33 dargestellt gibt es außerdem die Möglichkeit über schriftliche oder mündliche Befragung, Ist-Zeiten zu bestimmen.

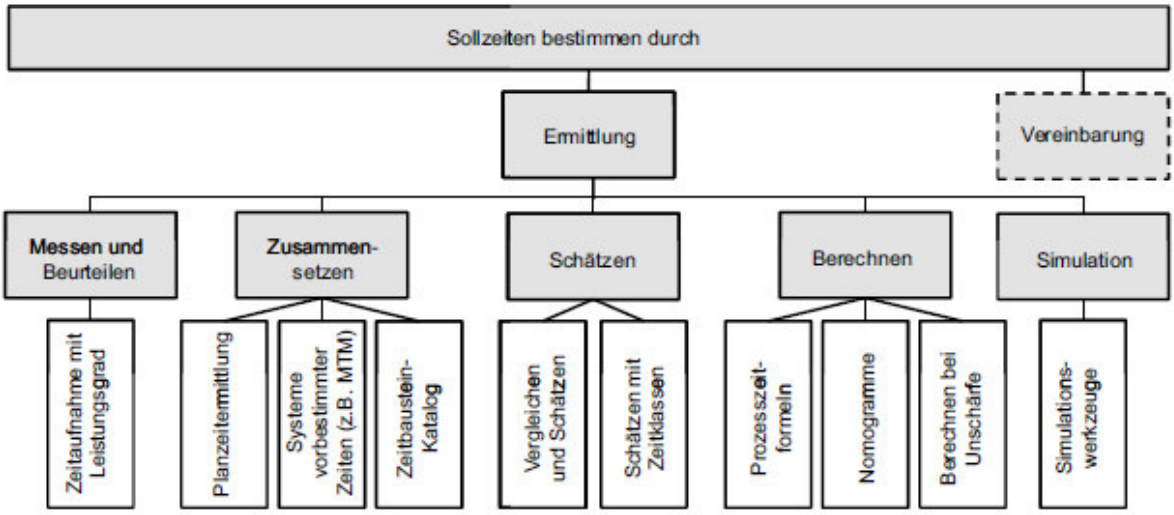

Abbildung 34: Methoden zur Bestimmung von Soll-Zeiten[109]

Für das Ableiten von Soll-Zeiten aus den zuvor erfassten Ist-Zeiten gibt es, wie in Abbildung 34 dargestellt, verschiedene Möglichkeiten. Angefangen von der Schätzung der Zeiten, einer Leistungsgradbeurteilung, der Planzeitermittlung bis hin zu unterschiedlichen Berechnungs- und Simulationswerkzeugen. Eine besondere Rolle kommt dabei den Systemen vorbestimmter Zeiten (z.B. MTM) zu.

[109] Lotter (2012), S.97

> „Vorbestimmte Zeiten sind Planzeiten, die durch umfangreiche Untersuchungen ermittelt und mit fest definierten Einflussgrößen tabellarisch erfasst wurden. Auf diese Weise können branchen- und unternehmensübergreifende Planzeittabellen aufgestellt 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. [.....] MTM ist das in deutschen Unternehmen bekannteste und am weitesten verbreitete System vorbestimmter Zeiten. [.....] Systeme wie MTM werden vorwiegend zur Beschreibung und zeitlichen Bewertung von manuellen Prozessen in verschiedenen Detaillierungsgraden eingesetzt. MTM ist ein Verfahren, bei dem in der Ablaufanalyse manuelle Abläufe in einzelne Bewegungselemente gegliedert werden und anschließend jedem dieser Bewegungselemente ein Normzeitwert zugeordnet wird, der durch verschiedene Einflussgrößen vorbestimmt ist. Die MTM-Normzeitwerte werden in Time Measurement Units (1 TMU entspricht 10−5 Stunden, also 0.036 Sekunden) angegeben. Die Zeitzuordnung erfolgt mit Hilfe von MTM-Normzeitwerttabellen (MTM-Datenkarten), in denen die Normzeitwerte aller Grundbewegungen in Abhängigkeit ihrer Einflussgrößen festgeschrieben sind. Neben den eigentlichen Zeitdaten ergeben sich aus der Anwendung von Systemen vorbestimmter Zeiten auch Hinweise für die Gestaltung von Arbeitsmethoden und Arbeitsplätzen.“[110]

2.4.4 Ergonomie in der Montage

Neben einer entsprechenden Zeitwirtschaft spielen bei der Gestaltung des Soll-Zustandes mittels Wertstromdesign außerdem ergonomische Gesichtspunkte eine bedeutsame Rolle, da in der manuellen Montage von Großgeräten eine Vielzahl von körperlich anstrengenden Tätigkeiten in unterschiedlichen Positionen anfallen und damit ein entsprechendes Potential bei der Optimierung und Erstellung des Soll-Zustandes gegeben ist.

> „Ergonomisch richtig gestaltete Arbeitsplätze sind wirtschaftlicher als Arbeitsplätze, die ergonomischen Ansprüchen nicht gerecht werden“ [111].

Dabei stellt die Gestaltung der Materialbereitstellung und der notwendigen Werkzeuge einen Schwerpunkt dar. Die unter Gewichtsbelastung und etlichen Körperbewegungen wie Bücken und Aufrichten durchgeführten großen Greifwege bei kleinen Teilen sowie großen Handhabungswege bei großen Teilen sind Hauptursache für frühzeitige Ermüdung und Leistungsabfall.[112].

[110] Lotter (2012), S.99
[111] Ibid., (2012), S. 440
[112] Vgl. Lotter (2012), S. 440ff.

Da der Arbeiter während seiner Tätigkeit einer Mehrzahl unterschiedlicher Belastungen ausgesetzt wird, ist es notwendig, Möglichkeiten zu schaffen die kritischen Bewegungsabläufe zu identifizieren, welche langfristig zu negativen Auswirkungen führen.[113] Langwierige Krankenstände, vor allem bedingt aus Rückenbeschwerden, stellen heute ein relevantes Problem für die Montagevorgänge der Unternehmen dar. Vor allem in den hochkomplexen Montageprozessen führt dies zu einem Produktivitätsverlust, da der notwendige Wissensstand des Personals nicht einfach ersetzt werden kann. Trotzdem finden ergonomische Gestaltungsrichtlinien kaum Anwendung bei der Auslegung von Montagesystemen.[114] Typische Gestaltungsfelder für ergonomische Verbesserungen sind:[115]

- Beinraumhöhe und Außenhöhe von Tischen und Arbeitsplatten
- Beinraumbreite
- Gestaltung von Konsolen und Steuerpulten
- Arbeitsplattenhöhe bei Stehtätigkeiten
- Positionierung der Bereitgestellten Materialien
- Gewicht der zu bewegenden Teile sowie Auslegung von Hebehilfen

Üblicherweise entstehen ergonomisch bedingte Probleme durch ein vermehrtes Ausmaß an anstrengenden Körperhaltungen am Montageplatz. Während ein Teil dieser Probleme auf ein unverantwortliches Verhalten der Arbeitskraft zurückzuführen sind, resultiert der Großteil der Probleme aus unzureichender Gestaltung von Montagearbeitsplatz, Produkt oder Montagevorrichtungen. Mithilfe von sogenannten „Motion Tracking“ Systemen ist es heutzutage möglich die Bewegungen der Arbeitskräfte aufzuzeichnen und ergonomisch zu analysieren um die Arbeitsplätze sowie die Arbeitsabläufe entsprechend an die Bedürfnisse der Mitarbeiter anzupassen.[116] Um ergonomische Aspekte in der Montage bestmöglich optimieren zu können, stellt die Wertstrommethode mit kombinierter Anwendung von MTM ein geeignetes Hilfsmittel dar.[117]

2.4.5 Störungsmanagement in der Montage[118]

Aufgrund der besonderen Stellung der Montage in der Wertschöpfungskette wirken sich Störungen in der Montage besonders stark auf den Erfolg der Unternehmen aus. Aus diesem Grund ist ein entsprechendes Störungsmanagement für die Planung des Montagesystems zu berücksichtigen.

[113] Vgl. Vignais (2013), S.566
[114] Vgl. Otto (2011), S.277
[115] Vgl. Strasser (1993)
[116] Vgl. Rajan (1999), S.483f.
[117] Vgl. Kuhlang (2011), S.24ff.
[118] Vgl. Eversheim (1992), S.4ff.

„Eine Störung ist jede Art der Abweichung von normalen Montageablauf.“[119]

In der Klein- und Einzelserienmontage treten eine Reihe von Störungen auf welche auf komplexe Montageoperationen und bedarfsgerechte Koordination der benötigten Ressourcen zurückzuführen sind.

Grundsätzlich befasst sich Störungsmanagement einerseits mit der Reduzierung der auftretenden Störungen wie z.B. Reduktion der Komplexität, gezielte Schulungen oder Qualitätszirkel und andererseits mit der Handhabung der Reaktionsmechanismen welche nach dem Auftreten der Störungen ausgelöst werden. Eine entsprechende Reaktionsfähigkeit ist in der Montage besonders deswegen so wichtig, da dieselbe meist am Ende der Wertschöpfungskette steht und Störungen sich oft direkt auf den Liefertermin auswirken.

Zusammengefasst lassen sich die Ziele des Störungsmanagement wie in folgender Darstellung abgebildet, zeigen:

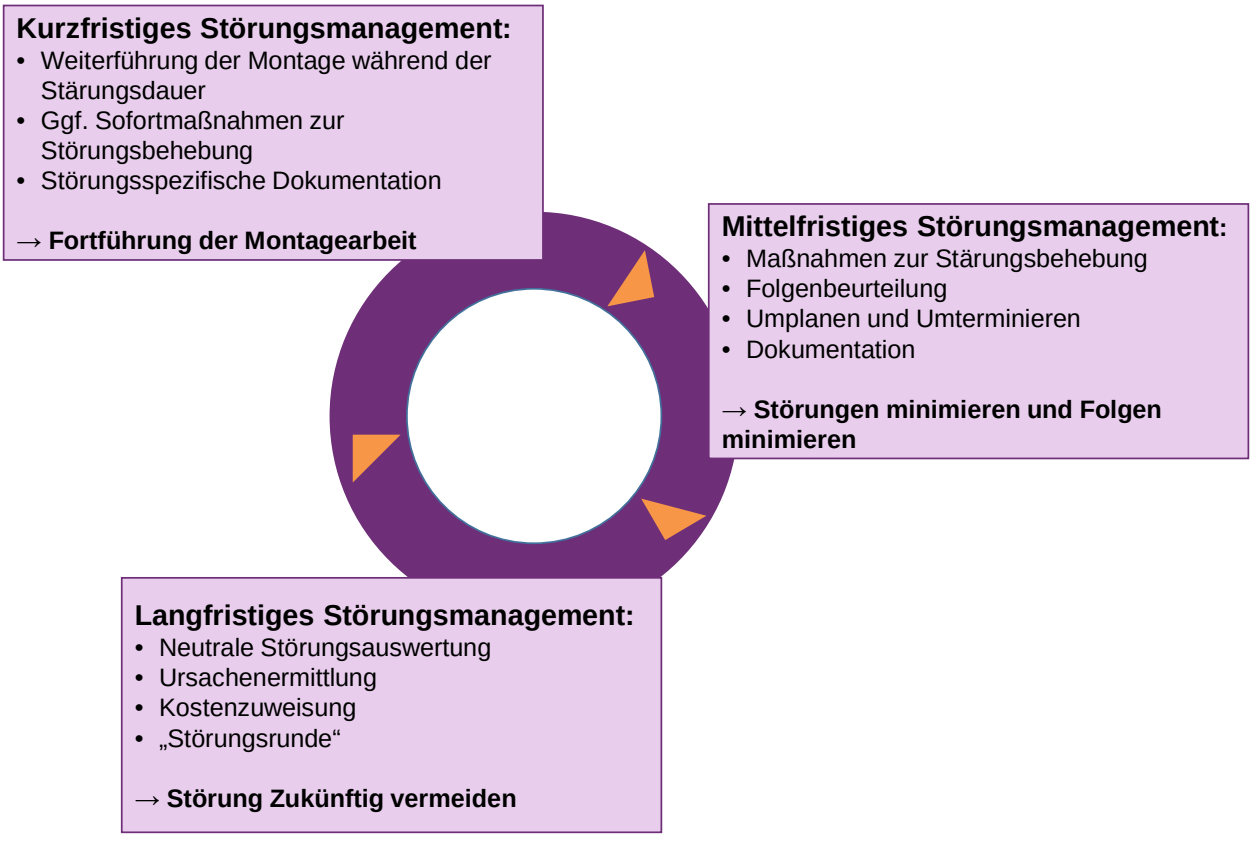

Abbildung 35: Ziele des Störungsmanagement[120]

Tritt eine Störung auf, hat die ausführende Kraft entweder die Möglichkeiten auf operativer Ebene zu reagieren und behebt die Störung selbst, oder wendet sich an den

[119] Eversheim (1992), S. 11
[120] Vgl. Eversheim (1992), S. 22

zuständigen Verantwortlichen. Der entsprechende Verantwortliche kann dann seinerseits entweder auf taktischer Ebene reagieren, indem er sich in Verbindung mit den anderen relevanten Verantwortlichen setzt um eine unbürokratische Terminabstimmungen zu tätigen und eine Problemlösung zu erzielen, oder er reagiert auf strategischer Ebene indem er die Montagesteuerung oder die Fertigungssteuerung verständigt, welche versuchen die Fertigstellungstermine der anstehenden Aufträge bestmöglich auf die neue Situation anzupassen. Während die Reaktion auf operativer bzw. taktischer Ebene wesentlich zügiger abläuft als auf strategischer Ebene, führen andererseits so gebildete lokale Optima nicht zwangsweise zu einem Gesamtoptimum.

2.4.6 Planung von Montagesystemen

Bei der Gestaltung des Soll-Zustandes muss zusätzlich zu den allgemein gültigen Gestaltungsrichtlinien aus dem Wertstromdesign auf die Besonderheiten der Montagesystemplanung Rücksicht genommen werden. Im Weiteren werden die wesentlichen Planungsaufgaben des Montagesystems beschrieben und mit der Planungssystematik nach Lotter ein Leitfaden für die Anwendung der Wertstrommethode auf Montagesysteme vorgestellt.

Tabelle 3: Planungsaufgaben und Informationen der Montageplanung[121]

Zeithorizont	Planungsaufgabe	Informationen
kurzfristig	Stücklistenverarbeitung	Viele, vorwiegend detaillierte Informationen
	Arbeitsplanerstellung	– zu montierende Bauteile
	Betriebsmittelplanung	– Arbeitsvorgänge
	Leistungsabstimmung	– Montagevorranggraphen
	Abtaktung	– Termine
		– kurzfristige Kapazitäts- und Personalplanung
		– Montagewerkzeuge und -hilfsmittel
mittelfristig	Zeitermittlung	Einige, teilweise detaillierte Informationen
	Kostenplanung	– Vorschau zu montierender Produkte
	Qualitätssicherung	– Vorgabezeiten für Montagetätigkeiten
		– Vorkalkulation, Kosten
		– mittelfristige Kapazitäts- und Personalplanung
		– Qualitätssicherungsmaßnahmen
langfristig	Materialplanung	Wenige, vorwiegend ungenaue Informationen
	Methodenplanung	– Einzelkomponenten, Rohmaterial
	Investitionsplanung	– Methoden und Verfahren der Montage
		– langfristige Kapazitäts- und Personalplanung
		– Entgeltsysteme
		– Fertigungs- und Montagebereiche
		– Montageplatzgestaltung

[121] Lotter (2012), S.89

Theoretisch kann ein Montageplan alleine durch die Kenntnis der benötigten Montagezeiten sowie Auftragsreihenfolge optimiert werden. Jedoch sind diese Größen in der Praxis mit einer gewissen Unsicherheit bzw. Schwankungsbreite behaftet.[122] Je früher die Produkteigenschaften, welche die Komplexität der Montage maßgeblichen beeinflussen, bei der Montageplanung berücksichtigt werden, desto besser kann die Auftragsreihenfolge an die Bedürfnisse der Montage angepasst werden. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, bereits bei der strategischen und taktischen Produktplanung, auf die Herausforderungen der Montage Rücksicht zu nehmen.[123] Dabei ist die Visualisierung der Planungsstände entscheidend um die Einbindung der operativen Mitarbeiter zu gewährleisten, da diesen neben den operativen Tätigkeiten meist nur wenig Zeit für Vorabinformationen zur Verfügung steht.[124] In Tabelle 3 sind die wesentlichen Planungsaufgaben und Informationen der Montageplanung zusammengefasst, sowie der Zeithorizont der Planung angeführt.

Die Planungssystematik nach Lotter orientiert sich an der Planungssystematik nach REFA für Produktionssysteme, ist jedoch speziell auf Montagesysteme ausgelegt. (vgl. Abbildung 36) Die Planungssystematik welche 11 Schritte umfasst, hat sich aufgrund der hohen Anwendungsflexibilität und zahlreichen Erfahrungen als generelle Vorgehensweis in vielen Branchen bewährt.

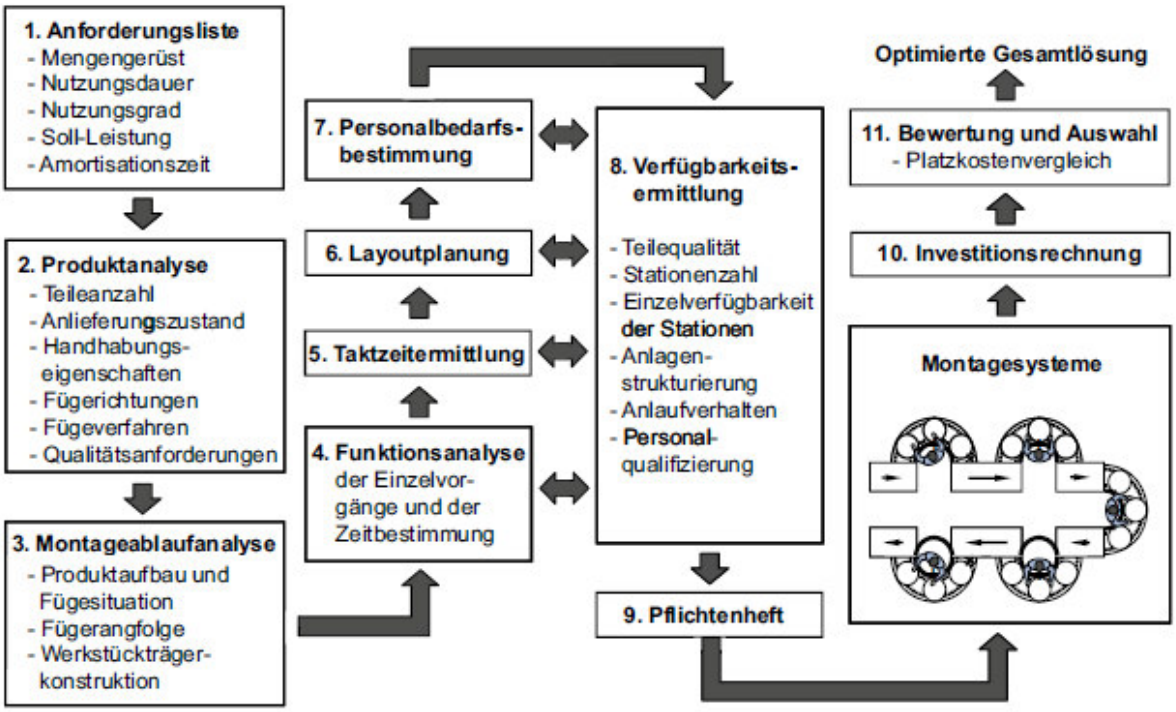

Abbildung 36: Planungssystematik nach Lotter[125]

[122] Vgl. Chen (2010), S.726
[123] Vgl. Demoly (2011), S.33ff.
[124] Vgl. Spath (2006), S.582
[125] Lotter (2012), S.367

Einen wesentlichen Punkt in dieser Systematik stellt die Montageablaufanalyse dar. Nachdem im ersten Schritt eine Anforderungsliste erstellt wird, in welcher Eckdaten und Planungsvorgaben festgelegt werden und die Produktanalyse durchgeführt wird um die wesentlichen Planungskriterien aufgrund der Produkteigenschaften abstecken zu können, erfolgt in der Montageablaufanalyse die Schnittstelle zwischen Produkt und Montagesystem. Aus dem konstruktiven Aufbau des Produktes ergibt sich die Fügesituation und Fügerangfolge, notwendige Werkzeugträger, Transport zwischen Arbeitsstationen sowie die Fixierung des Produktes. Neben der Montageablaufanalyse stellt die Verfügbarkeitsermittlung einen wesentlichen Punkt der Planungssystematik dar. Sowohl Funktionsanalyse der Einzelmontagevorgänge als auch Taktzeitermittlung, Layoutplanung und Personalbedarfsermittlung werden durch die Verfügbarkeitsermittlung beeinflusst, wobei im Besonderen Teilequalität, Stationsanzahl, Einzelverfügbarkeiten der Stationen, Anlagenstruktur, Anlaufverhalten sowie Personalqualifikationen betrachtet werden, um eine gleichmäßige Verfügbarkeit des Montagesystems zu gewährleisten. Die entsprechenden Ergebnisse werden in einem Pflichtenheft gesammelt, mittels Investitionsrechnung bewertet und anschließend eine von mehreren ausgearbeiteten Lösungen ausgewählt [126]

Der Trend zu immer kürzeren Produktlebenszyklen und kleineren Losgrößen führt zu einen Bedarf an automatisierten Lösungen, welche entsprechende Flexibilität aufweisen. Da vor allem Montageroboter einen hohen Aufwand an Ingenieurleistung mit sich ziehen und demnach entsprechende Kosten verursachen, ist es wichtig dass bei der Planung der Montagesysteme weitrechende und flexible Lösungen geschaffen werden.[127]

In der Literatur wird von zwei verschiedenen Formen von Varianten gesprochen. Während man von funktionalen Varianten spricht wenn sich die Attribute der Produkte unterscheiden und zu verschiedener Funktionalität führen, spricht man von technischen Varianten wenn unterschiedliche Technologien oder Fertigungsprozesse zur Produktion notwendig sind.[128] Heutzutage zielt die Produktstrategie vieler Unternehmen darauf aus, möglichst viele individuelle Varianten zu vertretbaren Preisen anbieten zu können. Dabei hat sich herausgestellt, dass es nicht zielführend ist sich lediglich auf Produkt- oder Prozessebene zu konzentrieren. Sondern, dass für die Planung eines flexiblen Produktionsystems beide Ebenen gleichermaßen berücksichtigt werden müssen, um ein Verständnis für das Zusammenspiel aus Varianten und Komplexität zu erlangen.[129]

[126] Vgl. Lotter (2012), S.365ff.
[127] Vgl. Sayler (2011), S.882f.
[128] Vgl. Fisher (1999), S.297ff.
[129] Vgl, Fujimoto (2004), S.284f.

Für die Planung der Montagereihenfolge gibt es verschiedene Algorithmen, Graphen und Diagramme welche aus intensiven Bemühungen von Seiten der Industrie und Forschung der letzten 20 Jahre hervorgegangen sind. Eine saubere Planung der Montageabläufe gewährt eine gleichmäßige Auslastung der Montage, minimiert Investitionskosten und steigert, nicht zuletzt, die Produktqualität. In den letzten Jahren hat die Verwendung von Produktgeometrie und -eigenschaften (vor allem durch CAD Applikationen) einen wesentlichen Einfluss auf die Montageplanung erhalten.

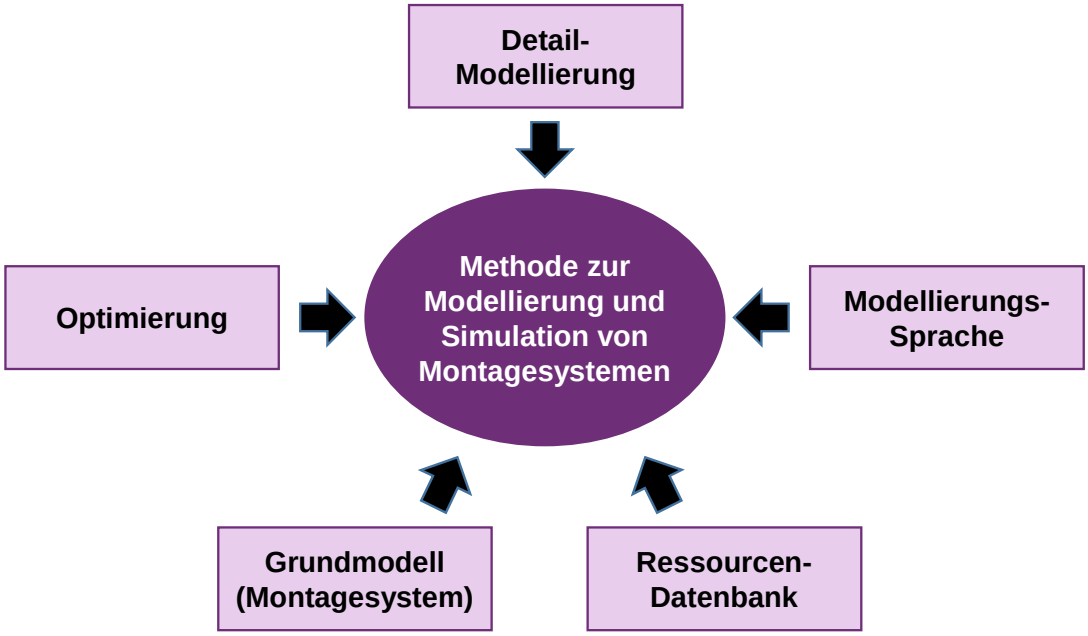

Abbildung 37: Model der Montageplanung nach Neumann[130]

Aktuell stellen vor allem die Optimierung und Anwendung von heuristischen Modellen sowie die Entwicklung von Simulationswerkzeugen die Herausforderung an Forschung und Entwicklung dar.[131] Im Prinzip umfassen Modelle zur Montageplanung fünf Säulen welche im Model der Montageplanung nach Neumann beschrieben werden:[132]

1. Zuerst wird ein **Grundmodell für das Montagesystem** erstellt, welches die entscheidenden Eigenschaften und Anforderungen der Montage beinhaltet.
2. Während das Grundmodell meist in einer einfachen graphischen Darstellung wie beispielsweise dem Wertstromdesign erfolgt, muss das Modell im nächsten Schritt in einer komplexeren **Modellierungs-Sprache** erfasst werden, welches die Simulation und Optimierung des Systems ermöglicht.
3. Um eine bestmögliche Modellierung und Simulation zu ermöglichen muss das Modell mit den entsprechenden Informationen einer **Ressourcen Datenbank** gepflegt werden.

[130] Vgl. Neumann (2012), S.408
[131] Vgl. Demoly (2011), S 34f. ; Vgl. Zhu (2012), S 121ff.
[132] Vgl. Neumann (2012), S.408f.

4. Anschließend erfolgt die **Detailmodellierung** wobei es wesentlich ist, dass in diesem Schritt eine Plausibilitätsprüfung, also ein Vergleich mit dem tatsächlichen Shop Floor erfolgt, vor allem wenn eine direkte Datenmigration aus einem ERP System erfolgt.
5. Mittels Simulation und diversen Berechnungen kann nun eine **Optimierung** des Modells erfolgen, um eine bestmögliche Planung des Montagesystems zu gewährleisten.

2.4.7 Bewertung von Montagesystemen

Da Soll-Szenarien in der Montage oft nicht- bzw. schwer quantifizierbar sind, erfolgt die Bewertung von Investitionen meist mittels Kosten/ Nutzen Untersuchungen, wie beispielsweise der Nutzwertanalyse. Dabei ist vor allem eine präzise operationalisierte Beschreibung der Zielsetzungen der unterschiedlichen Stakeholder von zentraler Bedeutung, da ansonsten nicht die optimalen Alternativen für das Unternehmen abgeleitet werden können. Dabei müssen sowohl finanzielle Ziele (wie die Steigerung der Erlös- oder Kostenstruktur sowie steuerliche Vorteile) als auch nicht finanzielle Ziele (wie beispielsweise Macht- oder Prestigestreben, ethnisch soziale Ziele oder das Bestreben nach wirtschaftlicher Unabhängigkeit) berücksichtigt werden.[133]

Bewertungskriterium	Gewicht	Istzustand		Variante 1		Variante 2		Variante 3	
	G	E	E·G	E	E·G	E	E·G	E	E·G
Gefahr von Fehlteilen	0,14	2,0	0,3	7,0	1,0	8,7	1,2	9,3	1,3
Bestände im Arbeitssystem	0,13	2,3	0,3	6,7	0,9	7,0	0,9	8,3	1,1
Produktverantwortung	0,12	7,7	0,9	5,0	0,6	5,0	0,6	9,3	1,1
Durchlaufzeit	0,11	3,3	0,4	7,0	0,7	5,0	0,5	8,7	0,9
Ergonomie	0,11	1,7	0,2	7,3	0,8	7,3	0,8	9,0	1,0
Personalflexibilität	0,09	5,0	0,4	3,0	0,3	4,7	0,4	7,0	0,6
kurzfristige Flexibilität	0,09	6,0	0,5	3,7	0,3	5,3	0,5	8,0	0,7
Materialfluss-Steuerung	0,06	6,0	0,4	5,7	0,4	3,7	0,2	7,3	0,5
Überschaubarkeit des Auftragsfortschritts	0,05	2,0	0,1	6,0	0,3	8,0	0,4	5,7	0,3
Monotonie	0,05	8,0	0,4	5,0	0,3	4,3	0,2	9,3	0,5
Stückzahlflexibilität	0,03	4,0	0,1	5,3	0,2	6,7	0,2	8,3	0,3
Materialfluss-Schnittstellen	0,02	3,7	0,1	6,0	0,1	7,3	0,2	7,7	0,2
Typenflexibilität	0,01	4,0	0,0	8,0	0,1	9,0	0,1	4,7	0,0
absoluter Nutzwert [Punkte]			**4,1**		**5,8**		**6,2**		**8,3**
relativer Nutzwert [%]			**100**		**142**		**151**		**203**

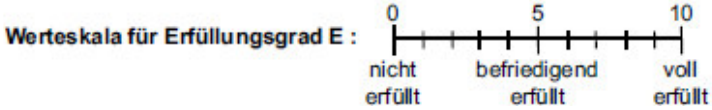

Abbildung 38: Beispiel einer Nutzwertanalyse in der Montage[134]

[133] Vgl. Sagmaline (1986), S.4ff.
[134] Lotter (2012), S. 379

Bei der Nutzwertanalyse werden mehrere alternative Varianten nach den zu erfüllenden Anforderungen bewertet. Die unterschiedlichen Anforderungen sind dabei jeweils mit einem Gewichtungsfaktor versehen (siehe beispielhaft Abbildung 38). Um die Gewichtung der unterschiedlichen Anforderungen zu bestimmen kann man sich zum Beispiel einem paarweisen Vergleich bedienen. Die Ergebnisse lassen sich besonders gut in einem sogenannten Spinnendiagramm visualisieren.[135]

Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung ist zu berücksichtigen, dass sich Entscheider in der Regel einfach durch beeindruckende Bilder eines hochtechnisierten Lagers beeinflussen lassen. Da bei solchen Investitionen der ROI (Return on Investment) in der Größenordnung von zehn Jahren liegt, sollte vor allem auf das oft unterschätzte Kriterium Flexibilität Wert gelegt werden. Denn eine Reduktion der Lagerkosten, welche einer Wirtschaftlichkeitsberechnung zu Grund liegen, muss bei einem ROI von zehn Jahren auch nach Änderung der Anforderungen noch gegeben sein.[136]

2.5 Planung des Produktionslayouts

Wie in der Planungssystematik nach Lotter (siehe Abbildung 36) ersichtlich, stellt die Layoutplanung und damit verbunden produktionslogistische Aspekte, einen wesentlichen Teil der Montagesystemplanung und somit der Gestaltung eines optimierten Soll-Zustand für die Montage, dar. Dabei spielen für eine gesamtheitliche Betrachtung und Optimierung produktionslogistische Faktoren eine wesentliche Rolle.

Im folgenden Kapitel werden einführend die Grundsätze der Layoutplanung beschrieben und auf die Besonderheiten eines wertstromorientierten Produktionslayouts eingegangen, bevor im nächsten Schritt die wesentlichen produktionslogistischen Gestaltungskriterien dargestellt werden. Zu diesem Zweck wird zuerst der Begriff der Produktionslogistik abgegrenzt und die Materialflüsse in einem Produktionssystem ganzheitlich betrachtet. Danach werden die wesentlichen Aufgaben der Produktionsplanung und Steuerung sowie die grundlegenden Steuerungsprinzipien beschrieben, welche vor allem bei der manuellen Montage einen nicht unwesentlichen Beitrag zur Optimierungen der Abläufe leisten. Die damit verbundene Materialbereitstellung stellt eine der wichtigsten Erfolgskriterien für die Logistikplanung dar. Aus diesem Grund werden alle Planungsaufgaben der Materialbereitstellung anhand einer Entscheidungslandkarte übersichtlich visualisiert. Ein weiterer wesentlicher Aspekt im Bereich der manuellen Großgerätemontage spielt die Kopplung des Montageplatzes mit einer entsprechenden Lagertechnik. Da Großgeräte nur schwer zu handhaben sind und für die Lagerung entsprechend viel Platz beanspruchen muss für die Gestaltung des Soll-Zustandes weiters Lagerbetrieb und Fördertechnik berücksichtigt werden. Abschließend stellt die Rückverfolgbarkeit das Bindeglied zwischen klassischer Layoutplanung und

[135] Vgl. Lotter (2012), S.378ff.
[136] Vgl. Seeck (2010), S. 131ff.

produktionslogistischen Aspekten dar und ermöglicht somit eine umfassende Gestaltung der Soll-Zustände

2.5.1 Grundsätze der Layoutplanung

Ein oft wenig beachteter Aspekt ist die Ausrichtung des Produktionslayouts auf den Materialfluss um eine hohe Wirtschaftlichkeit von Produktion und Montage zu erreichen. Bei der Frage nach der Layoutplanung geht es um die räumliche Anordnung der Produktionssegmente innerhalb der Fabrik. Auslöser für solch eine Planung sind beispielsweise: [137]

- Bei einer Neugestaltung der Betriebsstätte ist zuerst über den Standort aller Produktionssegmente zu bestimmen.
- Aufgrund von Veränderungen im Produktionsprogramm kann es zu einer Änderung des Materialflusses und damit zu einer Überprüfung auf die Sinnhaftigkeit des Produktionslayouts kommen.
- Bei Erweiterung der Produktionsstätte müssen neue Produktionssegmente entsprechend eingeplant werden, bzw. das gesamte Layout überdacht werden.

Bei der Layout Planung durchläuft man drei grundsätzliche Planungsphasen. In der ersten Phase erfolgt die Zielplanung, in welcher Planungsgrundlagen geschaffen werden und Planungsprämissen festgelegt werden. In der zweiten Phase erfolgt die Konzeptphase in welcher alternative Konzepte und Projektstudien erstellt und verglichen werden. Abschließend werden in der Ausführungsplanung der Realisierungsablauf und die Inbetriebnahme geplant.[138]

Bei der Planung von Montagelayout ist vor allem eine logistikorientierte Layoutplanung von zentraler Bedeutung. Durch die Festlegung der Produktionslogistik wird einerseits die Strukturierung der Produktionsstufen und Lagersysteme und somit der Logistikkosten und andererseits einzusetzende PPS Systeme und damit Lieferbereitschaft und Flexibilität vorgegeben.[139] In weiterer Folge werden Montageflächen, Materialfluss und Fertigungsform der Montage ausgewählt. Danach wird ausgehend vom gesamten Fabrikslayout ein Groblayout erstellt bei dem eine grobe Darstellung der Funktionseinheiten erfolgt. Schlussendlich wird ein Feinlayout erstellt bei dem eine detaillierte räumliche Anordnung aller Arbeitsplätzte und Betriebsmittel sowie Logistikwege und Hilfsmittel erstellt wird. Der günstigste Standort eines Produktsegmentes ergibt sich, wenn die zu erbringende Transportleistung (welche sich aus Produkt von Transport-

[137] Vgl. Seeck (2010), S.124ff.
[138] Vgl. Grundig (2006), S.23ff.
[139] Vgl. Seeck (2012); S.60ff.

menge und Transportstrecke errechnet) minimiert wird, das heißt dass Transportkosten und Transportzeiten minimiert sowie die benötigten Transportkapazitäten reduziert werden.[140]

In einem einfachen Entscheidungsmodell zur Optimierung des Produktionslayouts nach Günther[141] wird die Produktionsstätte mit einem Raster überzogen und mehrere gleichwertige Produktionsstandorte (AO1,AO2….) festgelegt.

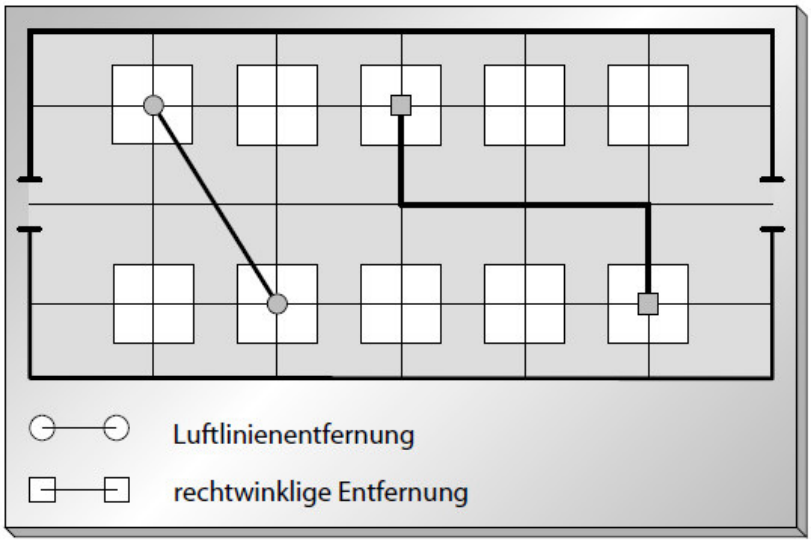

Abbildung 39: Entfernungsberechnung[142]

Die Entfernung zwischen den verschiedenen potentiellen Produktionsstandorten kann je nach Transportationsart einfach bestimmt werden. Wie in Abbildung 39 verdeutlicht kann beispielsweise für einen Hängeförderer einfach die direkte Luftlinienentfernung verwendet werden, während für den Fall des Einsatzes von Flurfördermitteln rechtwinklige Strecken berechnet werden müssen. Die entsprechenden Entfernungen werden in einer Entfernungsmatrix (siehe Abbildung 40) eingetragen.

von/nach	ORT1	ORT2	ORT3	ORT4	ORT5	ORT6
ORT1	0	60	80	20	60	100
ORT2	60	0	60	60	20	60
ORT3	80	60	0	100	60	20
ORT4	20	60	100	0	60	100
ORT5	60	20	60	60	0	60
ORT6	100	60	20	100	60	0

Abbildung 40: Entfernungsmatrix[143]

[140] Vgl. Grundig (2006), S.84ff.
[141] Ibid., S.85ff.
[142] Günther (2005), S.86
[143] Ibid., S.87

Aus den bekannten Transportmengen, welche wiederum in einer Transportmengenmatrix eingetragen werden (sehe Abbildung 41), können durch Summation von Zeilen und Spaltennummern die Transportintensitäten der einzelnen Produktionsstätten berechnet werden.

von/nach	AO1	AO2	AO3	AO4	AO5	AO6	Summe
AO1	0	85	20	18	6	13	142
AO2	30	0	3	1	5	9	48
AO3	32	0	0	0	0	2	34
AO4	36	7	0	0	1	0	44
AO5	9	11	0	4	0	1	25
AO6	27	33	8	0	0	0	68
Summe	134	136	31	23	12	25	
Transport-intensität	276	184	65	67	37	93	

Abbildung 41: Transportmengenmatrix[144]

Im Folgenden wird die Zielfunktion für die Optimierung der Transportkosten des Produktionslayouts dargestellt:

Formel 5: Zielfunktion für die Optimierung des Produktionlayouts [145]

$$\text{Minimiere } Z = \sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} m_{ij} \cdot c_{ij}$$

m_{ij}: Transportmenge von AO i nach AO j

c_{ij}: Transportkostensatz (Kosten pro Mengeneinheit)

Die einzelnen Transportkostensätze für die einzelnen Standorte hängen nun von den Entfernungen der Standorte ab. Die Standorte sind zu diesem Zeitpunkt jedoch nicht bekannt, sodass das ermitteln der Kostensätze entsprechend modelliert werden muss und eine exakte Lösung des Models äußerst schwierig ist. Für die Lösung bedient man sich einem Iterationsverfahren welches einfach und rasch eine ausreichend genaue Lösung liefert.

2.5.2 Wertstromorientierte Produktionslayout

Produktions- und Logistikabläufe, welche mit Wertstromdesign erstellt werden, können anschließend in ein vollständiges Produktionslayout umgesetzt werden. Für die eigentliche Layoutplanung wird zumeist eine 3D-Fabriksplanungssoftware mit integrierten Berechnungs- und Simulationswerkzeugen verwendet. Die saubere Visualisierung,

[144] Günther (2005), S.86
[145] Ibid.

mittels für die Planungsaufgabe angepassten Wertstromdesign, ist in einer mitarbeiterorientierten Planungsvorgehensweise gerade deswegen so wichtig, weil verschiedene Alternativen für entsprechende Umsetzungsentschlüsse einfach und schnell dargestellt und von den Mitarbeitern ganzheitlich verstanden und beurteilt werden können.[146]

Entsprechend den Gestaltungsrichtlinien des Wertstromdesign wird ein materialflussorientiertes Ideal-Layout erstellt, indem die Betriebsmittel entlang des Materialflusses des Wertstromes angeordnet werden. Die in Abbildung 23 dargestellten Grundstrukturen sind stark vereinfacht und stellen lediglich den Idealzustand des Layouts dar. Aus den Restriktionen wie Gebäudestruktur, zulässigen Flächenlasten, Beleuchtung und Klimatisierung sowie den tatsächlichen Flächenabmessungen der Betriebsmittel wird anschließend ein Real-Layout erstellt.[147]

2.5.3 Abgrenzung der Produktionslogistik

Um eine wertstromorientierte Layoutplanung durchführen zu können, müssen einige produktionslogistische Gestaltungsfaktoren berücksichtigt werden. Bereits im Kapitel 2.3.2 „Leitlinien zur Gestaltung der Produktionsprozesse“ wurden viele dieser Aspekte wie beispielsweise die KANBAN Regelung oder die Kopplung mittels FIFO Bahnen beschrieben. Im Folgenden werden einige weitere Punkte dargestellt welche zusätzlich für die Layoutgestaltung von manuellen Großgerätemontagen von Bedeutung sind. Zu diesem Zweck wird zuerst der Begriff der Produktionslogistik abgegrenzt und die Materialflüsse in einem Produktionssystem ganzheitlich betrachtet

Seeck definiert den Begriff der Logistik folgendermaßen: „Die Logistik umfasst die Planung, Steuerung, Durchführung und Kontrolle aller Material- und Informationsflüsse“[148]

Des weiteren wird die Logistik meist in folgende Bereiche unterteilt: [149]

- Beschaffungslogistik
- Produktionslogistik
- Distributionslogistik
- Entsorgungslogistik

Analog zur Definition der Logistik schreibt Seeck: „Die Produktionslogistik umfasst die Planung, Steuerung, Durchführung und Kontrolle aller Produktionsprozesse“[150]. Die

[146] Vgl. Spath (2006), S.585 f.
[147] Vgl. Erlach (2010) S.293 ff.
[148] Seeck (2010), S. 123
[149] Vgl. Bullinger (1994), S.4 ; Vgl. Heiserich (2011), S.11
[150] Seeck (2010), S.123

Hauptaufgabe der Produktionslogistik ist somit die Schaffung einer materialflussgerechten Fabrik, die Planung und Steuerung der Produktion sowie die interne Materialbereitstellung in Produktion und Montage.[151]

Unter dem Materialfluss versteht man die räumliche, zeitliche, und organisatorische Verkettung aller Prozesse zur Herstellung, Bearbeitung und Bewegung von Gütern. Ein Materialflusssystem übernimmt somit die Ver- und Entsorgung der Produktion durch das Umschlagen, Kommissionieren, Transportieren und Lagern von Rohmaterial, Werkstück, Montageteilen, Fertigwaren, Werkzeugen, Vorrichtungen, Prüfmitteln, sowie Hilfsstoffen und Abfällen. Dabei erfolgt in der Regel eine Unterteilung in unternehmensinterne und unternehmensexterne Materialflusssysteme. Die Materialflusssteuerung erfolgt entweder nach dem Bring-Prinzip, wo das Material vom Beschaffungs- oder Produktionslager bedarfsgerecht zur Produktionsstelle gebracht wird, und dem Holprinzip bei welchem die Mitarbeiter die Materialen verbrauchsgesteuert bereitgestellt bekommen.[152]

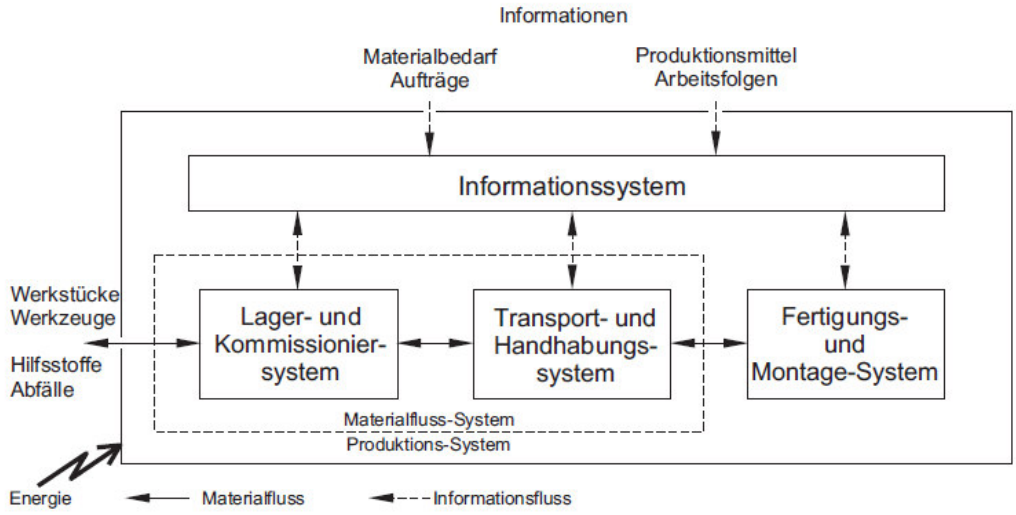

Abbildung 42: Gesamtheitliche Betrachtung des Produktionssystems[153]

Typischerweise umfasst eine Produktion etliche Materialflüsse, welche gleichzeitig parallel ablaufen. Um dabei eine möglichst effiziente Materialflussplanung zu gewährleisten, muss eine entsprechende Materialflussuntersuchung erfolgen um die bestehenden Materialflüsse darstellen zu können und so auslegen zu können, dass die Wegzeiten insgesamt minimiert und die Materialbereitstellung durch Bündelung von Wegen optimiert werden kann.[154]

[151] Vgl. Schulte (2009), S. 347
[152] Vgl. Martin (2009), S.22ff.
[153] Martin (2009) S.24
[154] Vgl. Martin (2009), S.31ff.

2.5.4 Produktionsplanungs- und Steuerung

Als Aufgabe der Produktionsplanungs- und Steuerung (PPS) wird die termin-, mengen- und kapazitätsbezogene Planung und Steuerung der Produktion und Montage gesehen, wobei hohe Termintreue, kurze Durchlaufzeiten, gleichmäßige Kapazitätsauslastung, geringe Bestände sowie eine hohe Flexibilität als Ziel der PPS angesehen werden.[155] Im Weiteren wird lediglich der Gesamtablauf der PPS beschrieben und nicht auf die umfangreichen Teilaspekte eingegangen. Anschließend erfolgt ein Überblick über die wesentlichen Planung und Steuerungsprinzipien, welche bei der Gestaltung eines optimalen Ablaufs in der Montage von Relevanz sind.

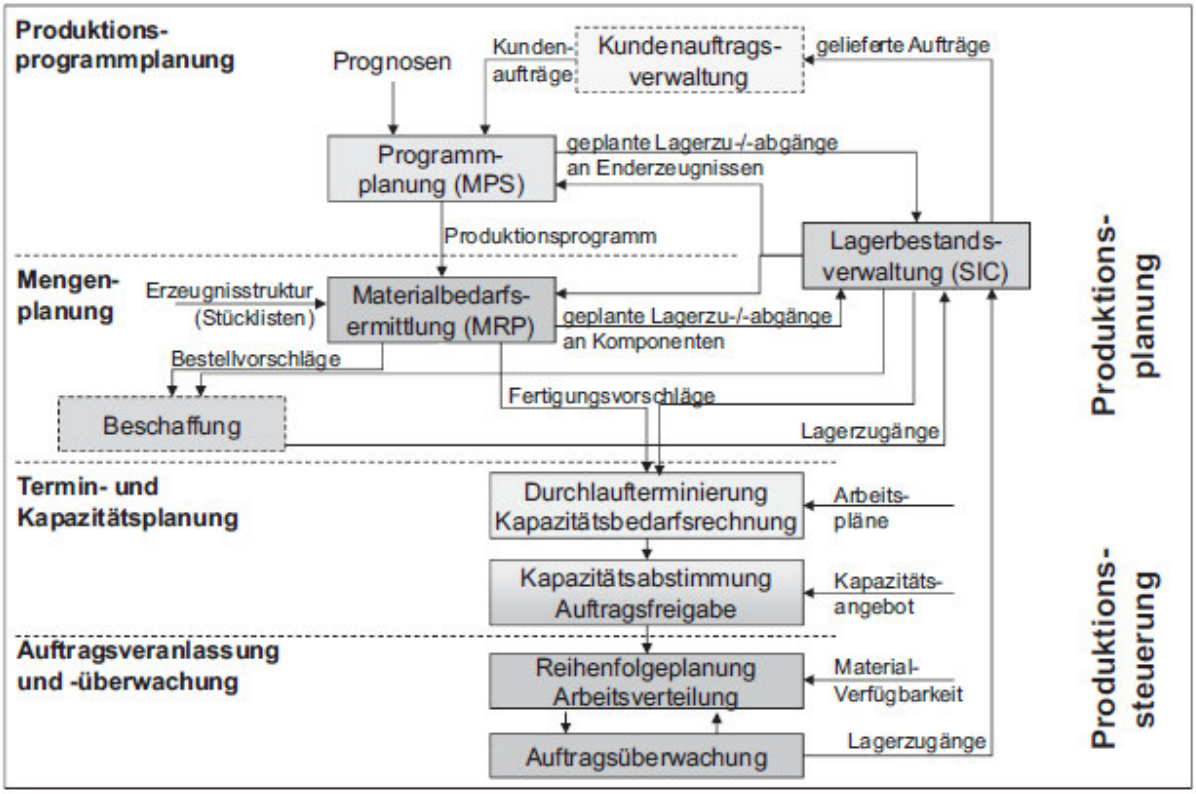

Abbildung 43: Gesamtablauf der PPS[156]

PPS-Systeme nehmen eine zentrale Stellung in produzierenden Unternehmen ein. Neben der kompletten Auftragsabwicklung entlang der gesamten Supply Chain beschäftigt sich die Produktionsplanungs- und Steuerung auch mit der Ressourcenplanung und hat dabei die Aufgabe unternehmensübergreifend zu agieren und bei etwaigen Störungsfällen zu reagieren.[157] Die wahre Durchlaufzeit eines Auftrags korreliert stark mit der Auftragsabwicklung. Abhängig davon wie gut die Kommunikation funktioniert, wird die notwendige Durchlaufzeit aus Produktion, logistischen Tätigkeiten und Transport um die Zeit für die Auftragsabwicklung erhöht. Oft werden Kundenaufträge erst

[155] Vgl. Schuh (2006); S.42
[156] Heiserich (2011), S.219
[157] Vgl. Schuh (2006); S.3f.

sehr spät an die Fertigungsdisposition weitergeleitet, sodass entweder ein Mehraufwand in der Planung entsteht oder die Durchlaufzeit erhöht wird.[158]

In der betrieblichen Praxis werden computergestützte Informations- und Planungssysteme eingesetzt um die Steuerung und Durchführung der ablaufenden Geschäftsprozesse zu unterstützen. Sogenannte Enterprise Ressource Planning Systems (ERP-Systeme) beinhalten Module zum Personalwesen, Buchhaltung, Controlling sowie weitere komplexe Module zur operativen Produktionsplanung und -steuerung. Solche PPS-Systeme sind ursprünglich für den Produktionsbereich entwickelt worden, obwohl sich gezeigt hat, dass PPS- Systeme nur in sehr geringem Umfang echte Planungsfunktionen ermöglichen. Deswegen haben sich sogenannte"Advanced Planning Systems" durchgesetzt, welche die Planungsschwächen der konventionellen PPS-Systeme ausgleichen sollen. [159]

Planung und Steuerungsprinzipien:

Grundlegend wird in der PPS zwischen zwei Steuerungskonzepten unterschieden. Beim schiebenden Verfahren (**Push Prinzip)** werden die einzelnen Teile der Materialflusskette durch ein zentrales PPS System direkt angesteuert und die Start- und Endzeitpunkte aller Produktionsvorgänge vorausgeplant. Dies gelingt unter Verwendung gegenwärtiger Planungsmethodiken meist nur unzureichend und führt zu hohen Beständen sowie einen hohen Planungs- und Koordinationsaufwand. Beim ziehenden Verfahren (**Pull Prinzip)** werden die Produktionsvorgänge direkt oder indirekt durch das Eintreffen eines Auftrages ausgelöst. Es wird also nicht wie beim Push Prinzip für jede Produktionsstufe, sondern lediglich für die letzte Produktionsstufe (z.B. die Endmontage), eine eigener Produktionsplan bereitgestellt. Die letzte Produktionsstufe entnimmt ähnlich einem Supermarkt die benötigte Menge aus dem Lager des Vorproduktes, welches die so entstehende Lücke umgehend auffüllt. So entsteht ein sich selbstregelnder Kreislauf bis hin zur ersten Produktionsstufe. Eine der wichtigsten Umsetzungen des Pull-Prinzips als Steuerungsform ist das Kanban Prinzip. Die Voraussetzung für eine Einsetzung des Pull Prinzips ist ein möglichst kontinuierlicher Produktionsfluss.[160]

2.5.5 Materialbereitstellung in der Montage

Da in der manuellen Montage ein Großteil der Wertschöpfung von den operativen Mitarbeitern geschaffen wird, ist es bei der Optimierung des Montageablaufs besonders wichtig, dass eine entsprechende Materialbereitstellung geschaffen wird, welche beispielsweise Verschwendungen für das Suchen und Besorgen von Material vorbeugt.

[158] Vgl Seeck (2012), S.113ff.
[159] Vgl.Tempelmeier (2005); S.303
[160] Vgl.Reuter (2009), S.47f. ; Vgl.Tempelmeier (2005), S.315 -

Allgemein lässt sich die Materialbereitstellung nach REFA wie folgt definieren: „Die Materialbereitstellung hat die Aufgabe, das im Betrieb verfügbare Material für die Verwendung bei der Aufgabendurchführung in der benötigten Art und Menge termingerecht am Bereitstellungsplatz zur Verfügung zu stellen.“[161]

Während sich aktuelle Literatur vor allem mit der Planung von Montagelinien, der Simulation und der Optimierung der Sequenzierung beschäftigt, bleibt das Thema der Materialbereitstellung weitgehend nicht berücksichtigt. Vor allem bei einer variantenreichen Montage stellt eine effiziente JIT Materialversorgung eine große Herausforderung dar. Entsprechende Modelle und Simulationswerkzeuge zur Planung der Materialversorgung für variantenreiche Montageprozesse existieren allerdings vor allem für Montagelinien der Automobilbranche.[162]

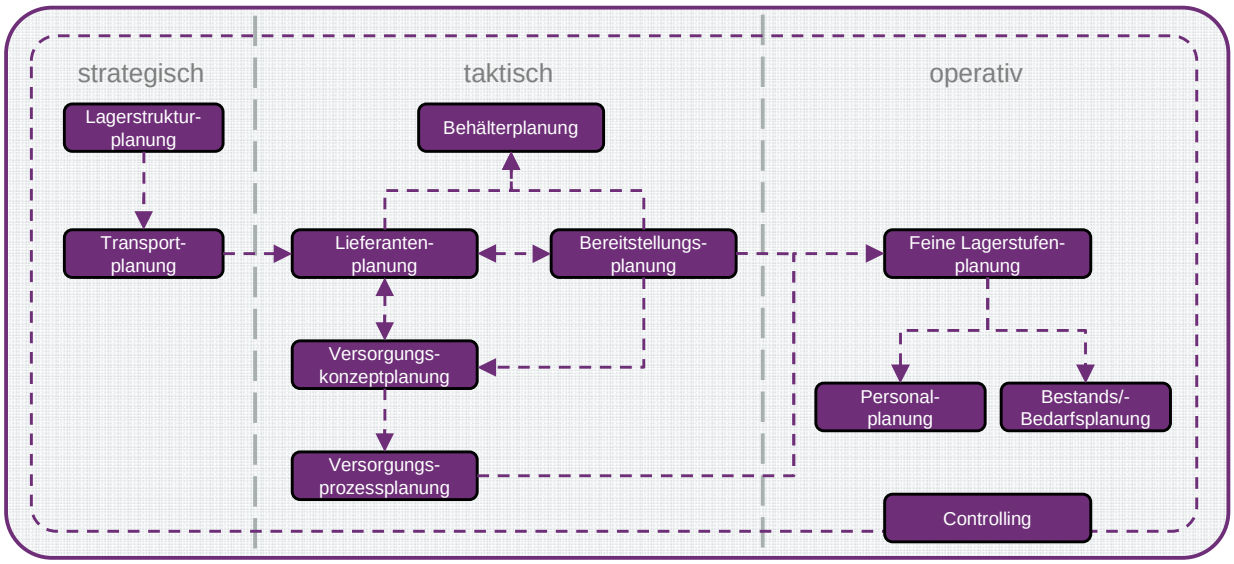

Abbildung 44: Entscheidungslandkarte der Materialbereitstellung

Spezielle Planungsaktivitäten der Materialbereitstellung sowie -versorgung werden als Teil der allgemeinen Logistikplanung genannt.[163] Schneider bezeichnet eine bedarfsgerechte Materialbereitstellung als wichtiges Entscheidungskriterium für die Logistikplanung.[164] Durch herstellen einer Verbindung zwischen Planungsaufgaben und -auslöser, unter Berücksichtigung aller Teilaufgaben (wie z.B. Komplexitätsmanagement, Behälterplanung, Änderungsmanagement, Sourcing, Materialflussplanung und Logistikcontrolling), ist eine zweckmäßige Darstellung einer generischen Entscheidungslandkarte für die Materialbereitstellung in der Montage möglich. (siehe Abbildung 44)

[161] Bullinger (1994), S.7
[162] Vgl. Boysen (2011); S.15ff.
[163] Vgl. Boppert (2008)
[164] Vgl. Schneider (2008)

2.5.6 Lagerbetrieb und Fördertechnik

Durch die Entscheidungslandkarte für die Materialbereitstellung wird ersichtlich, dass die Lagerstrukturplanung sowie die Transportplanung ein wesentlicher Teil der Materialbereitstellung beinhaltet. Dabei ist für den vorliegenden Anwendungsfall vor allem die Kopplung des Montageplatzes mit einer entsprechenden Lagertechnik von Bedeutung, da Großgeräte nur schwer zu handhaben sind und für die Lagerung entsprechend viel Platz beanspruchen. Aus diesem Grund wird im Folgenden eine Übersicht über den Lagerbetrieb und Fördertechnik gegeben.

In der Logistik besteht ein klassischer Zielkonflikt zwischen den Zielen der Verfügbarkeit und Bestandshöhe. Anders als bei anderen Unternehmensfunktionen (Bsp. Produktion und Vertrieb) gibt es in der Logistik ein eindeutiges Ziel, was zu einer „Schizophrenie“ der Logistik führt und somit eine gewisse Fehleranfälligkeit mit sich zieht.[165] Der Zwiespalt zwischen dem Wunsch nach einer hohen Verfügbarkeit und geringen Beständen führt dazu, dass die Bestände eines Lagers von alleine nie kleiner werden, sondern mit der Zeit immer ansteigen. Denn der Druck auf den Disponenten eine entsprechende Verfügbarkeit gegenüber Produktion und Vertrieb zu garantieren, ist im Regelfall höher als der Druck sich intern über hohe Bestände zu rechtfertigen.[166]

> „In der industriellen Produktion gelingt es nur selten, die Beschaffungs-, Produktions-und Distributionsvorgänge zeitlich genau aufeinander abzustimmen. Daher ist Lagerung unvermeidlich.“[167]

Die Notwendigkeit zur Lagerung ist immer dann gegeben wenn der Bedarfszeitpunkt des Teiles (z.B. zur Verbauung in der Montage oder zum Versandt an den Kunden) nach dem Fertigstellungstermin des Produktes bzw. des Lagerzugangs des Teils liegt. Zusätzlich ist es in vielen Fällen wichtig einen Sicherheitsbestand zu führen. Die wesentlichen Gründe für Sicherheitsbestände sind: [168]

- Die nachgefragten **Bedarfsmengen** können nicht als sicher angesehen werden
- Bei den Bestellungen auftretenden **Wiederbeschaffungszeiten** können abweichen
- Die bestellte **Zugangsmenge** kann von der Bestellung abweichen
- Die Aufzeichnungen der **Lagerbestandsführung** können Abweichungen von den tatsächlichen Beständen auftreten

Der Materialfluss wird bei der Lagerung unterbrochen und ist damit nicht mehr kontinuierlich sondern zeitlich verzögert.[169] Entsprechend den verschiedenen möglichen

[165] Vgl. Seeck (2010), S.2ff.
[166] Ibid., S.65ff.
[167] Günther (2005), S.289
[168] Vgl. Günther (2005), S.247ff.
[169] Heiserich (2011), S.59ff.

Anwendungsfällen gibt es unterschiedliche Lagerhaltungssysteme auf welche in der vorgelegten Arbeit allerdings nicht weiter eingegangen wird.

Unter dem physischen Lagerbetrieb versteht man das Ein- und Auslagern, Sortieren sowie das Stapeln und Verteilen der gelagerten Güter. Dazu sind spezielle technische Einrichtungen, Fördermittel, Ladungsträger sowie rechnergestützte Informationssysteme notwendig.[170]

Entsprechende Lagermittel müssen je nach erforderlicher Lageraufgabe nach Bauform und Lagerbetrieb bestimmt werden. Eine Auswahl an Lagermitteln findet sich in anschließender Tabelle:

Tabelle 4 Verschiedene Lagertypen[171]

Lagertyp	Lagerungsart	Lageraufbau	Wichtige Lagertypen
Statisch	Ungestapelt oder gestapelt	Blocklagerung	• Bodenblocklager
		Zeilenlagerung	• Bodenzeilenlager
	Gestapelt mit Regal	Blocklagerung	• Einfahr-/ Durchfahrlager • Wabenregal
		Zeilenlagerung	• Fachbodenregal • Schubladenregal • Palettenregal • Hochregal • Behälterregal • Kragarmregal
Dynamisch	Gestapelt mit Regal	Blocklagerung	• Durchlaufregal, stetig, Schwerkraft oder Antrieb • Durchlaufregal, unstetig, Schwerkraft oder Antrieb
		Zeilenlagerung	• Umlaufregal, horizontal oder vertikal • Verschiebeumlaufregal • Verschieberegal, Tische oder Zeilen • Regal auf Flurförderzeug
	Fördermittel mit Lagerfunktion		• Staurillenlager • Staukettenförderer • Paternoster • Kreisförderer, Schleppkreisförderer • Anhängerwagen • Trolley, Rohrbahn • Elektro Hängebahn

[170] Vgl. Günther (2005), S.289ff.
[171] Vgl. Heiserich (2011) S.64f.

Nach erfolgter Ermittlung des Lagertyps wird als nächstes die jeweilige Lagerplatzzuordnung festgelegt. Die entsprechenden Vor- und Nachteile sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5: Mögliche Lagerplatzzuordnungen[172]

Bezeichnung	Beschreibung	Vorteile	Nachteile
Feste Lagerplatz-zuordnung	Jedem Artikel ist ein fester Lagerort zugewiesen	• Jede Materialart kann am günstigsten Platz gelagert werden, insbesondere bei hoher Entnahmehäufigkeit	• Hoher Raumbedarf • Belegung eines Platzes mit alten und neuen Materialien, kein FIFO-Prinzip
Querverteilung	Mehrere Ladeeinheiten eines Artikeln werden über verschiedene Gänge verteilt	• Zugriffssicherheit bei Ausfall eines Regalbediengerätes • Paralleles Ein-/Auslagern	wie fester Lagerplatz
Vollständig freie Lagerplatz-zuordnung (chaotische Lagerung)	Die Ladeeinheiten werden in beliebige Fächer eingelagert	• Erhöhte Ausnutzung der Lagerkapazität • Flexibilität bei Sortimentsänderungen	• Schlechtere Möglichkeiten der Transportwegoptimierung
Freie Lagerplatz-zuordnung innerhalb fester Bereiche (Zonen)	Die Ladeeinheiten werden nur innerhalb vorgegebener Bereiche (Zonen) frei gelagert	• Trennung von Warengruppen • Zonung nach Umschlaghäufigkeit	• Reduzierung der Kapazitätsausnutzung gegenüber vollständig chaotischer Lagerung

Entsprechend dem verwendeten Lagergut sowie der zu erzielenden Umschlagsleistung gibt es eine Reihe von Ein- und Auslagerstrategien welche je nach Anwendungsfall zum Einsatz kommen. (siehe Tabelle 6)

Tabelle 6: Strategien zur Ein- und Auslagerung[173]

Strategie	Beschreibung	Vorteile
FIFO	Auslagerung der zuerst eingelagerten Ladeeinheiten	• Vermeidung von Alterung
Mengen-anpassung	Auslagerung von angebrochenen und vollen Ladeeinheiten	• Raumnutzung • Wenig Rücklagerung bei Kommissionierung
Wegoptimierte Auslagerung	Auslagerung der Ladeeinheiten mit kürzester Bedienzeit	• Fahrwegoptimierung
LIFO	Auslagerung der zuletzt eingelagerten Ladeeinheiten	• Vermeidung von Umlagerung bei bestimmten Lagertechniken

[172] Heiserich (2011), S.66
[173] Ibid., S.64ff.

Der operative Prozess der Lagerung erfolgt wie in Abbildung 45 dargestellt.

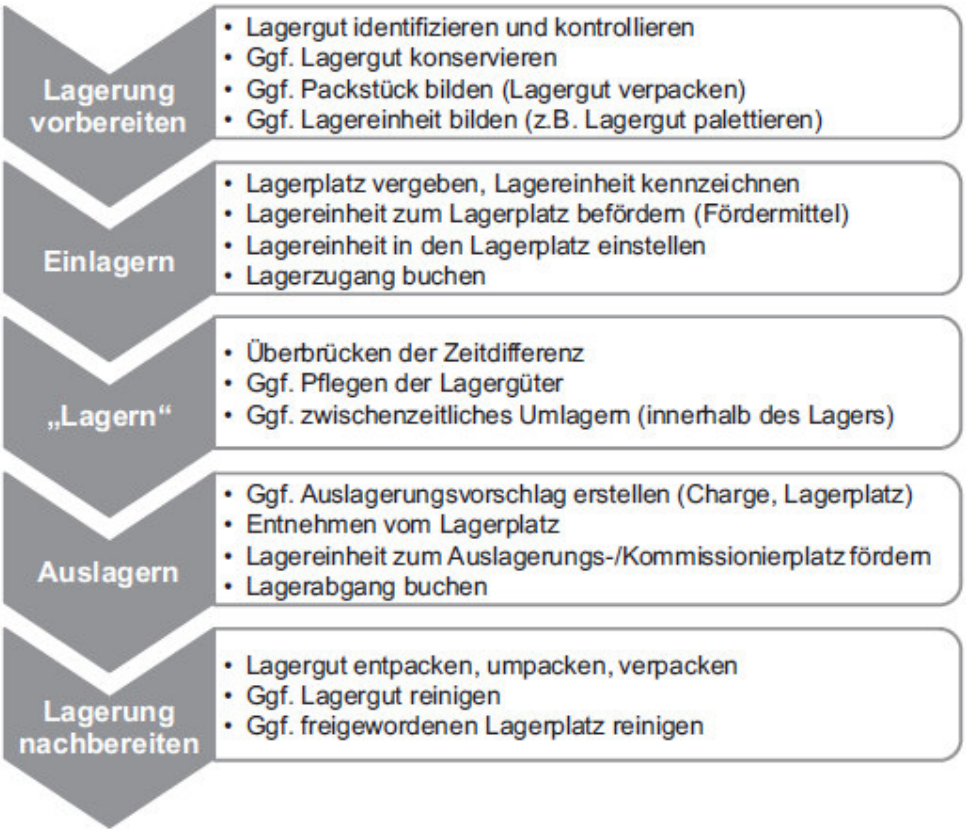

Abbildung 45: Operative Lagerung[174]

Mittels innerbetrieblicher Förderprozesse werden die Abläufe innerhalb einer Produktion miteinander verknüpft. Dazu werden Transporteinheiten festgelegt, um einheitliche Bedingungen für den Materialfluss herzustellen, eine entsprechende Transportorganisation festgelegt welche die Durchführung der Transporte plant, steuert und überwacht und letztlich wird natürlich die Transporttechnik ausgewählt welche entsprechend den Anforderungen an das Fördersystem einen wirtschaftlichen Materialfluss gewährleistet.[175]

Prinzipiell werden Fördermittel in stetig und unstetig fördernde Systeme eingeteilt, welche weiter nach Automatisierungsgrad, Antriebsart, Beweglichkeit und Flurbindung unterschieden werden. Stetigförderer laufen meist im Dauerbetrieb und sind ortsfest installiert, sodass stetige Systeme nur eine beschränkte Flexibilität aufweisen. Im Gegensatz dazu lassen sich Unstetigförderer variabel an die Transportaufgabe anpassen was allerdings zu einem vermehrten, dispositiven Aufwand führt. Eine Aufstellung zu den wesentlichen Fördermitteln der Transporttechnik finden sich in Tabelle 7.[176]

[174] Heiserich (2011), S.67
[175] Vgl. Heiserich (2011), S.74f.
[176] Ibid., S.75ff.

Tabelle 7: Übersicht Fördermittel

Förder-systematik	Flur-gebunden	Automat.-grad	Beweg-lichkeit	Antrieb	Fördermittel
Stetig-förderer	Flur-gebunden	Mechanisiert oder automatisiert	ortsfest	Zugmittel	• Unterflurschleppketten-förderer
	Auf-geständert			Ohne Zugmittel	• Rollbahn • Schwingförderer
				Förder-medium	• Hydraulikförderer • Pneumatikförderer
		mechanisiert		Schwer-kraft	• Rollbahn, Röllchenbahn • Kugelbahn • Rutsche, Fallrohr
		Mechanisiert oder automatisiert		Zugmittel	• Tragkettenförderer • Bandförderer, Gliederbandfördere • Wandertisch, Kippschalenförderer • Paternoster, Z-Förderer
	flurfrei				• Kreisförderer, Schlepplkreisförderer
Unstetig-förderer	Flur-gebunden	manuell	Geführt fahrbar	Einzelan-trieb	• Regalbediengerät
			Frei fahrbar		• Schlepper, Wagen • Gabelhubwagen, Stapler • Luftfilmtransporter
		maschinell	Geführt fahrbar		• Regalbediengerät, Umsetzer • Automatisches Flurförderzeug
			Frei fahrbar		• Automatisches Flurförderzeug
			ortsfest		• Aufzug
	Auf-geständert		Geführt fahrbar		• Kanalfahrzeug, Verteilfahrzeug
		manuell		Muskel-kraft	• Trolley, Rohrbahn
	flurfrei			Einzelan-trieb	• Brückenkran, Hängekran, Drehkran • Stapelkran, Portalkran
		maschinell			• Automatischer kran • Elektr. Hängebahn

2.5.7 Rückverfolgbarkeit

Abschließend stellt die Rückverfolgbarkeit das Bindeglied zwischen klassischer Layoutplanung und produktionslogistischen Aspekten dar und ermöglicht somit eine umfassende Gestaltung der Soll-Zustände

Das Thema RFID (Radio Frequency Identification) stellt aktuell die technische Entwicklung mit dem höchsten Einfluss auf die Logistik dar. Die Technologie hat sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt zwar lediglich in einigen Spezialbereichen durchgesetzt, allerdings lässt die erfolgreiche Implementierung in diesen Bereichen darauf hoffen, dass entsprechende Weiterentwicklungen erfolgen und sich ein breitflächiger Einsatz

von RFID Technologie durchsetzen wird.[177] Bei der Verwendung von RFID Technologie in der Logistik steht ein Unternehmen entsprechend Vor- und Nachteilen gegenüber, welche in Tabelle 8 zusammengefasst sind.

Tabelle 8: Vor- und Nachteile von RFID Technology in der Logistik[178]

	Vorteile	Nachteile
Technisch	• Keine Ausrichtung zum Lesegerät notwendig • Daten abänderbar • Hoher Datenspeicher • Geringer Platzbedarf • Sofortige Identifizierung der Objekte • Synchrone Erfassung mehrerer Objekte • Hitze- und Kältebeständig • Keine physische Abnutzung • Große Lesebeständigkeit • Eindeutige Identifizierung • Geringe Fehlerrate • Umweltzustände können erfasst und aufgezeichnet werden (Monitoring)	• Ungenügende Reichweiten • Ungenügende Standardisierung (Datenschnittstellen und weltweit einheitliche Frequenzen) • Probleme mit Metall, Flüssigkeiten • Störung durch Funk möglich • Datenschutz noch in Entwicklungsphase • Ungenügend Sicherheit, Daten manipulierbar
Betriebs-wirtschaftlich	*Vielfältige / abhängig vom jeweiligen Anwendungsgebiet*	• Hohe Kosten für Integration • Hohe Hardwarekosten (Transponder, Lesegeräte)

Die RFID Technologie hat in der Logistik ein breites Einsatzgebiet, da es Objekten ermöglicht mit ihrer Umwelt zu kommunizieren und ist somit mehr als nur ein Ersatz für den Barcode. Vor allem zur eindeutigen Identifizierung von Artikeln, logistischen Einheiten, Transporthilfsmitteln und Investitionsgütern hat sich RFID in vielen Bereichen bereits durchgesetzt. In anderen Bereichen wie Zahlungsvorgängen, Regalmanagement, Diebstahlsicherung, und vielen anderen ist noch einiges an Entwicklung notwendig bis ein breites Anwendungsfeld möglich wird. [179]

Unternehmen welche RFID bereits umfassend in ihren Unternehmen einsetzen, haben durchwegs positive Erfahrungen damit gemacht. Vor allem eine Reduktion der Fehler- und Ausschussraten, Verbesserung von Rüstzeiten, bessere Materialversorgung und

[177] Vgl. Seeck (2010), S. 169
[178] Vgl. Franke (2006), S.72
[179] Ibid., S. 79 f.

somit insgesamt eine Erhöhung der Produktivität wurde erzielt. Als besonders kritisches Erfolgskriterium wurde die proaktive Integration in bestehende IT Systeme genannt.[180]

In Verbindung mit entsprechen Software kann mittels RFID Technologie eine umfassende Transparenz geschaffen werden, womit genau bestimmt werden kann an welcher Stelle welche Teile verbaut sind. Damit kann die Qualitätsanforderung der Kunden nachvollziehbar erreicht und die Teileverfügbarkeit aussagekräftig überwacht werden. Außerdem kann rasch ausfindig gemacht werden wo bestimmte Teile in einem System verbaut sind.[181] Vor allem Prozesse entlang der gesamten Supply Chain können durch Einsatz von RFID Technologie besser gesteuert werden, da somit die Zustände entlang der Supply Chain in Echtzeit dargestellt werden und Auswirkungen der Steuerungsvorgänge unmittelbar veranschaulicht werden können.[182]

2.6 Umsetzung von Verbesserungsprojekten

Um eine erfolgreiche Umsetzung der im Anschluss beschriebenen Vorgangsweise für die Wertstromanalyse und das Wertstromdesign in der manuellen Großgerätemontage unter Berücksichtigung hoher Variantenvielfalt in der Praxis zu gewährleisten. werden praktische Erkenntnisse aus der Umsetzung von Verbesserungsprojekten dargestellt und die wesentlichen Erfolgskriterien für eine praxisnahe Umsetzung herausgearbeitet. Dabei wird einerseits die generelle Umsetzungsplanung in der Wertstrommethode beschrieben und danach zwei Erfolgsbeispiele für eine erfolgreiche Umsetzung von Verbesserungsprojekten gezeigt.

Für die Durchführung von Verbesserungsprojekten ist in erster Linie das Management zuständig, wobei es ausschlaggebend ist, dass das Management den gesamten Wertstrom des Unternehmens im Blick hat und nicht nur lokale Optimierungen durchführt. Besonders bei umfangreichen Verbesserungsprojekten können nur eine kontinuierliche Teilnahme der Unternehmensleitung sowie das Kommunizieren von Projektfortschritt und Teilerfolgen zu einem positiven Projektabschluss führen.[183]

> „Der Erfolg eines Projektes hängt ganz entscheidend von der Akzeptanz und der Motivation der Mitarbeiter ab, die von den Veränderungen betroffen sind. Insofern wird empfohlen, die Mitarbeiter möglichst frühzeitig über die geplanten Maßnahmen zu informieren und sie in den neuen Themen zu schulen.“[184]

[180] Vgl. Günther (2008), S.153ff.
[181] Vgl. Franke (2006) S. 90 - 93
[182] Vgl. Chen (2013) S- 3390f.
[183] Vgl. Rother (2004), S.90ff.
[184] Kletti (2011), S. 170f.

Dabei ist es von Bedeutung, dass die kritischen Erfolgsfaktoren jeweils spezifisch auf die einzelnen Stakeholder angepasst werden. Besonders das Vertrauen der Geschäftsführung stellt hier die Grundlage für zukünftigen Erfolg dar.[185] Die klassischen Organisationformen von Unternehmen können den vielschichtigen Anforderungen von langfristigen Verbesserungsprojekten, welche durchaus einschneidende Auswirkungen auf die Geschäftsprozesse haben können, nur teilweise gerecht werden. Darum ist es wichtig dass die Organisation bei der Projektdurchführung entsprechend angepasst wird.[186] Im Unterschied zum üblichen Projektmanagement kommt es bei Verbesserungsprojekten vor allem darauf an, dass die erzielten Ergebnisse und vor allem Best Practices aus der Arbeitsweise für weitere Projekte transparent zur Verfügung stehen.[187]

2.6.1 Umsetzungsplanung in der Wertstrommethode

Eine erfolgreiche Umgestaltung der Produktion mittels Wertstromdesign ist nur erfolgreich möglich, wenn man eingefahrene Gewohnheiten unvoreingenommen betrachtet und sich nicht durch scheinbar unüberwindbaren Restriktionen von der Gestaltung innovativer Lösungen abhalten lässt.[188] Für eine erfolgreiche Umsetzung von Wertstromprojekten muss eine entsprechende Stelle die Kompetenzen besitzen, welche für die Entscheidung über Grenzen von Fach und Abteilungskompetenzen hinweg notwendig ist.[189]

Nachdem ein Soll-Wertstrom nach den entsprechenden Gestaltungsrichtlinien der Wertstrommethode gestaltet wurde, muss ein entsprechender Umsetzungsplan erarbeitet werden mit welchem der Zielzustand erreicht werden kann. Um die in der Wertstromdarstellung neugestalteten Prozesse, logistischen Verknüpfungen, erforderlichen Soll-Zeiten und weitere technologische sowie organisatorische Veränderungen zu erreichen, müssen Verbesserungsmaßnahmen durchgeführt werden. Diese Verbesserungsmaßnahmen werden durch einen Blitz im Wertstrom visualisiert. Typische Verbesserungsmaßnahmen sind beispielhaft:[190]

- Durch einführen einer Fließfertigung und Bestimmung des Schrittmacher- Prozesses mit entsprechender Definition der Auftragsfreigabe kann eine signifikante Reduktion der Durchlaufzeit erzielt werden.
- Verschwendungen im Produktionsprozess sowie Arbeitsablauf können beseitigt werden.

[185] Vgl. Magnusson (2004)
[186] Vgl. Koch (2011)
[187] Vgl. Jochem (2011)
[188] Vgl. Erlach (2010), S.260f.
[189] Vgl. Wiegand (2007), S.83
[190] Vgl. Rother (2004), S.90ff. ; Vgl. Erlach (2010) S.261ff.

- Durch vorbeugende Instandhaltung und Steigerung der Prozesssicherheit kann die Verfügbarkeit der Prozesse erhöht werden.
- Rüstzeiten können optimiert bzw. soweit möglich eliminiert werden.
- Durch Anwendung der Wertstrommethode beim Lieferanten kann eine ganzheitliche Optimierung der Produktion erfolgen.
- Ein kontinuierliches Bestreben Überproduktion zu vermeiden kann eine Erzielung eines Flusses ermöglichen.

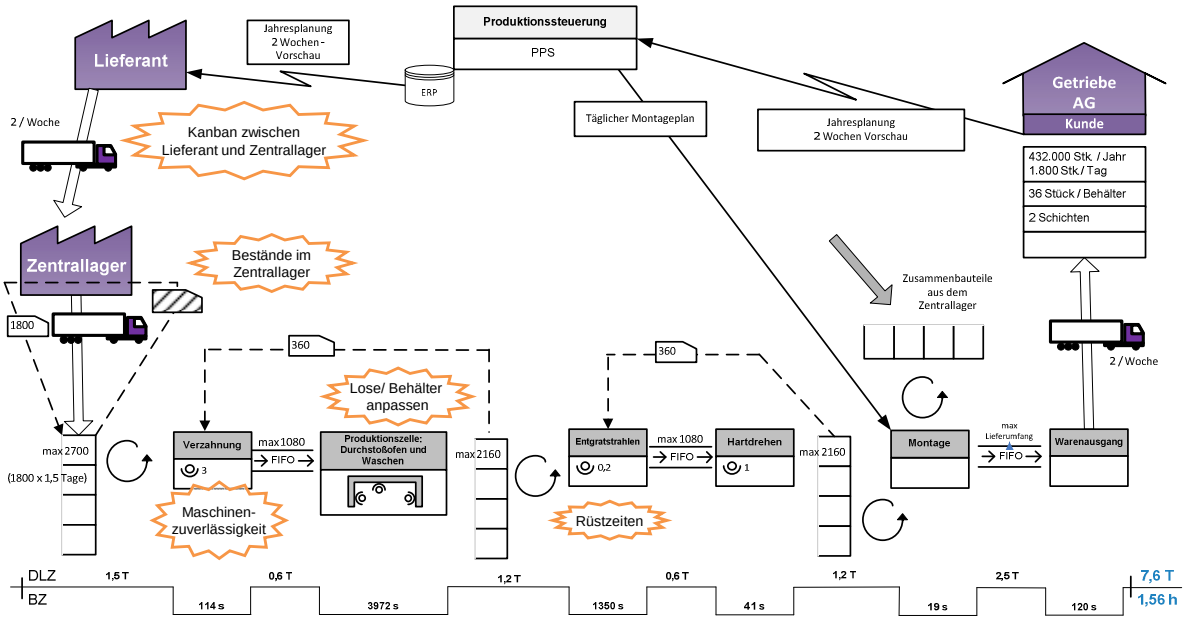

Abbildung 46: Beispiel eines erfolgten Wertstromdesigns mit Verbesserungsvorschlägen

In Abbildung 46 ist schematisch das Beispiel eines einfachen Wertstromdesigns mit aufgezeigten Verbesserungsvorschlägen dargestellt.

Da niemals der gesamte Soll-Zustand des Wertstroms auf einmal umgesetzt werden kann, ist es wichtig die Umsetzung in mehreren Einzelschritten durchzuführen, welche sinnvoll hintereinander abgearbeitet werden können. Dabei ist die Frage relevant, welche Schritte als erstes durchgeführt werden sollen. Soweit sinnvoll sollen alle notwendigen Vorbereitungen und vor allem die Verbesserung des Materialflusses zuerst abgearbeitet werden bevor die einzelnen Prozessverbesserungen durchgeführt werden. Natürlich werden viele Verbesserungsmaßnahmen gleichzeitig abgearbeitet, dabei ist jedoch darauf zu achten dass der Gesamtablauf nicht außer Acht gelassen wird und man sich nicht zu sehr auf Details konzentriert.[191]

[191] Vgl. Rother (2004), S.78ff.

2.6.2 Beispiele für gelungene Verbesserungsprojekte

Als Beispiele für eine langfristig verankerte Kultur und gelungenen Projektumsetzungen von Verbesserungsprojekten, soll Whirlpool Europe und Xerox genannt werden.

Bei Whirlpool Europe ist, um den Erfolg des Programms zu gewährleisten, die Verantwortung für Schulungsmaßnahmen sowie Gesamtführung des Programmes in der obersten Management Ebene verankert. Außerdem finden sich weitere Verantwortlichkeiten durch alle Hierarchieebenen, unter anderem um einen Widerstand innerhalb des Unternehmens vorzubeugen. Eine Akzeptanz seitens der Mitarbeiter kann nur durch eine rechtzeitige Information aller Mitarbeiter erfolgen. Damit wird mit sogenannten „Quick Wins“ eine nachhaltige Motivation von Mitarbeitern und Management erreicht. Als Schlüsselfaktoren wird von Whirlpool Europe, neben der Auswahl geeigneter Projekte und Unterstützung des Managements, die Einbindung entlang der gesamten Wertschöpfungskette genannt. Weiters wird als sehr wichtig empfunden, dass eine Kultur der faktenbezogenen Problemlösung generiert wird. Das heißt, dass die emotionale Betrachtung von Problemen immer mehr in den Hintergrund tritt und statt der Suche nach einem Schuldigen eine (teilweise auch unternehmensübergreifende) Suche nach Verbesserungen angestrebt wird.[192]

Bei Xerox stehen die vier kritischen Erfolgsfaktoren: „Engagiertes Management, Bereitstellung von Ressourcen, sinnvolle Projektauswahl und disziplinierte Durchführung“ im Vordergrund. Eine der häufigsten Ursachen für das Misslingen der Projekte ist die mangelnde Bereitschaft der betroffenen Bereiche die entsprechenden Ressourcen für die Durchführung bereitzustellen. Zusammenfassend werden folgende Punkte bei Xerox als sehr Hilfreich empfunden: [193]

- Erstellung von Benchmarks inner- und außerhalb der eigenen Branche
- Sichtbare Selbstverpflichtung von CEO und Senior Leadership
- Executive Coaching außerhalb des Unternehmens
- Bereitstellung der benötigten Ressourcen
- Kommunikation der Vision und Werthaltigkeit des Programms
- Aufbau von Glaubwürdigkeit durch übereinstimmende Botschaften und nachvollziehbare Erfolge.

[192] Dorff (2007)
[193] Jessenberger (2009)

2.7 Wertstromanalyse und -design in der variantenreichen Großgerätemontage

Bisher wurde die klassische Methode der Wertstromanalyse und Wertstromdesign detailliert beschrieben, alle relevanten Gestaltungsaspekte der manuellen Montage von Großgeräten dargestellt und die Grundlagen der Montagesystemplanung, vor allem der Layoutplanung unter produktionslogistischen Aspekten, erklärt. Abschließend wird daraus, unter Berücksichtigung praxisnaher Erfolgskriterien für die Umsetzung eine Vorgehensweise zur Potentialanalyse, Optimierung und Bewertung einer manuellen Großgerätemontage unter Berücksichtigung hoher Variantenvielfalt vorgestellt.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Anwendung der Wertstrommethode ursprünglich für Fließlinien der Automobilindustrie entwickelt wurde und dementsprechend gewisse Anpassungen für die Anwendung in anderen Produktionsumgebungen notwendig sind.[194] In Montagen mit einer Vielzahl an Varianten ist es nicht einfach einen einzelnen Wertstrom für den gesamten Bereich darzustellen, da variantenabhängig nicht zwangsläufig alle Produktionsschritte durchlaufen werden. Aus diesem Grund ist es besonders wichtig entsprechende Produktfamilien zu identifizieren welche repräsentativ für Produktion oder Montage sind. Dabei wird man vor allem für jene Produktfamilien detaillierte Wertströme erfassen, welche die größte Wertschöpfung erbringen bzw. bei welchen das Produktionsvolumen am höchsten ist.[195]

2.7.1 Vorgehensweise bei der Wertstromanalyse und -design

Im klassischen Maschinenbau werden oft sehr große Bauteile bewegt und bearbeitet, was zum vermehrten Einsatz von Standplatzfertigung und -montage führt. In diesem Fall sind die Produktionsprozesse häufig sehr komplex. Um eine Aussage über die Unterscheidung von wertschöpfenden und nicht wertschöpfenden Tätigkeiten treffen zu können muss also ein entsprechendes Verständnis der Prozesse vorliegen. Deswegen ist zu berücksichtigen, dass die Mitarbeiter entsprechend einbezogen werden, da diese als Know-How Träger das entsprechende Wissen über Prozesse und Prozesszeiten aufgrund Variantenvielfalt und Kundenindividualität besitzen.[196]

Bei der variantenreichen Montage wird es nicht möglich sein während der Wertstromanalyse die Zeiten aller Varianten zu messen. Stattdessen müssen repräsentative Produkte analysiert werden, welche der Charakteristik der zugehörigen Produktfamilie entsprechen, bzw. muss eine entsprechende Menge an Datensets analysiert werden um eine sinnvolle Aussage treffen zu können. Zusätzlich kommt bei der Fertigung bzw. Montage von Großgeräten erschwerend dazu, dass sich die Bearbeitungszeiten über

[194] Vgl. Keil (2012), S.89f.
[195] Vgl. Klevers (2007), S.60ff.
[196] Vgl. Reinhart (2009), S.130ff.

mehrere Schichten ziehen können, sodass notwendigerweise eine gemeinsame Datenaufnahme gewährleistet sein muss um eine entsprechende Analyse durchzuführen.[197] Bei der Analyse ist die folgende Frage wesentlich: „Woher weiß der einzelne Prozess, oder Mitarbeiter an dem Prozess, was als Nächstes zu tun ist?“ Die Betrachtung von Planungsablauf und Steuerung sowie Informationsfluss führt zu wichtigen Aussagen über die Ursachen von Verschwendung.[198]

Neben der Angabe der Maschinenverfügbarkeit ist es bei der manuellen Montage weiters sinnvoll zusätzlich die Prozessverfügbarkeit anzugeben, welche im speziellen durch maschinenunabhängige Störungsfälle wie „Warten auf Material“, „defekte Teile“ oder „Zeichnungsfehler“ beeinflusst wird.

Da der Materialbereitstellung innerhalb der manuellen Montage, unter Berücksichtigung hoher Variantenvielfalt eine wichtige Rolle zukommt, ist es notwendig, entsprechende produktionslogistische Aspekte in der Wertstromanalyse zu berücksichtigen. Dafür ist es zielführend in einem zusätzlichen Zeitstrahl Angaben wie Pufferfläche und Wege für die Materialbereitstellung darzustellen. Außerdem sollen wesentliche logistische Prozesse unbedingt als eigener Prozesskasten in der Wertstromanalyse erfasst werden.

Beim Wertstromdesign darf nicht vergessen werden, dass sich die Analysedaten nicht auf eine 100%ige Datenbasis stützen und somit ermittelte Soll-Zeiten immer mit einer entsprechenden Ungenauigkeit behaftet sein werden. Aus diesem Grund ist es unumgänglich, Mitarbeiter aus den betreffenden Unternehmensbereichen aktiv in den Vorgang des Wertstromdesigns zu integrieren.[199]

Im Folgenden ist die Vorgehensweise beim Wertstromdesign dargestellt, wobei die Anzahl der an den Abläufen beteiligten Mitarbeitern, von der Ideensammlung für die Bildung von Teilprozessalternativen, hin zur Auswahl der besten Wertstromalternative, kontinuierlich abnimmt.

Zu Beginn werden über mehrere Bereiche hinweg Gespräche und Workshops zur Erarbeitung von Verbesserungsideen durchgeführt. Dabei wird versucht mittels Kreativitätstechniken verschiedene Teilprozesse abzudecken und möglichst viele verschiedene Mitarbeiter der beteiligten Prozesse zu integrieren. Anschließend werden diese Ideen zu konkreten Verbesserungsmaßnahmen ausgearbeitet. Diese konkreten Maßnahmen werden im nächsten Schritt nochmals präsentiert, mit den Mitarbeitern durchgesprochen und auf Plausibilität der Annahmen überprüft. Daraus erfolgt in der Regel eine Optimierung der Alternativen. Aus den verbleibenden detaillierten Lösungen werden anschließend entsprechende Wertstromalternativen gebildet, welche nach den im

[197] Vgl. Reinhart (2009), S.130ff.
[198] Vgl. Klevers (2013), S.43ff.
[199] Vgl. Reinhart (2009); S.130ff.

Folgenden beschriebenen Gestaltungsrichtlinien ausgearbeitet werden. Diese Soll-Wertströme werden anschließend beispielsweise mittels des unternehmenseigenen Zielsystems per Nutzwertanalyse bewertet und anhand eines Spinnendiagramms visualisiert. Dabei ist vor allem darauf zu achten, dass langfristige hochtechnologische Lagerlösungen auch dann noch einen entsprechenden ROI aufweisen, wenn sich die Anforderungen während der Laufzeit ändern. Abschließend wird die beste Wertstromalternative ausgewählt und in die Umsetzungsphase begleitet.

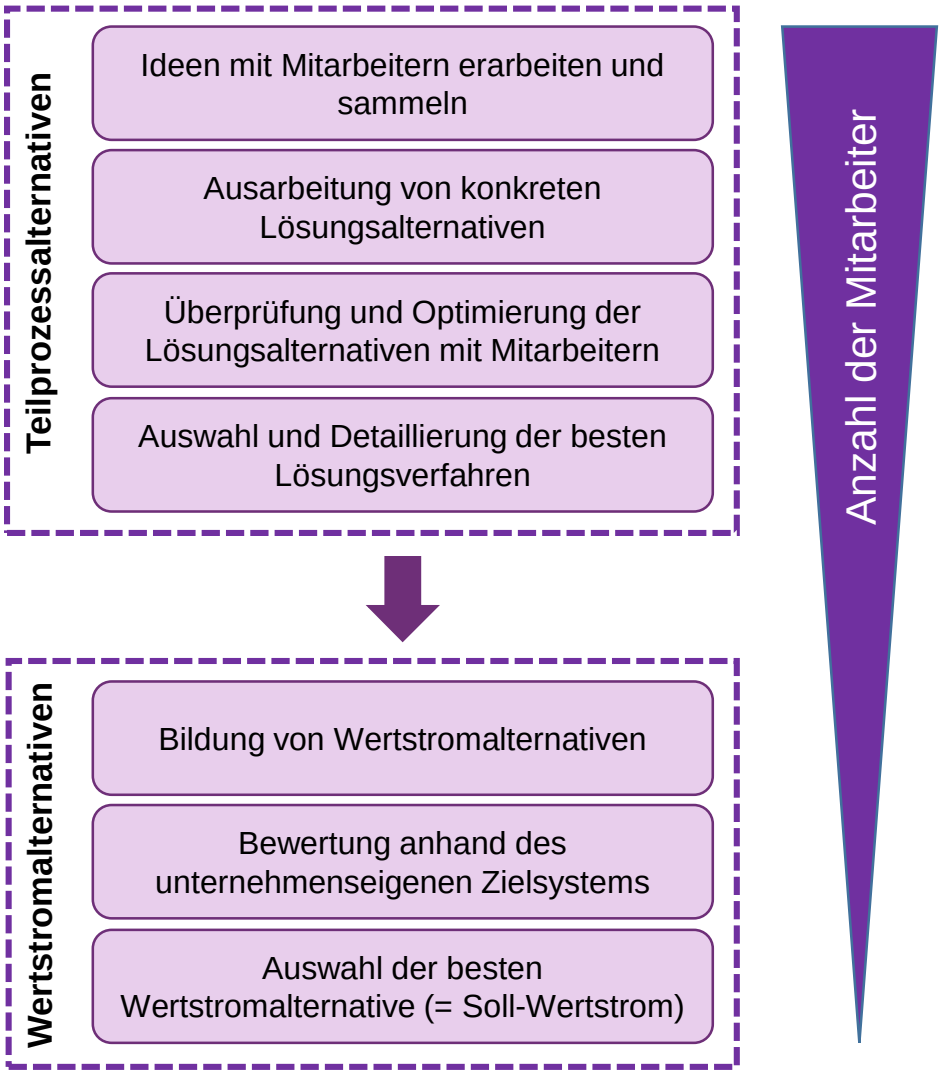

Abbildung 47: Vorgehen Wertstromdesign[200]

2.7.2 Leitlinien zur Gestaltung des Soll-Zustandes

In diesem Kapitel wird beschrieben wie sich die einzelnen Gestaltungsrichtlinien des Wertstromdesigns auf die speziellen Gegebenheiten der variantenreichen Großgerätemontage anwenden lassen:

[200] Vgl. Reinhart (2009); S.134

- Eine **Orientierung am Kundentakt** ist in der variantenreichen Großgerätemontage wesentlich schwieriger umzusetzen als in einer variantenarmen Serienproduktion. Komplexitätsschwankungen, welche zu hohen Schwankungen der Bearbeitungszeiten führen, machen es oft unmöglich nach einem gemeinsamen Kundentakt zu produzieren. Aus diesem Grund ist es unbedingt wichtig eine umfassende Kundenbedarfsanalyse durchzuführen, um eine entsprechende Flexibilität hinsichtlich Kapazität zu erreichen und Rüstzeiten möglichst kurz zu halten.
- Aufgrund der hohen Schwankung der Bearbeitungszeiten und teilweise langen Handhabungszeiten, ist für die variantenreiche Großgerätemontage in den meisten Fällen eine integrierte Montage einer kontinuierlichen Flussmontage vorzuziehen. Eine möglichst weitgehende **Prozessintegration** der Abläufe ermöglicht eine Kapazitätsausgleichung innerhalb des Ablaufs und verringert Verschwendungen durch aufwändige Materialtransporte und Zwischenpufferungen.
- Da wie bereits erwähnt eine Fließmontage nur bedingt möglich ist und Zwischenpuffer soweit möglich vermieden werden sollen, ist eine **Verkopplung der Prozesse mittels FIFO Bahnen** unbedingt soweit möglich anzustreben. Besonders eine Verbindung der Lagertechnik mittels der Montagearbeitsplätze kann auf effiziente Art und Weise mittels FIFO Kopplung erfolgen.
- Eine **KANBAN Regelung** der Montage ist vor allem dort anzudenken, wo nicht rechtzeitig auf die entsprechenden Kundenbedarfe reagieren werden kann und somit eine Reihenfertigung wenig sinnhaft ist. Vor allem bei variantenreichen Produktionen mit langen Bearbeitungszeiten wird man also versuchen die Produktion in vor- und nachgelagerte Produktionsschritte zu entkoppeln und eine entsprechende Losproduktion zu erhalten. Ferner dient die Entkopplung der Produktion auch dazu, lange Prozessketten zu stabilisieren; damit sich Störungen in den einzelnen Prozessschritten nicht aufschaukeln.[201]
- In der Montage ist die Wahl des **Schrittmacher Prozesses** besonders sensibel da sich die Lage des Schrittmachers im speziellen auf die Liefertreue des Prozesses auswirkt.
- Bei der **Glättung des Produktionsvolumens** ist zu berücksichtigen, dass ein Lager zur Glättung der Kundennachfrage aufgrund der Dimension der montierten Großgeräte entsprechend dimensioniert werden muss und in der Regel mit hohen Kosten verbunden ist. Andererseits wird eine reine Glättung mittels Warteschlange bei hoher Variantenvielfalt nicht möglich sein.
- Während bei einer klassischen Linienmontage durch den **Ausgleich des Produktionsmix** eine hohe Flexibilität erzielt werden kann, muss bei der Großgerätemontage berücksichtigt werden, dass Bearbeitungszeiten oft sehr lange

[201] Vgl. Erlach (2010), S.189 f.

dauern können und mitunter sogar über mehrere Schichten gehen können. Darum muss eine entsprechende Entkopplung der Prozesse an der richtigen Stelle erfolgen.

- Bei der variantenreichen Montage kann es zu dem Fall kommen, dass es keinen fixen Engpassprozess gibt, sondern variantenabhängig verschiedene Engpässe auftreten. Eine entsprechende **Verbesserung von Engpässen** kann dann nicht nur über die Wahl des Schrittmacherprozesses erfolgen, sondern muss durch alternative Konzepte zur Flexibilisierung gewährleistet werden.
- Besonders bei der Montage wird durch eine **Trennung und Abstimmung von Arbeitsinhalten** eine Optimierung der Abläufe ermöglicht. Zu diesem Zweck müssen logistische Aspekte beispielsweise der Materialbereitstellung oder ergonomische Anpassungen, unabhängig vom zugrunde liegenden Prozess, betracht und optimiert werden. Erst durch eine gedankliche Trennung dieser Arbeitsinhalte können Verbesserungen fern von eingefahrenen Abläufen erzielt werden, da kein Kompromiss zwischen Bearbeitungsprozessen und logistischen Prozessen getroffen werden muss.
- Ein wertstromorientiertes Layout von Montagesystemen verbindet die einzelnen Montageplätze mit einer entsprechenden Lager- und Fördertechnik. Dabei dient ein geeignetes System zur Rückverfolgbarkeit als Bindeglied zwischen Montageplanung und -steuerung.

Abschließend ist anzumerken, dass es nur bedingt sinnvoll ist, Wertstromdesign über mehrere Branchen hinweg zu standardisieren, da sich die individuellen Eigenschaften der Branchen stark unterscheiden. Neben den branchenspezifischen Unterschieden muss beim Wertstromdesign weiters auf die Besonderheiten der einzelnen Unternehmen eingegangen werden.[202]

[202] Vgl. Reinhart (2009); S.130ff.

3 Praktische Umsetzung

Die im theoretischen Teil der Arbeit beschriebenen Methoden zur Potentialanalyse, Optimierung und Bewertung einer manuellen Großgerätemontage unter Berücksichtigung hoher Variantenvielfalt, soll im Folgenden anhand eines praktischen Beispiels bei der Welser Profile Austria GmbH validiert werden. Dazu wurde in der internen Service Abteilung ESTA, welche für das Einstellen der Werkzeugplatten für die nachgelagerte Profilfertigung zuständig ist, eine Potentialanalyse durchgeführt, Verbesserungspotentiale identifiziert, ein idealer Prozessablauf entworfen. In weiterer Folge wurden mögliche Szenarien zur Neugestaltung des Produktionslayouts erarbeitet und bewertet.

Die Ergebnisse des vorliegenden Projekts sollen dem Unternehmen als Entscheidungsgrundlage für mögliche Investitionen im Zuge der Neugestaltung der innerbetrieblichen Logistik dienen.

3.1 Vorstellung des Unternehmens: Welser Profile Austria GmbH

Die Welser Profile GmbH mit Sitz in Ybbsitz (Niederösterreich) ist der führende Hersteller von Sonderprofilen und Sonderprofilrohren in Europa.[203]

Welser Profile realisiert rollverformte, offene Spezialprofile, geschweißte Profilrohre und komplette Profilsysteme aus Stahl, Edelstahl und Nichteisen-Metallen für ein breites Anwendungsspektrum. Vom Bereich Automotive über Bautechnik bis hin zur Umwelt- und Industrietechnik. Heute beschäftigt das Unternehmen mehr als 1750 Mitarbeiter in den Produktionsstätten Ybbsitz (A), Gresten (A) und Bönen (D) sowie in elf internationalen Verkaufsniederlassungen.[204]

Der Produktionsstandort in Gresten besteht seit dem Jahr 1972 und wurde seit seiner Errichtung kontinuierlich bis zur heutigen Größe, mit einem Betriebsareal von knapp 200.000m², ausgebaut.[205] Während der Standort in Ybbsitz das Technologiezentrum inklusive Konstruktion sowie die Aus- und Weiterbildung der österreichischen Lehrlinge umfasst, beherbergt das Werk Gresten das Vormateriallager, die Fertigung auf den Hochleistungsprofilierstraßen sowie die werksinterne Finalisierung und ist außerdem mit einem betriebseigenen Bahnanschluss verkehrstechnisch erschlossen.[206]

[203] Vgl. Welser Profile (2013a)
[204] Vgl. Welser Profile (2012a), S.2.
[205] Vgl. Welser Profile (2012b)
[206] Gesehen unter: http://www.welser.com/Unternehmen/Standorte, am 13.09.2013

3.2 Relevante Firmenspezifika der Welser Profile Austria GmbH

In den letzten Jahren hat sich die Auftragslage der Welser Profile Austria GmbH wesentlich verändert. Während es in der Vergangenheit viele Aufträge mit einer hohen Anzahl an Laufmetern desselben Profils gegeben hat, sind heute viele kleinere Aufträge mit einer geringen Laufmeteranzahl die Regel. Daraus resultiert ein immer höher werdender Aufwand an Rüstzeiten und demnach ein öfteres Wechseln der Werkzeuge, welche entsprechend öfter vorbereitet werden müssen. Außerdem steigt die Anforderung seitens des Kunden kontinuierlich. Einerseits wird eine immer besser werdende Qualität der Produkte gefordert, andererseits werden die Produkte immer komplexer, sodass eine Zunahme an benötigten Werkzeugen für die Produktion zu verzeichnen ist.

Zusätzlich befindet sich die Welser Profile Austria GmbH in der glücklichen Situation, dass das Unternehmen in den letzten Jahren ein Wachstum der eingehenden Aufträge verbuchen konnte, und es zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht danach aussieht als ob sich dies mittelfristig ändern würde. Allerdings werden die Gewinnmargen in der Branche immer geringer, was den Druck die Produktivität zu steigern erhöht.

3.2.1 Abgrenzung ESTA

Die Abteilung ESTA gilt als Servicebereich der Profilfertigung, und beliefert diese mit Werkzeugplatten, welche an den Profilieranlagen gerüstet werden. Für die ESTA gilt also die Profilfertigung als interner Kunde, welcher durch die Auftragsplanung die entsprechenden Werkzeuge bei der ESTA bestellt.

Je nach Profilieranlage werden für einen Auftrag bis zu sieben verschiedene Werkzeugplatten benötigt. Die Platten sind jeweils mit Profiliergerüsten ausgestattet, von welchen je nach gefertigtem Profil ein bis sechs auf der Platte verschraubt sind (im Sonderfall sind mittels Zwischenadapter auch mehr möglich). Ein Profiliergerüst stellt jeweils ein Rollenpaar dar, auf welchem an Ober- und Unterwelle entsprechende Rollen, Distanzhülsen sowie Gussringe platziert werden können, welche dem Profil bei der Fertigung seine Form geben. Neben den voll bestückten 6er Platten gibt es je nach Produktfamilie auch kleinere Plattendimensionen mit weniger Rollenpaaren (4er, 3er, 2er oder 1er Platten)

Für die folgende Ist-Analyse wurden als Systemgrenze die beiden Hallen 8 & 9 inklusive deren Vorplatz, in welchen aktuell die Werkzeugplatten manuell montiert werden. Räumlich befinden sich die Hallen 8 und 9 an der Grundstücksgrenze des Werksgeländes. Von den Produktionshallen (exklusive Halle 10-15) ist die Abteilung durch die firmeninterne Gleisanlage räumlich getrennt.

Als Input gilt einerseits die Produktionsunterlage (PRU) welche aus der Rollensatzkonstruktion (RSK) an die ESTA geschickt wird, neue bzw. abgeänderte Rollen welche aus der Rollensatzfertigung (RSF), mehrmals täglich, an die ESTA geschickt werden, alle für die Planung notwendigen Systeminformationen sowie die Wechselplatten welche nach dem abrüsten in der Profilfertigung per Stapler in die ESTA transportiert werden.

Als Output werden vor allem die fertig eingestellten Werkzeugplatten betrachtet, welche nach Freigabe in der ESTA per Stapler in die jeweiligen Produktionshallen transportiert werden wo sie für den nächsten Rüstvorgang benötigt werden. Außerdem gelten Aufträge neue Rollen zu fertigen bzw. abzuändern an die RSF als Output.

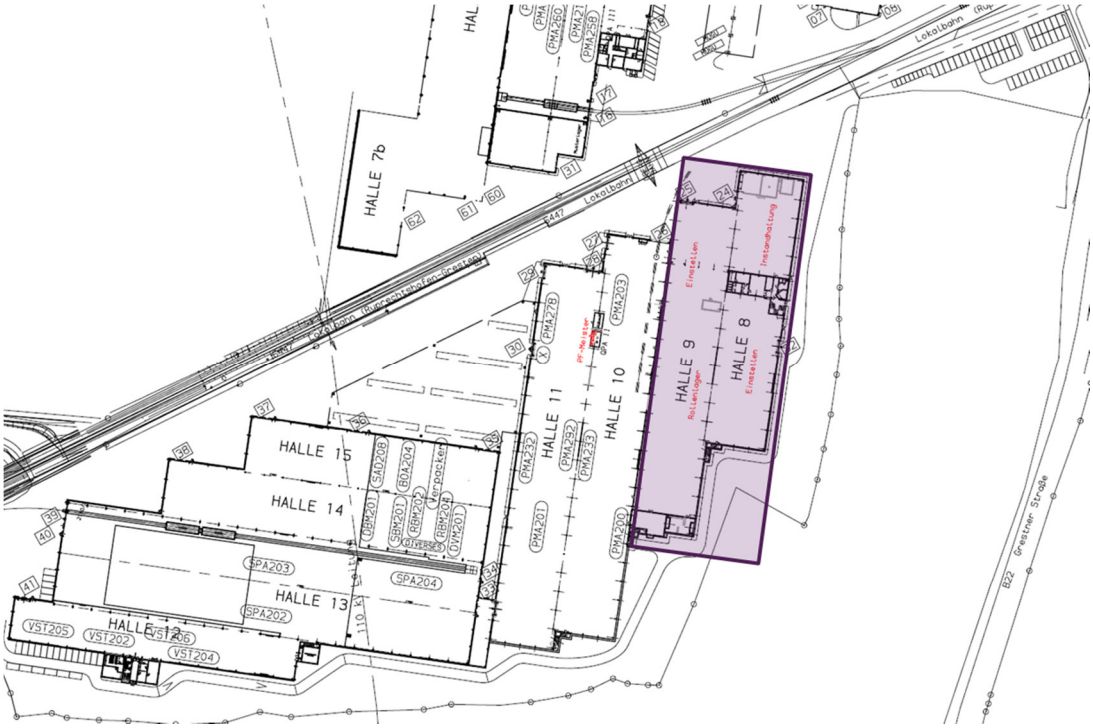

Abbildung 48: Abgrenzung ESTA

Für die Gestaltung des Ideal bzw. Soll-Zustandes werden weiters Schnittstellen mit anderen Abteilungen betrachtet. Allerding wird explizit nicht auf die Prozessabläufe außerhalb der ESTA eingegangen.

3.2.2 Abstimmung mit der Welser Profile Germany GmbH

Da die Prozessabläufe im Bereich Einstellen der Welser Profile Germany GmbH (ESTD) mit den Abläufen der ESTA übereinstimmen und die Voraussetzungen weitgehend ähnlich sind, ist es zweckmäßig die Fortschritte des Projektes regelmäßig abzustimmen und ein für beide Seiten praktikables Konzept zu schaffen. Die im Zuge der Ist-Analyse identifizierten Verbesserungspotentiale der ESTA entsprechen weitgehend den Gegebenheiten der ESTD, welche parallel Analysen am Standort in Böhnen durchführten.

Beim Entwurf des Ideal- bzw. Soll Zustandes wurden von den beiden Produktionswerken jedoch unterschiedliche Wege bestritten, da die von der ESTA bevorzugte Lösung aufgrund des vorhandenen Hallenlayouts nicht analog umgesetzt werden kann. Außerdem herrschen bezüglich Terminzeitplan und Ausprägung von Plattenlager und Spezialisierung der Arbeitsplätze in den beiden Abteilungen verschiedene Ansichten bezüglich einer optimalen Lösung.

3.3 Vorgehensweise bei der praktischen Durchführung

Das Hauptaugenmerk der praktischen Arbeit liegt auf dem Aufzeigen vorhandener Verbesserungslösungen und somit der Erfassung und Analyse der Ist-Prozesse in der ESTA. Dabei sind bei der Ist-Analyse vor allem jene Prozesse von besonderem Interesse, welche eine Wertschöpfung in Richtung des Kunden (der Profilfertigung) leisten.

Zu Beginn waren intensive Gespräche mit Mitarbeitern und Führungskräften innerhalb der Abteilung notwendig, um die verschiedenen Prozesse kennenzulernen und die produktionslogistischen Material- und Informationsströme zu verstehen. Anhand dieser Gespräche konnte ein Entwurf der Wertströme skizziert werden und anhand dessen definiert werden, welche Daten für eine aussagekräftige Analyse in weiterer Folge erhoben bzw. bereitgestellt werden müssen.

Neben der erforderlichen manuellen Aufnahme von Zeit-, Wege-, Flächen- sowie Puffergrößen, für welche die Erstellung von Aufnahmeformularen notwendig war, war ein Austausch mit anderen unternehmensinternen Abteilungen notwendig, um einerseits vorhandene Schwachstellen zu identifizieren und andererseits das Potential möglicher Verbesserungen umfassend zu bewerten.

Sobald alle relevanten Daten vorhanden waren, konnte der Ist-Zustand insbesondere hinsichtlich der Kundenorientierung der Prozesse analysiert werden. Dazu gehörten neben der Analyse von Kundenbedarf und Kapazität vor allem die Tätigkeitsstrukturanalyse des Montageprozesses sowie die Detailanalyse der unterstützenden Prozesse insbesondere der Materialbereitstellung.

Nach erfolgter Analyse konnten die identifizierten Verbesserungspotentiale detailliert beschrieben und anhand der vollständigen Wertstromskizzen visualisiert werden. Aus den auftretenden Verbesserungspotentialen wurde im ersten Schritt ein Ideal-Zustand entwickelt werden und im Weiteren, unter Berücksichtigung der Anforderungen des Unternehmens sowie der örtlichen Gegebenheiten, ein Soll-Zustand modelliert und bewertet werden.

3.3.1 Projektabgrenzung und -zeitplan

Problemstellung

Im Zuge eines neuen unternehmensweiten Logistikkonzeptes sollte eine Potentialanalyse für mögliche Prozessverbesserungen im Servicebereich "Einstellen" erfolgen. Beim Einstellen handelt es sich um einen Montagebereich welcher die Werkzeugplatten, welche später an der Fertigung gerüstet werden, manuell montiert.

Aufgrund des mangelnden Platzes im Einstellbereich kommt es zu vermehrtem Zwischenlagern im ganzen Unternehmen bzw. fällt ein zusätzlicher logistischer Aufwand an. Außerdem kann eine durchgängige Wartung der Werkzeugplatten nicht gewährleistet werden. Der Produktionsprozess ist sehr umfassend und unterliegt aufgrund der verschiedenen Komplexitätsgrade der Produkte einer hohen Streuung bezüglich der Produktionszeit. Der Produktionsprozess umfasst außerdem relativ lange Weg und Wartezeiten.

Projektziele:

Tabelle 9: Projektziele

Sachziele:	• Umfassendes erfassen des Ist-Zustandes • Entwickeln eines Ideal- Zustandes • Potentialanalyse
Formalziele:	• Verbesserungspotentiale erfassen • Ist-Zustand analysieren& visualisieren • Effizienten Ablauf entwickeln • Mitarbeiter in Projekt integrieren • Kundennutzen mehren
Nicht- Ziele:	• Abläufe verkompliziere • Internen Widerstand schaffen

Kritische Erfolgsfaktoren:

- Berücksichtigung aller relevanten Prozessschritte
- Akzeptanz der Mitarbeiter
- Umfassendes Darstellen potentieller Verbesserungen
- Sachliches bewerten der Soll-Szenarien

Zeitliche Abgrenzung:

Tabelle 10: Zeitliche Projektabgrenzung

Ereignis:	Datum
Projektstart: Erstgespräch Gresten ESTA	26.03.2013
Meilenstein 1: Prozess kennengelernt	12.04.2013
Meilenstein 2: IST Zustand & Datenaufnahme abgeschlossen	12.06.2013
Meilenstein 3: IST- Analyse Abgeschlossen	08.07.2013
Meilenstein 4: Soll- Zustand ausgearbeitet und bewertet	27.08.2013
Projektende: Präsentation GF- Welser	04.10.2013

3.3.2 Projektstrukturplan

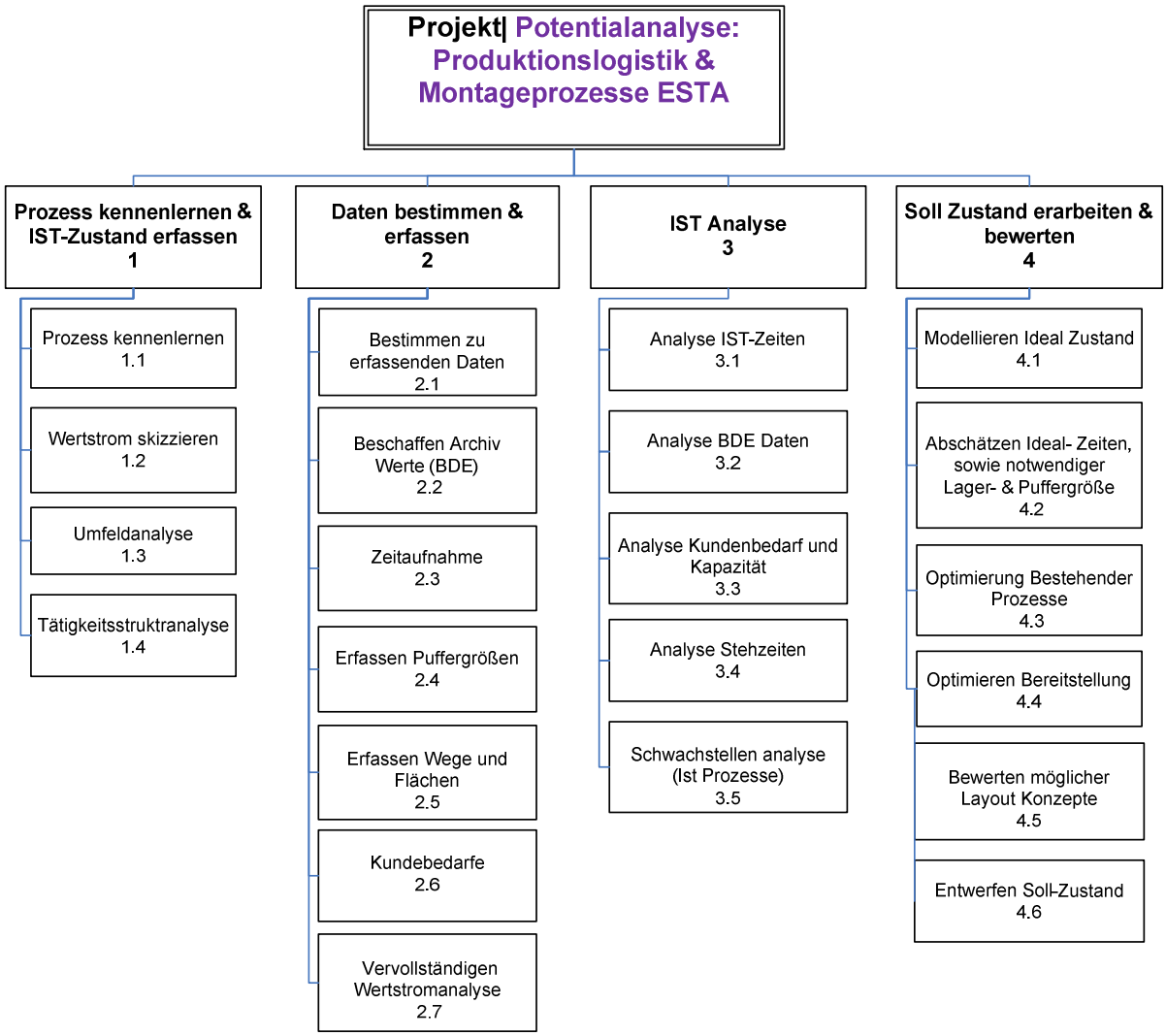

Abbildung 49: Projektstrukturplan

3.3.3 Umfeldanalyse

Tabelle 11: Umfeldanalyse

Personen/ Interessengruppe	Bedeutung, Macht, Einfluss	Einstellungen zum Projekt	Auswirkungen + Erwartungen - Befürchtungen	Strategien/ Maßnahmen
Bewertung	**(1 / 2 / 3) Niedrig - Hoch**	**☹ 😐 ☺ Positiv - Negativ**		
Geschäfts-führung	3	☺	+ Klare Darstellung des Prozess-Potentiales + Umfassende Darstellung der Verbesserungs-potentiale	"Manage Closely" & "Keep Satisfied" • Regelmäßig über Fortschritte/ Abläufe berichten • Über Befürchtungen/ Erwartungen offen reden
Projekt-mit-arbeiter	3	☺	+ Effizienter Prozessablauf + Kundenzufriedenheit und Qualität steigern - Projekt scheitert - Zusätzliche Belastung durch Arbeit am Projekt - Vorschnelle Entscheidungen	"Keep Informed" • Gute Kommunikation • Klare Aufgabensetzung und Ziele
Mitarbeiter	2	😐	+ Besseres Arbeitsumfeld + Erhöhte Qualität + Effizienter Prozess - Abläufe verkomplizieren - Abläufe umstrukturieren - Umgewöhnung	"Keep Informed" • Regelmäßig über wichtige Fortschritte/ Meilensteine informieren • Miteinbeziehen • Schulungen • über Befürchtungen/ Erwartungen reden
ESTD	2	☺	+ Effizienter Prozessablauf + Kundenzufriedenheit und Qualität steigern - Projekt scheitert	"Keep Informed" • Gute Kommunikation • Regelmäßig über wichtige Fortschritte/ Meilensteine informieren • Miteinbeziehen
Kunden (Fertigung)	1	☺	+ Effizienz steigt + Qualität der Leistungen steigt + höheres Vertrauen - Terminverzögerungen	"Monitor" • Über Nutzen informieren • Im Laufe des Projektes versuchen, Betriebsstörungen zu vermeiden und negativen Einfluss minimieren
Lieferanten (RSF)	1	☺	+ Bessere Zusammenarbeit + Höheres Vertrauen - Müssen auch Änderungen vornehmen? - Umgewöhnung	"Monitor" • Über Projekt und Nutzen informieren

3.3.4 Betrachtete Produktfamilie

Für die ESTA gibt es im Prinzip fünf verschiedene Produktfamilien welche sich durch unterschiedliche Plattenabmessungen charakterisieren. Dabei handelt es sich um Platten mit der Bezeichnung: PI-80, PI-120, PI125, PI-160 und PI-200. Im Folgenden wird nicht auf die Spezifika von PI-80 sowie PI-125er Platten eingegangen da diese aufgrund des geringen Auftragsvolumens bzw. dem Fakt dass PI-80 Platten direkt an der Fertigungslinie vor dem Rüsten montiert werden, für die Prozessabläufe in der ESTA nur von geringer Bedeutung sind.

Im Weiteren werden die relevanten Produktfamilien im Detail beschrieben.

PI-120

Im Vergleich zu den anderen Produktfamilien wird bei PI-120 nicht jede Platte einzeln in der Betriebsdatenerfassung (BDE) zum Abbauen bzw. Einstellen bemeldet, sondern lediglich der gesamte Plattensatz erfasst. Des Weiteren sind die Arbeitsplätze für PI-120 so ausgelegt, dass immer zwei 6er-Platten gleichzeitig von bis zu zwei Mitarbeitern bearbeitet werden können. Da PI-120er Platten verhältnismäßig wenig Gewicht aufweisen, können sie vor Ort mit dem Schwenkkran manipuliert werden, wogegen für die schwereren Platten der Hallenkran notwendig ist.

PI-160

Im Vergleich zu PI-120 können die PI-160 Platten nur mit dem Hallenkran manipuliert werden. Anders als bei PI-200 können die meisten Aufbauteile allerdings noch relativ einfach bewegt werden, sodass im Vergleich zu PI-200 ein Mitarbeiter alle notwendigen Arbeiten mit Unterstützung eines Schwenkkrans durchführen kann. Allerdings arbeiten auch hier im Regelfall zwei Mitarbeiter an einem Arbeitsplatz.

PI-200

Im Vergleich zu den anderen Produktfamilien werden bei den PI-200 Platten schwere „AB-Rollen“ anstelle der sonst verwendeten leichteren „PR-Rollen“ eingesetzt. Des Weiteren werden bei PI-200 starke Distanzhülsen verwendet welche einen verhältnismäßig höheren Außenradius besitzen und damit die auftretende Durchbiegung auf den Wellen stabilisiert. Anders als bei PI-160 und PI-120 werden die Distanzhülsen hier beim Abbauen nicht auf Gerüstwägen platziert und in der Waschbox gereinigt, sondern lediglich per Putztuch gesäubert und soweit möglich direkt für den nächsten Auftrag weiter verwendet. Im Vergleich zu den leichteren Platten von PI-120 und PI-160 können die PI-200 Platten nicht mit einem einfachen Gabelstapler befördert werden, sondern erfordern einen Seitenstapler welcher die Platten zur bzw. von der Profilfertigung zur ESTA transportiert.

3.4 Erfassen des Ist-Zustandes

Das gründliche Erfassen des Ist Zustandes ist einer der ausschlaggebenden Punkte bei der Abwicklung des Projektes. Vorhandene Verbesserungspotentiale können nur durch eine genaue Darstellung des Prozesses identifiziert werden bzw. ist eine entsprechende Kenntnisse des Ist-Prozesses notwendig um einen geeigneten Soll-Zustand zu entwerfen und mögliche Verbesserungen umzusetzen.

Um mögliche Verbesserungspotentiale identifizieren zu können ist es in erster Linie wichtig die einzelnen Prozesse entlang der Wertschöpfungskette kennenzulernen und detailliert darzustellen. Um die verschiedenen Teilbereiche entsprechend beschrieben zu können und in weiterer Folge analytische Aussagen zu tätigen, müssen im ersten Schritt gewisse innerbetriebliche Fachbegriffe erklärt bzw. muss der grundsätzliche Prozessablauf beschrieben werden.

3.4.1 Kennenlernen des Prozesses

Grundsätzlich wird in der ESTA zwischen Facharbeitern, welche für das Einstellen der Werkzeugplatten (PAE) zuständig sind (im Weiteren Einsteller genannt), und internem Servicepersonal, welches sich vor allem um produktionslogistische Aufgaben kümmert, unterschieden.

Einsteller (PI120, PI160 und PI200)

Für den Einsteller beginnt der Auftrag sobald er die entsprechende Produktionsunterlage (PRU) erhält. Mittels PAE Aufstellungsplan wird die zu verwendende Wechselplatte bestimmt und mittels Hallenkran oder Schwenkkran auf den Einstelltisch gehoben. Zu diesem Zeitpunkt bemeldet der Einsteller, die Platte am BDE Terminal zum Abbauen. Sofern keine Änderungen an den Produktionsmaterialien durchgeführt wurden beginnt der Einsteller damit die Muttern der Antriebswellen zu öffnen und die Zubehörteile (Z- und E-Teile) sowie Seitenrollentische (SRT) abzubauen. Danach werden die Distanzhülsen und aufgebauten Rollen von der Welle getrennt und auf entsprechenden Gerüstwagen platziert. Bevor weiter vorgegangen werden kann, müssen Profiliergerüste und Wechselplatte mittels Putztüchern gereinigt werden und eine Kontrolle auf Lagerschäden und defekte Kühlleitungen durchgeführt werden. Sofern die Aufstellung der Wechselplatte nicht dem PAE Aufstellungsplan entspricht, ist im nächsten Schritt die entsprechende PAE-Aufstellung herzustellen. Zu diesem Zweck werden unter anderem lange Wellen und hohe Profiliergerüste getauscht bzw. die Aufstellung der Profiliergerüste verändert. Sind volle Gerüstwägen zur Reinigungsanlage gebracht worden, so kann die Wechselplatte als fertig abgebaut bemeldet werden und der Beginn des neuen Einstellauftrags wird bemeldet. Nachdem alle Vorbereitungen, wie das Aufhängen der Rollensatzzeichnung (RSZ), dem Beschriften der Profiliergе-

rüste oder dem Bereitstellen der Gerüstwagen mit den Rollen der entsprechenden Verformungsstufen abgeschlossen sind, kann mit dem Bestücken der einzelnen Rollenpaare (RP) mittels Rollen, Distanzhülen (DH) und Gußringen (GR) begonnen werden. Sind alle Rollenpaare bestückt, können die Muttern auf der Arbeitswelle mit dem Schlagschrauber befestigt werden. Der darauffolgende Einmessvorgang besteht aus der Waagrechtstellung der Arbeitswelle mit dem Innentaster, dem Einstellen der Höhe der Unterwelle mittels Messschiebern, dem seitlichen Einmessen der Unterwelle mit dem Laser sowie dem zustellen der Oberwelle. Danach können Seitenrollentische, Doppelleisten (DL), Support, Einzelleisten (EL) sowie Z- und E-Teile aufgebaut werden. Anschließend wird der Druck der Wellen eingestellt und die fertig eingestellte PAE wird nach optischer Überprüfung freigegeben. Abschließend wird die vom Montageplatz gehoben und zum Abtransport bereitgestellt sowie im BDE als fertig eingestellt bemeldet.

Vorarbeiter und Lagerrechner

Sobald ein Auftrag (im SAP) zur Feinplanung freigegeben ist und die PRU aus der Konstruktion eingegangen ist, wird der Auftrag auf Fehlmengen (Z-Teile, Rollen) geprüft. Fehlende Teile werden falls möglich ersetzt (es werden ähnliche Rollen mit dem CAD Tool gesucht), bzw. bestellt. Sobald der Auftrag geplant wird, werden alle notwendigen Rollen automatisch reserviert. Sie können aber später manuell wieder verfügbar gemacht werden wenn beispielsweise eine der Rollen an einem anderen Ort dringend benötigt wird. Falls Rollen nicht verfügbar sind, weil sie noch in einer Platte eingebaut sind, kann eine Ausbauliste erstellt werden, welche den Einstellern übermittelt wird (diese müssen dann möglichst schnell die Rollen ausbauen und verfügbar machen). Schlussendlich wird die PRU für die Produktion der PAE vorbereitet und den Einstellern zukommen gelassen.

Reinigungsanlage

Die Werkzeugplatten werden vom Stapler aus der Profilfertigung direkt an die Waschbox geliefert, oder im Freien vor der Einstellhalle zwischengelagert. Die Platten werden hochdruckgereinigt und danach mittels Stapler zum Abbauen in der Halle gelagert.

Zusätzlich zur Arbeit in der Waschbox ist es Aufgabe des Wäschers die Waschkabine für Kleinteile zu bedienen. Die abgebauten Rollen, DH, Z-Teile sowie alle weiteren Kleinteile werden von den Einstellern auf einen Gerüstwagen platziert welcher danach zur Kleinteile Waschkabine gebracht wird. Dort werden die Gerüstwagen vom Wäscher (soweit notwendig) vorgereinigt und für die Waschkabine vorbereitet. Die fertig gewaschenen Gerüstwagen werden im Anschluss an den i-Punkt übergeben.

I-Punkt

Gewaschene Rollen werden per Sichtkontrolle auf Tauglichkeit überprüft. Taugliche Rollen werden gescannt und auf einen per Lagersoftware vorgegebenen Platz an einem Gerüstwagen platziert. Von dort werden die Rollen von den Lagerarbeitern abgeholt und im Zentrallager eingelagert. Unzureichende Rollen werden entweder als kaputt verbucht oder sie werden zum Polieren auf die Seite gelegt. Letzteres führen auch die Mitarbeiter am i-Punkt durch.

Zentrallager

Sobald am i-Punkt ein Gerüstwagen vollständig beladen ist, wird im System automatisch ein Auftrag für das Lagerbediengerät angelegt. Parallel werden vom Zentrallagerverwalter Auslagerungsaufträge für die anstehenden Aufträge angelegt, welche die Mitarbeiter im Zentrallager abzuarbeiten haben. Dafür werden nach der Reihe die einzelnen Positionen im Zentrallager wegoptimiert angefahren und die entsprechenden Rollen ein- oder ausgelagert. Zusätzlich besteht die Möglichkeit der Express Auslieferung (z.B. für Ersatzrollen) welche nach Abarbeiten des aktuellen Auftrages automatisch, mittels Prioritätenreihung eingeschoben werden.

Z-Teile Vorbereitung

Die Aufgabe der Z-Teile Vorbereitung besteht darin, die zu verbauenden Z-Teile rechtzeitig aus dem Zentrallager auszulagern und an einer zentralen Stelle in der Halle für die Einsteller bereitzustellen. In weiterer Folge ist es auch ihre Aufgabe nach erfolgter Freigabe des Auftrages in der Auftragsverwaltungssoftware (CRONET), die entsprechenden Z-Teile und Werkzeuge auszulagern und per ausgedruckter Handliste manuell aus dem Lager zu holen und sie zur weiteren Verwendung an einem zentralen Z-Teile Regal zur Verfügung zu stellen. Weiters werden die gewaschenen Z-Teile von der Z-Teile Vorbereitung wieder eingelagert.

Einsortieren/ Logistiker

Sobald ein Gerüstwagen bzw. Waschkorb mit DH oder Standardteilen (Schrauben, Bolzen usw.) in der Waschanlage fertig gewaschen ist, ist es Aufgabe des Logistikers diese zu sortieren und den Einstellern an den jeweiligen Arbeitsplätzen zur Verfügung zu stellen.

Reparatur Profiliergerüste

Wird beim Abbauen (oder zuvor in der Fertigung) festgestellt, dass ein Gerüst beschädigt ist (fehlerhaftes Lager, Welle außermittig, Problem bei der Höhenverstellung usw.) wird das Gerüst zur Reparatur gebracht. Sobald das Gerüst repariert ist, wird es den Einstellern an den Arbeitsplatz gebracht.

Stapler

Großteils in Selbstorganisation werden fertig eingestellte Platten an die Fertigungslinie der Profilfertigung geliefert bzw. abgerüstete Platten zum Waschen/Abbauen in die Einstellhalle gebracht. Dafür steht ein Mitarbeiter zu 100% der Abteilung zur Verfügung. Für die schweren PI-200 Platten steht außerdem zu ca. 30% ein Seitengabelstapler zur Verfügung, welcher telefonisch verständigt werden muss.

Lehrbetrieb

Zusätzlich untersteht der Abteilung ein Lehrbetrieb, bei dem an einem Arbeitsplatz bis zu zwei Lehrlingen das Einstellen der Werkzeugplatten beigebracht wird.

Im Weiteren wird auf den Lehrbetrieb nicht im speziellen eingegangen, da sich die Aufgaben des Schulungsverantwortlichen nicht wesentlich von denen eines regulären Einstellers unterscheiden.

3.4.2 Örtliche Gegebenheiten in der Einstellhalle

Abbildung 50 zeigt das aktuelle Hallenlayout (Halle 8 & 9) in denen sich der Montagebereich befindet. Neben dem Rollenlager, welches den Großteil der vorhandenen Fläche ausnutzt, erkennt man den Montagebereich für PI-160 sowie PI-200, sowie die dazugehörigen Plattenpuffer für abzubauende Platten. Der Produktionsbereich für PI-120 ist örtlich getrennt und grenzt an jenen Hallenbereich welcher momentan von den Bereichen Vorrichtungsbau, Elektronik sowie Werkzeugausgabe genutzt werden.

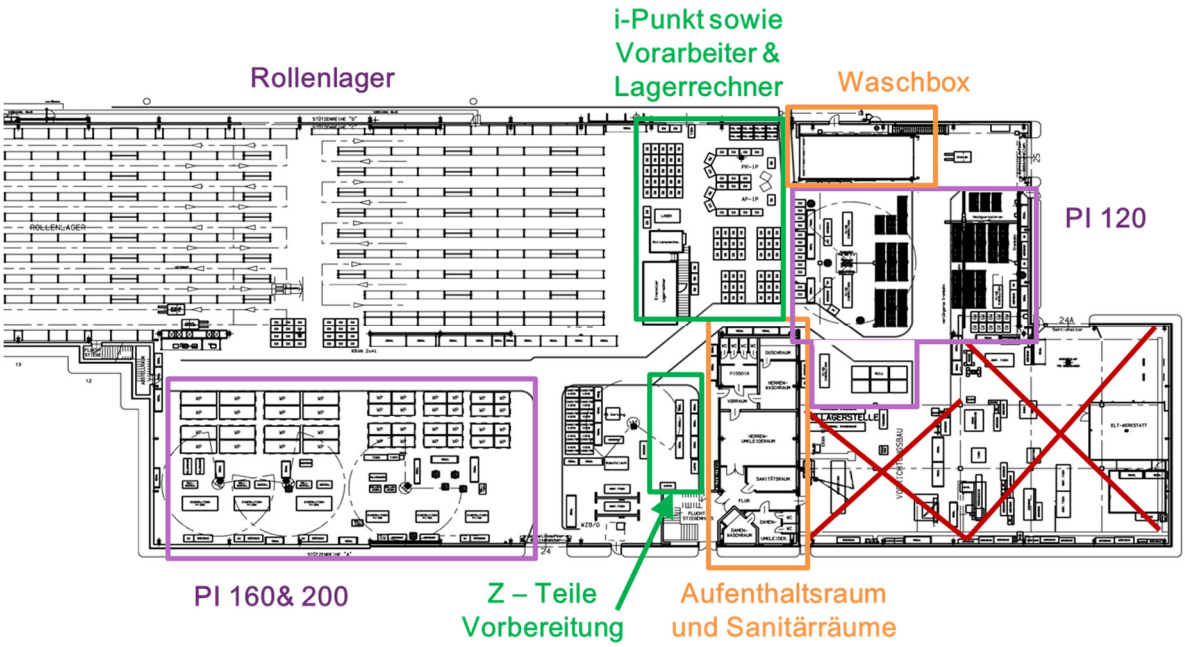

Abbildung 50: Hallenlayout ESTA

Als kritisches Detail für die Neugestaltung des Hallenlayouts treten Aufenthaltsraum sowie Sanitärbereich auf, welche wie ein Raumteiler die Montageflächen abgrenzen.

Durch die aktuelle Aufstellung des Bürocontainers, in welchem Lagerrechner und Vorarbeiter platziert sind, kommt es zu einer Engpassstelle im Gang zwischen Bürocontainer und Sanitärräumen.

3.4.3 Montagearbeitsplätze

Das zentrale Objekt der Montagearbeitsplätze stellt der sogenannte Einstelltisch dar, bei dem es sich um ein Aufnahmegestell handelt, auf welchen Wechselplatten eindeutig positioniert gehoben werden, um vor Ort bearbeitet zu werden. Am Aufnahmegestell sind des weiteren Schlagschrauber zum Öffnen und Schließen der Wellenmuttern, sowie eine Lasermessanlage zum Einmessen der Platten, angebracht.

Des Weiteren verfügt der Montagearbeitsplatz über eine klassische Werkbank, auf welcher alle notwendigen Werkzeuge und Hilfsmittel vorgefunden werden. Neben den Werkbänken befinden sich weiter Gerüste an welchen DH und GR nach verschiedenen Dimensionen sortiert bereitgestellt sind. Zusätzlich ist an den Arbeitsplätzen genügend Platz vorgesehen, sodass jeweils ein leerer Gerüstwagen zum Abrüsten von DH, GR und Rollen sowie die entsprechend notwendigen Gerüstwagen mit zu verbauenden Rollen, verstaut werden können.

Unmittelbar neben dem Arbeitsplatz, befindet sich ein Gestell zur Zwischenlagerung von Seitenrollentischen (SRT), welche mittels Schwenkkran auf die Platte gehoben und verbaut werden können. In der Nähe der Arbeitsplätze finden, sich diverse Kleinteile, welche in verschiedenfarbigen Behältern, entsprechend der Links- Rechts Logik bereitgestellt sind. Weitere Aufbauteile (z.B. Leisten und weitere SRTs) sowie zum Ändern der Aufstellung notwendige Profiliergerüste, werden für mehrere Arbeitsplätze gemeinsam zentral bereitgestellt.

3.4.4 Skizzieren des Wertstromes

Als Teil der Ist-Erfassung wurde der Wertstrom innerhalb der ESTA skizziert (siehe Abbildung 51) welcher den Zusammenhang zwischen Informationsfluss und Materialfluss, sowie die Interaktion der wertschöpfenden Prozessschritte (Abbauen und Einstellen) und den Serviceprozessen in der ESTA, visualisiert.

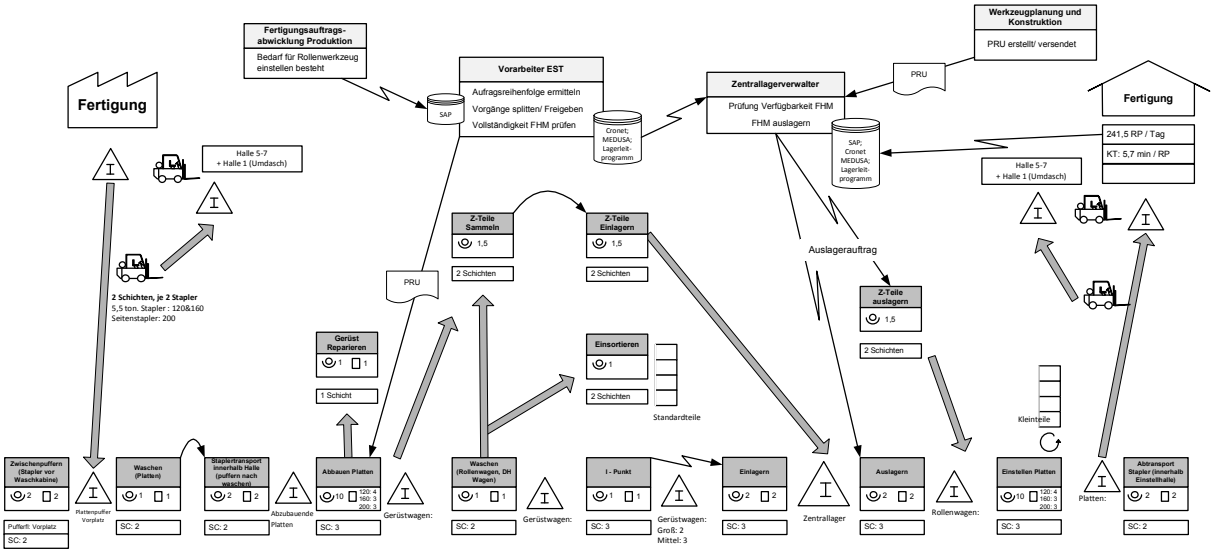

Abbildung 51: Wertstromskizze ESTA

3.4.5 Datenanforderungen definieren

Entsprechend der vorangegangenen Wertstrom Skizze werden die Daten identifiziert, welche notwendig sind um den Wertstrom (wie er in Abbildung 51 ersichtlich ist) zu vervollständigen und die einzelnen Wertströme der unterschiedlichen Produktfamilien zu visualisieren (siehe Detail Wertströme im Anhang).

Zeitaufnahme

Als wesentliche Datengröße welche es zu erfassen gilt, wurden die Zeiten für die einzelnen Produktionsprozessschritte identifiziert. Da die abteilungsinterne Zeiterfassung (mittels BDE Bemeldung) lediglich die Gesamtzeit für das Einstellen und Abbauen erfasst, war es zwingend notwendig Einzelzeiten zur Verfügung zu haben um Verbesserungspotentiale zu konkretisieren und in weiterer Folge einen möglichen Ideal- und Soll-Ablauf zu erarbeiten. Zu diesem Zweck war eine Tätigkeitsstrukturanalyse notwendig um die relevanten Teilprozesse zu erkennen und eine sinnvolle Abgrenzung für die weitere Zeitaufnahme zu treffen.

Stehzeiten und Störfälle

Die im Produktionsprozess auftretenden Störfälle und in weiterer Folge resultierenden Stehzeiten stellen eine weitere relevante Datengröße dar, welche für die Darstellung möglicher Verbesserungspotentiale wichtig ist. Da auch hier keine Kenntnis über konkrete Probleme bei der Produktion aus den Systemdaten ablesbar sind, musste eine entsprechende Erfassung der Stehzeiten im Zuge der Zeitaufnahme durchgeführt werden.

Abteilungsinterne Systemdaten

Eine weitere wichtige Quelle für die Beschreibung und Analyse des Ist-Zustandes, sind die abteilungsinternen BDE Daten, welche eine Auflistung über die Vergangenheitswerte aus bemeldeten Abbau- und Einstellvorgängen beinhaltet. Damit können Auslastung der einzelnen Arbeitsplätze, Streuung der Gesamtprozesszeiten sowie Monatsvergleiche, erstellt und analysiert werden.

Die BDE Daten sind vor allem deswegen von hoher Bedeutung, da somit die Daten aus der Zeitaufnahme mit der Historie verglichen werden können, und eine Aussage über die Vergleichbarkeit und Plausibilität der erfassten Zeiten getroffen werden kann. Neben den BDE Daten sind außerdem Daten zu den tatsächlich geleisteten Arbeitsstunden sowie zum Bedarf seitens des Kunden von Relevanz um eine Aussage über Kundenbedarf und Kapazität treffen zu können. Zusätzlich waren Layout Daten notwendig um später an möglichen Soll-Layouts zu arbeiten bzw. bereits vorhandene Ideen zu bewerten. Des Weiteren wurden alle Informationen gesammelt, welche im Zuge von ähnlichen Projekten bzw. abteilungsinternen Vorabüberlegungen erstellt wurden. Dies beinhaltete Aufstellungen zur Anzahl von Wechselplatten, Aufzeichnungen zur Qualitätssicherung, Leistungskennzahlen sowie Analysedaten zum Thema „Optimierung von Einstellzeiten“.

Aufnahmepuffer

Neben dem Erfassen von Produktions- und Stehzeiten, war vor allem auch die Erfassung der aktuellen Puffergrößen ein wesentlicher Aspekt für die Fertigstellung der Wertstromanalyse.

Aufnahmewege und -flächen

Um in weiterer Folge Aussagen über die Produktionslogistik und im speziellen der Materialbereitstellung treffen zu können, mussten die entsprechenden Wege bzw. Produktions-, Lager- und Pufferflächen erfasst werden. Zu diesem Zweck konnten typische Wege für die Materialbereitstellung, nach entsprechender Analyse der Tätigkeiten der Servicebereiche, aus den vorhandenen Layout Plänen gemessen werden.

Abteilungsübergreifende Systemdaten

Letztendlich waren auch einige abteilungsübergreifende Daten für eine umfassende Darstellung der Situation bzw. möglicher Verbesserungspotentiale notwendig. Zu diesem Zweck wurden unter anderem Informationen zu Krankenstand und Krankheitsbeschwerden bei der Betriebsärztin eingeholt, Statistiken zu den Stehzeiten der Profilfertigung gesammelt, sowie Daten aus der Abteilung WVP (Welser Verbesserungsprozess) besorgt. Außerdem wurden analog zu den in der ESTA ermittelten Daten, wie bereits erwähnt, Abstimmungen mit der ESTD durchgeführt.

3.5 Analyse Ist–Zustand

3.5.1 Analyse Kundenbedarf und Kapazität

Um herauszufinden inwieweit eine Abstimmung der Produktion auf den Kundentakt sinnvoll möglich ist, wurde der Kundenbedarf und im speziellen die Schwankung der zu leistenden Arbeitsstunden analysiert.

Zu diesem Zweck wurde im ersten Schritt der tägliche Bedarf an Rollenpaaren innerhalb der Produktfamilien ermittelt (siehe Abbildung 52). Bereits hier wurde offensichtlich, dass der tägliche Bedarf innerhalb der verschiedenen Produktfamilien stark streut.

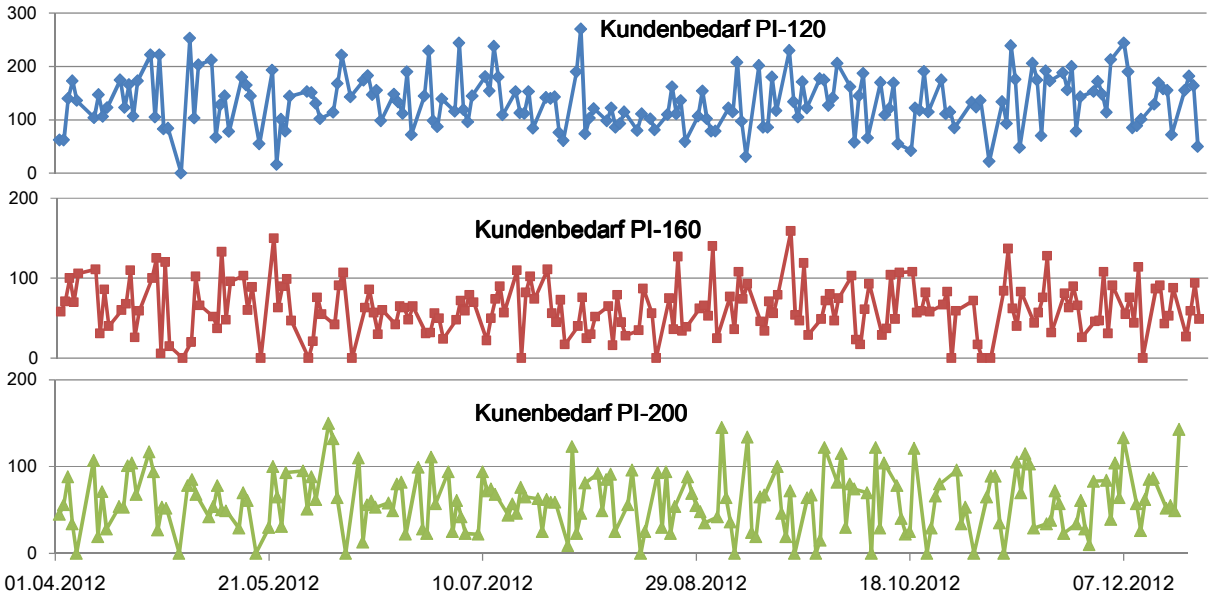

Abbildung 52: Täglicher Bedarf an Rollenpaaren (02.04.- 20.12.2012) ¸ *[in RP pro Tag]*

Da sich die durchschnittlichen Bearbeitungszeiten der verschiedenen Produktfamilien unterscheiden, können sich die tatsächlichen Bedarfe entweder ausgleichen oder zusätzlich aufschaukeln. Deswegen wurden die einzelnen Bedarfe an Rollenpaaren mit Hilfe der ermittelten Durchschnittszeiten in Bedarfe an Stunden umgerechnet. So konnte der tatsächliche Kundenbedarf an Arbeitsstunden pro Tag ermittelt werden (siehe Abbildung 53).

Zum einen ist am Verlauf des Kundenbedarfs ersichtlich, dass der Kundenbedarf ständig zwischen sehr hohen Spitzen bzw. Tiefen schwankt. Andererseits sind keine Regelmäßigkeiten hinter den Spitzen zu erkennen, welche eine entsprechend vorausschauende Adaptierung der Planung ermöglichen würden.

Betrachtet man den zeitlichen Verlauf der tatsächlichen Kapazität innerhalb der ESTA (siehe Abbildung 53), so sieht man, dass die auftretenden Bedarfsschwankungen nur zum Teil mittels Anpassung der Kapazität bewältigbar sind. Aus dieser Erkenntnis

kann man feststellen, dass eine Produktion nach einem einheitlicher Kundentakt für den Bereich ESTA nicht möglich ist, und ein entsprechender Sicherheitspuffer notwendig ist um eine möglichst gleichmäßige Produktion zu gewährleisten.

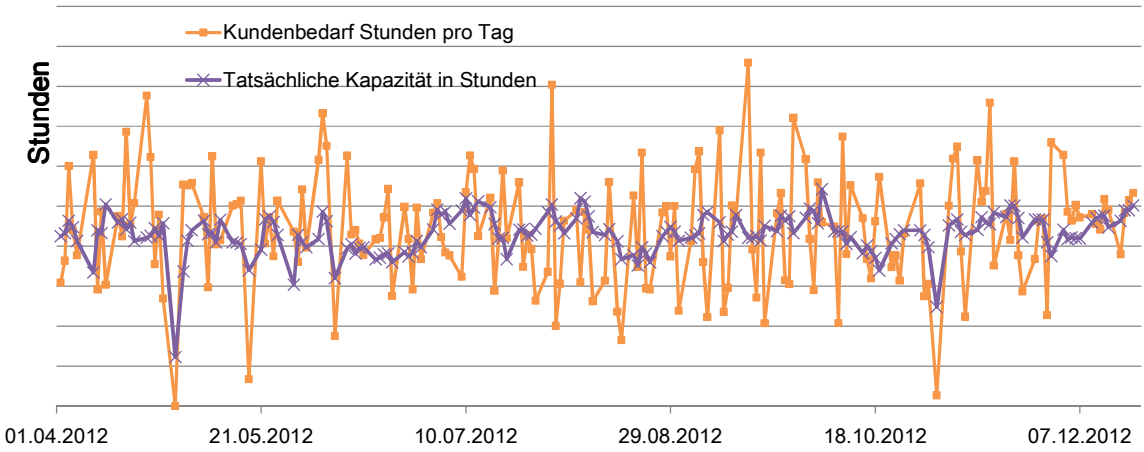

Abbildung 53: Vergleich Kundenbedarf - Tatsächliche Produktion (02.04.- 20.12. 2012) ¸ *[in Stunden pro Tag]*

Um die Höhe des notwendigen Sicherheitspuffers festzulegen wird ein virtueller Bestand bei kontinuierlicher Produktion berechnet. Zu diesem Zweck wird die Differenz aus tatsächlichem Kundenbedarf und Produktion bei durchschnittlicher Kapazität gebildet und kumuliert. Visualisiert man diesen theoretischen Bestandsverlauf (siehe Abbildung 54) so kann man die Höhe des notwendigen Sicherheitspuffer ablesen, die benötigt wird um niemals einen negativen Bestand zu erhalten.

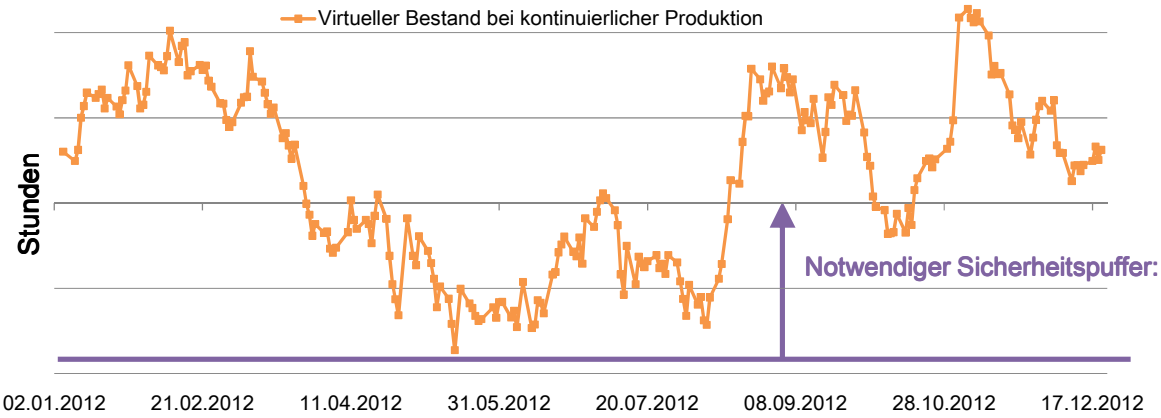

Abbildung 54: Virtueller Bestand (02.04.- 20.12.2012) ¸ *[in Stunden pro Tag]*

Zur besseren Verständlichkeit stellt Abbildung 55 den theoretischen Bestandsverlauf unter Berücksichtigung des Sicherheitspuffers dar. Im Vergleich zur vorigen Abbildung ist also die Nulllinie um die Höhe des Sicherheitspuffers verschoben. Zusätzlich wurde der Bestandsverlauf in Abbildung 55 analog zur obigen Berechnung wieder in Rollenpaare pro Tag umgerechnet.

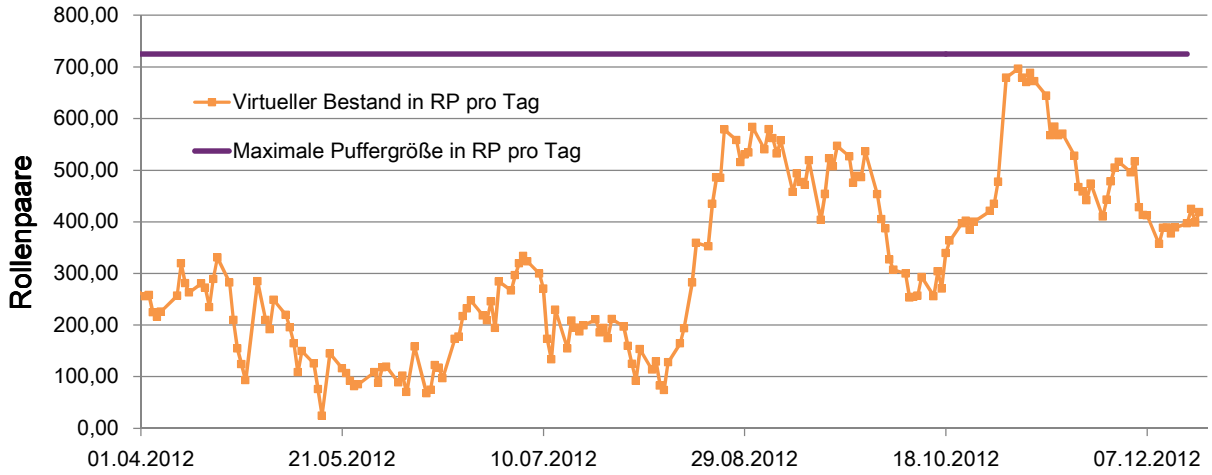

Abbildung 55: Virtueller Bestand inkl. Sicherheitspuffer (02.04.- 20.12. 2012) ¸ *[in RP pro Tag]*

Mit Hilfe dieser Darstellung ist die maximale Puffergröße, welche für die Auslegung des Soll-Zustandes hinsichtlich der Belieferung des Kunden berücksichtigt werden muss, genauso wie die durchschnittliche Puffergröße, einfach ablesbar. Demnach entspricht die maximale Puffergröße 730 Rollenpaaren und die durchschnittliche Puffergröße 350 Rollenpaaren was grob der 1,5 fachen Tageskapazität entspricht.

Diese Erkenntnis entspricht auch den Erfahrungswerten der Vorarbeiter innerhalb der ESTA, welche einen Produktionsvorlauf von 1-2 Tagen als optimal bezeichnen.

3.5.2 Analyse Prozessablauf (Tätigkeitsstrukturanalyse)

Um anschließend eine Zeitaufnahme durchführen zu können, werden zunächst die einzelnen Prozessschritte beim Einstellen der Werkzeugplatten beschrieben. Mit den somit identifizierten Teilabläufe lassen sich die Ist-Wertströme der einzelnen Produktfamilien visualisieren und entsprechende Soll-Wertströme gestalten.

Antransport der Platten und Zwischenpuffern

Der Antransport der Platten erfolgt grundsätzlich sobald die Platten in der Profilfertigung abgerüstet sind. Allerdings können im Regelfall nicht alle abgerüsteten Platten in der ESTA zwischengelagert werden, sodass ein geeigneter Pufferplatz in der Fertigung gefunden werden muss. Außerdem besteht in den Hallen 5-7 die Möglichkeit die Platten unter einem Vordach zwischenzulagern.

Entsprechend der Projektabgrenzung ist der erste für die ESTA relevante Prozessablauf das Zwischenpuffern der Platten am Vorplatz, sofern die Platten nicht direkt in die Waschbox angeliefert werden können.

Waschen der Platten

Das Reinigen der Platten in der Waschbox erfolgt manuell mittels Dampfstrahler. Neben dem Reinigen der Platten ist es weiters Aufgabe des Plattenwäschers die Waschkabine für Gerüstwägen zu bedienen. Allerdings entfällt ein großer Zeitanteil auf das Warten bis der Stapler die Waschbox mit Platten befüllt hat, bevor diese gereinigt werden können.

Staplertransport innerhalb der Halle

Der Transport der Platten an die Pufferplätze erfolgt nach dem Waschen entweder direkt in der Halle (PI-120) oder an einem zweiten Hallentor (Pi160 und 200) um unnötige Staplerwege in der Halle zu vermeiden.

Der Stapler kann die Platten lediglich auf einen freien Platz in der vordersten Reihe des Puffers stellen. Etwaiges Umheben der Platten, um den vorhandenen Platz optimal zu nutzen, muss manuell mit dem Hallenkran durchgeführt werden.

Die Pufferflächen für die Platten stellen den größten Anteil an benötigter Hallenfläche dar.

Gerüstwagen bereitstellen & Arbeitsplatz vorbereiten

Bevor mit dem Abbauen der Platten begonnen werden kann, muss sichergestellt werden, ob Gerüstwagen zum Platzieren der abgebauten Rollen, DH und Z-Teilen vorhanden sind. Ist das nicht der Fall, müssen entsprechende Gerüstwagen vom Bereitstellungsplatz geholt werden.

Abbauen Zubehör

Das tatsächliche Abbauen der Platten beginnt damit, dass Drücke nachgelassen, Oberwelle hinaufgedreht, sowie Zubehör und Seitenrollentische abgebaut werden.

Trennen der Rollen & DH

Neben dem Abbauen des Zubehörs gehört das Trennen der Rollen und DH zum wesentlichen Aufgabenbereich des Abbauens. Dazu werden die Wellenmuttern entfernt, die Brillen gelöst und entfernt sowie Rollen, GR und DH von den Wellen abgenommen und auf den vorbereiteten Gerüstwagen platziert.

Prüfen Gerüst

Sobald alle Aufbauteile abgebaut sind, werden die Profiliergerüste auf Funktionalität. geprüft. Dazu wird eine vorgegebene Checkliste durchgegangen. Soweit notwendig müssen Lager geschmiert werden bzw. wird das Gerüst ausgewechselt falls es nicht mehr funktionstüchtig ist. Für diesen Fall stehen entsprechend Reservegerüste parat. Die abgebauten Gerüste werden zum Reparaturarbeitsplatz transportiert wo sie repariert und anschließend wieder zentral an den Arbeitsplätzen bereitgestellt werden.

In regelmäßigen Abständen erfolgt eine Generalwartung der Gerüste, wo alle Gerüste geschmiert werden.

Reinigen der Platten

Abschließend werden die Platten händisch mittels Putztüchern gereinigt, da beim vorherigen Waschen der Platten nicht alle Zwischenräume gereinigt werden können und zusätzlich Rückstände von den Rollen, Wellen und Zubehörteilen zum Vorschein kommen.

Abtransport Gerüstwagen und Z-Teile

Bevor mit dem Einstellen des neuen Auftrages begonnen werden kann, müssen die vollen Gerüstwagen zum Reinigen an die Waschbox gebracht werden.

PAE Aufstellung anpassen

Falls erforderlich wird die PAE-Aufstellung laut Aufstellungsplan angepasst. Zu diesem Zweck werden beispielsweise Profiliergerüste umgehoben, Antriebswellen geändert und hohe Profiliergerüste oder lange Wellen eingebaut.

Holen Rollen & Z-Teile

Sobald die PAE der gewünschten Aufstellung entspricht, wird die Rollensatzzeichnung sichtbar angebracht und Gerüstwagen der jeweiligen Verformungsstufen werden zum Einstelltisch befördert.

Bestücken Platte

Neben dem Auffädeln der Rollen, DH und GR laut Rollensatzzeichnung, werden außerdem die Gerüste beschriftet, die Brillen positioniert und anschließend die Arbeitswellen festgezogen.

In speziellen Fällen kann es dazu kommen, dass die Rollen erst nach (oder gemeinsam mit) bestimmten Zubehöraufbauten aufgefädelt werden können, da diese ansonsten aufgrund des vorhandenen Platzes nicht im Nachhinein eingebaut werden können.

Beim Bestücken kommt es zu vermehrten Stehzeiten, welche vor allem auf Mängel in der Rollensatzzeichnung, auf mangelhafte Rollen (z.b. Flugrost), bzw. auf falsch ausgelagerte oder nicht rechtzeitig gelieferte Rollen zurückzuführen sind.

Einmessen

Beim Vorgang des Einmessens werden Höheneinstellungen und Axialeinstellungen getroffen, die Oberwelle eingemessen und die Wellen parallel gestellt sowie niedergefahren. Für die Axialeinstellung, welche mittels einer Lasermessanlage durchgeführt

wird, wurde zum Zeitpunkt der Momentaufnahme keine klare Arbeitsanweisung durchgeführt. Jeder Mitarbeiter führte den Vorgang geringfügig anders aus.

Zubehör aufbauen

Der Vorgang des Zubehör Aufbauens stellt einen der zentralen Punkte während des Einstellvorgangs dar. Einerseits muss bereits zu Beginn des Einstellens mittels RSZ sichergestellt werden, ob spezielle Vorkehrungen beim Bestücken getroffen werden müssen um das Zubehör später entsprechend aufzubauen. Andererseits liegt es im Ermessen des Einstellers inwiefern das Einmessen der Platte bereits vor dem Aufbauen des Zubehörs sinnvoll ist. Hier kann keine klare Aussage getroffen werden, da oftmals aufgebautes Zubehör ein Einmessen mittels Lasers behindert oder gar unmöglich macht aber andererseits für den Fall, dass Zubehör zeitgleich mit den Rollen eingebaut werden muss, ein vorheriges Einmessen nicht sinnvoll ist.

Grundlegend werden Z-Teile, Leisten, SR Tische sowie weitere Aufbauten montiert. Dabei schwankt die Komplexität der einzelnen Aufträge enorm, sodass eine einzelne Platte zwischen keinem einzigen und über hundert Aufbauteilen variieren kann.

Bei den Varianten der Produktfamilie PI-160 sind die einzustellenden Platten im Durchschnitt komplexer als bei den anderen Produktfamilien, sodass es zu erhöhten Stehzeiten kommt.

Druck einstellen und Freigabe

Um den Druck auf den Wellen einzustellen wird die Oberwelle niederfahren und auf einen gewissen Wert, welcher zuvor berechnet werden muss, eingestellt. Danach wird eine entsprechende Kennkarte geschrieben und an der Platte befestigt.

Dieser Teilvorgang wird erst seit kurzem praktiziert und lediglich bei den Platten der Produktfamilie PI 160 und PI 200 durchgeführt. Dadurch kommt es zwischen den einzelnen Mitarbeitern zu großen Unterschieden in der Bearbeitungszeit, da nicht alle Mitarbeiter entsprechend auf den Vorgang geschult sind. Außerdem erscheint der generelle Ablauf noch nicht ausgereift und erfordert ein entsprechendes Fine-Tuning.

Bei der visuellen Abschlussprüfung wird die Platte auf offensichtliche Fehler geprüft und abschießend für die Produktion freigegeben.

Platte bereitstellen

Bevor die freigegebenen Platten zum Abtransport bereitgestellt werden wird die für den Abbauvorgang als nächstes benötigte Platte mittels PAE-Aufstellung bestimmt. Im Anschluss werden die Platten mit dem Kran umgehoben. Dabei kommt es teilweise zu großen Wartezeiten, sollte der Kran nicht verfügbar sein.

Abtransport der Platten

Abschließend werden die Platten per Stapler von den Pufferplätzen abgeholt und an die Produktionsanlage transportiert.

Dabei ist anzumerken, dass es keine klar definierten Übergabeplätze gibt, sondern der Staplerfahrer, anhand der an den Platten befestigten Karten den Status der Platte bestimmen muss, um herauszufinden welche Platten an die Produktion geliefert werden müssen.

3.5.3 Analyse Zeitaufnahme

Um aussagekräftig Werte zu erhalten mithilfe deren eine Bewertung des Ist-Zustandes, sowie eine Gestaltung des Soll-Zustandes möglich ist, wurden für alle drei Produktfamilien, jeweils für den Einstell- sowie den Abbauvorgang, mindestens 20 vollständig richtig ausgefüllte Aufnahmeformulare aufgenommen (vgl. Tabelle 12).

Tabelle 12: Anzahl erfasster Datensets

Anzahl Datensets	120		160		200	
	Platten	*RP*	*Platten*	*RP*	*Platten*	*RP*
Einstellen	20	195	21	107	21	128
Abbauen	21	180	23	108	21	121

Im ersten Schritt wurde analysiert wie sich die Tätigkeit des Einstellers verteilt und wie sich die Tätigkeitsverteilung innerhalb der verschiedenen Produktfamilien unterscheidet (siehe Abbildung 56).

Betrachtet man die Tätigkeitsverteilung der gesamten Arbeitszeit der Einsteller innerhalb aller drei Produktfamilien (siehe unteres Diagramm in Abbildung 56), so kann man erkennen, dass das „komplexe“ Einstellen (Zubehör aufbauen, Einmessen sowie Druck einstellen und Freigeben) lediglich 37,4 % ausmacht. Wogegen 13,9% der Arbeitszeit für logistische bzw. organisatorische Tätigkeiten, wie dem Auswählen sowie Umheben von geeigneten Platten für den nächsten Auftrag oder dem Holen von Rollen sowie Z-Teilen, aufgewendet wird und die restliche Arbeitszeit für einfache bzw. Routinetätigkeiten verwendet wird.

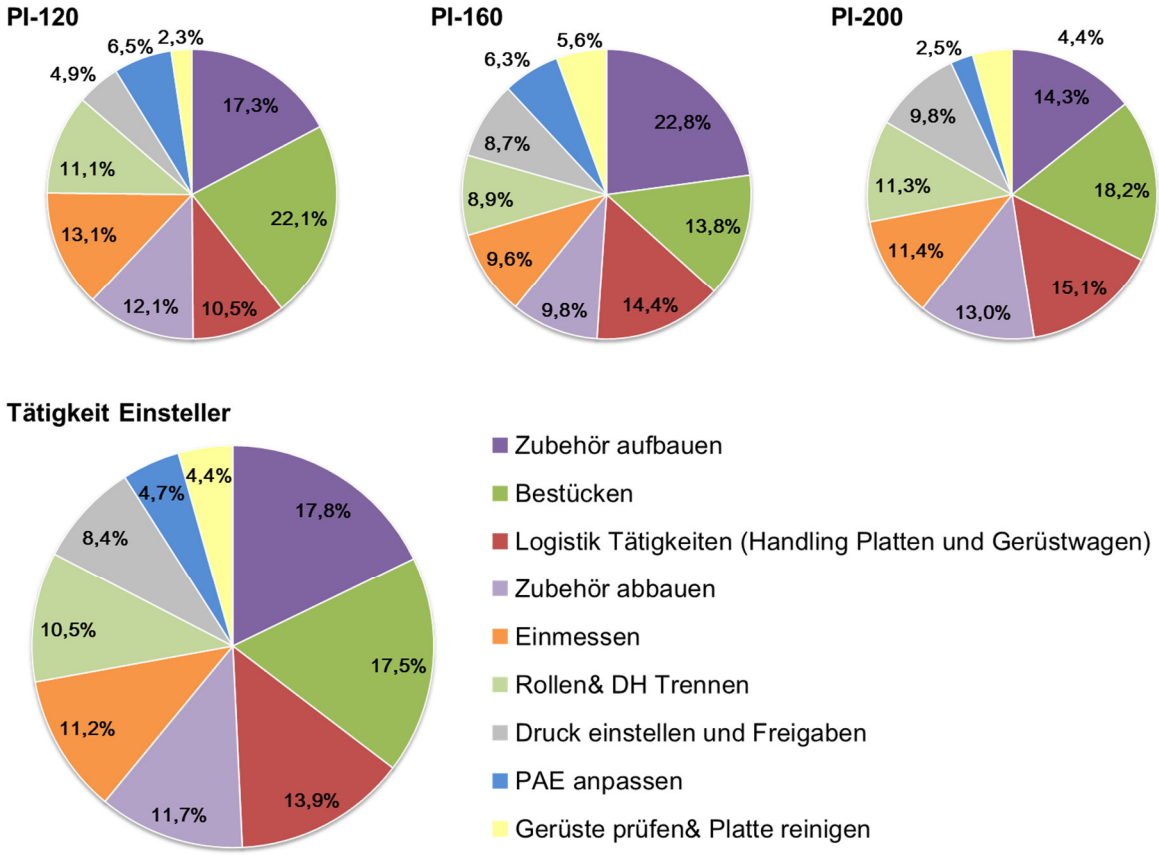

Abbildung 56: Verteilung der Tätigkeiten

Dieses Verhältnis ändert sich zwischen den verschiedenen Produktfamilien nur geringfügig (Siehe Abbildung 56, oben). Lediglich bei PI 120 fällt der Anteil an logistischen Tätigkeiten verhältnismäßig gering aus, da für diese Produktgruppe kein Hallenkran für die Manipulation der Platten notwendig ist.

Im nächsten Schritt wurden die einzelnen Tätigkeiten im Detail analysiert um die Streuung der Prozesszeiten zu bestimmen sowie Unterschiede zwischen den Produktfamilien zu identifizieren. Zu diesem Zweck wurde die durchschnittliche Bearbeitungszeit pro Rollenpaar ermittelt und diese um die Standardabweichung ergänzt.

Die Bearbeitungszeit errechnet sich wie folgt:

$$Bearbeitungszeit = \frac{Prozesszeit\ f\ddot{u}r\ eine\ Platte\ \times Anzahl\ der\ Mitarbeiter}{Anzahl\ der\ bearbeiteten\ Rollenpaare}$$

In Abbildung 57 werden exemplarisch vier Teilprozesse angeführt, welche für die weitere Identifizierung von Verbesserungspotentialen besonderen ausschlaggebend waren.

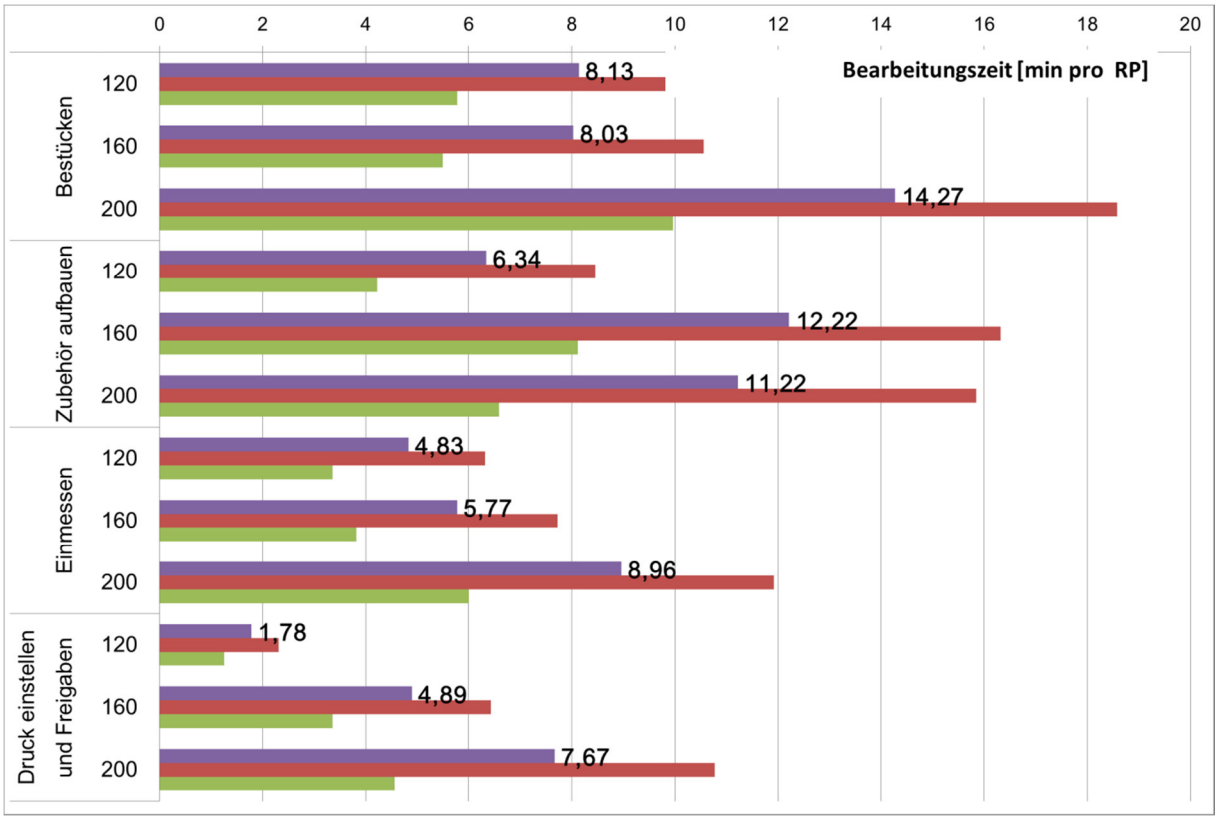

Abbildung 57: Exemplarische Ergebnisse der Zeitaufnahme

Insgesamt kann man sagen, dass die Bearbeitungszeiten, der für die Gestaltung des Prozessablaufes relevanten Tätigkeiten, einer hohen Streuung ausgesetzt sind welche vor allem auf den unterschiedlichen Komplexitätsgrad der Aufträge zurückzuführen ist

3.5.4 Analyse Stehzeiten

Betrachtet man die Verteilung der auftretenden Störfälle (Abbildung 58) so stellt man fest, dass die Störarten Werkzeugmängel, Warten auf Kran, Zeichnungsmängel, und Zeichnungsmängel zu je 20% den größten Anteil an den auftretenden Stehzeiten haben.

Vergleicht man die im Zuge der Zeitaufnahme ermittelte Verteilung der Störgrößen mit den historischen Werten aus der BDE, so fällt vor allem auf, dass der Block „defekte Gerüste“ in der BDE Historie bedeutend gewichtiger ist. Dies rührt daher, dass quartalsmäßige geplante Wartungsarbeiten an den Gerüsten in der Regel von den Facharbeitern als Stehzeiten bemeldet werden. Der geringere Anteil an Stehzeiten aus Zeichnungsmängeln rührt daher, dass auch dies in der Regel kleinere Fehler darstellen welche nur selten bemeldet werden. Der Unterschied in der Verteilung der Störfälle aus Einstell- und Nachvermessungsaufwänden erklärt sich durch gezielte Aktionen die seitens der Abteilungsleitung in den letzten Monaten getätigt wurden.

In der BDE Erfassung fehlt die Möglichkeit Stehzeiten aus Auslagerfehlern zu bemelden. Oft werden diese Fehler dann als Werkzeugmängel bemeldet, was die entsprechenden höheren Werte bei der BDE Auswertung erklären. Besonders die Störfälle aus Auslagerfehler sind jedoch besonders kritisch, da zusätzlich zu auftretenden Stehzeiten auch Qualitätsmängel entstehen können sofern die Fehler nicht bemerkt werden.

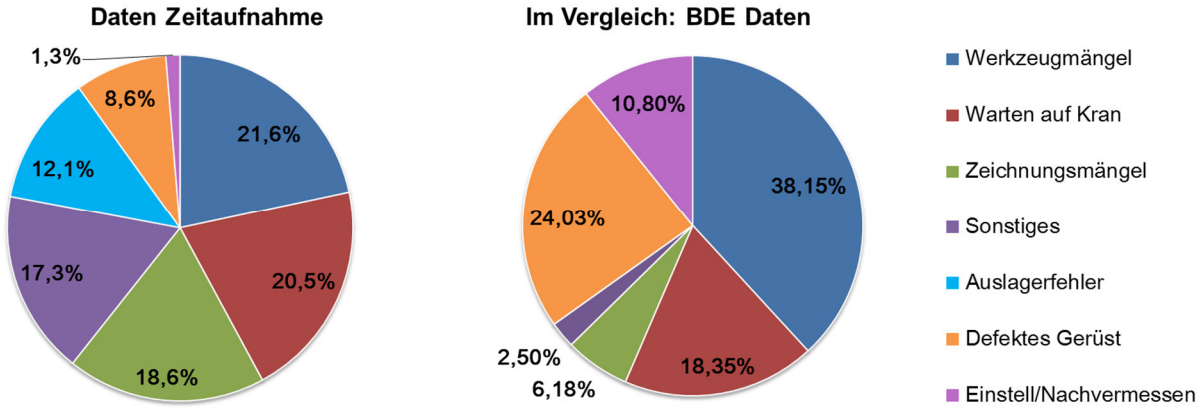

Abbildung 58: Verteilung auftretender Störfälle

In der Verteilung aus der manuellen Zeitaufnahme treten vermehrt Fälle auf welche unter „Sonstige Störgrößen“ zusammengefasst werden. (z.B. Keine DH/GR vor Ort; Putztücher nicht vorhanden; Ersatzblatt fehlt; Aufkleber fehlt; Diverse Reparaturen etc.) Vergleicht man die im Zuge der Zeitaufnahme ermittelte Verteilung der Störgrößen mit den historischen Werten aus der BDE, so fällt vor allem auf, dass der Anteil an Störgrößen bei der BDE Auswertung ungemein geringer ausfällt. Nach vertiefenden Gesprächen mit den Facharbeitern ist dies darauf zurückzuführen, dass kleinere Stehzeiten in der Regel nicht im BDE bemeldet werden, da der dafür notwendige Aufwand in keiner Relation zur tatsächlichen Stehzeit ist.

Stellt man die Anzahl auftretender Störgrößen bezogen auf die Arbeitszeit aus BDE Historie und erfassten Werten aus der Zeitaufnahme gegenüber, so kann man feststellen, dass sich die Verteilung innerhalb der Produktfamilien qualitativ ähnlich verhält (siehe Abbildung 59). Jedoch sind die manuell ermittelten Werte quantitativ wesentlich höher, was sich mittels den nicht bemeldeten „kleineren Störfällen“ leicht erklären lässt.

Beim wesentlich komplexeren Einstellen treten im Vergleich zum Abbauen mehr Störungen auf, außerdem sind die Störungen bei PI-160 am höchsten, was aufgrund der höheren Komplexität der einzustellenden Werkzeugplatten logisch erscheint. Um gezielte Aktionen zu setzten um die auftretenden Störfälle zu vermeiden, dient eine Detailauswertung der Stehzeiten (Siehe Anhang Abbildung 79) bzw. eine Auswertung der Stehzeiten je Störfall.

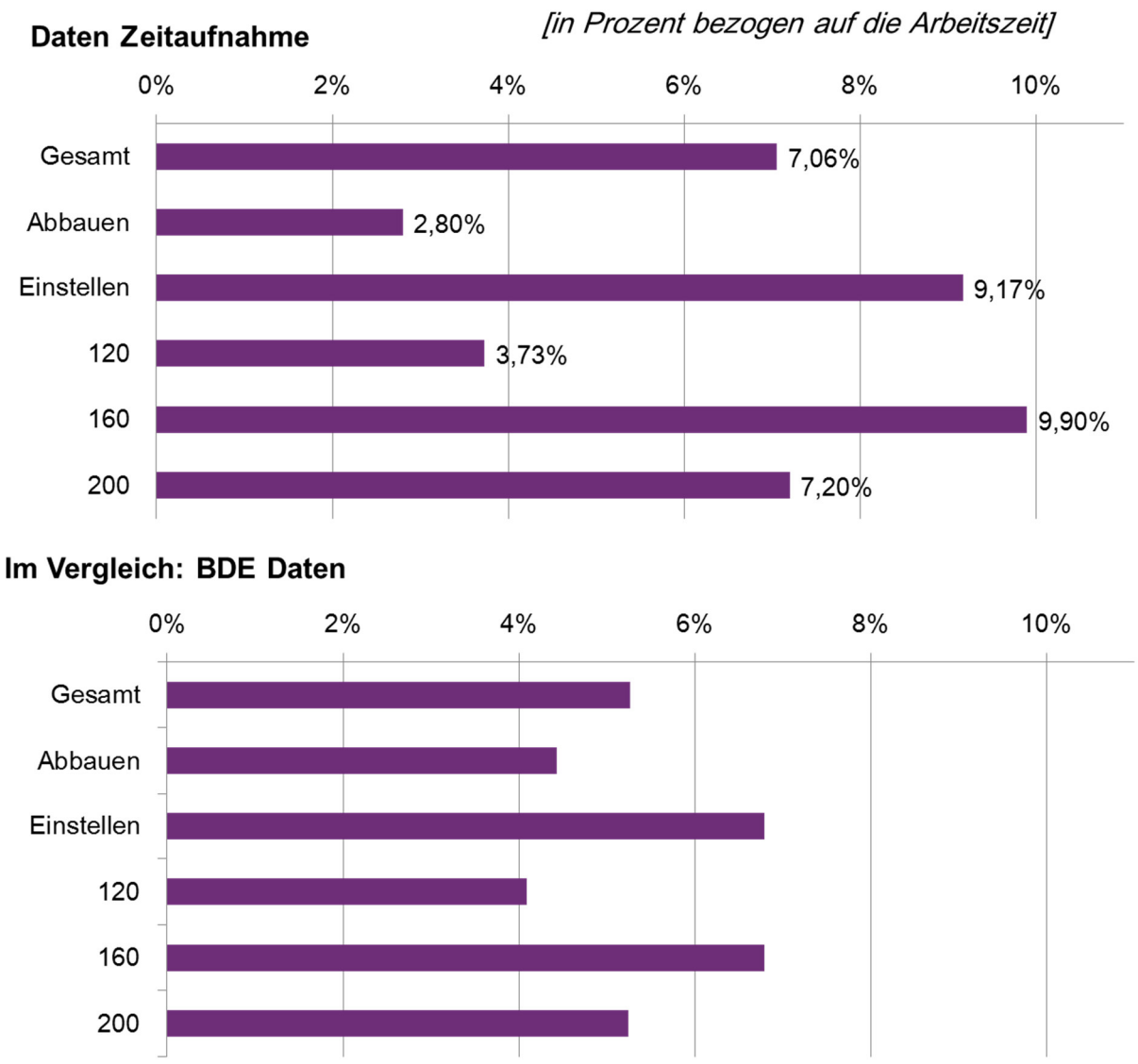

Abbildung 59: Stehzeiten (bezogen auf die Arbeitszeit)

3.6 Ist–Wertstrom

Aus den Ergebnissen der Tätigkeitsstrukturanalyse und den entsprechenden Werten aus Zeitaufnahme, Flächen, Wegen sowie Puffergrößen kann in weiterer Folge der Detailwertstrom visualisiert werden.

$$\boldsymbol{Bearbeitungszeit\ (BZ)} = Prozesszeit\ für\ eine\ Platte$$

$$\boldsymbol{Zykluszeit\ (ZZ)} = \frac{Prozesszeit\ für\ eine\ Platte\ \times Anzahl\ der\ Mitarbeiter}{Anzahl\ der\ bearbeiteten\ Rollenpaare}$$

$$\boldsymbol{Prozessverf\ddot{u}gbarkeit}\ (\boldsymbol{V}) = \frac{Gesamtarbeitszeit - Stehzeit}{Gesamtarbeitszeit}$$

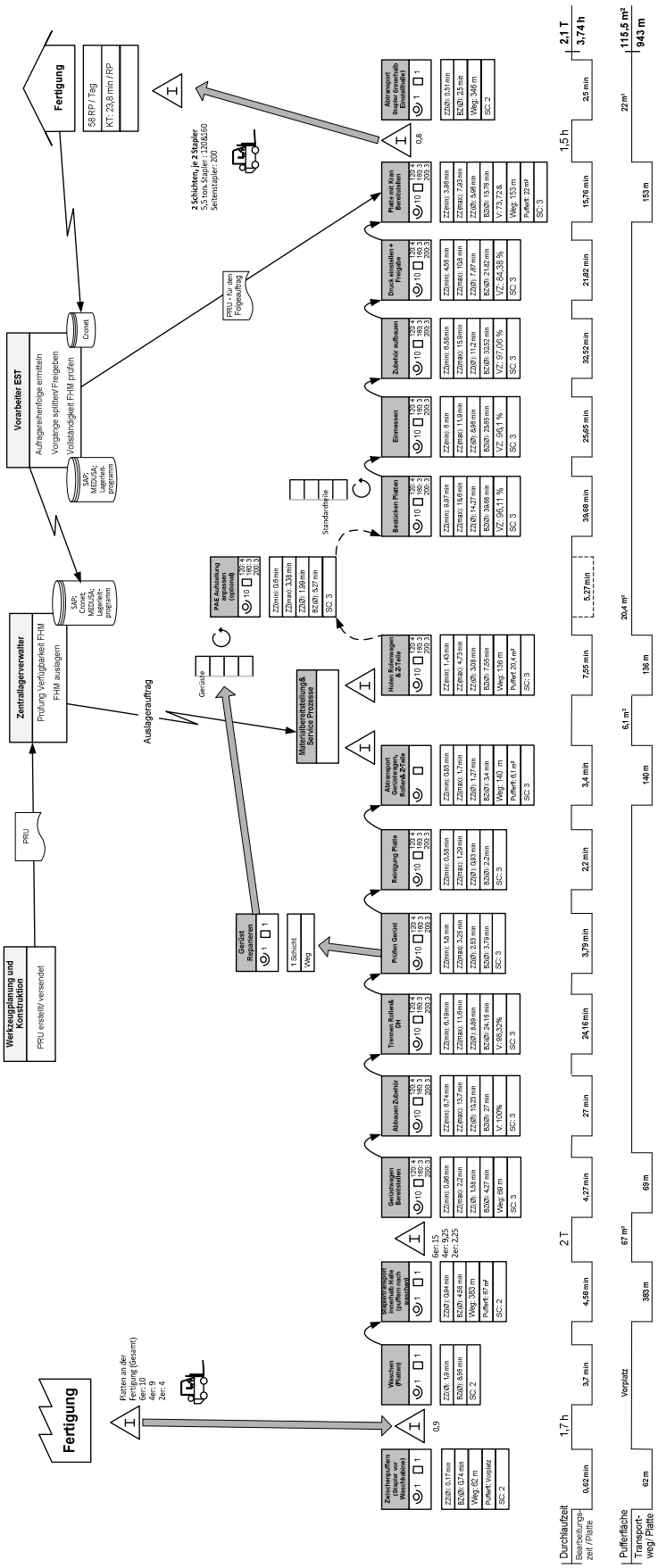

Abbildung 60: Ist-Wertstrom PI-200

Im Folgenden werden beispielhaft vier Prozessschritte beschrieben und die wesentlichen Kenngrößen der Teilabläufe dargestellt. In der folgenden Abbildung wird neben benötigten Pufferflachen, Weggrößen und Prozessverfügbarkeit, der Übersicht wegen, lediglich die durchschnittliche Zykluszeit dargestellt.

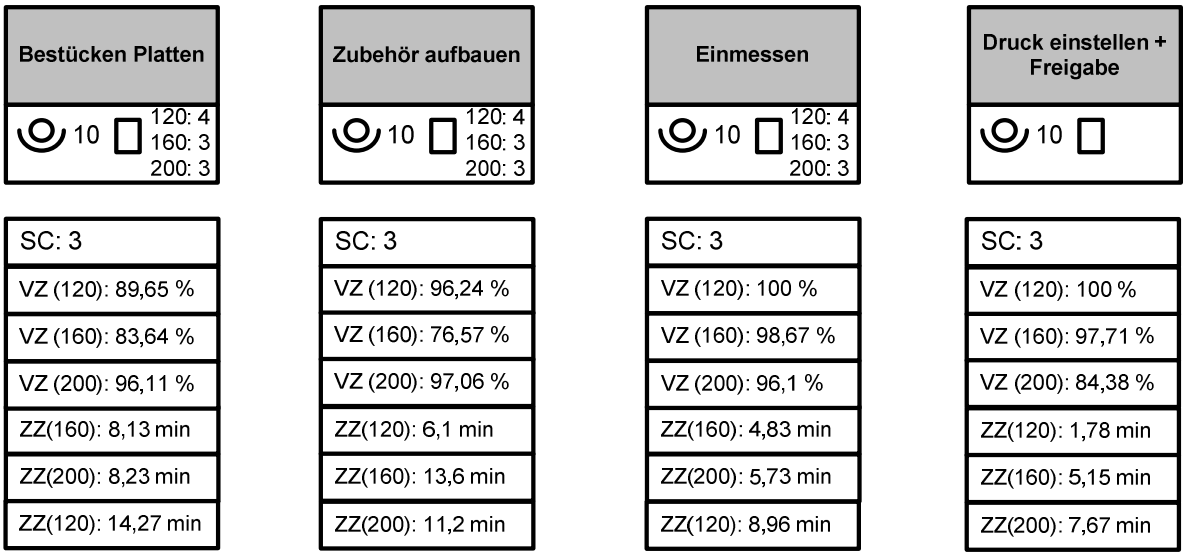

Abbildung 61:Beispielhafte Ergebnisse aus der Ist-Analyse

3.7 Identifizierte Verbesserungspotentiale

Aufgrund der zugrunde liegenden Darstellung des Ist-Zustandes sowie der durchgeführten Analyse wurden folgende Verbesserungspotentiale identifiziert.

3.7.1 Platzproblem

In der Fertigungsabteilung ESTA ist nutzbare Platz knapp bemessen (vgl.3.4.2). Dies führt dazu, dass die Kapazität des Plattenpuffers ausgereizt ist und daher die Möglichkeit zur Zwischenpufferung abzubauender Platten in der ESTA erschöpft ist. Aus diesem Grund kommt es vor, dass notwendiges Material wie spezielle Rollen und Z-Teile von der Fertigung nicht „zurück“ geholt und abgebaut werden können. Im Weiteren ist eine Neuanschaffung von Werkzeugplatten momentan nur bedingt möglich, da diese nicht innerhalb der ESTA gelagert werden können. Außerdem werden bereits jetzt Platten im Freien oder unter einem Vordach zwischengelagert, sodass sie den Witterungsverhältnissen frei ausgesetzt sind.

Zu dem Problem, dass der Platz in der ESTA knapp bemessen ist, kommt hinzu, dass auch in der Profilfertigung Platz durch fix eingestellte Platten sowie abzubauenden Platten verstellt ist. Außerdem ist durch die fixe Lagerung der Platten an der Produktion eine durchgängige Qualitätskontrolle nur bedingt möglich. Durch den vorhandenen Mangel an Platz ist es außerdem nicht möglich an den einzelnen Arbeitsplätzen eine optimierte Materialbereitstellung zu schaffen sowie im Hintergrund eine entsprechende

Arbeits- und Kleinteilevorbereitung einzuführen, da der dafür notwendige Platz im Moment durch den Plattenpuffer verstellt ist.

Tabelle 13: Aufstellung Wechselplatten

Plattenart	Anzahl Gesamt	Anzahl in Produktion	Anzahl nicht in Verwendung		
				Davon in ESTA	Davon nicht in ESTA
PI-120 6er Platten	167	49	118	25	93
PI-120 3er Platten	137	49	88	20	68
PI-120 1er Platten	20		20	3	17
PI-120	*324*	*98*	*226*	*48*	*178*
PI-160 6er Platte	151	36	115	21	94
PI-160 4er Platte	42	9	33	16	17
PI-160 2er Platte	32	7	25	7	18
PI-160	*225*	*52*	*173*	*44*	*129*
PI-200 6er Platte	52	25	27	16	11
PI-200 4er Platte	17	4	13	10	3
PI-200 2er Platte	8	2	6	2	4
PI-200	*77*	*31*	*46*	*28*	*18*
Sonderplatten	36	12	24		
GESAMT	662	193	469	120	325

Tabelle 13 stellt die Aufstellung an Wechselplatten dar. Die Platten welche nicht in Verwendung und nicht in der ESTA gelagert sind (rechteste Spalte), umfasst fix eingestellte Platten sowie Platten welche entweder bereits eingestellt sind und bereits zum Rüsten an die Fertigung gebracht wurden, oder abgerüstete Platten welche noch nicht in die ESTA transportiert wurden.

Vergleicht man die Belegung der einzelnen Arbeitsplätze (siehe Abbildung 62) so sieht man, dass es für jede Produktfamilie jeweils einen Arbeitsplatz gibt welcher zum Ausgleichen der Spitzenlasten verwendet wird, und an welchen durchschnittlich nur wenig Rollenpaare pro Tag eingestellt werden. Da bereits eine Platzknappheit herrscht ist zu hinterfragen, ob es notwendig ist drei wenig ausgelastete Arbeitsplätze zu haben, oder ob es nicht möglich ist einen Arbeitsplatz, auf dem alle drei Produktfamilien eingestellt werden können, zu installieren.

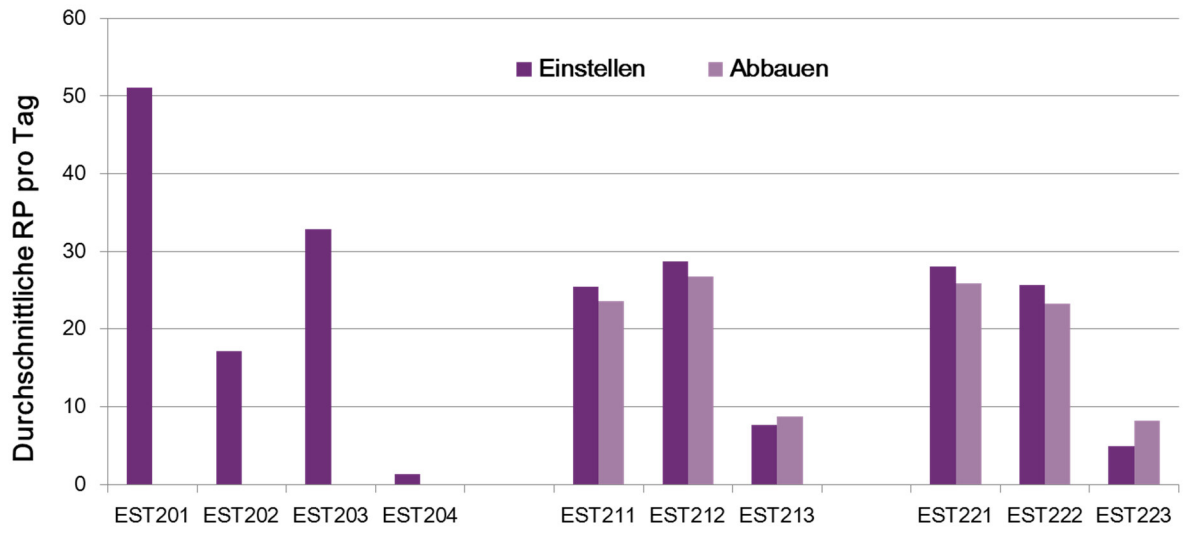

Abbildung 62: Belegung Arbeitsplätze

3.7.2 Materialbereitstellung

Wie in Abbildung 63 ersichtlich, umfasst der Prozess viele Wege für die Materialbereitstellung. Zusätzlich kann es zu langen Wegzeiten kommen, sofern Teile fehlen bzw. falsch ausgelagert wurden, da die notwendigen Teile weit vom Arbeitsplatz entfernt gelagert sind (z.B. Leisten).

Suchen von passenden Werkzeugplatten

Das Suchen (und gegebenenfalls Umheben) von passenden Werkzeugplatten nimmt Zeit in Anspruch. Dies ist jedoch momentan nicht vermeidbar, da spezielles Material nur in bestimmten Platten gebunden ist, welche dann gesucht und abgebaut werden müssen. Außerdem ergibt sich aus der Kombination von Platten verschieden hoher Profiliergerüste sowie unterschiedlich langer Wellen, eine hohe Anzahl an Varianten. Deswegen ist es zweckmäßig Platten welche den geringsten Umbau-Aufwand verursachen zu suchen, anstelle die nächstgelegene Platte zu nehmen und diese umzubauen.

Auf mehrere Arbeitsplätze entfällt nur ein Kran (welcher bis vor kurzem auch mit der Werkzeugvorbereitung geteilt wurde). Daraus ergeben sich häufig Wartezeiten.

Staplerwege

Neben dem auftretenden Staplerverkehr durch den Antransport bzw. Abtransport der Platten aus bzw. an die Profilfertigung, entsteht ein zusätzliches Transportaufkommen, da beim Einstellen bzw. Abtransportieren der 120er Platten vom Einstelltisch aufgrund der eingeschränkten Reichweite des Schwenkkrans oftmals ein Stapler von Nöten ist. Dieser Stapler wird vom Einsteller selbst bedient, welcher sich den Stapler von einem definierten Platz in der Halle holen muss.

Bereitstellen- Z-Teile

Die (manuellen) Wegzeiten beim Auslagern von Z-Teilen sind relativ hoch, da der Mitarbeiter viele Gänge des Rollenzentrallagers, welches in der untersten Ebene die Z-Teile umfasst, abgehen muss um die entsprechenden Z-Teile aufzulesen. Im Anschluss werden die Z-Teile für die einzelnen Aufträge zentral an einem Bereitstellungsplatz im Gang zwischen Sanitätsraum und i-Punkt zwischengelagert, von wo sich die Einsteller die Z-Teile bei Bedarf selbst abholen müssen.

Ergänzung Kleinteile

Die Kleinteilebereitstellung umfasst einen hohen Sortieraufwand sowie lange Wegzeiten (jeder Arbeitsplatz wird regelmäßig besucht und falls notwendig werden Kleinteile aufgefüllt). Zusätzlich kommt es besonders bei Schrauben mit Links- oder Rechtsgewinde zu Verwechslungen und falschem Bereitstellen der Kleinteile.

Außerdem sind nicht alle Standardteile unmittelbar am Arbeitsplatz bereitgestellt, was dazu führt das z.B. Doppelleisten von den Einstellern selbst zusammengebaut werden müssen.

Transport von Gerüstwagen

Wegzeiten innerhalb des Einstell-Prozesses um Rollen und Zubehörteile zu holen bzw. zurückzubringen

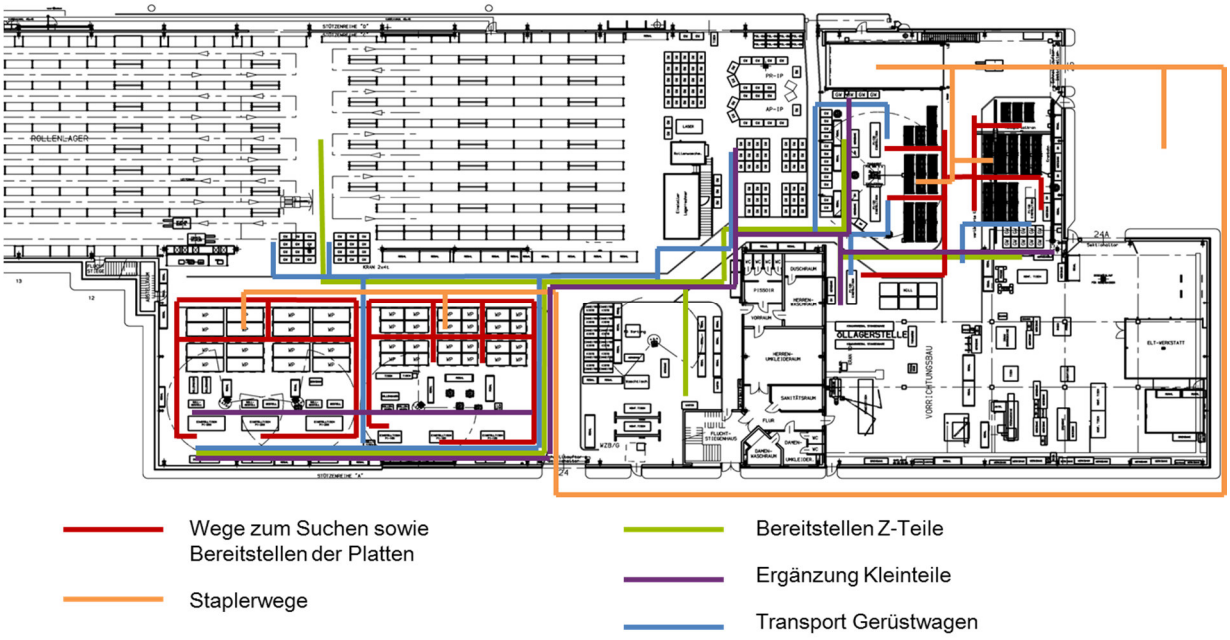

Abbildung 63: Wege für die Materialbereitstellung

- Die entsprechenden Gerüstwagen mit Rollen für den jeweiligen Auftrag müssen an einem zentralen Bereitstellungsplatz pro Produktfamilie geholt und zum Arbeitsplatz befördert werden. Dabei kommt es oft zu Suchzeiten da die Gerüstwagen unsortiert bereitgestellt werden.
- Sind Gerüstwagen mit abgebauten Rollen bzw. DH angefüllt, so müssen sie von den Einstellern zur Reinigungsanlage befördert werden, wo sie weiter vom Wäscher behandelt werden.
- Z-Teile müssen von den Einstellern separat von einem definierten Bereitstellungsplatz geholt werden.

3.7.3 Planung

Die Planung der Aufträge wird dadurch erschwert, dass die Platten nicht eindeutig rückverfolgbar sind. Sobald die Werkzeugplatte abgerüstet ist, ist keine eindeutige Lokalisierung mehr möglich. Außerdem ist keine Zuordnung der Aufbauteile zur Platte möglich. Deswegen kommt es zu intensiven Suchzeiten und Aufwänden zum Nachtelefonieren der Vorarbeiter, um aktuell notwendige Rollen oder Zubehörteile bzw. eine Platte mit einer bestimmten Aufstellung zu lokalisieren.

Für die Auftragsplanung kommt außerdem erschwerend hinzu, dass lediglich die Vorgabezeiten pro Rollenpaar errechnet werden, welche sich aus den Durchschnittswerten aller Aufträge berechnet. Komplexitätsgrad und Vergangenheitswerte des aktuellen Auftrags werden nicht berücksichtigt.

Der Bedarf seitens des Kunden schwankt von Tag zu Tag stark und wird teilweise kurzfristig geändert. Des Weiteren ist die Festlegung der Auftragsreihenfolge aufgrund der schwankenden Rüstzeiten und daraus resultierenden Verschiebungen der Rüststarts nur bedingt aussagekräftig und muss oft spontan angepasst werden.

Der Zentrallagerverwalter bzw. Vorarbeiter verbringt viel Zeit damit Fehlrollen nachzugehen, und diese (oder passende Ersatzrollen) in der Halle zu suchen. Es besteht keine Möglichkeit der Vor-Ort Bearbeitung von Rollen. Für jede Änderung fallen Transportzeiten aus dem Werk Ybbsitz an, außerdem sind regelmäßige Terminabsprachen mit der RSK bzw. RSF notwendig.

3.7.4 Prozessablauf Einstellen

Der Prozess des Einstellens ist sehr umfangreich und alle notwendigen Arbeitsschritte werden von den Arbeitern nach der Reihe an einem Arbeitsplatz durchgeführt. Dabei ist der Einstellprozess wenig standardisiert. Vor allem für die Vorgänge „Druck einstellen“ und „Einmessen“ gibt es keine einheitliche Arbeitsanweisung Beim Einstellen von 200er Platten wird der Vorgang der Distanzhülsen anders als bei den 120er und 160er

Platten durchgeführt. Außerdem ist die „Links – Rechts Logik“ nicht bei allen Produktfamilien gleich.

Je nach Komplexitätsgrad und Mitarbeiterqualifikation streuen die Prozesszeiten für denselben Ablauf erheblich, z.B. muss sich ein Mitarbeiter erst wieder an die Logik seines Arbeitsplatzes gewöhnen wenn er davor längere Zeit an einer anderen Produktfamilie gearbeitet hat.

Da der Gesamtvorgang sehr umfangreich ist, ist es nur bedingt möglich den Arbeitsplatz zu spezialisieren außerdem werden Teilabläufe wie z.b. „Prüfen der Gerüste“ nur wenig Zeit beigemessen, da sie als verhältnismäßig unwichtig angesehen werden.

Die durchschnittliche Anzahl von Krankenstandstagen in der Abteilung liegt über dem Firmenschnitt: Die Abteilung weist eine unverhältnismäßig hohe Anzahl an Rückenbeschwerden auf.

Die Stehzeiten sind relativ hoch, viele „kleine“ Störungen ergeben sich durch den umfangreichen Prozess bzw. eine mangelhafte Standardisierung und Optimierung des Arbeitsplatzes (vgl. 3.5.4). Da auf mehrere Arbeitsplätze nur ein Kran entfällt ergeben sich daraus häufig zusätzliche Wartezeiten.

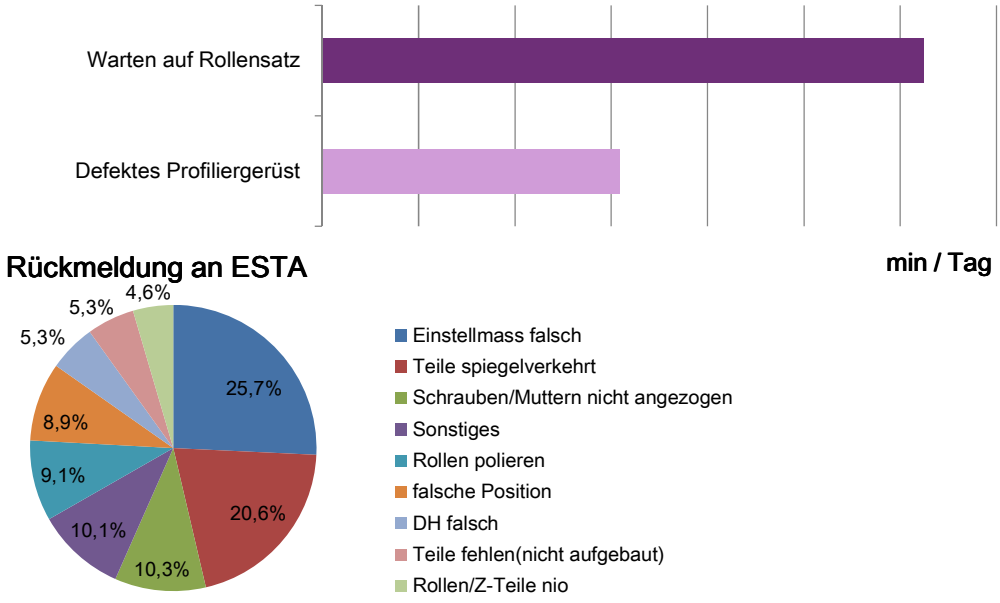

Abbildung 64: Stehzeiten Produktion [Durchschnittliche Stehzeit pro Tag - Summe aller Anlagen]

Auftretende Störungen bzw. Stehzeiten wirken sich in weiterer Folge natürlich auch auf die Profilfertigung aus, in welcher es dann zu Stehzeiten kommt. In Abbildung 64 sind exemplarisch die durchschnittlichen Stehzeiten pro Tag an allen Anlagen für das Warten auf den Rollensatz, sowie defekten Profiliergerüste aufgeführt. Außerdem ist

aus der Aufstellung ersichtlich welche Fehler von der Profilfertigung an die ESTA rückgemeldet werden, (unteres Diagramm). Dabei sind vor allem die fehlerhaften Einstellmaße sowie spiegelverkehrte Teile offensichtlich ein Problem.

3.8 Entwurf des Ideal-Zustandes

Aufgrund der zugrunde liegenden Darstellung des Ist-Zustandes und der durchgeführten Analyse wird im Folgenden der Ideal-Prozess für die ESTA beschrieben. Der Ideal-Zustand stellt den optimalen Ablauf für den Prozess unabhängig von Restriktionen durch das gegebene Hallenlayout dar und beschreibt welche Investitionen die Wertschöpfung in der ESTA unterstützen können und eine nachhaltige Prozessverbesserung möglich machen.

3.8.1 Optimierung bestehender Prozesse

Der erste Schritt um einen optimalen Arbeitsablauf in der ESTA zu erreichen ist die Optimierung der bestehenden Prozesse. Zu diesem Zweck sollen Optimierungsworkshops zu den einzelnen Teilabläufen durchgeführt werden bei denen die Abläufe angeglichen werden sollen, eine klare Arbeitsanweisung geschaffen wird und mögliche ergonomische Verbesserungen angestoßen werden. Da aktuell zwischen den verschiedenen Produktfamilien dieselben Vorgänge unterschiedlich handgehabt werden (z.B. Handhabung der Distanzhülsen) ist im ersten Schritt festzustellen welche die praktikabelste Arbeitsweise ist und diese anschließend einheitlich anzuwenden. Außerdem muss bei Vorgängen, bei denen jeder Einsteller einen anderen Detailablauf pflegt, hinterfragt werden welche Arbeitsweise die beste ist, und in entsprechenden Workshops gemeinsam mit den Mitarbeitern eine Arbeitsanweisung geschaffen werden. Diese muss im anschließend geschult und von allen Mitarbeitern akzeptiert werden. Vor allem für die Vorgänge „Einmessen“ sowie „Druck Einstellen“ soll eine gemeinsame „Best Practice“ Lösung geschaffen werden und diese umfassend geschult werden.

Stehzeiten minimieren

Neben dem Optimieren der einzelnen Teilabläufe sollen auch die Stehzeiten minimiert werden welche nicht durch eine strukturelle Änderung adressiert werden. Dazu zählt vor allem die Reduzierung von Zeichnungsmängeln. Um dieser Störgröße entgegenzuwirken gab es in der Vergangenheit bereits regelmäßige Abstimmungen zwischen ESTA und RSK. Diese Vorgehensweise muss wieder eingeführt werden um eine kontinuierliche Verbesserung der Qualität der RSZ zu gewährleisten und die RSZ auf die Bedürfnisse der Einsteller anzupassen. Ein weiterer wichtiger Punkt stellt die Reduzierung von mangelhaften Rollen dar. Zu diesem Zweck wird eine Anpassung der Qualitätskontrolle am i-Punkt notwendig sein.

Erst wenn die bestehenden Prozesse entsprechend angepasst sind, ist es möglich die tatsächlich prozessbedingte Streuung der Bearbeitungszeiten zu beurteilen und eine passende Gestaltung der Soll-Prozesse durchzuführen.

3.8.2 Schaffen einer umfangreichen Arbeits- und Kleinteilevorbereitung

Die Materialbereitstellung stellt einen wesentlichen Beitrag zur effizienten Auftragsabwicklung dar. Allerdings ist die Aufgabe momentan auf mehrere Tätigkeitsbereiche zerstückelt. So führen die Einsteller selbst wesentliche Aufgaben der Materialbereitstellung durch, während zusätzlich eine Materialversorgung sowohl durch die Kleinteilevorbereitung, die Z-Teile Vorbereitung und die Gerüstreparatur erfolgt. Um es den Einstellern zu ermöglichen, sich tatsächlich auf ihre wertschöpfenden Aufgaben zu konzentrieren, soll eine umfassende Arbeits- und Kleinteilevorbereitung, welche außerdem Aufgaben der Vormontage zu bewältigen hat, geschaffen werden. Neben dem Entlasten der Einsteller kann somit auch die Kompetenz der Materialbereitstellung in einem Aufgabenbereich konzentriert und möglichst effizient durchgeführt werden.

Aufgaben einer entsprechenden Materialbereitstellung sind:

- Bereitstellung der Gerüstwagen zum Platzieren von abgebauten Rollen, GR, DH und Abbauteilen direkt am Arbeitsplatz, sowie der entsprechende Abtransport dieser.
- Bereitstellen der Gerüstwagen mit den Rollen für die jeweilig nächsten Aufträge in der richtigen Reihenfolge unmittelbar neben dem Arbeitsplatz.
- Bereitstellen der Z-Teile direkt am Arbeitsplatz, analog zu der Bereitstellung der Rollen.
- Bereitstellen von Kleinteilen mittels einem Mehrbehältersystem unmittelbar am Arbeitsplatz.
- Vormontage von Aufbauteilen, wie dem Zusammenbauen von Doppelleiste, Einstellen von SR-Tischen etc.
- Bildung einer Anlaufstelle für Einsteller für den Fall, dass benötigte Teile fehlen oder fehlerhaft sind.

Um solch eine Materialbereitstellung umzusetzen muss außerdem die Lagerordnung der von der Materialbereitstellung benötigten Teilen (im Besonderen Z-Teilen und Leisten) entsprechend einer ABC – Analyse, angepasst werden, sodass es zu einer Minimierung der Wegzeiten bei der Vorbereitung, sowie zu einer flexibleren Reaktionsfähigkeit beim Fehlen von Teilen, kommt.

Des Weiteren muss der Vorgang des Einsortierens sowie des Handlings von Distanzhülsen vereinfacht werden. Besonders für die Trennung von links- und rechtsgängigen

Schrauben soll eine geeignete Visualisierung erfolgen, welche die Trennung nach erfolgtem Waschen erleichtert. Da das Trennen von DH relativ aufwändig ist, ist zusammen mit dem ausführenden Mitarbeiter nachzudenken, wie der Vorgang vereinfacht durchgeführt und bestmöglich in ein ganzheitliches Materialbereitstellungskonzept integriert werden kann.

Ein wesentlicher Punkt für eine optimale Einführung der Materialbereitstellung, ist das erfolgreiche Einführen eines passenden Mehrbehältersystems für die Kleinteilevorbereitung. Durch das gezielte Nachfüllen der Kleinteile am Arbeitsplatz mittels KANBAN Steuerung, reduziert sich der Aufwand für die Kleinteilevorbereitung drastisch.

3.8.3 Spezialisierung der Arbeitsplätze

Aus der durchgeführten Analyse geht hervor, dass der hohe Umfang des Arbeitsablaufs zu wesentlichen Nachteilen führt. Beispielsweise ist es schwierig den Arbeitsablauf zu standardisieren, da eine genaue Arbeitsanweisung für einen mehrstündigen Arbeitsablauf, welcher alle Eventualitäten berücksichtigen muss, nur schwer durchzuführen ist. Außerdem wurde bereits erwähnt, dass ca. 2% der Arbeitszeit auf nicht wertschöpfende Stehzeit entfällt, welche sich auf den umfangreichen Arbeitsablauf und dem damit verbundenen wenig strukturierten Arbeitsinhalt zurückführen lässt.

Je umfangreicher der Prozess ist, desto schwieriger ist es zum einen, den Arbeitsplatz bestmöglich an den Vorgang anzupassen, zum anderen kann eine Materialbereitstellung nur so effizient sein wie es der Umfang an vorzubereitenden Teilen für den Arbeitsplatz zulässt. Um den Umfang des Arbeitsablaufes zu reduzieren soll der Prozess in mehrere Teilabläufe getrennt werde. Grundlegend gilt, dass je weiter der Prozess aufgetrennt wird, desto besser kann die Materialbereitstellung optimiert werden, der Ablauf standarisiert werden und der Arbeitsplatz entsprechend gestaltet werden, sodass eine Verbesserung der Arbeitsverhältnisse z.B. durch gezielte Hebehilfen gefördert werden kann. Außerdem erfolgt eine klare Trennung zwischen Schmutz- und Reinbereich.

Ein wesentlicher Treiber zur Trennung der Arbeitsinhalte ist, dass durch die genannten Verbesserungen die Bearbeitungszeit reduziert werden kann. Allerdings führt eine Auftrennung der Arbeitsinhalte zu zusätzlichen Schnittstellen zwischen den Teilabläufen und demnach auch zu einem Mehraufwand für das Handling zwischen den Bearbeitungsschritten. Neben der Reduktion der Bearbeitungszeiten führt eine Trennung von Einstellen und Abbauen dazu, dass die Auftragsdurchlaufzeit gesenkt werden kann weil Aufträge direkt beim Einstellen und nicht wie bisher bereits beim Abbauen eingesteuert werden. Die entsprechende Reduktion der Auftragsdurchlaufzeit ermöglicht ein flexibleres Reagieren auf kurzfristig eingeschobene Aufträge und führt dazu, dass der Sicherheitspuffer gegenüber der Profilfertigung kleiner ausfallen kann als bisher notwendig. Die Größe des notwendigen Puffers an eingestellten Platten reduziert sich

zusätzlich aufgrund der niedrigeren Bearbeitungszeit und ermöglicht somit eine höhere Leistung bei gleichbleibender Kapazität oder eine Einsparung der Personalkosten und einen Reduktion der notwendigen Ressourcen (Platten und Gerüste).

3.8.4 Zentralisiertes Plattenlager

Das größte Potential für die ESTA stellt sicherlich das Lösen des aktuellen Platzproblems dar. Wie aus der Analyse hervorgeht, ist der verfügbare Platz in der ESTA erschöpft, sodass einerseits der momentane Prozessablauf nicht optimal durchgeführt werden kann. Aber vor allem ist die Zukunftsfähigkeit der Abteilung nicht gewährleistet. Unter den momentanen Voraussetzungen ist es nur schwer vorstellbar wie ein weiteres Firmenwachstum mitgetragen werden kann.

Bereits jetzt stellt der Puffer an abgebauten Platten den Großteil der belegten Hallenfläche dar. Aber auch in der Profifertigung ist Produktionsfläche durch die Zwischenlagerung von Platten bzw. fix eingestellten Platten belegt. Für das Einstellen der Platten führ dies zu dem Problem, dass benötigtes Material (spezielle Rollen und Aufbauteile) nicht im direkten Zugriff sind und im Notfall mit hohem Aufwand in der ganzen Firma gesucht werden müssen, da eine entsprechende Transparenz im System nicht vorhanden ist. Durch den Mangel an Platz und Transparenz wird die Planung der Aufträge erschwert. Vor allem aber ist es nur bedingt möglich notwendige Prozessanpassungen und die Einführung einer geeigneten Materialbereitstellung durchzuführen. Außerdem kann keine gezielte Wartung erfolgen, da fix eingestellte Platten nicht durch die ESTA verwaltet werden und nicht erfasst wird, welche Profiliergerüste wann gewartet werden.

Werden alle Platten in einem zentralen Plattenlager gelagert, so kann sowohl in der ESTA als auch in der Profilfertigung Platz geschaffen werden, wodurch weitere Prozessverbesserung möglich gemacht werden und der Platz für zukünftig notwendiges Wachstum geschaffen wird. Vor allem aber, ist der Großteil des Materials vor Ort und im direkten Zugriff verfügbar. Ein solches Plattenlager kann entweder manuell mittels Stapler oder automatisch per Lagerbediengerät betrieben werden. Außerdem entfällt die notdürftige Zwischenlagerung im Freien oder unter dem Vordach, wodurch Korrosionsproblemen bei Witterungseinwirkung oder Verschmutzung des Abwassers durch Rückstände aus der Produktion vermieden werden.

Eine entsprechende Lösung erfordert zwingend eine umfassende Transparenz, wobei jede Platte und jedes Profiliergerüst sowie wichtige Aufbauteile eindeutig gekennzeichnet werden müssen und es möglich sein muss deren Standort jederzeit einsehen zu können. Somit kann eine flexiblere Planung erfolgen, da bereits bei der Auftragseinsteuerung in der Profilfertigung auf die Verfügbarkeit in der ESTA Rücksicht genommen werden kann. Durch die eindeutige Rückverfolgbarkeit können Profiliergerüste, je nach ihrem Zustand, gezielt für bestimmte Aufträge verwendet werden, je nachdem

welche Qualitätsanforderungen von Kundenseite gestellt werden. Außerdem kann eine gezielte Wartung, vor allem für fix eingestellte Platten, eingeführt werden. Somit kann im Endeffekt die Qualität in der Produktion erhöht werden und Stehzeiten reduziert werden.

Zusätzlich entfallen weitgehend die Krantransporte und die hohen Kranwartezeiten. Bei einer automatisierten Lösung entfällt weiters der Staplerverkehr in der ESTA und die Kranzeiten werden auf ein Minimum reduziert, da eine direkte An-/ Ablieferung aus dem Plattenlager möglich ist.

3.8.5 Weitere sinnvolle Verbesserungsmaßnahmen

Neben den bisher genannten Punkten gibt es weitere Verbesserungsmaßnahmen welche für einen idealen Produktionsablauf in der ESTA zu berücksichtigen sind.

Verbesserung der Ergonomie

Da es in der ESTA zu einer höheren Anzahl an Rückenbeschwerden als in vergleichbaren Abteilungen kommt und die Krankenstände in der Abteilung generell relativ hoch sind, stellt die Verbesserung einer Ergonomie eine jener Kriterien dar, welche bei der Neugestaltung des Prozess nicht vernachlässigt werden darf. Die Arbeitsplätze, vor allem für PI 200, sollen so gestaltet sein, dass der hohe Hebeanteil für Rollen und Aufbauteile einfach durchgeführt werden kann bzw. gezielt mit Hebehilfen unterstützt wird.

Unabhängig von der Neugestaltung des Prozesses soll das Handling der überschweren Rollen verbessert werden. Aktuell gibt es dafür einen Manipulator mit welchem die hohe Last gehandhabt werden kann. Dieser wird von den Mitarbeitern jedoch als umständlich empfunden, sodass sie oft lieber die schwere Last selbst heben anstelle den Manipulator zur Hand zu nehmen. Solch ein Manipulator muss intuitiv zu bedienen sein und von den operativen Mitarbeitern nicht als Mehrlast sondern als gewünschte Erleichterung gesehen werden.

Installieren einer Hartdrehbank

Der primäre Grund für die Installation einer Hartdrehbank ist die Tatsache, dass die örtliche Trennung von Rollensatzfertigung in einigen Fällen zu langen Wartezeiten und übermäßigen Aufwand in der Arbeitsvorbereitung führt. Während es bei neuen Aufträgen sinnvoll ist, dass die Rollen nachdem die RSZ durch die RSK fertiggestellt ist in der RSF hergestellt werden, ist dies bei Rollen welche abzuändern sind, oder kurzfristig benötigt werden nicht der Fall (weil beispielsweise nicht genügend artgleiche Rollen auf Lager sind oder eine Rolle Schäden aufweist). Können diese Rollen flexibel vor Ort gefertigt werden, so entfällt der Koordinationsaufwand sowie der Transport von Ybbsitz und damit verbundene Wartezeiten.

Zusätzlich kann mit einer entsprechenden Hartdrehbank, der angesammelte Recycling Pool an Rollen kontinuierlich weiterverarbeitet werden. Der Recycling Pool enthält Rollen die seit längerer Zeit nicht mehr benötigt werden. Daraus können neue Rollen gefertigt werden. Aufgrund der örtlichen Trennung von RSF und Recycling Pool wird dies allerding momentan nicht getan, was zu einem nicht wertschöpfenden Lager und entsprechendem Platzverlust in der ESTA führt. Das Rollen Recyceln würde neben Auftragsarbeiten für andere Serviceabteilungen garantieren, dass eine notwendige Auslastung der Drehbank gegeben ist.

Installieren einer automatisierten Waschkabine

Während Investitionen für die Errichtung einer automatisierten Waschkabine notwendig ist, fallen die Aufgaben des Wäschers weg sodass entsprechend Personal reduziert werden kann, oder die Personalkapazität für alternative Aufgaben verwendet werden kann.

Eine solche Waschkabine kann im Zuge der Errichtung eines zentralen Plattenlager passend integriert werden sodass die Übergabe der Platten und der anschließende Waschvorgang erfolgt bevor die Platten in das Lager eingelagert werden. Bei der Errichtung eines automatisierten Plattenlagers besteht außerdem jederzeit die Möglichkeit die Platte ein weiteres Mal waschen zu lassen, sodass Sauberkeit vor allem nach dem Abbauen der Aufbauteile gewährleistet werden kann.

Schaffen einer integrierten Planungssystematik inklusive realistischer Vorgabezeitrechnung

Da die aktuellen Vorgabewerte lediglich einen Durchschnittswert aller Aufträge derselben Produktfamilie darstellen, können damit nur bedingt informative Aussagen getätigt werden, sodass eine systematische Feinplanung mittels Vorgabezeiten nicht möglich ist. Um eine aussagekräftige Feinplanung durchführen zu können muss der Komplexitätsgrad der Aufträge mitberücksichtigt werden. Aus der Anzahl an benötigten Rollen für den Auftrag (bzw. Anzahl der Aufbauteile) kann eine entsprechend genauere Planung erfolgen. In solch einer Planung müssen außerdem, sofern vorhanden, Vergangenheitswerte der spezifischen Aufträge einfließen und im optimalen Fall bereits die Zeit miteingerechnet werden, welche für das Anpassen der PAE benötigt wird.

Die aktuelle Planungssystematik verlässt sich vermehrt auf die Erfahrung und das Feingefühl der Vorarbeiter. Jedoch führt der Anstieg an Komplexität der Aufträge sowie der immer kürzer werdende Zeitraum zwischen den Rüstvorgängen in der Produktion dazu, dass es immer schwieriger wird die Übersicht über die notwendigen Einstellarbeiten zu behalten. Deswegen ist es notwendig einer integrierten Planungssystematik zu folgen, welche zum einen auf den neu gestalteten Prozessablauf in der ESTA abgestimmt ist, und es zum anderen bereits von der Grobplanung beginnend ermöglicht, Informationsflüsse von Produktion und weiteren relevanten Abteilungen zu verbinden.

Zum Erreichen solch einer Planungssystematik ist die Rückverfolgbarkeit der Platten unbedingt notwendig. Das Bestimmen welche Platten mit welchen Profiliergerüsten und Aufbauteilen sich gegenwärtig an bestimmten Standorten im Unternehmen befinden ist aber nicht hinreichend um eine optimierte Planung zu gewährleisten. Vielmehr muss die Systematik alle Besonderheiten der ESTA abbilden können und dazu die Vorteile eines transparenten Materialflusses entsprechend nutzen.

Papierlose Fertigung

Obwohl die vorliegende Rollensatzzeichnung alle Informationen, welche für das Einstellen von Nöten sind, beinhalten, stellt die Verwendung der gesamten RSZ für alle Arbeitsschritte auch erhebliche Nachteile dar. Zum einen sind die Zeichnungen oft unübersichtlich, was zusätzlich eine Fehlerquelle für die Einsteller darstellt. Außerdem sind die Zeichnungen teilweise nur schwer leserlich nahe der Arbeit an den Platten anzubringen.

Im idealen Fall beinhaltet jeder Arbeitsplatz ein System der papierlosen Fertigung, an dem für jeden Arbeitsschritt lediglich jene Informationen angezeigt werden, welche aktuell benötigt werden. So kann eine RSZ mit mehreren Ebenen aufgebaut werden, welche beim Einstellen nach der Reihe zu bzw. wegeschalten werden können. Dies hätte den weiteren Vorteil, dass Änderungen an der Zeichnung direkt im System übernommen und jedes Mal richtig am Arbeitsplatz visualisiert werden und es zu keinen Verwechslungen bzw. Problemen mit der PRU kommen kann.

Belegung der Arbeitsplätze

Während die einzelnen Arbeitsplätze in der Regel von zwei Mitarbeitern belegt sind, ist zu hinterfragen ob dies der effizienteste Weg ist bzw. ob es Unterschiede zwischen den einzelnen Produktfamilien gibt, was die optimale Belegung der Arbeitsplätze angeht. Da bei den Aufträgen der Produktfamilie PI-200 vermehrt schwere Aufbauten eingestellt werden müssen, wofür ein Arbeiten zu zweit offensichtlich vorteilhaft ist, ist dies bei Aufträgen der Produktfamilie PI-120 nur selten der Fall.

Unter den aktuellen Gegebenheiten lässt sich keine klare Aussage über die optimale Belegung der Arbeitsplätze treffen, Allerdings hat sich die Tendenz abgezeichnet, dass bei Aufträgen der Produktfamilie PI 120 & 160 ein Arbeiten mit einem Mann pro Arbeitsplatz zu den besseren Zeiten pro Rollenpaar geführt hat. Für den tatsächlichen Soll-Ablauf, wird aber auf jeden Fall unter „Realverhältnissen“ auszutesten sein, welche Belegung zu den besseren Ergebnissen führt.

3.8.6 Entwurf des Ideal-Zustandes

Zusammenfassend kann der Ideale Ablauf wie folgt dargestellt werden:

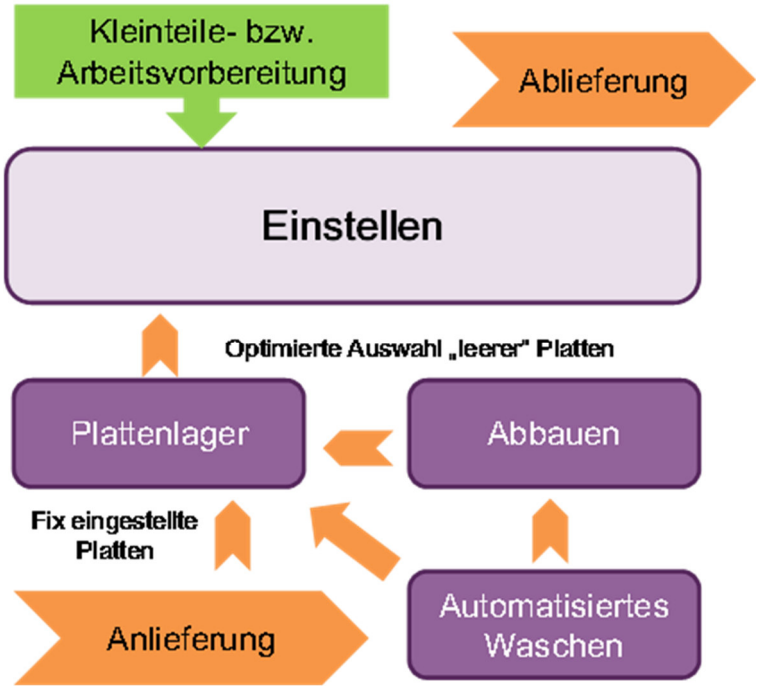

Abbildung 65: Grundsätzlicher Ablauf – Ideal Prozess

Die zentralen Punkte welche als Planungsprämissen für die Planung des Soll- Zustandes herangezogen werden waren also:

- Die Optimierung der bestehenden Arbeitsinhalte als Grundlage für weitere Prozessverbesserungen
- Die Installation einer automatischen Platten-Waschkabine
- Das Errichten eines zentrales Plattenlagers
- Die Optimierung der Plattenauswahl
- Die Trennung des Prozesses mindestens in Abbauen und Einstellen
- Das Einführen einer umfassenden Kleinteile- bzw. Arbeitsvorbereitung

3.9 Szenarien zur Spezialisierung der Arbeitsplätze

Wie bereits erwähnt war die Trennung der Arbeitsschritte einer der zentralen Punkte bei der Neugestaltung des Prozessablaufs. Die grundsätzliche Entscheidung wie weit die Spezialisierung der Arbeitsplätze zu erfolgen hat musste auf jeden Fall getroffen werden bevor über mögliche Layout Varianten für den Soll-Zustand diskutiert werden konnte.

3.9.1 Trennen des Einstell- und Abbauvorgangs

Der erste logische Schritt war die Trennung des Schmutz- und des Reinbereichs in einen Einstell- und einen Abbauarbeitsplatz. Dadurch wurden bereits wesentliche Optimierungen des Arbeitsplatzes sowie der dazugehörigen Materialbereitstellung möglich. Für die Abbauarbeitsplätze sind viele Werkzeuge nicht von Nöten, welche jedoch für das Einstellen notwendig sind. So sind beispielsweise keine Laser zum Einmessen notwendig. Zusätzlich wird Platz an den Arbeitsplätzen gewonnen, da nur die zum Einstellen bzw. Abbauen notwendigen Gerüstwagen vor Ort bereitgestellt werden müssen. Damit werden die Komplexität der Arbeitsvorgänge reduziert und mögliche Fehlerquellen minimiert. Zusätzlich erleichtert die Spezialisierung von Arbeitsplätzen das Installieren von gezielten Hebehilfen an den Arbeitsplätzen und ermöglicht somit eine Verbesserung der Ergonomie.

Neben der Optimierung des Arbeitsplatzes ist außerdem eine Umverteilung der Kompetenzen zwischen dem Einstell- und Abbauvorgang möglich. Während beim komplexen Einstellen hohe fachliche Ausbildung und Erfahrung notwendig ist, können einfache Abbauaufgaben bereits von weniger erfahrenen Mitarbeitern durchgeführt werden. Außerdem ermöglicht die klare Trennung der Arbeitsplätze und Aufgaben einen Ausgleich von Kapazitätsschwankungen. So können bei niedriger Auftragslage Kapazitäten zum Abbauen verschoben werden, was sich positiv auf die Menge an verfügbaren Rollen, Platten und Aufbauteilen auswirkt. Bei einer hohen Auftragslage hingegen können die Kapazitäten zum Einstellen verschoben werden um alle Aufträge zeitgerecht fertigstellen zu können.

Das gezielte Abbauen jeder Platte, sobald sie angeliefert und gewaschen wurde, ermöglicht, dass spezielle Plattenaufstellungen sowie spezielle Rollen und Zubehör vermehrt im direkten Zugriff sind. Aktuell werden im besonderen Platten mit speziellen Aufstellungen oder Aufbauteilen ungern abgebaut, da diese relativ viel Aufwand zum Umbauen erfordern. Das führt dazu, dass spezielle Aufbauteile sobald sie benötigt werden, aufgrund fehlender Transparenz, manuell gesucht werden müssen, außerdem werden diese Platten in der Regel erst dann abgebaut wenn es aufgrund der hohen Auftragslage nicht anders möglich ist. Gerade dann aber wirkt sich der zusätzlich Abbauaufwand besonders negativ auf die Leistung der ESTA aus.

Die angeführten Verbesserungen sowie die Tatsache, dass der Gesamtablauf weniger umfangreich und somit überschaubarer ist, führen insgesamt zu einer Reduktion der Bearbeitungszeiten, sodass eine Erhöhung des Outputs bei gleichem Personalstamm möglich ist. Alternativ ist eine Reduktion von Mitarbeitern möglich. Neben der Reduktion der Bearbeitungszeit führt die Entkopplung der Auftragseinsteuerung zu einer kürzeren Auftragsdurchlaufzeit. Dadurch kann flexibler und schneller auf kurzfristige Änderungen im Kundenbedarf reagiert werden und generell führen sowohl Minimierung

der Bearbeitungs- sowie der Auftragsdurchlaufzeiten zu einer Reduktion des notwendigen Puffers an Vorlauf gegenüber der Profilfertigung und somit zu weniger gebundenem Material, was kurzfristige ein Neuanschaffen von Material für neue Produktionslinien obsolet macht.

Den zahlreichen Vorteilen steht gegenüber, dass aufgrund einer Trennung von Einstell- und Abbauvorgang zusätzliche Plattentransporte notwendig werden. In einer entsprechenden Neugestaltung muss unbedingt darauf Rücksicht genommen werden, dass diese zusätzlichen Transporte logistisch durchführbar sind und nicht zu zusätzlichen Wartezeiten führen. So können diese Transporte beispielsweise durch ein intralogistisches Fördersystem durchgeführt werden oder aber ein zweiter Hallenkran kann installiert werden, welcher die Transporte ohne zusätzlichen Wartezeiten durchführt.

3.9.2 Weiteres Auftrennen der Arbeitsinhalte

Nach der Trennung in Einstell- und Abbaubereich ist der nächste logische Schritt das weitere Auftrennen der Arbeitsinhalte (vgl. Abbildung 66). Dazu kann beispielhaft der Einstellvorgang in „einfache“ und „komplexe“ Einstellvorgänge getrennt werden oder im extremen Fall jeder Teilablauf an einem separaten Arbeitsplatz durchgeführt werden. Unabhängig von der Ausprägung der Auftrennung ist klar, dass die Optimierung des Arbeitsplatzes sowie der Materiabereitstellung weiter ausgereizt werden kann.

Allerdings sind für jede weitere Trennung zusätzliche Plattentransporte und entsprechender zusätzlicher Platz für die einzelnen Arbeitsplätze notwendig. Aufgrund der hohen Streuung der einzelnen Teilprozesse sind außerdem entsprechende Zwischenpuffer zwischen den einzelnen Teilprozessen notwendig, welche wiederum Platz in Anspruch nehmen. Das Schaffen von zusätzlicher Pufferfläche und die Belegung von zusätzlicher Hallenfläche, entweder durch einzelnen Arbeitsplätze oder einem entsprechenden Transportsystem, verstärkt die ursprüngliche Problemstellung, welche von einem Platzmangel vor Ort ausgegangen ist. Bei der Neugestaltung muss also beachtet werden, dass das ursprüngliche Problem nicht verschärft wird und dass sichergestellt werden, dass die Vorteile durch Reduktion von Bearbeitungszeit und Auftragsdurchlaufzeit den entsprechenden Mehraufwand durch die Auftrennung der Prozesse aufwiegen. Denn neben den Investitionen für ein geeignetes Transportsystem, sowie das Schaffen zusätzlicher Plattenpuffer und Arbeitsplätze, wird durch eine weitere Trennung der Arbeitsplätze eine komplexe Kapazitäts- und Auftragsplanung notwendig um der Gefahr von Stauung im Durchlauf vorzubeugen. Außerdem wird bei der Installation eines automatisierten Plattenlagers der Investitionsaufwand umso höher desto mehr Übergabestationen und entsprechende Transportfahrten aufgrund einzelner Arbeitsplätze notwendig sind.

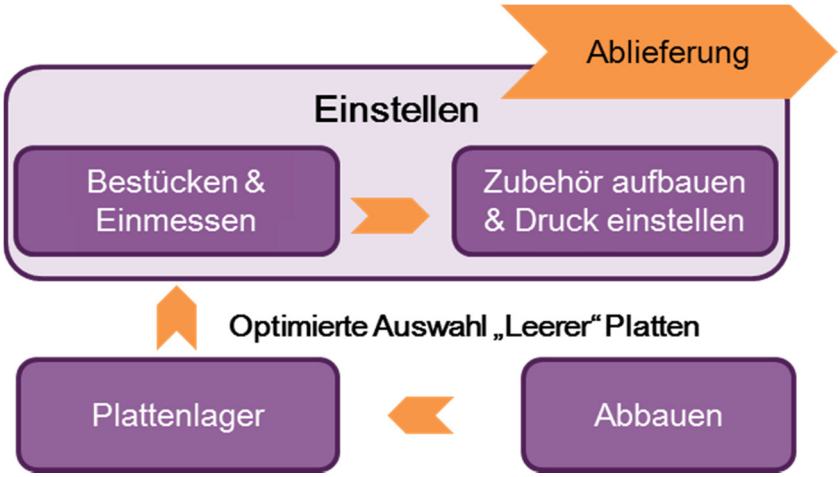

Abbildung 66: Trennen des Einstellvorgangs

Trotz all der genannten Nachteile soll aber erwähnt sein, dass bei ausreichendem Platz und einer Neuplanung ohne Restriktionen, durch das gegenwärtige Hallenlayout und bestehenden Arbeitsplätzen eine weitreichende Trennung der Arbeitsplätze durchaus sinnvoll ist und bei Installation eines geeigneten intralogistischen Transportsystems auf jeden Fall die bestmöglichen Durchlaufzeiten erreicht wird.

3.9.3 One Piece Flow

Die Idee eines One Piece Flows, also die Einführung eines unterbrechungsfreien Materialflusses, wurde zu Projektbeginn von mehreren Seiten als ein anzustrebender Zustand deklariert. Nach Auswertung der Analyse wurde jedoch schnell klar, dass die dafür notwendigen Voraussetzungen in der ESTA nicht gegeben sind.

Einerseits ist eine sinnvolle Arbeitsteilung aufgrund des nicht klar definierten Ablaufs zwischen Einmessen und Aufbauen des Zubehörs nicht gegeben. Außerdem unterliegt der Prozess einer hohen Schwankung des Kundenbedarfs, was eine einheitliche Austaktung der Teilprozesse erschwert. Zusätzlich schwanken die Prozesszeiten komplexitätsabhängig so stark, dass eine entsprechende pufferlose Fertigung nur sehr schwer umsetzbar ist.

In der ESTA kommt außerdem erschwerend hinzu, dass das gegenwärtige Hallenlayout für eine U-förmige Produktionsinsel, wie ein One Piece Flow typischerweise in der Praxis umgesetzt wird, nur bedingt geeignet ist und einen relativ hohen Umbauaufwand erfordern würde. Für den Anschluss einer Produktionsinsel an ein zentrales Plattenlager werden außerdem entsprechende Umschlagspunkte benötigt welche hohen Investitionskosten mit sich bringen.

3.9.4 Organisation

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor bei der Neugestaltung des Prozessablaufs stellt auf jeden Fall die Organisation der Arbeitsplätze und die Verteilung von Verantwortung zwischen den Mitarbeitern dar. Während aktuell verschiedene Zweierteams zusammenarbeiten und die durchschnittlichen Bearbeitungszeiten zusätzlich von Team zu Team variieren, muss in Zukunft eine geeignete Organisation eingeführt werden welche einerseits die Verantwortung vor allem bei Schichtübergabe klar regelt und andererseits die Verantwortung für die einzelnen Teilschritte klärt.

Je weiter die Trennung der Arbeitsplätze erfolgt, desto wichtiger ist es dass die auftretenden Schnittstellen klar geregelt werden und entsprechende Kompetenzen definiert sind. So soll in einem vorhandenen Einstell-team der fachlich erfahrenste Mitarbeiter die Verantwortung über die Freigabe der Platten haben und sich um die notwendige Aufteilung der Kapazitäten zu den einzelnen Arbeitsplätzen kümmern sowie die Schichtübergabe klar Regeln.

3.10 Layout Konzepte

Nachdem das Errichten eines zentralen Plattenlagers als wesentliches Kriterium für die optimale Neugestaltung identifiziert wurde, war im nächsten Schritt zu klären welche möglichen Layout Konzepte für die Errichtung in Frage kommen und abzuklären welche Vor und Nachteile die einzelnen Varianten mit sich bringen. Aber natürlich musste auch abgeschätzt werden, welche Kosten bei der Errichtung entstehen.

Grundsätzlich wurde die Errichtung eines automatisierten oder eines manuellen Lagers verglichen, mögliche Prinzip Layouts erstellt und bewertet sowie die Möglichkeit einer Neugestaltung der ESTA unabhängig von gegebenen Restriktionen, also „auf der grünen Wiese“, ins Auge gefasst. Für die Erstellung der Prinzip Layouts wurden primär Varianten betrachtet welche die Errichtung eines Plattenlagers innerhalb der Hallen 8 und 9 beinhalten bzw. die bauliche Erweiterung am Grüngürtel parallel zu Halle 8, nachdem diese Variante mit vom internen Facility Management als machbar deklariert wurde. Eine Variante, welche die Errichtung in Halle 10 beinhaltet, wurde verworfen, da ein etwaiges Lager durch das Rollenzentrallager räumlich getrennt wäre und sowohl ein Umbauen des Rollenlagers bzw. ein entsprechendes Transportsystem den Kostenrahmen sprengen würde. Weiters wurde eine Errichtung im hinteren Bereich von Halle 8 als baulich nicht machbar eingestuft.

Grundsätzlich wurde die Layout Gestaltung in einer Form durchgeführt welche einen möglichst durchgängigen Materialfluss ermöglicht. Dazu wurde verstärkt Augenmerk auf saubere An-, Abliefer- sowie Umschlagszonen gelegt und versucht den Aufwand für die zusätzlich anfallenden Ein und Auslagerwege in bzw. aus dem Lager so gering wie möglich zu halten. Außerdem musste gewährleistet sein, dass die Einstell- und

Abbaubereiche in einer Form gestaltet werden können welche die Optimierung der Arbeitsplätze mit einer geeigneten Materialversorgung ermöglichen. Nicht zuletzt sollte das neugestaltete Layout zukunftsfähig sein, also einerseits flexibel um auf die Änderungen des zukünftigen Kundenverhalten einzugehen und andererseits so gestaltet sein, dass in Zukunft notwendige Erweiterungen durchführbar sind und im Sinne des installierten Materialflusses an das bestehende Konzept adaptiert werden können.

3.10.1 Manuelles Plattenlager

Die bevorzugte Variante für das Errichten eines manuellen Plattenlagers stellt das Errichten des Lagers im jetzigen Vorrichtungsbau dar, da somit ein geeigneter Materialfluss umgesetzt werden kann und der entsprechende Platz für eine saubere Platzierung der Einstell- und Abbaubereiche gewährleistet wird (siehe Abbildung 67). Grundsätzlich handelt es sich bei dem Lager um einen Stahlbau bei welchem die Platten in alle drei Dimensionen gelagert werden können und mittels geeigneten Staplers verwaltet werden.

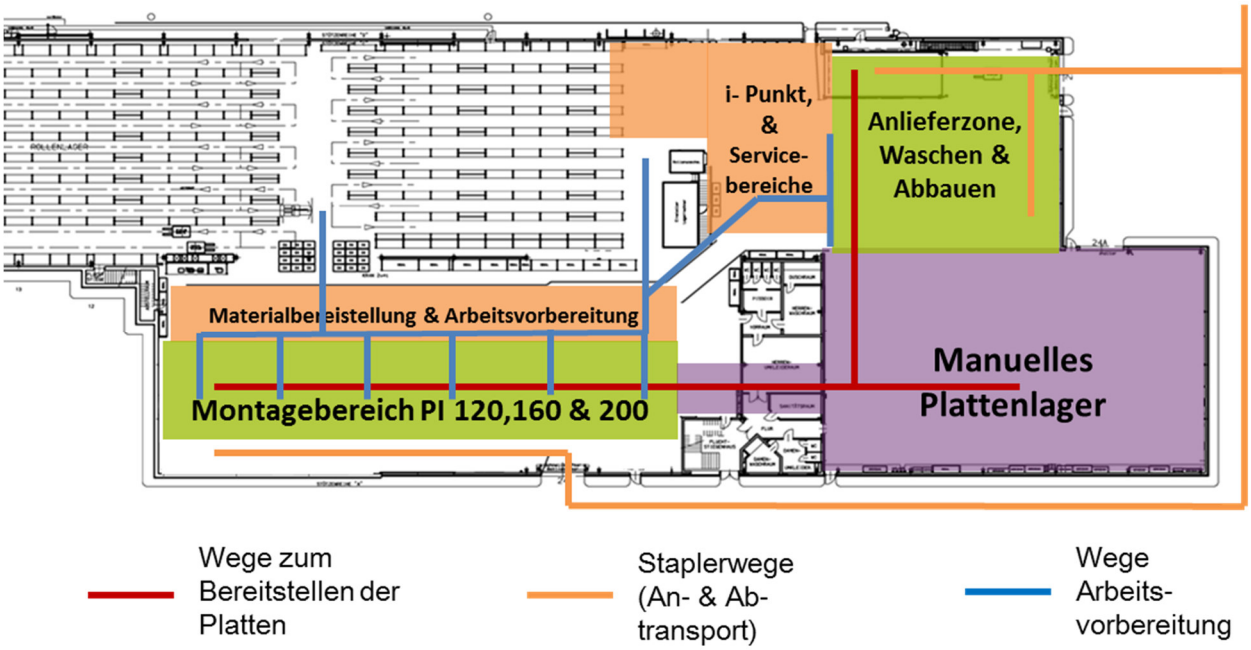

Abbildung 67: Layout - Manuelles Plattenlager

Für die Errichtung des Lagers ist es also demnach notwendig, dass der Vorrichtungsbau, die Elektriker sowie die Werkzeugausgabe umgesiedelt werden. Demnach muss für diese eine neue Halle errichtet werden. Zusätzlich fallen Kosten für die Umbauten am Sozialtrakt an, damit ein Plattentransport in und aus dem Lager möglich wird. Außerdem muss der Boden im jetzigen Vorrichtungsbau verstärkt werden, damit die Last für ein entsprechendes Plattenlager getragen werden kann. Die tatsächlichen Anschaffungskosten für das Lager sind dabei relativ gering. Da das Lager in einem Bereich errichtet wird, der aktuell nicht als Einstellbereich dient, ist die Errichtung des Lagers weitgehend ohne Beeinträchtigung des laufenden Betriebs möglich.

Der Nachteil dieser Variante ist jedoch dass eine manuelle Übergabe der Platten aus dem Lager an die Montage also ein manuelles Handling der Platten z.B. mittels Stapler und Hallenkran, notwendig ist. Diese Aufgabe würde den Aufwand der Arbeitsvorbereitung erhöhen, sodass verglichen mit einer automatisierten Lösung mehr Personaleinsatz notwendig ist.

3.11 Automatisiertes Plattenlager

Für die Errichtung eines automatisierten Lagers gibt es mehrere mögliche Varianten welche im Folgenden dargestellt und gegenübergestellt werden. Für die Abschätzung der Kosten und die Abklärung der technischen Machbarkeit wurden im Vorfeld Gespräche mit verschiedenen Lagertechnik Herstellern geführt, welche auch erste Grobangebote erstellten um den Kostenrahmen abschätzen zu können.

Grundlegend bedeutet ein automatisiertes Plattenlager, dass das zu errichtende Lager abgetrennt von den restlichen Hallenbereichen mittels automatisch agierenden Lagerbediengeräten versorgt wird und mittels Übergabezonen an die Einstell- und Abbaubereiche sowie An- und Ablieferung angebunden sind.

Zentrales Plattenlager im jetzigen Vorrichtungsbau

Analog zu den Überlegungen des manuellen Plattenlagers wurde eine Variante ins Auge gefasst, welche die Errichtung des Lagers im jetzigen Vorrichtungsbau und eine entsprechende automatisierte Übergabezone zu den Montagebereichen beinhaltet.

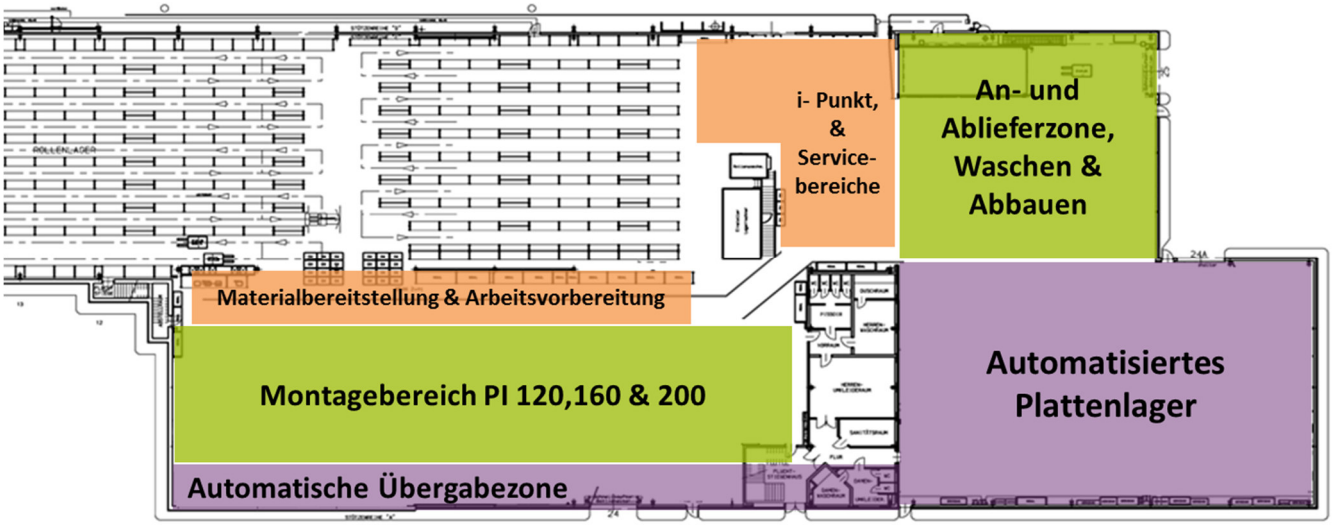

Abbildung 68: Layout Zentrales Plattenlager im jetzigen Vorrichtungsbau

Die Kosten welche für die Vorbereitungen notwendig sind unterscheiden sich nicht von der Variante des manuellen Plattenlagers, lediglich die Anschaffungskosten des automatisierten Lagers sind wesentlich höher als bei der manuellen Variante.

Auch bezüglich der Vor und Nachteile verhält sich die Variante weitgehend wie das manuelle Plattenlager, jedoch ist durch die automatisierte Übergabe der Platten kein Personal für das Plattenhandling notwendig, außerdem kann durch den Wegfall des Platzes für die Ablieferung per Stapler der gesamte Platz für die optimale Gestaltung von Einstellbereich und Materialversorgung genutzt werden.

Plattenlager entlang ESTA-Halle (INNEN)

Als Alternative zu der Errichtung des Lagers im jetzigen Vorrichtungsbau wurde die Variante in Auge gefasst das Plattenlager entlang der Halle zu errichten. Dies ermöglicht eine Bereitstellung der Platten direkt aus dem Plattenlager und somit die kürzesten Wege für den Transport der Platten.

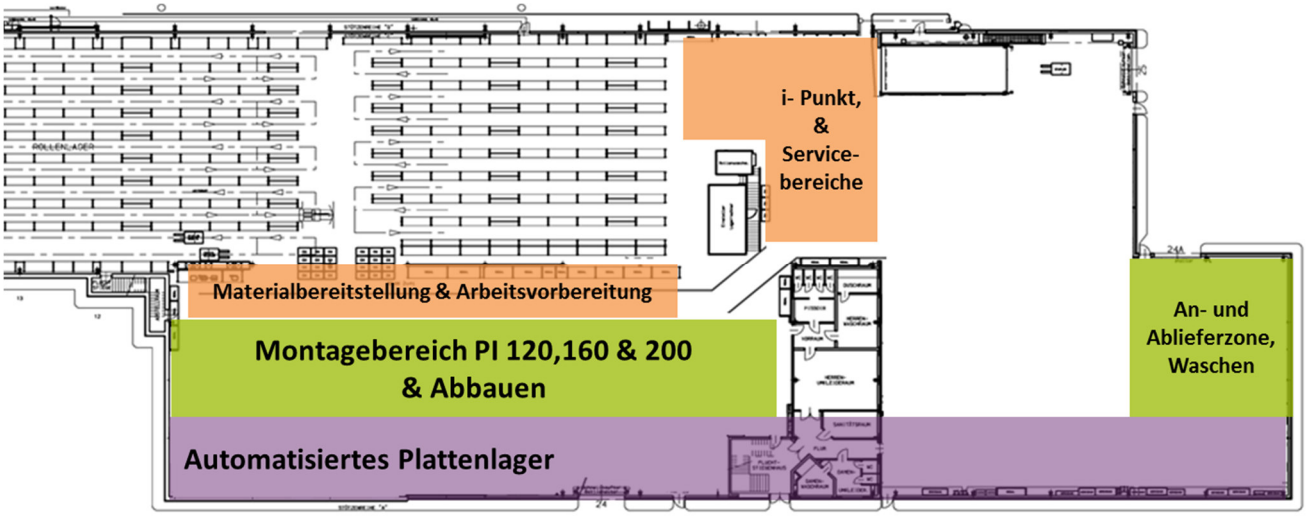

Abbildung 69: Layout – Plattenlager entlang EST-Halle (INNEN)

Diese Variante stellt die beste Möglichkeit dar einen durchgängigen Materialfluss zu gestalten, welcher das Plattenlager an sich direkt als Puffer für die Arbeitsplätze verwendet und die Wege für die Bereitstellung möglichst gering hält. Allerdings stößt die Variante auf wesentliche Nachteile hinsichtlich der Errichtung. Um die gesamte Lagerhöhe auszunutzen muss der vorhandene Hallenkran umgebaut werden. Des Weiteren muss der Sozialtrakt umgebaut und die Abteilungen um jetzigen Vorrichtungsbau umgesiedelt werden. In Abbildung 69 sieht man, dass die Raumaufteilung des Layouts nicht optimal möglich ist, einerseits bleibt freier Platz in den Hallen, welcher aber nur bedingt sinnvoll nutzbar ist, andererseits ist der Platz für Einstell- und Abbaubereich knapp was sich negativ auf die Zukunftsfähigkeit des Systems auswirkt. Die Kosten für Vorbereitungsarbeiten sowie Errichtung des Lagers decken sich im Wesentlichen mit den Kosten der Variante im jetzigen Vorrichtungsbau.

Plattenlager entlang EST-Halle (AUSSEN)

Mit dieser Variante wurde ein Szenario entwickelt welches die Vorteile der Variante entlang des ESTA Halle nützt, jedoch die Nachteile zu vermeiden versucht. Wie in der

folgenden Abbildung ersichtlich soll das Plattenlager Außen entlang der EST Halle errichtet werden, und somit die Fläche zwischen Halle und Grüngürtel produktiv nutzen.

Abbildung 70: Layout – Plattenlager entlang EST-Halle (Aussen)

Die Kosten für die notwendigen Vorbereitungen fallen geringer aus als bei den anderen Varianten, da weder die im jetzigen Vorrichtungsbau angesiedelten Abteilungen umgesiedelt werden müssen, noch der Sozialtrakt umgebaut werden muss. Lediglich die Kosten für die Erweiterung der Außenseite fallen ins Gewicht. Da für diese Erweiterung allerdings das zu Errichtende Lager bereits als Gerüst für die Halle dient, fallen diese Kosten relativ gering aus.

Neben den Vorteilen der Variante innerhalb der ESTA Halle, wird der laufende Betrieb lediglich minimal beeinflusst und wie bereits erwähnt, hat das Errichten des Lagers keinerlei Einfluss auf die Abteilungen im jetzigen Vorrichtungsbau sowie den Sozialtrakt. Es wird sogar zusätzlicher Platz in der Halle gewonnen, welcher dazu benutzt werden kann, um weitere Serviceabteilungen umzusiedeln und zu einer zentralen Serviceinsel im Unternehmen zusammenzuführen

Allerdings ist die bauliche Machbarkeit zum jetzigen Zeitpunkt nicht vollends geklärt, da eine teilweise Umwidmung des Grüngürtels notwendig ist. Dies ist nach Rücksprache mit dem internen Facility Management zwar machbar, allerdings wird es eine gewisse Zeit in Anspruch nehmen bis dieser Schritt erfolgt ist. Aufgrund der baulichen Gegebenheiten ist außerdem nur eine etwas geringere Kapazität des Lagers als bei den anderen automatisierten Varianten möglich. Hinsichtlich der Zukunftsfähigkeit ist anzumerken, dass es durch einen zukünftig denkbaren Zukauf des benachbarten Grundstückes möglich ist die Kapazität des Lagers zu erhöhen sowie durch eine Ausweitung in den jetzigen Vorrichtungsbau die Kapazität der Einstell- und Abbaubereiche erhöht werden kann.

Grüne Wiese

Da die meisten der bisher angesprochenen Varianten die Umsiedlung der Abteilungen im jetzigen Vorrichtungsbau in eine neugebaute Halle beinhalten, ist alternativ die Variante zu prüfen ob nicht der Neubau einer Halle für die ESTA die sinnvollere Lösung darstellt.

Im Zuge solch einer Neugestaltung der Abteilung muss ein neues Lager für Rollen und alle Werkzeuge und Zubehör Teile errichtet werden, da die Umsiedelung des in die Jahre gekommenen Rollenlagers als nicht sinnvoll erachtet wird. Außerdem wird ein Schwerlastlager für die Paletten angestrebt, wofür gemeinsam eine neue Halle mit mindestens 2000 m² benötigt wird.

Neben der Möglichkeit den Prozessablauf und die Materialbereitstellung komplett ohne Restriktionen zu planen bietet sich weiters die Chance alle Supportabteilungen zentral zusammenzuziehen und einen zentralen Servicebereich für das gesamte Unternehmen zu schaffen. Die somit frei gewordenen Hallen 8 und 9 können als Produktionsfläche für die Profilfertigung genutzt werden.

Diesen Vorteilen gegenüber stehen die enorm hohen Investitionskosten für solch einen Neubau. Aus diesem Grund wurde diese Variante bereits früh dezidiert abgelehnt und wird im Weiteren nicht mehr besprochen.

3.11.1 Ideal-Wertstrom

In Abbildung 71 sind die Ergebnisse der Modellierung des Ideal-Zustandes dargestellt.

Man kann unschwer erkennen, dass der Gesamtablauf in der ESTA, durch die Vereinheitlichung der Supportfunktionen, weniger Schnittstellen aufweist und der Prozess somit möglichst störungsfrei ablaufen kann.

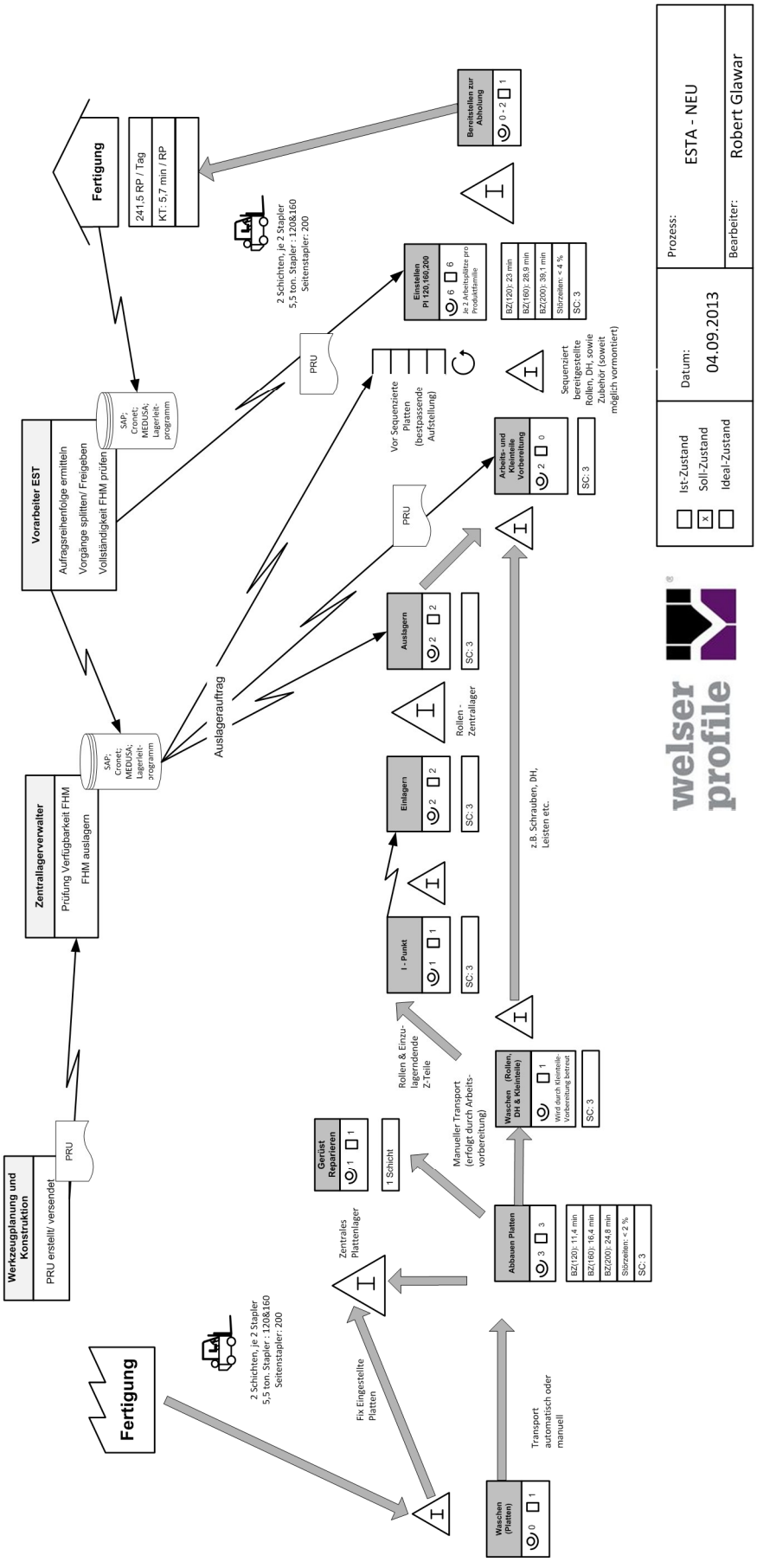

Abbildung 71: Ideal Wertstrom

4 Ergebnisse

Um eine bestmögliche Soll-Lösung zu erarbeiten ist es im ersten Schritt notwendig den Vergleich zwischen manuellem und automatisiertem Lager anzustellen und entsprechend den Bedürfnissen der Welser Profile Austria GmbH die passende Variante auszuwählen. Im nächsten Schritt sollte ein beispielhaftes Layout angefertigt werden mit Hilfe dessen Angebote eingeholt werden können. Bevor eine Investitionsentscheidung getroffen werden kann, müssen die anfallenden Kosten für die Investition detailliert dargestellt werden und den zu erwartenden Vorteilen bzw. Einsparungen gegenübergestellt werden.

4.1 Auswahl der optimalen Layout Variante

Bevor ein detailliertes Beispiellayout angefertigt werden kann muss die bestmögliche Layout Variante für die Detailplanung ausgewählt werden. Dazu muss zuerst eine Entscheidung getroffen werden ob eine manuelle oder automatisierte Lagervariante umgesetzt werden soll. Im Folgenden sind die Vor- und Nachteile der beiden Varianten dargestellt

4.1.1 Einsparung Personalkosten

Da bei Errichtung eines automatisierten Plattenlagers die Manipulation der Platten automatisch erfolgt, erspart man sich in diesem Fall Personalkosten für Mitarbeiter welche z.B. mittels Stapler das Lager verwalten und für den Transport der Platten an den Arbeitsplatz verantwortlich sind.

Hinsichtlich möglicher Einsparungen aufgrund reduzierter Bearbeitungszeiten durch verringerte Stehzeiten sowie Spezialisierung der Arbeitsplätze gibt es keinen Unterschied zwischen den beiden Varianten.

4.1.2 Investitionen

Den geschätzten Kosten von 2,75 Mio Euro für die Errichtung eines manuellen Plattenlagers stehen 3,5 – 5,7 Mio Euro für die Errichtung einer automatisierten Lösung gegenüber. Die notwendigen Kosten für eine automatisierte Lösung sind also wesentlich höher als bei der manuellen Variante.

4.1.3 Qualitative Verbesserungen

Unter qualitativen Verbesserungen werden Verbesserungen im Prozessablauf verstanden welche sich nur indirekt bzw. schwer in finanziellen Größen ausdrücken lassen, den Ablauf aber maßgeblich erleichtern bzw. unternehmensübergreifend wirksam werden. So lösen beide Varianten beispielhaft im gleichen Maße die angesprochenen

Platzprobleme (vgl. 3.7.1). Während jedoch die automatisierte Lösung neben den Wegzeiten auch den Staplerverkehr durch eine direkte An- und Ablieferung aus dem Lager reduziert, werden diese bei der manuellen Lösung zusätzlich erhöht.

Ein wesentlicher Punkt ist die Einführung eines geeigneten Rückverfolgbarkeitssystems zur Gewährleistung der entsprechenden Transparenz, welche neben dem gezielten Einsatz von Ressourcen außerdem eine bestmögliche Wartung ermöglicht. Während eine automatisierte Lösung zwingend das Einführen solch eines Systems erfordert, besteht bei der manuellen Lösung die Gefahr, dass eine Umsetzung nur halbherzig durchgeführt wird und entsprechend nicht zu den erwarteten Verbesserungen führt.

4.1.4 Notwendige Vorbereitungen & Umsetzung

Während bei der manuellen Variante auf jeden Fall die Abteilungen im momentanen Vorrichtungsbau umgesiedelt und der Sozialtrakt umgebaut werden muss, ist es bei Errichtung einer automatisierten Lösung (je nach Variante) möglich den Umbau ohne Beeinträchtigung des laufenden Betriebs und Umsiedlungen durchzuführen. Allerdings müssen in diesem Fall vorbereitende Maßnahmen wie etwa die Umwidmung des Grüngürtels bzw. Vorbereitung eines entsprechenden Rückverfolgbarkeitssystems durchgeführt werden.

4.1.5 Risiko

Die Risiken für die Errichtung eines manuellen Plattenlagers sind relativ überschaubar. Kritisch ist hier vor allem das Übergabesystem zwischen Plattenlager und Montage, welches so gestaltet sein muss, dass es zu keinen Wartezeiten kommt. Bei der Errichtung eines automatisierten Lagers kommt es neben dem finanziellen Risiko, welches eine Großinvestition immer mit sich bringt, zu der Gefahr, dass Platten im Fall eines Gebrechens der Mechatronik des Lagers nicht bzw. nur schwer zugänglich sind.

4.1.6 Wandlungsfähigkeit

Wie bereits gezeigt ist die Flexibilität und Zukunftsfähigkeit einer automatisierten Lösung (vor allem im Fall der Variante Außen entlang der EST Halle) durchaus gegeben. Allerdings kann eine automatisierte Lösung niemals so flexibel einsatzfähig sein wie ein einfacher Stahlbau, welcher einfach erweitert bzw. im Fall anderswertig benutzt werden kann.

4.1.7 Zusammenfassung der Entscheidungsfaktoren

In Abbildung 72 findet man die einzelnen Faktoren übersichtlich dargestellt. Für eine Entscheidung muss man individuell gewichten ob einem die zu erwartenden Einsparungen bzw. Verbesserungen sowie die Vorteile bei der Umsetzung wichtiger sind als

geringere Investitionskosten sowie einem geringeren Risiko sowie besserer Wandlungsfähigkeit.

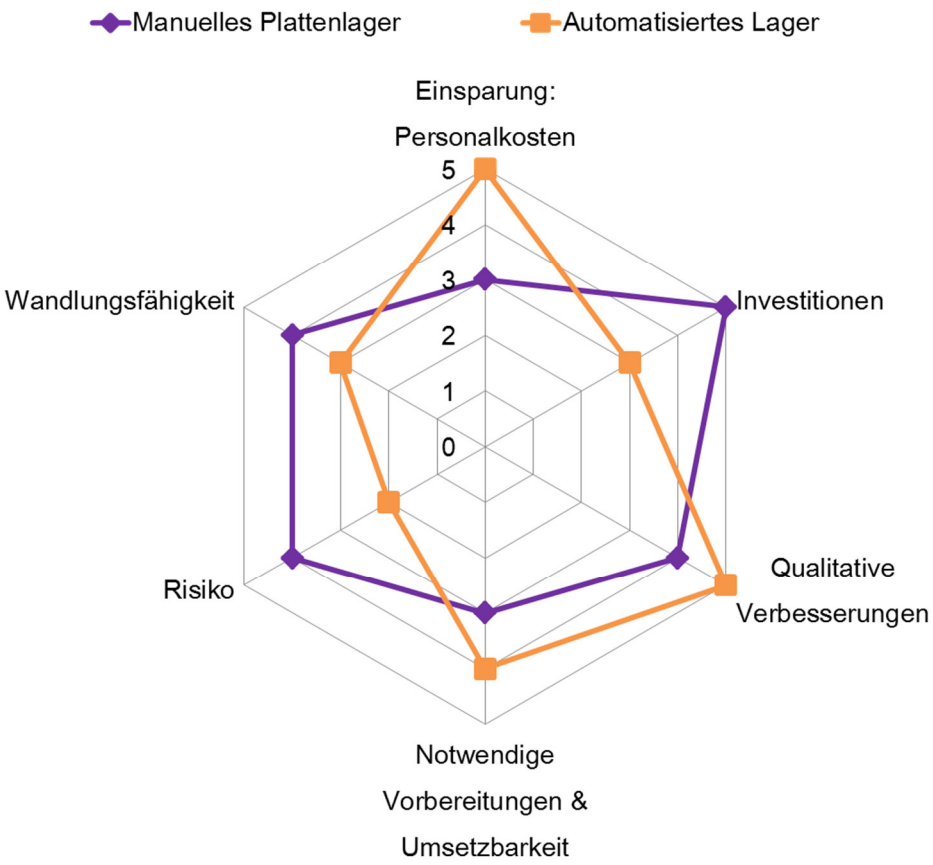

Abbildung 72: Vergleich Manuelles und Automatisiertes Lager

Im Fall des vorliegenden Projekts hat sich die Welser Profile Austria GmbH für den Start der Detailplanung eines automatisierten Plattenlagers entlang der Außenwand der EST Halle entschieden. Die anfallenden Investitionskosten wurden sowohl bei der manuellen als auch der automatisierten Lösung als hoch empfunden. Da die Investition allerdings als unbedingt notwendig erachtete wurde, sollten bei solch einer großen Investition auf jeden Fall die bestmöglichen Verbesserungen erzielt werden. Außerdem wurde der Tatsache, dass die Errichtung entlang der Außenwand der EST Halle unter minimaler Beeinträchtigung des laufenden Betriebs sowie ohne Umbau der Serviceabteilungen und des Sozialtraktes möglich ist viel Gewicht zugesprochen. Unter anderem wurde auch die Umsetzung eines optimalen Rückverfolgbarkeitssystems bei der Errichtung eines manuellen Plattenlagers stark bezweifelt und die Wichtigkeit der Einführung einer firmenweiten Transparenz als wichtiges Ziel bei der Entscheidung hervorgehoben.

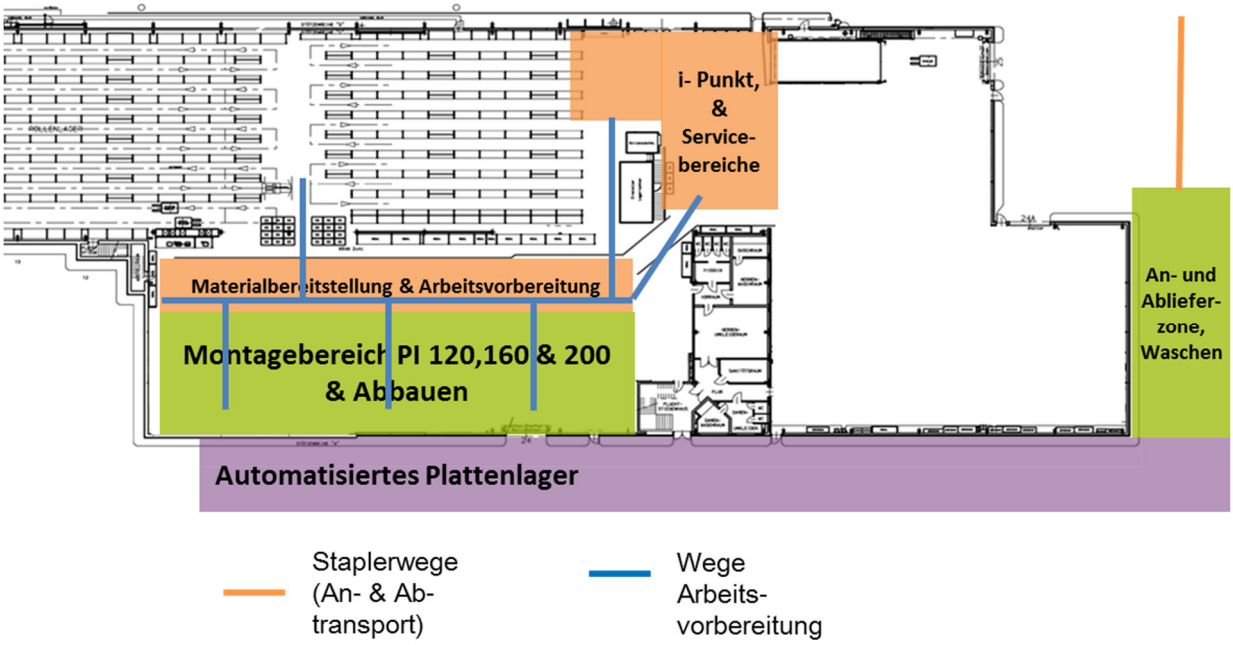

Abbildung 73: Prinziplayout – Soll-Zustand

In Abbildung 73 sieht man nochmal das prinzipielle Layout, auf welches sich das Unternehmen festlegen konnte und für welches im nächsten Schritt ein beispielhaftes Detaillayout angefertigt wurde.

Zusammengefasst sind die Faktoren welche zu der Entscheidung des vorliegenden Layouts geführt haben:

- Minimale Beeinträchtigung des laufenden Betriebs während des Umbaus
- Kein Umbau des Sozialtraktes notwendig
- Service Abteilungen müssen nicht umgesiedelt werden
- Zusätzlicher Platz in der Halle wird frei
- Verhältnismäßig geringe Investitionskosten (verglichen mit den anderen Varianten einer automatisierten Lösung)

4.2 Mögliches Soll-Layout

Abbildung 74 stellt einen beispielhaften Entwurf des Layouts dar, wie er zur Angebotsstellung und Detailplanung bzw. Bewertung der Einsparungspotentiale und Vorteile verwendet wurde.

Der An- und Abtransport soll in Zukunft auf einer klar definierten Übergabestelle erfolgen, welche sich auf den jetzigen Hallenvorplatz befinden soll. Hier können die Platten von einem Stapler, welcher die abgerüsteten Platten aus der Produktion anliefert, einem Transportsystem übergeben. Danach werden die Platten automatisiert gewaschen und schließend im zentralem Plattenlager zwischenpuffert, bis sie für das Abbauen benötigt werden.

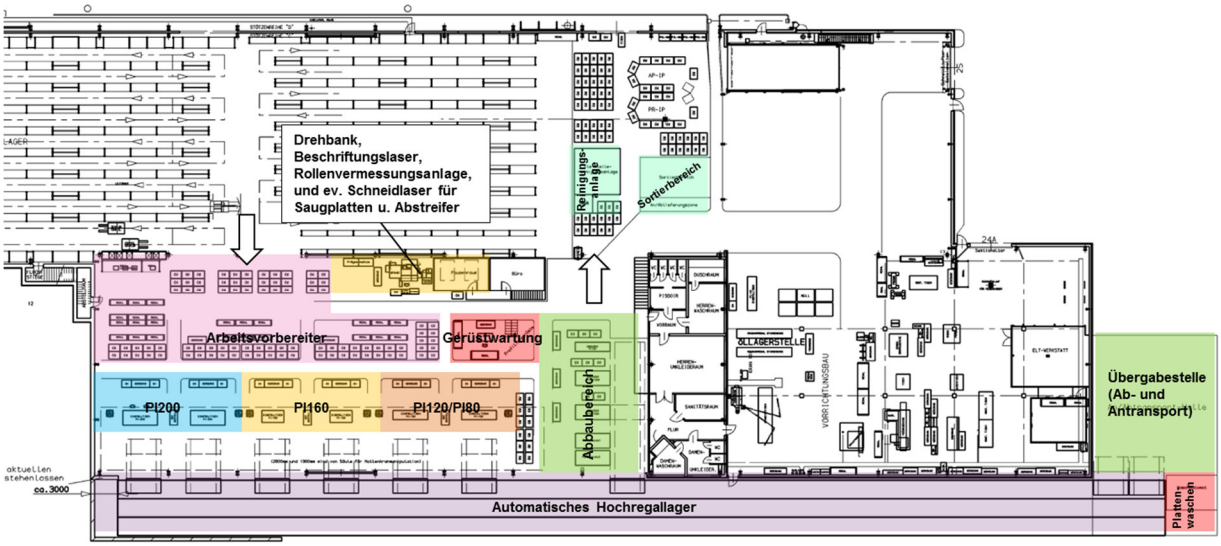

Abbildung 74: Layout – Soll-Zustand [207]

Der Abbaubereich befindet sich nähest möglich an der Waschbox für Rollen und Kleinteile und ist mit einem direkten Ein- und Auslagerpunkt mit dem Lager verbunden. Grundsätzlich werden alle Platten sobald sie gewaschen sind direkt zum Abbauen eingereiht, allerdings können jederzeit Expressaufträge diese Reihenfolge ändern sofern bestimmte Rollen, Gerüste oder Zubehörteile benötigt werden.

Die Einstellbereiche sind nach Produktfamilie getrennt und besitzen jeweils zwei direkte Verbindung mit dem Plattenlager. So kann sicher, gestellt werden, dass jeweils die nächste einzustellende Platte bereitgestellt ist. Der Transport zwischen Umschlagpunkt und Arbeitsplatz erfolgt weiterhin mittels Hallenkran.

Hinter dem Einstellbereich ist entsprechend die Arbeits- und Kleinteilevorbereitung angeordnet, welche für die Materialversorgung der Arbeitsplätze verantwortlich ist. Des Weiteren wird die Aufstellung des i-Punktes angepasst, sodass ein effizienteres Arbeiten möglich wird.

4.3 Erwartete Vorteile bzw. Einsparungen

Das wesentliche Entscheidungskriterium um einen Start des Umsetzungsprojektes zu ermöglichen war, ob die erwarteten Vorteile bzw. Einsparungen der Gesamtlösung „ESTA NEU“ die notwendigen Investitionskosten rechtfertigen.

Da viele der zu erwartenden Vorteile schwer zu quantifizieren sind, wird im Folgenden versucht einen gesamtheitlichen Überblick über die zu erwartenden Vorteile und Einsparungen zu geben.

[207] Welser Profile (2013b)

4.3.1 Einsparungspotential Personal

Die aktuellen Tätigkeiten der Z-Teile Vorbereitung sowie des Einsortierens werden um drei Mitarbeiter erweitert und künftig als Arbeits- und Kleinteilevorbereitung geführt. Die Anzahl der Einsteller reduziert sich um sechs Mitarbeiter. Zudem fällt der Aufgabenbereich der beiden Wäscher sowie ein Mitarbeiter zum Transport der Platten gänzlich weg. Insgesamt stellt das Einsparungspotential also sechs Mitarbeiter dar. Um das Einsparungspotential zu berechnen wurden die einzelnen Arbeitsschritte aufgelistet und jeweils angeführt welche geschätzten Einsparungen durch die Neugestaltung des Prozesses möglich sind. Die einzelnen Werte wurden ermittelt indem zwei Gruppen von Einstellern separat voneinander das Konzept vorgestellt wurde. Anschließend sollten diese Gruppen die, aus ihrer Sicht möglichen, Einsparungen schätzen. Diese beiden Gruppenmeinungen wurden durch die Schätzung des Projektteams erweitert und der Durchschnitt gebildet (Vgl.Tabelle 14).

Tabelle 14: Geschätzte Einsparung Einstellzeit

Arbeitsschritt:	Einsparung [%]
PAE Anpassen	10,22%
Holen Rollen	38,71%
Bestücken	4,25%
Einmessen	4,66%
Holen Z-Teile	93,33%
Zubehör aufbauen	9,84%
Druck einstellen und Freigabe	10,64%
Abbau Platte bestimmen und umheben	40,86%
Gerüstwagen bereitstellen	49,84%
Zubehör abbauen	0,84%
Rollen& DH trennen	0,84%
Gerüst prüfen	0,00%
Platte reinigen	31,67%
Gerüstwagen abtransportieren	47,93%

Geschätze Einsparung Einstellzeit: 17,1 % = 6 MA

4.3.2 Platzersparnis

Durch die Neugestaltung der Einstellhalle bzw. die Einführung eines zentralen Plattenlagers können in der ESTA 250 m² an Fläche sowie 500 m² an Produktionsfläche in der Profilfertigung eingespart werden.

4.3.3 Zukunftsfähigkeit des Unternehmens

Die Gewährleistung der Zukunftsfähigkeit des Unternehmens stellt einen zentralen Vorteil der Neugestaltung der ESTA dar. Unter den gegebenen Umständen ist ein weiteres Wachstum des Unternehmens lediglich unter exponentiellem Anstieg von Qualitätsproblemen und Stehzeiten in der Profilfertigung möglich, bedingt durch unsachgemäße Lagerung sowie unzureichender Planbarkeit der Aufträge. Die Neugestaltung der ESTA stellt eine solide Basis für zukünftige Optimierungen und Erweiterungen dar und stärkt somit die Zukunftsfähigkeit des Unternehmens. Die Auftragsdurchlaufzeiten beim Einstellen werden minimiert und eine eindeutige Plattenübergabe zwingt zur Transparenz, was insgesamt die Planung und Steuerung des Einstellprozesses bereits beginnend bei der Grobplanung erleichtert.

Obwohl die Dringlichkeit offensichtlich ist, bleibt dieser Punkt insgesamt schwer zu quantifizieren. Allerdings können 1,5 Mio Euro, welche die Umsiedlung der Serviceabteilungen im jetzigen Vorrichtungsbau kostet, als Einsparungspotential herangezogen werden. Dies ist die einzige Möglichkeit Platz für weitere Plattenpuffer in der ESTA zu schaffen ohne eine bauliche Erweiterung der Halle durchzuführen bzw. den Prozessablauf in der ESTA grundlegend zu verändern.

4.3.4 Reduktion der Stehzeiten in der Profilfertigung

Durch den gegenwertigen Prozessablauf des Einstellens kommt es zu vermehrten Stehzeiten in der Profilfertigung (vgl.3.7.4). Die Neugestaltung des Prozesses inkl. der Errichtung eines zentralen Plattenlagers erleichtert einerseits die Planung der Aufträge in der ESTA, andererseits werden die Ursachen für die in der Produktion auftretenden Stehzeiten weitgehend reduziert, sodass auch die Stehzeiten in der Profilfertigung z.B. aufgrund „Warten auf Rollensatz“ oder „defektes Profiliergerüst“, reduziert werden können.

4.3.5 Faktor Qualität

Durch gezielteren Einsatz der Gerüste kann eine Steigerung der Qualität erzielt werden. Weiters führt eine Errichtung eines zentralen Plattenlagers zu weniger Korrosion durch unsachgemäße Lagerung von Rollen und Platten und ermöglicht zusammen mit der Einführung eines transparenten Rückverfolgbarkeitssystems die Erleichterung einer gezielten Wartung.

4.3.6 Reduktion von Anschaffungskosten und bestehendem Material

Da im Zuge der Neugestaltung des Prozesses sowie einer zentralen Lagerung der Plattenpuffer reduziert werden kann und alle Platten klar rückverfolgbar sind, ist insgesamt eine geringere Anzahl an Platten und entsprechend auch Profiliergerüsten pro Produktionsanalage notwendig. Aus diesem Grund kann zum einen der Bestand an aktuellen Platten und Gerüsten reduziert werden. Zum anderen ist bei der Neuanschaffung von Produktionsanlagen eine verminderte Anschaffung von Platten und Gerüsten notwendig.

4.3.7 Umweltaspekte

Da keine abgebauten Platten mehr unter dem Vordach gelagert werden, erfolgt keine Verschmutzung des Grundwassers durch Rückstände von Betriebs- oder Hilfsmittel welche von den Platten abtropfen bzw. bei Regen ausgeschwemmt werden.

4.3.8 Verbesserung der Ergonomie

Durch eine entsprechende Gestaltung der Arbeitsplätze erfolgt eine Verbesserung der Ergonomie. Hierbei ist anzumerken, dass es im Zuge des Projektes unmöglich war die ergonomischen Kriterien umfassend darzustellen, sodass entsprechende Verbesserungen nicht eindeutig bewertbar waren.

4.4 Notwendige Investitionen bzw. Vorbereitungen

Den erzielten Einsparungen stehen Investitionen gegenüber (Vgl. Tabelle 15). Die Kosten in der folgenden Aufstellung beziehen sich auf die Aussagen des internen Facility Managements, was die baulichen Maßnahmen sowie einziehen der Hallenwände, Errichten einer Übergabehalle, Schaffen der notwendigen Infrastruktur etc., angeht. Die Kosten für das Lagersystem, aufgeschlüsselt nach Variante, mit oder ohne automatischer Übergabe, wurden auf Grundlage der Budgetangebote der Fa. SIBA, Fa. Alztec und Fa. MFW. erstellt.

Tabelle 15: Kostenaufstellung, ESTA NEU [208]

Kostenaufstellung	einfache Übergabe	automatisierte Übergabe
Regalstahlbau (für 600 Platten)	765.000.-	=
Regalbediengerät mit Teleskop, Gassenausrüstung+Steuerung	750.000.-	=
Ausgabe+Eingabestellen (Kettenförderer, Rollbahn, Zugangssicherungen)	510.000.-	2.590.000
Lagerleitsystem (Hardware+Software)	200.000.-	=
Waschanlage BUPI	330.000.-	=
Ersatzteilpaket für RBG (Elektrik+Mechanik)	200.000.-	=
Plattenkennzeichnung (RFID+Anbringung)	20.000.-	=
Summe Lagersystem:	**2.775.000.-**	**4.855.000.-**
Summe der baulichen Maßnahmen(Bodenplatte, Hallenwände, Übergabehalle, Infrastruktur,….) lt. Schütz Patrick	**1.2 -1.5 Mio**	=
Gesamtprojektkosten:	**3.975.000.- bis 4.275.000**	**6.055.000.- bis 6.355.000.-**

4.5 Maßnahmenplan

Abschließend wird dargestellt welche Maßnahmen zur Umsetzung des Projektes „ESTA NEU“ notwendig sind und wie die weitere Vorgehensweise für die ESTA aussehen wird.

4.5.1 Bereits durchgeführte Maßnahmen

Aktuell werden bereits Optimierungsworkshops zu den einzelnen Prozessschritten durchgeführt, wobei klare Arbeitsanweisungen geschaffen und geschult werden sowie die bestehenden Abläufe angeglichen und ergonomische Verbesserungen durchgeführt werden. Außerdem erfolgen aktuell Versuche zum Erstellen einer bestmöglichen Materialbereitstellung, wobei eine umfassende Arbeits- und Kleinteilevorbereitung simuliert wird welche für das Bereitstellen von allen Aufbauteilen direkt am Arbeitsplatz, Bereitstellen von Kleinteilen mittels Mehrbehältersystem sowie der Vormontage (von z.B. Leisten), zuständig ist. Des Weiteren wurden schwerpunktmäßig bereits Maßnahmen zur Reduktion der Störzeiten vorangetrieben.

4.5.2 Investitionsentscheidung

Bevor eine endgültige Investitionsentscheidung getroffen werden kann, müssen die identifizierten Einsparungspotentiale bzw. Vorteile bestmöglich quantifiziert werden

[208] Welser Profile (2013b)

um sie den veranschlagten Investitionskosten gegenüberzustellen und die weitreichenden Folgen der Investitionsentscheidung zu verdeutlichen. Dazu müssen die notwendigen Informationen von Seiten der ESTA in Zusammenarbeit mit den zuständigen Abteilungen zusammengetragen und sauber aufbereitet werden.

Vor allem Punkte wie die Verbesserungen der Rüstzeiten, gewonnener Platz in ESTA und Produktion, Reduktion der Stehzeiten der Produktion, geringere Anschaffungskosten bei neuen Produktionsanlagen sowie Reduktion der bestehenden Platten und Gerüstbestände können quantifiziert werden und müssen von Seiten der ESTA zusammen mit den zuständigen Abteilungen sauber dargestellt werden, sodass eine wahrheitsgetreue Aussage über Einsparung und Investition getroffen werden kann.

4.5.3 Start des Umsetzungsprojektes

Sobald eine entsprechende Investitionsentscheidung getätigt wurde, müssen die notwendigen Vorbereitungen für die Errichtung eines automatisierten Plattenlagers getätigt werden bevor (realistischer Weise ab Herbst 2014) mit dem Bau des Lagers begonnen werden kann.

Zu den Vorbereitungen gehört das detaillierte Ausarbeiten der technischen Lösung mit Lagertechnikunternehmen, die Kennzeichnung aller Platten und Gerüste zur Rückverfolgbarkeit, sowie die Ausarbeitung einer weitreichenden Planungsmethodik, zur Ermöglichung der optimalen Bereitstellung der Platten. Des Weiteren müssen die Zeichnungen entsprechend für eine papierlose Fertigung umgestellt werden und die zukünftigen Arbeitsplätze zusammen mit den operativen Mitarbeitern bestmöglich entworfen werden.

5 Zusammenfassung und Resümee

In der vorliegenden Arbeit wurde die Methode der Wertstromanalyse und des Wertstromdesigns auf die Bedürfnisse der manuellen Großgerätemontage unter Berücksichtigung hoher Variantenvielfalt adaptiert. Zu diesem Zweck wurde die manuelle Montage von Großgeräten und im speziellen die Montagesystemplanung und Bewertung anhand aktueller Literatur beschrieben und die wertstromorientierte Layoutplanung unter Berücksichtigung produktionslogistischer Faktoren dargestellt.

Dabei wurde klar, dass aufgrund der hohen Variantenvielzahl und eines hohen Komplexitätsgrades ein tiefreichendes Prozessverständnis notwendig ist. Aus diesem Grund müssen die Mitarbeiter frühzeitig in die Ideensammlung, Bewertung und Auswahl von Teilprozessalternativen eingebunden werden, bevor mit der eigentlichen Bildung von Wertstromalternativen begonnen wird. Außerdem sind folgende Punkte bei der Durchführung einer Wertstromanalyse bzw. des Wertstromdesigns in der variantenreichen Großgerätemontage zu beachten:

- Die Bildung von repräsentativen Produktfamilien welche das Variantenspektrum möglichst gut wiedergibt.
- Bei der Analyse ist eine entsprechend hohe Stichprobe zu erfassen.
- Die Abbildung produktionslogistischer Faktoren im Wertstrom muss berücksichtigt werden.
- Eine Orientierung am Kundentakt ist nur bedingt möglich.
- Eine umfassende Kundenbedarfsanalyse ist notwendig.
- Kapazitäten müssen flexibel angepasst werden können.
- Prozessintegration bei hohen Komplexitätsschwankungen
- Wertstromorientiertes Layout inkl. Nutzwertanalyse

Das im praktischen Teil durchgeführte Projekt stellt eines von mehreren Initiativen der Welser Profile Austria GmbH zur Schaffung eines modernen Unternehmensbewusstseins und der Steigerung der Produktivität dar. Dabei wurde die zuvor erarbeitete Methodik angewandt und validiert. Für den internen Servicebereich „ESTA“ bewirkte das Projekt vor allem ein Umdenken hinsichtlich der Notwendigkeit zur Neugestaltung des Prozessablaufes und Errichtung eines geeigneten Lagersystems. Da im Unternehmen erst seit kurzer Zeit Druck zum Erreichen einer Produktivitätssteigerung gegeben ist, ist eine entsprechen Denkweise noch nicht an allen Stellen im Unternehmen verankert. Aktuell soll durch Rüstzeitoptimierung, sowie Schaffen eines firmenübergreifenden Planungs- und Logistiksystems die langfristige Zukunftsfähigkeit des Unternehmens gesichert werden. Das Projekt „ESTA NEU“ stellt hierbei eine wichtige Schlüsselrolle dar, da sich der Prozessablauf in der ESTA, sowie eine Errichtung eines zentralen Plattenlagers, wesentlich auf die Möglichkeit eine geeignete Planungssystematik zu entwickeln, die Gestaltung eines effektiven Logistiksystems sowie nicht zuletzt auf eine

mögliche Änderung der Rüstvorgänge und somit einer Reduktion der Rüstzeiten, auswirkt. Dabei stellt die Kommunikation am Shop-Floor eine Schlüsselrolle dar. Die Mitarbeiter müssen ausreichend über den Stand aktueller Projekte informiert werden, sodass es für sie verständlich ist, warum bestimmte Projekte umgesetzt werden. Für das Projekt „ESTA NEU“ wurden bewusst alle Entscheidungen mit den Mitarbeitern diskutiert und entsprechende Anregungen mit in das Konzept aufgenommen, sodass die Mitarbeiter ein Verständnis für die Unternehmensziele entwickeln.

Als Ergebnis der praktischen Umsetzung wurde ein Soll-Layout für ein zentrales Plattenlager entworfen, welches ohne Beeinträchtigung des laufenden Betriebes umgesetzt werden kann und den notwendigen Platzbedarf abdecken kann. Die Errichtung eines zentralen Plattenlagers war notwendig um weitere Verbesserungen im Prozessablauf, wie beispielsweise die Trennung der Arbeitsinhalte in einen Schmutz- und einen Sauberbereich und Einführung einer umfassenden Materialbereitstellung, umzusetzen. Diese Verbesserungsmaßnahmen führen zu einer geringeren Auftragsdurchlaufzeit, sowie einer Minimierung der Bearbeitung- und Stehzeiten.

Zusammengefasst konnten folgende Verbesserungen für die Welser Profile erreicht werden:

- Eine **Platzersparnis** von 250 m² in der ESTA, sowie 500 m² in der Produktion.
- Eine **Steigerung der Qualität** durch gezielten Einsatz von Rollen und Gerüsten und einer lückenlosen Wartung**.**
- Eine **Minimierung der Auftragsdurchlaufzeit** beim Einstellen.
- Eine **Ersparnis** im Einstellprozess von **sechs Mitarbeitern**.
- Erleichterung in der Planung und Steuerung des Einstellprozesses.
- Eine Minimierung von Fehlerquellen durch Reduktion der Komplexität.
- Keine Verschmutzung des Grundwassers durch Außen-Lagerung
- Weniger Korrosion durch unsachgemäße Lagerung.

6 Verzeichnisse

6.1 Quellenverzeichnis

Welser Profile Quellen:

Welser Profile (2012a): Welser Profile Austria GmbH: Leitbildbroschüre, 2012

Welser Profile (2012b): Welser Profile Austria GmbH: Unternehmensgeschichte, Stand: April 2012

Welser Profile (2013a): Welser Profile Austria GmbH: Unternehmensdatenblatt, Stand:01.08.2013

Welser Profile (2013b): Größbacher Johann, Unterlagen zu Planung ESTA NEU, Stand 24.09.2013

Literaturquellen:

Adami W., & Lang Ch. et.al. (2008). *Montage braucht Erfahrung:Erfahrungsbasierte Wissensarbeit in der Montage.* München: Rainer Hampp Verlag.

Balsliemke F. (2013). Mit kostenorientierter Wertstromplanung zu schlanker Logistik. In Göpfert I., *Automobillogistik: Stand und Zukunftstrends.* Gabler Verlag.

Boppert J. (2008). *Entwicklung eines wissensorientierten Konzepts zur adaptiven Logistikplanung.* München: Dissertation .

Boysen N., & Bock S. (2011). Scheduling just-in-time part supply for mixed-model assembly lines. *European Journal of Operational Research 211*, S. 15-25.

Bullinger H.J. (1994). *Planung der Materialbereitstellung in der Montage.* Vieweg+Teubner Verlag.

Chen J.C., & Cheng C. et.al. (2013). Supply chain management with lean production and RFID application: A case study. *Expert Systems with Applications 40*, S. 3389- 3397.

Chen W.C., & Hsu Y.Y. et.al. (2010). A systematic optimization approach for assembly sequence planning using Taguchi method, DOE, and BPNN. *Expert Systems with Applications 37*, S. 716-726.

Chiarini A. (2013). *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office.* Springer Verlag.

Demoly F., & Yan X.T. et.al. (2011). An assembly oriented design framework for product structure engineering and assembly sequence planning. *Robotics andComputer-IntegratedManufacturing27*, S. 33-46.

Dickmann P. (2009). *Schlanker Materialfluss.* Springer Verlag.

Dorff E. (2007). *Positive Erfahrungen bei der Six Sigma Einführung und Projektumsetzung bei Whirlpool Europe.* Springer Verlag.

Erlach K. (2010). *Wertstromdesign: Der Weg zur schlanken Fabrik.* Springer Verlag.

Erlach K. (2013). *Value Stream Design - The Way Towards a Lean Factory.* Springer Verlag.

Erlach K., & Westkämper E. (2009). *Energiewertstrom: Der Weg zur energieeffiziente Fabrik.* Fraunhofer Verlag.

Eversheim W. (Hrsg.). (1992). *Störungsmanagement in der Montage.* Düsseldorf: VDI Verlag.

Fisher M.L., & Ramdas K. et.al. (1999). Component Sharing in the Management of Product Variety: A Study of Automotive Braking Systems. *Management Science, Vol. 45, No. 3*, S. 297-315.

Franke W. (2006). *RFID - Leitfaden für die Logistik.* Gabler Verlag.

Fujimoto H., & Alauddin A. (2004). Assembly Process Design for Managing Manufacturing - Complexities Because of Product Varieties. *The International Journal of Flexible Manufacturing Systems, 15*, S. 283-307.

Grundig C.G. (2006). *Fabrikplanung: Planungssystematik - Methoden - Anwendungen.* München: Hanser Verlag.

Günther H.O., & Tempelmeier H. (2005). *Produktion und Logistik.* Springer Verlag.

Günther O. (2008). *RFID in Manufacturing.* Springer Verlag.

Haid A., & Niemann J. (Maschinenbau und Metallbearbeitung, August 2006). Fitnesskur für die Produktion - mit Papier und Bleistift durch die Fabrik. S. 60-61.

Heiserich O.E. (2011). *Logistik - Eine praxisorientierte Einführung.* Gabler Verlag.

Henlich Th., & Weigert G. et.al. (2011). *Modellierung und Optimierung von Montageprozessen; in: März L. (Hrsg.); Simulation und Optimierung in Produktion und Logistik.* Springer Verlag.

Hideo F., & Alauddin A. (2003). Assembly Process Design for Managing Manufacturing Complexities Because of Product Varieties. *The International Journal of Flexible Manufacturing Systems 15*, 283-307.

Jessenberger J. (2009). Einführung von Lean Six Sigma bei Xerox. In Töpfer A., *Lean Six Sigma.* Springer Verlag.

Jochem R. (2011). *Six Sigma leicht gemacht: Ein Lehrbuch mit Musterprojekt für den Praxiserfolg.* Symposium Verlag.

Keil S. (2012). *Flussorientierte Gestaltung von Produktionssystemen: Anwendung am Beispiel von Halbleiterfabriken.* Springer Verlag.

Kletti J., & Schuhmacher J. (2011). *Die perfekte Produktion: Manufacturing Excellence durch Short Inverval Technology (SIT).* Heidelberg: Springer Verlag.

Klevers T. (2007). *Wertstrom-Mapping und Werstrom-Design.* mi-Fachverlag.

Klevers T. (2013). *Wertstrom-Management: Mehr Leistung und Flexibilität für Unternehmen.* Frankfurt/ New York: Campus Verlag.

Koch S. (2011). *Einführung In Das Management Von Geschäftsprozessen: Six Sigma, Kaizen Und TQM.* Springer Verlag.

Kuhlang P., & Edtmayr Th. (2011). Methodical approach to increase productivity and reduce lead time in assembly and production-logistic processes. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, (S. 23 - 32).

Lotter B., & Wiendahl H.P. (Hrsg.). (2012). *Montage in der industriellen Produktion.* Springer Verlag.

Magnusson K. (2004). *Six Sigma umsetzen.* Hanser Verlag.

Martin H. (2009). *Transport- und Lagerlogistik.* Vieweg und Teubner Verlag.

Matyas K., & Hagmair F. et.al. (2010). Standardisierung und Optimierung der Instandhaltungsprozesse mit Wertstromdesign. *wt Werkstattstechnik online Jahrgang 100 H.7/8*, S. 604- 611.

Neumann M., & Constantinescu C. et.at. (2012). Method for Multi-Scale Modeling and Simulation of Assembly Systems. *Procedia CIRP 3*, S. 406- 411.

Neumann M., & Westkämper E. (2014). Method for situation-based Modeling and Simulation of Assembly Systems. *Procedia CIRP 7*, S. 413 - 418.

Otto A., & Scholl A. (2011). Incorporating ergonomic risks into assembly line balancing. *European Journal of Operational Research 212*, S. 277 - 286.

Rahini A.R. (2012). Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study. *International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors 2012 (* (S. 1727 – 1734). Elsevier.

Rajan V.N., & Sivasubramanian K. et.al. (1999). Accessibility and ergonomic analysis of assembly product and jig designs. *International Journal of Industrial Ergonomics 23*, S. 474-487.

REFA. (1997). *Datenermittlung. Methodenlehre der Betriebsorganisation, Teil 1.* Carl Hanser Verlag,.

REFA. (2001). *Lehrunterlagen Grundschein Arbeitsorganisation. Prozess- und Zeitdatenermittlung– Analyse und Synthese- Lehrunterlage zu Modul 3210245.*

Reinhart G. et.al. (2009). Optimierung der Wertschöpfung in der variantenreichen Serienfertigung des Anlagenbaus. *Werkstattstechnik online; Jahrgang 99 H3.*, S. 130-135.

Reuter Ch. (2009). *Logistikrelevante Lösungen auf der Basis von Lean Management bei kleinen Losgößen und hoher Variantenvielfalt.* Dissertation Universität Stuttgart: Jost-Jetter Verlag.

Rother M. (2006). *Sehen Lernen.* Aachen: Lean Management Institut.

Sagmaline M. (1986). *Möglichkeit der Investitionsbeurteilung bei nicht- bzw. schwer quanitifizierbaren Investitionsprojekten.* Diplomarbeit, eingereicht an der Wirtschaftsuniversität Wien.

Sayler S., & Dillmann R. (2011). Experience-based optimization of universal manipulation strategies for industrial assembly tasks. *Robotics and Autonomous Systems 59*, S. 882- 898.

Schneider M. (2008). *Logistikplanung in der Automobilindustrie. Konzeption eines Instruments zur Unterstützung der taktischen Logistikplanung vor Start-of-Production im Rahmen der Digitalen Fabrik.* Wiesbaden Verlag.

Schneider M. (2012). Lean Factory Design: Ganzheitliche Fabrikgestaltung und -betrieb nach Lean-Kriterien. *ZWF Jahrg.107 1-2*, 61-66.

Schuh G. (2006). *Produktionsplanung und - Steuerung.* Springer Verlag.

Schuh G., & Gottschalk S. et.al. (2008). Strategien und Trends in der Montagetechnik und -organisation. *wt Werkstattstechnik online Jahrgang 98 H. 9*, S. 670 - 674.

Schulte C. (2009). *Logistik: Wege zur Optimierung der Supply Chain.* München: Vahlen.

Seeck S. (2010). *Erfolgsfaktor Logistik: Klassische Fehler erkennen und vermeiden.* Gabler Verlag.

Spath D. (2006). Visuelle mitarbeiterorientierte Montageplanung. *Werkstattstechnik online Jahrgang 96 H.9*, 582-586.

Strasser H. (1993). Grundsätze zur Arbeitsplatzgesteltung. In Hettinger Th., *Kompendium der Arbeitswissenschaften.* Kiel Verlag.

Tsigkas A. (2013). *Lean Enterprise.* Springer Verlag.

Vignais N., & Miezal M. et.al. (2013). Innovative system for real-time ergonomic feedback in industrial manufacturing. *Applied Ergonomics 44*, S. 566 -574.

Westkämper E. (2009). *Wandlungsfähige Produktionsunternehmen.* Springer Verlag.

Wiegand B. (2007). Sehen lernen in der Produktion. Mit Wertstromdesign die Abläufe verbessern. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 102. Jg.*, S. 82- 87.

Womack J.P., & Jomes D.T. (2013). *Lean Thinking: Ballast abwerfen, Unternehmensgewinne steigern.* Frankfurt/ New York: Campus Verlag.

Yaghoubi S., & Noori S. et.al. (2013). Lead time control in multi-class multi-stage assembly systems with finite capacity. *Computers & Industrial Engineering 66*, S. 808–817.

Zhu X., & Hu S.J. et.al. (2012). A complexity model for sequence planning in mixed-model assembly lines. *Journal of Manufacturing Systems 31*, S. 121-130.

6.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anforderungen in der Kunden – Lieferanten Beziehung 5
Abbildung 2: Unterscheidung von Aktivitäten hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit 10
Abbildung 3: Ablauf der Wertstrom - Methode 16
Abbildung 4: Wertstrom in der Fabrik 17
Abbildung 5: Beispiel einer Produktfamilienmatrix 18
Abbildung 6: Aufteilen eines Produktionsablaufschemas 19
Abbildung 7: Theoretischer Bestandsverlauf 21
Abbildung 8: Beispielhafter Produktionsprozess 23
Abbildung 9: Unterschiedliche Zeitparameter 25
Abbildung 10; Beispielhafter Wertstrom 26
Abbildung 11: Beispielhafter Wertstrom mit eingezeichneten Materialflüssen 28
Abbildung 12: Ausschnitt einer Wertstrom-Zeitlinie 31
Abbildung 13: Beispiel Wertstrom – Synchron AG 32
Abbildung 14: Taktabstimmungsdiagramm 34
Abbildung 15: Prozessintegration 36
Abbildung 16: Logik der FIFO Verkopplung 37
Abbildung 17: Beispiel eines Pull - Supermarkts 38
Abbildung 18: Beispiel einer Prozessintegration 38
Abbildung 19: Glättung der Kundennachfrage 40
Abbildung 20: Ausgleich des Produktionsmix 41
Abbildung 21: Produktionsausgleich beim Versenden 41
Abbildung 22: Beispiel einer Auftragsfreigabe am Schrittmacherprozess 42
Abbildung 23: Mögliche Gestaltungsstrukturen des Materialflusses 43
Abbildung 24: Funktionen der Montage 46
Abbildung 25: Aktuelle Trends und Entwicklungen der Montage 47
Abbildung 26: Gestaltungsaspekte der Montage 48
Abbildung 27: Baustellenmontageplatz 49
Abbildung 28: One Piece Flow Prinzip in der Montage 50
Abbildung 29: Ermittlung von Vorgabezeiten aus Ist Zeiten 51
Abbildung 30: Vorgabezeiten in der Montagesystemplanung 52
Abbildung 31: Gliederung der Zeitarten für den Menschen 53
Abbildung 32: Gliederung der Zeitarten für Betriebsmittel 54
Abbildung 33: Methoden zur Bestimmung von Ist-Zeiten 54
Abbildung 34: Methoden zur Bestimmung von Soll-Zeiten 55
Abbildung 35: Ziele des Störungsmanagement 58
Abbildung 36: Planungssystematik nach Lotter 60
Abbildung 37: Model der Montageplanung nach Neumann 62
Abbildung 38: Beispiel einer Nutzwertanalyse in der Montage 63
Abbildung 39: Entfernungsberechnung 66

Abbildung 40: Entfernungsmatrix....66
Abbildung 41: Transportmengenmatrix....67
Abbildung 42: Gesamtheitliche Betrachtung des Produktionssystems....69
Abbildung 43: Gesamtablauf der PPS....70
Abbildung 44: Entscheidungslandkarte der Materialbereitstellung....72
Abbildung 45: Operative Lagerung....76
Abbildung 46: Beispiel eines erfolgten Wertstromdesigns....81
Abbildung 47: Vorgehen Wertstromdesign....85
Abbildung 48: Abgrenzung ESTA....90
Abbildung 49: Projektstrukturplan....93
Abbildung 50: Hallenlayout ESTA....99
Abbildung 51: Wertstromskizze ESTA....101
Abbildung 52: Täglicher Bedarf an Rollenpaaren....103
Abbildung 53: Vergleich Kundenbedarf – Tatsächliche Produktion....104
Abbildung 54: Virtueller Bestand....104
Abbildung 55: Virtueller Bestand inkl. Sicherheitspuffer....105
Abbildung 56: Verteilung der Tätigkeiten....110
Abbildung 57: Exemplarische Ergebnisse der Zeitaufnahme....111
Abbildung 58: Verteilung auftretender Störfälle....112
Abbildung 59: Stehzeiten (bezogen auf die Arbeitszeit)....113
Abbildung 60: Ist-Wertstrom PI-200....114
Abbildung 61:Beispielhafte Ergebnisse aus der Ist-Analyse....115
Abbildung 62: Belegung Arbeitsplätze....117
Abbildung 63: Wege für die Materialbereitstellung....118
Abbildung 64: Stehzeiten Produktion....120
Abbildung 65: Grundsätzlicher Ablauf – Ideal Prozess....128
Abbildung 66: Trennen des Einstellvorgangs....131
Abbildung 67: Layout - Manuelles Plattenlager....133
Abbildung 68: Layout Zentrales Plattenlager im jetzigen Vorrichtungsbau....134
Abbildung 69: Layout – Plattenlager entlang EST-Halle (INNEN)....135
Abbildung 70: Layout – Plattenlager entlang EST-Halle (Aussen)....136
Abbildung 71: Ideal Wertstrom....138
Abbildung 72: Vergleich Manuelles und Automatisiertes Lager....141
Abbildung 73: Prinziplayout – Soll-Zustand....142
Abbildung 74: Layout – Soll-Zustand....143
Abbildung 75: Arbeitsablaufanalyse nach REFA- Tätigkeit des Menschen....160
Abbildung 76: Arbeitsablaufanalyse nach REFA- Nutzung des Betriebsmittels....161
Abbildung 77: Symbole in der Wertstromanalyse....162
Abbildung 78: Zeitaufnahme – Details zu den einzelnen Tätigkeitsfeldern....163
Abbildung 79: Stehzeiten - Detailauswertung....164

6.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich Gestaltungsrichtlinien für Wertstromdesign.....33
Tabelle 2: Montageprinzipien für Großgeräte 48
Tabelle 3: Planungsaufgaben und Informationen der Montageplanung 59
Tabelle 4 Verschiedene Lagertypen 74
Tabelle 5: Mögliche Lagerplatzzuordnungen.....75
Tabelle 6: Strategien zur Ein- und Auslagerung 75
Tabelle 7: Übersicht Fördermittel.....77
Tabelle 8: Vor- und Nachteile von RFID Technology in der Logistik.....78
Tabelle 9: Projektziele 92
Tabelle 10: Zeitliche Projektabgrenzung 93
Tabelle 11: Umfeldanalyse 94
Tabelle 12: Anzahl erfasster Datensets.....109
Tabelle 13: Aufstellung Wechselplatten.....116
Tabelle 14: Geschätzte Einsparung Einstellzeit.....144
Tabelle 15: Kostenaufstellung, ESTA NEU 147

6.4 Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
BDE	Betriebsdatenerfassung
BZ:	Betriebszeit
ca.	circa
d	Tag
d.h.	das heißt
DH	Distanzhülse
DLZ	Durchlaufzeit
ERP	Enterprise Ressource Planning
FIFO	First in First Out
GR	Gussring
h	Stunde
Ibid.	ebenso
JIS	Just in Sequence
JIT	Just in Time
KT	Kundentakt
KVP	Kontinuierliche Verbesserung
LG	Losgröße
MA	ÖMTMV Österreichische MTM-Vereinigung
MTM	Methods-Time Measurement
MZ	Maschinenzuverlässigkeit
PAE	Plattenaufstellung
PPS	Produktionsplanung und -Steuerung
PRU	Produktionsunterlage
RFID	Radio Frequency Identification
RP	Rollenpaare
RSF	Rollensatzfertigung
RSK	Rollensatzkonstruktion
RW	Reichweite
RZ:	Rüstzeit
SC	Anzahl Schichten
Stk.	Stück
usw.	und so weiter
V:	Prozessverfügbarkeit
Vgl.	Vergleiche
WSD	Wertstromdesign
WZE	Werkzeugeinheit (Werkzeugplatte)
z.B.	zum Beispiel
ZZ:	Zykluszeit

7 Anhang

7.1 Anhang zu den theoretischen Grundlagen

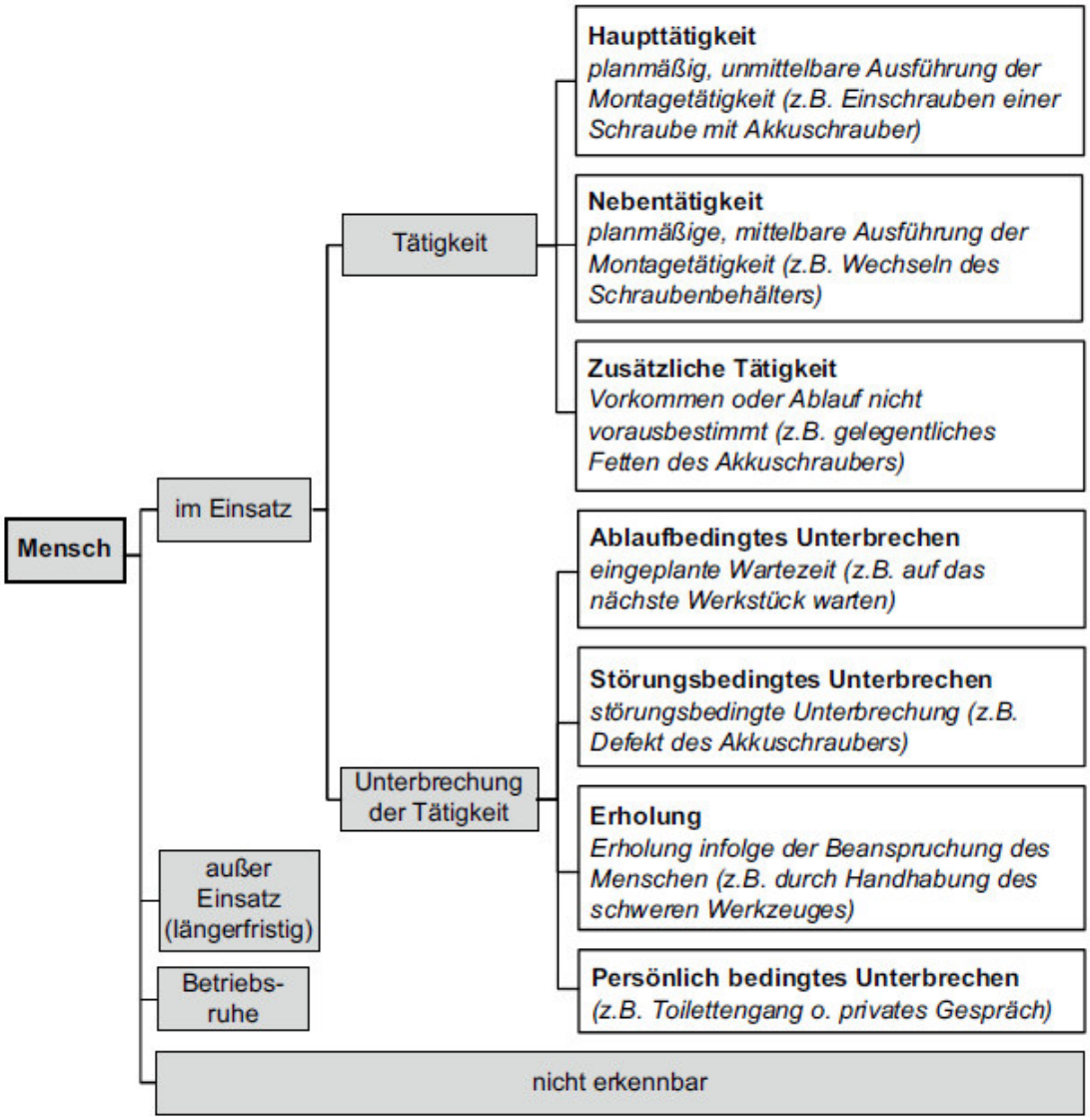

Abbildung 75: Arbeitsablaufanalyse nach REFA- Tätigkeit des Menschen[209]

[209] REFA (2001)

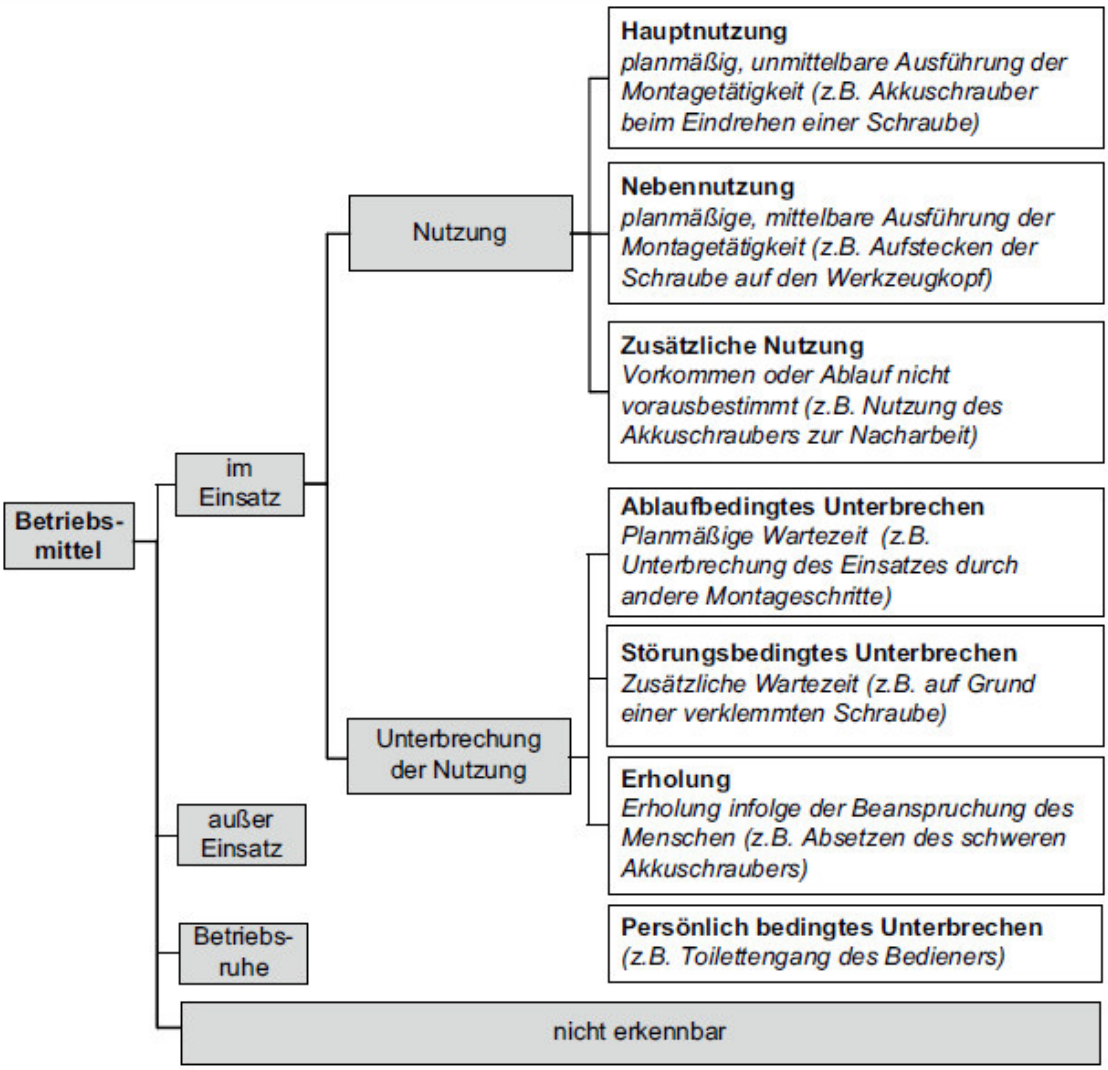

Abbildung 76: Arbeitsablaufanalyse nach REFA- Nutzung des Betriebsmittels[210]

[210] REFA (2001)

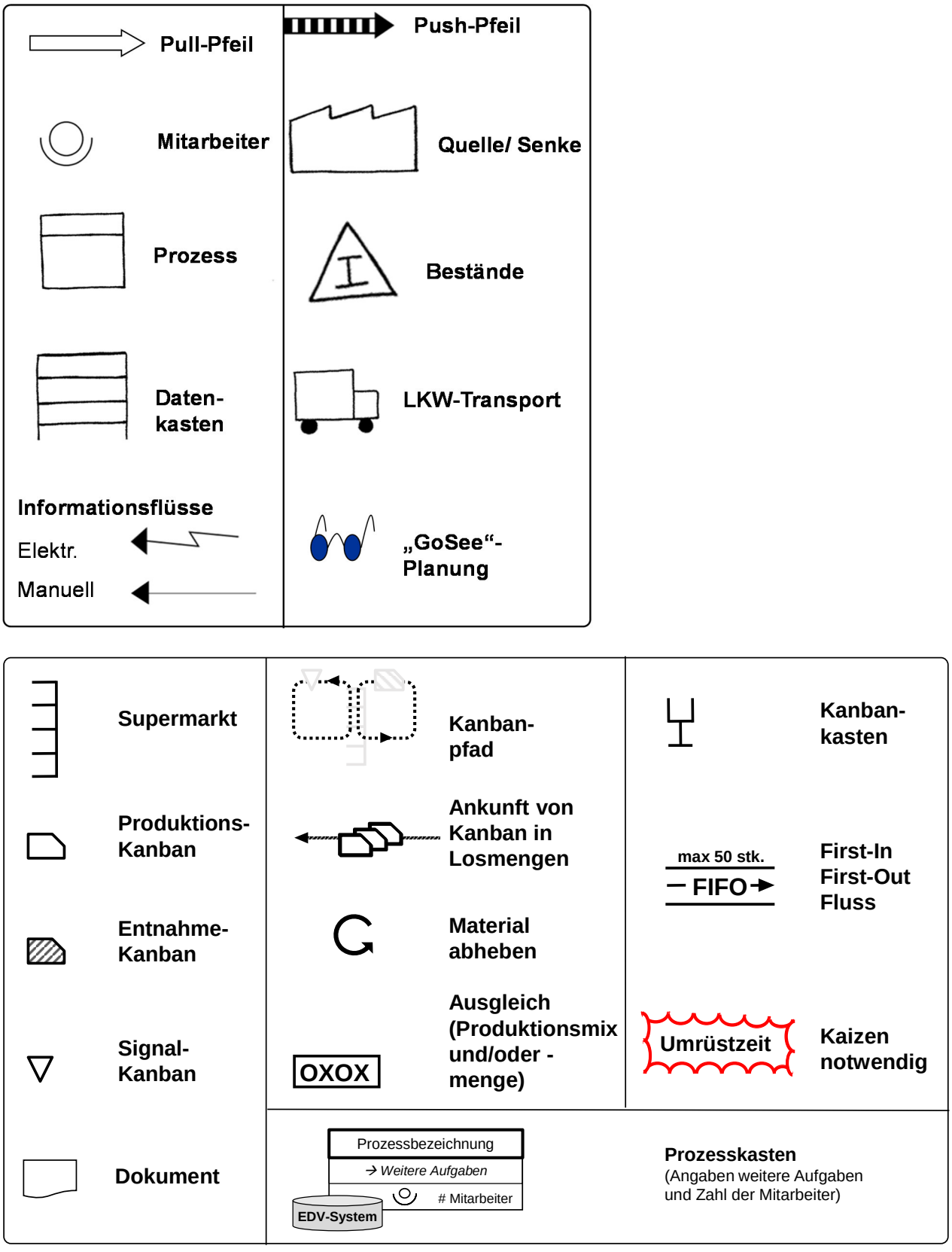

Abbildung 77: Symbole in der Wertstromanalyse

7.2 Anhang zum praktischen Teil

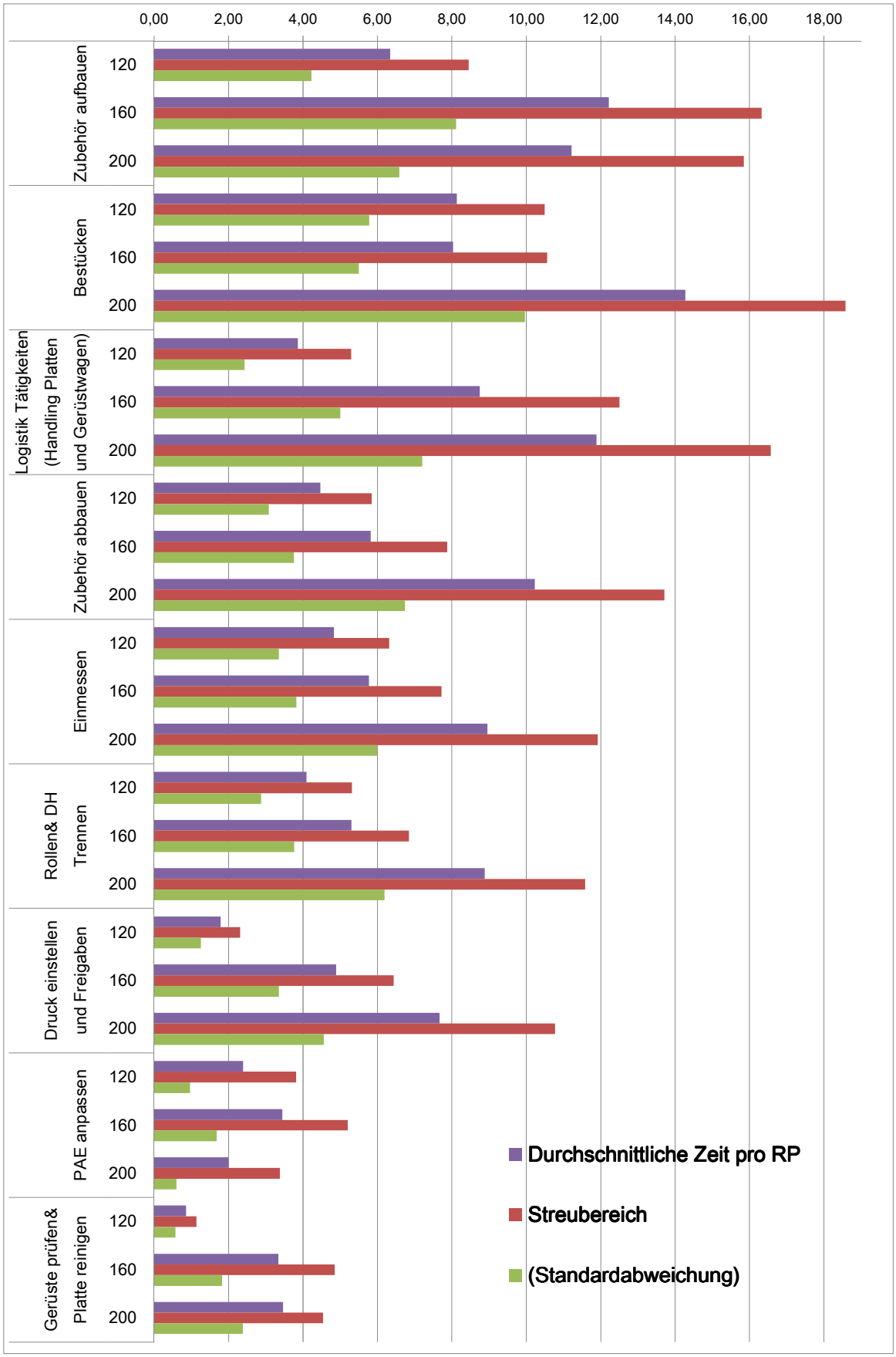

Abbildung 78: Zeitaufnahme – Details zu den einzelnen Tätigkeitsfeldern

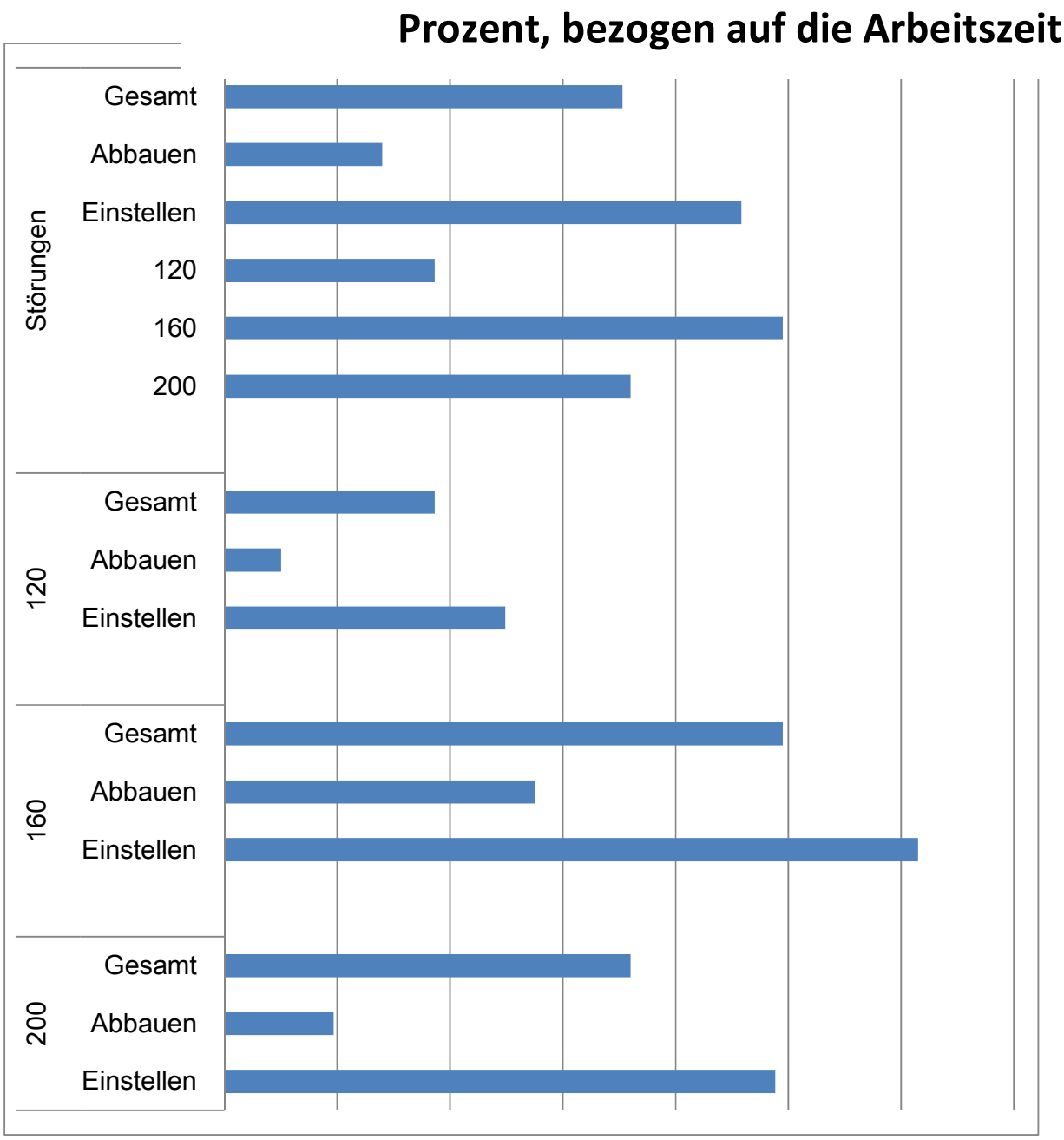

Abbildung 79: Stehzeiten - Detailauswertung